



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

Influencia de ceniza de hoja de coca para mejoramiento de subrasante tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla, 2022

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Cazorla Paredes, Bruno Eloy (orcid.org/0000-0001-7188-7612)

**ASESOR:**

MBA. Vildoso Flores, Alejandro (orcid.org/0000-0003-3998-5671)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Económico, Empleo y Emprendimiento

**LIMA — PERÚ**

**2022**

## **Dedicatoria**

*A mis padres Gladys y Eloy, pilares de mi formación personal y académica, mi agradecimiento eterno.*

*A mis hermanas Caroline y Rocio por sus sabios consejos y apoyo incondicional permanente.*

*A una persona muy especial en mi vida Lizbeth Pino Dueñas por ser siempre tolerante y mas aun compartir momentos de análisis y reflexión en el transcurso del presente trabajo.*

## **Agradecimiento**

“Gracias a todos mis familiares, amigos, docentes, que me ayudaron a sacar este proyecto adelante desde el inicio y hacerlo un éxito.

Gracias a mis padres por el regalo de la vida.

Gracias a mi familia por su apoyo incondicional a lo largo de este viaje.”

## Índice de contenido

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>6</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>19</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación	20
3.2 Variables y operacionalización	21
3.3. Población, muestra y muestreo	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	25
3.5. Procedimientos	26
3.6. Método de análisis de datos	31
3.7. Aspectos éticos	31
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>32</b>
<b>V. DISCUSIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>83</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>89</b>
Anexo 1. Matriz de Consistencia	
Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables	
Anexo 3. Instrumento de recolección de datos	
Anexo 4. Certificado de validación del instrumento de recolección de datos	
Anexo 5. Cuadro de dosificación y resultados de antecedentes	
Anexo 6. Procedimientos	
Anexo 7. Captura de pantalla turnitin	
Anexo 8. Normativa	
Anexo 9. Panel fotográfico	

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Propiedades químicas de la hoja de coca seca en base a 250 gramos:	17
<b>Tabla 2</b>	Cuantía muestral de los ensayos a realizar a las muestras de suelo de las calicatas .....	24
<b>Tabla 3</b>	Propiedades de los suelos analizados .....	33
<b>Tabla 4</b>	Propiedades de los suelos analizados .....	34
<b>Tabla 5</b>	Ensayos de compactación (Proctor modificado) .....	35
<b>Tabla 6</b>	Ensayos de resistencia .....	37
<b>Tabla 7</b>	Resumen de las características físicas y mecánicas de las muestras analizadas .....	38
<b>Tabla 8</b>	Resultados del ensayo de Proctor modificado – Calicata N°1 .....	39
<b>Tabla 9</b>	Resultados del ensayo de Proctor modificado – Calicata N°3 .....	42
<b>Tabla 10</b>	Resultados del ensayo de compresión simple – Calicata N°1 .....	43
<b>Tabla 11</b>	Resultados del ensayo de compresión simple – Calicata N°3 .....	44
<b>Tabla 12</b>	Resultados del CBR a- 95%-100% de la MDS – Calicata N°1 .....	46
<b>Tabla 13</b>	Resultados del CBR a- 95%-100% de la MDS – Calicata N°3.....	48
<b>Tabla 14</b>	Pruebas de normalidad para la máxima densidad seca (MDS) – Muestra N°1 .....	51
<b>Tabla 15</b>	Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Máxima Densidad Seca – Muestra N°1 .....	53
<b>Tabla 16</b>	Pruebas de normalidad para la máxima densidad seca (MDS) – Muestra N°3 .....	54
<b>Tabla 17</b>	Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Máxima Densidad Seca – Muestra N°3 .....	55
<b>Tabla 18</b>	Pruebas de normalidad para el óptimo contenido de humedad (COH) – Muestra N°1 .....	57
<b>Tabla 19</b>	Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Óptimo Contenido de Humedad – Muestra N°1 .....	58
<b>Tabla 20</b>	Pruebas de normalidad para el óptimo contenido de humedad (COH) – Muestra N°3 .....	59

<b>Tabla 21</b> Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Óptimo Contenido de Humedad – Muestra N°3 .....	60
<b>Tabla 22</b> Pruebas de normalidad para la resistencia a la compresión simple – Muestra N°1 .....	62
<b>Tabla 23</b> Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de hoja de Coca y Resistencia a la compresión simple – Muestra N°1 .....	63
<b>Tabla 24</b> Pruebas de normalidad para la resistencia a la compresión simple – Muestra N°3 .....	65
<b>Tabla 25</b> Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Resistencia a la compresión simple – Muestra N°3 .....	66
<b>Tabla 26</b> Pruebas de normalidad para el CBR al 95% de la MDS – Muestra N°1 .....	67
<b>Tabla 27</b> Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y CBR al 95% de la MDS – Muestra N°1 .....	68
<b>Tabla 28</b> Pruebas de normalidad para el CBR al 95% de la MDS – Muestra N°1 .....	70
<b>Tabla 29</b> Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y CBR al 95% de la MDS – Muestra N°3 .....	71

## Índice de gráficos y figuras

<b>Figura 1</b> Proceso de secado de hoja de coca.....	16
<b>Figura 2</b> Diagrama del tratamiento de la variable independiente (ceniza de hoja de coca).....	30
<b>Figura 3</b> Tendencia del valor de la MDS –Calicata N°1.....	40
<b>Figura 4</b> Tendencia del valor del OCH – Calicata N°1.....	41
<b>Figura 5</b> Tendencia del valor de la MDS – Calicata N°3.....	42
<b>Figura 6</b> Tendencia del valor del OCH – Calicata N°3.....	43
<b>Figura 7</b> Tendencia del valor de la resistencia a la compresión simple no confinada del Calicata N°1 .....	44
<b>Figura 8</b> Tendencia del valor de la resistencia a la compresión simple no confinada del – Calicata N°3 .....	45
<b>Figura 9</b> Tendencia del valor del CBR – Calicata N°1 .....	47
<b>Figura 10</b> Tendencia del valor del CBR – Calicata N°3 .....	48

## Resumen

La presente investigación es relevante para evaluar el efecto de la ceniza de hoja de coca en la subrasante de tipo de suelo arcilloso. Tuvo como finalidad determinar en qué medida influye la adición de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso. La metodología empleada fue de tipo cuantitativa, diseño cuasi experimental y alcance explicativo. La población de estudio estuvo conformada por la subrasante de la trocha carrozable Lorccolla, la muestra está conformada 4 calicatas de 1.5m de profundidad en los kilómetros 08+750, 10+750, 11+000, 11+500. Para su desarrollo se realizaron los ensayos de granulometría, límites de consistencia, Proctor modificado, resistencia a la compresión simple y CBR de las muestras extraídas, así como grupos de control con adiciones de ceniza de hoja de coca en 0%, 2%, 4% y 6%. A medida que aumenta la dosis de ceniza de hoja de coca, la resistencia a la compresión simple y el CBR de la subrasante aumentan, así como el contenido de humedad óptimo OCH y la densidad seca máxima MDS de los suelos arcillosos disminuyen. En conclusión, la subrasante de los suelos arcillosos pobres y muy pobres puede mejorarse física y mecánicamente con la adición ideal de un 6% de ceniza de hoja de coca en relación con el peso seco del suelo.

**Palabras clave:** Mejoramiento de suelos, ceniza de hoja de coca, capacidad de soporte, resistencia a la compresión, subrasante.

## **Abstract**

The present investigation is relevant to evaluate the effect of coca leaf ash on the clay soil type subgrade. Its purpose was to determine to what extent the reduction of coca leaf ash influenced the improvement of the clay-type substrate. The methodology used was quantitative, quasi-experimental design and explanatory scope. The study population was made up of the subgrade of the Lorccolla carriageway subgrade, the sample is made up of 4 pits 1.5m deep at kilometers 08+750, 10+750, 11+000, 11+500. For its development, the granulometry tests, consistency limits, modified Proctor, resistance to simple compression and CBR of the extracted samples were carried out, as well as control groups with additions of coca leaf ash at 0%, 2%, 4%. and 6%. The results of the investigation showed that as the dosage of coca leaf ash increases, increases in the simple compressive strength and CBR of the subgrades are observed, as well as an increase in the optimal OCH moisture content and a decrease in the maximum dry density MDS of clay soils. Finally, it is concluded that the substrate of a poor and very poor clayey soil can be physically and mechanically improved with the optimum improvement of 6% coca leaf ash with respect to the dry weight of the soil.

**Keywords:** Soil improvement, coca leaf ash, bearing capacity, compressive strength, subgrade.

## **I. INTRODUCCIÓN**

A nivel internacional, el diseño ingeniero planifica, monta y mantiene los cimientos para estar a la altura de los supuestos de la sociedad, especialmente de las calles, donde la precariedad del suelo es normal., como indican los hundimientos y los colapsos estructurales repentinos. Según Lozano y Gómez, las insuficiencias estructurales de las carreteras son más frecuentes en suelos con alta permeabilidad al agua y baja resistencia. A pesar de que existe una clara relación entre sus características naturales, se suele culpar a los atributos geológicos (2019). En América Latina, los nuevos esfuerzos de investigación apuntan a mejorar los suelos agrícolas. La existencia de suelos cohesivos es una restricción que se repite en este tema, particularmente para el desarrollo de carreteras, ofreciendo una gran barrera para los expertos que diseñan autopistas a nivel internacional (Castro, 2019). Según Firoozi (2017), los enfoques de desarrollo del suelo se centran en la sustitución del suelo problemático por un suelo adecuado. Esta tecnología es cara, por lo que hay que explorar opciones alternativas. Estos estabilizadores disponibles en el mercado son populares. La mezcla y optimización de los elementos fundamentales crea un suelo estable. Ramaji (2012) define el "refuerzo del suelo" como el uso de adiciones naturales o sintéticas para mejorar las propiedades índice del sustrato. Existen varias estrategias de estabilización del suelo. Debido a la falta de financiación en muchos países, es importante establecer soluciones rentables de construcción y mantenimiento de carreteras.

De igual forma, a nivel nacional existen diversos problemas que afectan las vías, estos pueden ser de carácter constructivo o debido a las variedades de los suelos que existen en la subrasante y que podrían ser arenosos, arcillosos, etc. Es por esta razón que, en la sierra y selva del Perú, como consecuencia de las constantes lluvias y otros efectos del cambio climático en las regiones del país, es que se encuentran suelos inestables con deficiencias en la subrasante y motivo por el cual se han planificado varias metodologías con el fin de estabilizar el suelo utilizando productos vegetales que se ubiquen alrededor de la vía.

En la actualidad y a nivel local, los suelos tienen una capacidad portante limitada, una alta plasticidad y una alta permeabilidad. En la zona de investigación, los fenómenos de inestabilidad deben mejorarse con una adición natural y/o química o cambiarse con una sustancia que cumpla los criterios del Ministerio de Transportes

y Comunicaciones (MTC) del Perú. Durante la estación húmeda, hay dificultades con la expansión del suelo, y durante la estación seca, hay problemas con el exceso de polvo; todos estos factores hacen que la región sea inaccesible, causando problemas para los residentes. En el caso de suelos de bajo CBR, se propone utilizar una técnica de mejoramiento a partir de aditivos naturales; por lo tanto, la premisa de este estudio es utilizar y conocer el impacto de la ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de suelos en la subrasante del camino de tierra de Lorccolla. Con este estudio se pretende recuperar la resistencia y soporte de la subrasante para su pavimentación. Debido a la problemática antes mencionada, no existen investigaciones sobre la adición de ceniza de hoja de coca en la subrasante en Santa Rosa, región Ayacucho, por lo que se tiene la iniciativa de permitir la adición de este elemento natural para el mejoramiento de los suelos de la subrasante, con el fin de conocer el comportamiento de esta unión en las características mecánicas de la subrasante que será evaluada en la carretera de tierra de Lorccolla, una de las principales vías con alto tráfico vehicular. Estos productos químicos aceleran el deterioro de la carretera, por lo que se requiere una mejor solución económica y tecnológica.

Basándonos en lo anterior, podemos afirmar el problema general: ¿De qué manera influye la adición de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla, Santa Rosa 2022? De igual forma se formula los problemas específicos: PE1: ¿Cuál será la caracterización del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la trocha carrozable Lorccolla?, PE2: ¿Cómo influye la adición de ceniza de hoja de coca en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla?, PE3: ¿Cómo influye la adición de ceniza de hoja de coca en la resistencia a la compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla?, PE4: ¿Cómo influye la adición de ceniza de hoja de coca en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla?, PE5: ¿Cuál será la dosificación óptima de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla?.

Desde el punto de vista teórico, la adición de ceniza de hoja de coca a la subrasante se justifica por medio de ensayos de laboratorio estandarizados: límites de consistencia, densidad, ensayo Proctor modificado y ensayo CBR, los cuales se realizarán para cuantificar los resultados y así conocer los cambios que se producen en las características físico-mecánicas de la subrasante con la incorporación de estos materiales, demostrando así que el uso de ceniza de hoja de coca mejora las condiciones de los caballetes. También existe una justificación metodológica, ya que el objetivo de este estudio es contribuir sustancialmente a la conservación de las carreteras, recomendando una cantidad ideal de aditivos de ceniza de hoja de coca para el mejoramiento de las subrasantes. De esta manera, se evitará la degradación y los gastos de mantenimiento, y se asegurará una base sólida para los futuros pavimentos, mejorando así los niveles de servicio. Como razón técnica, este estudio contribuirá al análisis de los resultados de la adición de ceniza de hoja de coca al suelo de subrasante para su uso en infraestructuras viales en la ciudad de Santa Rosa y la zona de Ayacucho. También es una razón social ya que es crucial para la productividad y competitividad de las empresas locales que construyen las carreteras. Los suelos ricos en arcilla de la subrasante deben ser evitados en la construcción de pavimentos en la región de Santa Rosa; en consecuencia, se recomienda utilizar la ceniza de hoja de coca como una opción rentable para mejorar la subrasante y cumplir con las especificaciones de ingeniería, lo que sería una alternativa rentable para la mejora del suelo. Como última justificación ambiental, la adición de ceniza de hoja de coca a la subrasante proporcionará otro destino y uso de este ingrediente natural que se utiliza en el proceso de fabricación de drogas ilícitas. Con ello se pretende paliar los efectos perjudiciales del cultivo ilícito de la hoja de coca.

Como objetivo general se tiene: Determinar en qué medida influye la adición de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla, Santa Rosa 2022. Asimismo, como objetivos específicos: OE1: Determinar la caracterización del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la trocha carrozable Lorccolla; OE2: Determinar la influencia de ceniza de hoja de coca en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla; OE3: Determinar la influencia de ceniza de hoja de coca en la resistencia a la

compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla, OE4: Determinar la influencia de ceniza de hoja de coca en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla, OE5: Determinar la dosis óptima de adición de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla.

Con lo mencionado líneas arriba proponemos la siguiente hipótesis general: La adición de ceniza de hoja de coca mejora significativamente las propiedades mecánicas de la subrasante de la trocha carrozable Lorccolla, Santa Rosa 2022. Hipótesis específicas: HE1: La subrasante de tipo arcilloso en estado natural presenta propiedades físicas por debajo de los requerimientos de la normatividad vigente; HE2: La adición de ceniza de hoja de coca aumenta el óptimo contenido de humedad y disminuye la máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcillo de la trocha carrozable Lorccolla; HE3: La adición de ceniza de hoja de coca mejora significativamente la resistencia a la compresión de la subrasante de tipo arcillo de la trocha carrozable Lorccolla; HE4: La adición de ceniza de hoja de coca mejora significativamente la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcillosa de la trocha carrozable Lorccolla; HE5: El porcentaje óptimo de adición de ceniza de hoja de coca no será mayor a 15% para el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Existen una serie de información precedente que se analizaron para construir esta investigación, ya que no se encuentra información relevante sobre la variable independiente (ceniza de hoja de coca), ya que esta no ha sido estudiada con anterioridad como mejoramiento natural en la propiedades físicas y mecánicas de los suelos ni pavimentos en general, por lo que se demostrara en los anexos con las capturas respectivas de los gestores de búsquedas principales que se utilizaron para realizar esta investigación. Mencionado lo anterior, se plantean los siguientes antecedentes de la investigación:

En el **ámbito internacional** tenemos a **LAGUNA et al.**<sup>6</sup> en su tesis sostuvieron que; su objetivo fue analizar los resultados de comportamiento de la resistencia de un suelo mejorado con cenizas de cascarilla de café y cascarilla de arroz. La metodología en este estudio presento un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo y estuvo basada en un diseño cuasiexperimental; teniendo una población de los suelos de Cundinamarca y la muestra es los suelos finos. Los resultados mostraron que los ensayos de resistencia realizados con cada tipo de suelo y porcentaje de adición, se identifica que en el ensayo de CBR, el porcentaje 18% de adición de CCC, muestra mejores resultados de resistencia frente a su contraparte, pero si se analiza de manera detallada tanto el 14% de CCC y CCA, es el de CCA quien sale con mejor comportamiento con un 87% de CBR en el desplazamiento de 0.2" por el contrario de 72% de CCC, como también en el ensayo de resistencia de compresión no confinada donde es la adición de CCA que también muestra mejoras mayores de resistencia de 600 Kpa con tan solo 4% de adición sobre la muestra, frente al 10% de CCC, y en el caso de Modulo Resiliente es nuevamente la CCA el esfuerzo desviador aplicado fue de 65 MPa con adición de 4%, dejando por debajo al contenido de CCC, siendo así la adición de CCA, saliendo mejor en todos los ensayos y resultados más opimos. Finalmente, concluyeron que el porcentaje óptimo de CCC para la mejora de la resistencia a la compresión no confinada (RCI), corresponde al 10% de adición, en el caso de esfuerzo de 25 golpes, debido a que presento un incremento del 257%, pero el aditivo de CCA con el porcentaje de 4% con un esfuerzo de 56 golpes, muestra mejores resultados de capacidad de soporte y un mejor comportamiento a su

---

<sup>6</sup>(Laguna y Chacon, 2022)

homologo CCC, siendo el de CCA con mejores prestaciones para mejoramiento de suelo fino. el uso de ceniza de cáscara de arroz (CCA) como material estabilizante de suelos arcillosos brinda buenos resultados.

López et al.<sup>7</sup> en su investigación expresó que su objetivo era decidir la protección de la cizalla sin arena de un suelo conseguido en las cercanías de la ciudad de Ibagué, con la expansión de varios índices de residuos de cáscara de arroz. La técnica en este estudio introdujo una metodología cuantitativa, ilustrativa y dependió de un plan semi exploratorio; tuvo una población de suelos de Ibagué y el ejemplo fue de la localidad de Potrerillo en la ciudad de Ibagué. Los resultados obtenidos muestran una mejora en las propiedades mecánicas de la tierra a través de la extensión de las acumulaciones de cáscara de arroz, reconociendo que las combinaciones con mejor apertura son un en el área de 4% a 10%, presentando un desarrollo en la resistencia a la compresión no confinada con un típico de 120 a 247% con respecto a la resistencia habitual de la tierra. En conclusión, asumieron que el uso de restos de cáscara de arroz con las medidas adecuadas crea una responsabilidad poco común en la mejora de las propiedades mecánicas de un suelo fino, además de proporcionar una opción competente con resultados extraordinarios.

Parra<sup>8</sup> en su postulación expresó que su objetivo era hacer el ajuste sintético de una tierra (caolín), a través de la expansión de cal y escombros en varias tasas para decidir las medidas ideales de estabilizador, a través de la compresión y la elasticidad. La técnica en este estudio introdujo una metodología cuantitativa y gráfica y dependió de un plan de semi ensayos. Los resultados obtenidos mostraron que, en lo que respecta a la utilización de los restos de mosca, elegidos como material electivo, se tiende a razonar que no mostraron una conducta bajo presión excepcionalmente agradable como la cal viva, y como consecuencia adversa se vio que era el material con la mejor deformación unitaria (aproximadamente 9,8%, en contraste con la cal, cuya mayor desfiguración fue del 5,7% y el ensayo de control, que fue del 1,8%). Esta deformación del 9,8% significa que, con la expansión de los escombros, el cuerpo de prueba resulta ser más maleable, lo que restringe la

---

<sup>7</sup> (López y Rivera, 2019)

<sup>8</sup> (Parra, 2018)

expansión en la resistencia a la compresión. Por fin, eso es lo que presumieron, en la utilización de la prueba de presión, el nivel ideal de cal viva es del 4% con respecto a la mayor presión, del 8% con respecto a la aerigidez y del 8% con respecto a la desfiguración (menor deformación). Para los escombros, el índice ideal para la mayor presión era del 4%, el 4% para la aerigidez y el 8% para la desfiguración.

Como antecedentes nacionales tenemos a López<sup>9</sup> Eso es lo que en su tesis expresó; su objetivo fue decidir el impacto de la utilización de los residuos de cascarilla de arroz como estabilizador de suelos arcillosos a nivel de subrasante, en la ciudad de Moyobamba, sucursal de San Martín La técnica en esta revisión introdujo una metodología cuantitativa, de tipo aplicada y dependiente de un plan semi exploratorio; teniendo como población la subrasante de la ciudad de Moyobamba y el ejemplo son los suelos arcillosos. Los resultados mostraron que en el ensayo CBR la obstrucción obtenida al 95% de la Densidad Máxima Seca del suelo normal es de 3.96%, agregando 5% de CCA la oposición es de 6.90%, con 10% de CCA es de 9.60% y para 15% de CCA es de 10.5%. Por último, la utilización de restos de cáscara de arroz (RHA) como material de compensación para suelos arcillosos da grandes resultados.

Guía<sup>10</sup>, cuyo objetivo principal fue evaluar lo que significa la opción de la semilla de quinua para las propiedades de la subrasante en la calle PE-38B, agregando tasas de 4%, 6% y 8% como estrategia para trabajar en las propiedades de un suelo arcilloso (versatilidad, compactación y obstrucción), para trabajar en sus cualidades para ser utilizado como subrasante. La filosofía utilizada en este estudio introdujo una metodología cuantitativa, aplicada y en plan semi exploratorio, con una población comprendida por los segmentos 08+000 a 09+000 del parque PE-38B, el tipo de examen fue no probabilístico. Los resultados obtenidos mostraron que para la prueba CBR son 16,4% para el suelo estándar y un incremento de +4,8%, +17,0% y +35,3% para las medidas de 4%, 6% y 8% por separado, en los límites de compactación, se adquirió una expansión en los lados superiores del mayor espesor seco de los ejemplos, para el registro plástico (PI) según las calidades

---

<sup>9</sup> (López, 2022)

<sup>10</sup> (Guía, 2021)

obtenidas, se mantiene una flexibilidad típica del suelo arcilloso para todas las dosis. Por último, como colofón, la expansión de los restos de quinoa actúa sobre las propiedades de la subrasante de la carretera PE-38B, caracterizada por la estimación más elevada del CBR, obteniendo la clasificación de subrasante fenomenal S5 según indica el Manual de Suelos y Pavimentos.

Peralta<sup>11</sup> Esta investigación examinó el impacto de la semilla de quinua en la subrasante de la carretera PE-38B utilizando tasas de 4%, 6% y 8% para mejorar la subrasante del suelo arcilloso (versatilidad, compactación y colmatación). Este estudio utilizó un diseño cuantitativo, semi-exploratorio, utilizando una población no probabilística de los segmentos del parque PE-38B 08+000 a 09+000. Los resultados del ensayo CBR son del 16,4% para el suelo ordinario y del +4,8%, +17,0% y +35,3% para el 4%, 6% y 8%. En los límites de compactación, el mayor espesor seco de las instancias se expandió, y el registro plástico (PI) mantuvo una flexibilidad similar a la arcilla para todas las dosis. Según el Manual de Suelos y Pavimentos, los residuos de quinua influyen en la subrasante de la carretera PE-38B, que tiene la estimación de CBR más alta y se designa como S5.

Terrones<sup>12</sup> En su tesis quiso examinar el efecto de la adición de jarabe de bagazo de caña al 5%, 10% y 15% en peso de suelo seco en suelos arcillosos de Barraza, Trujillo - 2018. Esta investigación utilizó un diseño experimental cuantitativo y aplicado con 42 muestras de suelo. La adición de 15% de CBCA a la muestra de suelo arrojó una resistencia promedio de 150,60 kPa y un porcentaje de CBR de 23,67%, cumpliendo con los criterios del manual. Finalmente, como conclusión que es posible usar la CBCA para estabilizar el suelo, lo cual permite obtener beneficios positivos en las empresas relacionadas con la construcción de infraestructura vial, debido a que, por ser un residuo, genera menos costos en la adquisición del producto y por ende menor costo en la etapa de mantenimiento.

As background but in other languages, we have Karami<sup>13</sup> in his article in which is expected the efficiency of fly debris based soil stabilization using optional added

---

<sup>11</sup> (Peralta, 2021)

<sup>12</sup> (Terrones, 2018)

<sup>13</sup> (Karami, 2021)

substances. The approach was experimental and applied type and the study used materials such as Class F fly ash, industrial waste, Lime, eCSA concrete, proteins, and polymers that were used as secondary added substances. There were performed series of microscopic and mechanical tests as SEM, CBR, compaction test, FTIR, XRD and TGA, all of them on various blends of additives. The exploration results show that auxiliary admixtures can be used in an effectively way to improve the effectiveness of fly ash-based soil stabilization. Soil-fly ash-lime-chemical was recognized as an ideal blend to work on bearing limit. At the same time, soil-fly ash-enzyme and soil-fly ash-lime also showed significant substantial improvements in subgrade performance, those results lead to the conclusion that the findings of the laboratory investigations were verified by applying a numerical modeling based on three dimensions to evaluate pavement performance, which revealed substantial benefits in pavement thickness reduction when weak fly ash-stabilized soils are treated with secondary admixture.

Turco<sup>14</sup>, the survey's motivation is to give an unmistakable modification of the most recent logical impels regarding the matter by applying a movement of expressly arranged research questions. Consequently, 45 articles from journals and meeting procedures were picked by some consolidation standards, like the shape (block), compaction methods (water powered or mechanical press), raw material (soil), expansion of source materials (powders or remains, fibers), planning (unfired). The strategy used was preliminary arrangement with a quantitative technique and by a comprehensive methodology a discussion on the primary strength, warm, mechanical and actual properties was performed to figure out connections and responses. The fundamental contemplations are organized on the imperviousness to fire properties, financial execution, natural effect of the superior CEBs, and acoustic protection; opening, along these lines, a brief conversation on some supportability markers. Finally, as an outcome of the outcomes specialists are urged to track down new arrangements to work on the properties of earthen structure materials for a greater use and more commonsense designs.

---

<sup>14</sup> (turco, 2021)

Por último, con respecto a artículos científicos como antecedentes están Ahmed et al.<sup>15</sup>, Dijeron que la adición de cal hidratada y dolomítica mejoraría el suelo en expansión. Esta investigación utilizó un diseño cuantitativo y explicativo con una población de suelos arenosos y arcillosos en expansión. A lo largo de su desarrollo se realizaron ensayos de límite de Atterberg, Proctor modificado, ensayos de hinchamiento libre, CBR, pH y análisis químicos. Los datos obtenidos indican que el valor CBR aumenta en un 171%, 351% y 867% para contenidos de cal del 3%, 6% y 9%, respectivamente. La adición del 12.00%, 24.00% y 48.00% de DLP aumenta el valor CBR en un 5%, 508% y 530%, respectivamente. Finalmente, determinaron que el uso de cal para reducir el edema y aumentar la resistencia es más eficaz que la estabilización con DLP. Para la estabilización de suelos expansivos con una alta concentración de sulfatos, la cal hidratada debe ser utilizada con extremo cuidado.

Dinka et al.<sup>16</sup>, donde su principal objetivo fue encontrar el mejor rendimiento de la subrasante formada con cal y cemento en proyectos viales de Jimma. Esta investigación utilizó un enfoque cuantitativo y explicativo utilizando una población de suelos de arena y arcilla expandida. Atterberg, Proctor, CBR, CBR. Los resultados obtenidos muestran que, al añadir hormigón en la tierra, los valores CBR se incrementan de forma multiplicativa para los dos ejemplos y el mayor CBR, hasta el 86,52% y el 63,55%, se encontró con la opción del 8% de hormigón para la prueba 1 y la prueba 2 por separado. Asimismo, con la ampliación de la cal, los valores de CBR se incrementaron de 23,36 a 96,29% con una ampliación del contenido de cal para la prueba 1, mientras que el valor disminuyó primero de 13,74 a 11,19% y se amplió a 52,82% en la opción adicional de contenido de cal para la prueba 2. Por último, razonaron que la investigación de laboratorio descubrió que la resistencia subyacente de los suelos equilibrados con hormigón era mayor que la de los suelos asentados con cal. Esto demuestra que el ajuste del hormigón es más exitoso para lograr una mayor resistencia que la cal. Sin embargo, la mezcla y el curado en el laboratorio pueden permitir que las muestras alcancen una resistencia mucho mayor que la que se puede lograr en el campo. Los CBR

---

<sup>15</sup> (Ahmed et al., 2020)

<sup>16</sup> (Dinka et al., 2019)

superiores de los suelos equilibrados fueron más altos, de vez en cuando, que los de los suelos regulares no estabilizados.

Para los fundamentos teóricos se utilizarán las siguientes definiciones: Mejoramiento de suelos, Utiliza una mezcla de técnicas físicas y químicas para aumentar la calidad y el uso de una muestra de suelo. La estabilización es la firmeza de una plataforma que utiliza numerosas técnicas para mejorar el estado existente de las circunstancias.<sup>17</sup>

La mejora de la tierra es la condición de la tierra donde se consolidan diferentes partes para cambiar las propiedades de la tierra y trabajar en sus circunstancias; además, se tiende a demostrar que el tratamiento de la tierra refleja una estrategia en la que se actúa una cementación y agarre de diferentes partes sintéticas así como normales para mejorar las condiciones de la tierra.<sup>18</sup> Asimismo, se demuestra que entre los beneficios de conseguir un ajuste de la suciedad es que permite una oposición más notable del establecimiento, disminuye su grado de pliancia, o potencialmente la ampliación.<sup>19</sup>

Para Hall et al.<sup>20</sup>, cuando se opta por mejorar el suelo, se mencionan los siguientes beneficios e inconvenientes:

- La construcción puede agilizarse, ya que el espesor de suelo necesario suele ser sustancialmente menor, lo que requiere menos trabajo total y materiales.
- Un aumento cuantificable de la resistencia y la durabilidad a largo plazo, sobre todo en regiones con baja calidad de suelo.
- Con esta técnica, se pueden minimizar o incluso eliminar los costosos tratamientos superficiales o enlucidos.
- Como la tierra es gratuita o barata y el cemento es relativamente caro, los precios de los materiales aumentan.
- En ciertas regiones, los componentes para la recuperación del suelo pueden ser difíciles de adquirir o costosos de transportar.

---

<sup>17</sup> (Afrin, 2017, pag. 103)

<sup>18</sup> (Winkjerton, 2015, pag. 86)

<sup>19</sup> (Shirur y Hiremath, 2015, pag. 130)

<sup>20</sup> (Hall, Najim y Dehdezi, 2014, pag. 89)

Asimismo, según Leal<sup>21</sup> hay que tener en cuenta los siguientes criterios a la hora de elegir un método de mejora del suelo:

**Costo Bajo:** Los productos de estabilización del suelo deben ser menos costosos que los materiales de calidad superior y siempre deben ser entregados. Por ejemplo, se utilizan los materiales de la obra. Se mejora mediante la estabilización, lo que reduce los gastos de transporte.

**La Resistencia:** El suelo estabilizado debe ser mayor que la resistencia inicial del suelo antes de la estabilización. En consecuencia, los materiales estables con cualidades de estabilidad mejoradas son ideales para su uso en proyectos de construcción, y los suelos estabilizados mejoran su capacidad de soporte.

**La Durabilidad:** se consideran resistencias cuyas condiciones se han fijado, permitiendo que el material se mantenga sin degeneración a pesar de las influencias externas.

Por último, examinaremos los tipos de mejora del suelo. Es concebible siempre que se aplique financieramente y realmente como indican los diferentes métodos de ajuste y puede ser claramente no del todo en piedra en cuanto a las limitaciones y sus consecuencias probables para la gama de medicamentos y estabilizadores.<sup>21 22</sup> Por lo tanto, hay tres principales reuniones de ajuste:

### **Mejoramiento de suelos Físico – Mecánico.**

En concreto, alude a la dispersión ordinaria de las partículas en una combinación por toda la tierra. Para ello se tiene en cuenta el ajuste de la presión, incorporando la presión con la humedad adecuada. Esto se consigue mediante cambios evidentes o reales en la dispersión del tamaño de los átomos. Las actualizaciones del material o del suelo añadidas por un material más de una región escogida son los pensamientos recogidos en el ajuste pasado: la maleabilidad, el transporte del tamaño de las partículas, la socavación o la rotura interior, y la aglomeración de las

---

<sup>21</sup> (Leal, 2012, pag. 105)

<sup>21</sup> (Leal, 2012, pag. 106)

moléculas. La forma en que se consolidan estos componentes depende de la razón que se busque en cada caso.<sup>21</sup>

### **Mejoramiento de suelos Físico – Químico.**

Todas las necesidades de cambio de la investigación de la suciedad deben ser satisfechas utilizando los impactos sintéticos de una mezcla de sustancias añadidas explícitas como el hormigón, el black-top y las carreteras. Se utilizan materiales con propiedades simplemente sintéticas para lograr los impactos ideales, y la mejora normal se crea por la respuesta compuesta entre la sustancia de asentamiento y la suciedad, incluyendo las progresiones debido al ajuste de la sustancia.<sup>21</sup>

### **Mejoramiento de suelos Térmico – Eléctrico.**

Son costosos hasta el punto de que no son realmente alcanzables, y es inimaginable esperar determinar elementos adicionales, en particular porque son esencialmente realizados por medicamentos eléctricos y cálidos específicos.

Todas las suciedades presentadas a las cargas responderán la mayoría de las veces según la unión, el frotamiento interior, la comprensibilidad, la flexibilidad y, finalmente, la capilaridad.

Las dos primeras (unión y erosión interior) ayudan fundamentalmente a oponerse a la fisura y al desprendimiento. Ambas se ven afectadas en su mayor parte por la cantidad de huecos y la cantidad de agua que contienen, ya que los suelos con un número excesivo de huecos suponen una pérdida de resistencia. Un método que añade a la erosión interior, la unión, la pliancia, la claridad o el mantenimiento o la gran diferencia de capilaridad del suelo, conocido como ajuste en todas las clases de tierra en las que existe dicho ciclo.<sup>21</sup>

**Subrasante**, es el suelo seleccionado por sus propiedades y compactado por capas para crear una superficie estable en perfecta condición que pueda soportar la carga de diseño de un vehículo.<sup>23</sup>

Para estimar el espesor de los pavimentos, esta capa y la indefensión de la suciedad a la humedad debe ser considerada, tanto en términos de resistencia

---

<sup>21</sup> (Leal, 2012, pag. 107)

<sup>23</sup> (MTC, 2014, pag. 24)

como de fluctuaciones de volumen; los suelos expansivos pueden dañar los edificios apoyados sobre ellos, por lo que es necesario estabilizar el suelo con una adición. <sup>24</sup>(Montejo, 2002)

**Hoja de coca**, tiene como nombre científico *Erythroxylum coca*, Esta especie proviene de Sudamérica y crece sólo en las selvas amazónicas del interior del continente. La hoja de coca se utiliza desde hace siglos en los ritos y festividades andinas, así como por el comercio, la medicina, la analgesia y otras formas de atención sanitaria. El Imperio Inca, la civilización más poderosa de Perú, se basaba en ella para el poder y el control. (DE INNOVACIÓN, 2018, p.13)<sup>25</sup>

**Figura 1** Proceso de secado de hoja de coca



**Fuente:** Tomado de *La industrialización de la hoja de coca. De innovación (2018)*

A continuación, se mostrará las propiedades químicas de la hoja de coca seca en base a 250 gramos.

---

<sup>24</sup> (Montejo, 2002, pag. 45)

<sup>25</sup> (DE INNOVACIÓN, 2018, p.13)

**Tabla 1**

*Propiedades químicas de la hoja de coca seca en base a 250 gramos:*

PARÁMETRO	UNIDAD	BASE SECA		
		LAB. 1 (2015)	LAB. 2 (2015)	DUKE, ET AL. (1975)
Proteína cruda	%	20.2	20.17	18.9
Fósforo	Mg	1400	1390	911
Calcio	Mg	1600	1620	1540
Potasio	Mg	1.10	1.11	2.02
Hierro	Mg	55.8	56.2	45.8
Fibra detergente neutra*	%	47.1	46.9	No disponible
Fibra detergente acida*	%	20.5	20.3	No disponible
Hemicelulosa *	%	26.5	26.5	No disponible
Celulosa *	%	9.8	9.8	No disponible
Cenizas	%	9.0	9.0	9.0
Carbohidratos	%	36.3	36.3	46.2
Ligninas*	%	10.7	10.69	No disponible
Humedad*	%	7.20	7.20	6.5

\* Parámetros analizados en estudio de 2015 que no fueron registrados en 1975.

**Nota.** Tomado de *La industrialización de la hoja de coca. De innovación (2018)*  
Como enfoques conceptuales tenemos:

**Propiedades físicas del suelo:** Muchos de los propósitos para los que se destinan los suelos están fuertemente influenciados por sus características físicas. El estado de una tierra decide la firmeza y la resistencia de soporte, la facilidad de infiltración de las raíces, la circulación del aire, el límite de acumulación de residuos y agua, la versatilidad y el mantenimiento de los suplementos. Comprender las propiedades reales del suelo, lo que significan para el desarrollo de las plantas y lo que el movimiento humano puede significar para ellas es fundamental para cualquiera que utilice la tierra. También se considera importante mantener las mejores condiciones físicas del suelo.

**Resistencia del suelo:** es la capacidad de soportar cargas sin deformarse. Por lo tanto, la estimación de la oposición dada por una suciedad a varias profundidades es la razón para decidir la obstrucción de una suciedad.

**Clasificación de suelos.** Debido a nuestro diseño, hemos elaborado mejores enfoques para ordenarlos, y cada una de estas estrategias tiene esencialmente su propia disposición de propósitos y razonamientos. Los marcos de agrupación de suelos que se utilizan actualmente incorporan los siguientes: AASHTO, SUCS y por tamaño de molécula.

**Índice de plasticidad.** Cuando el suelo presenta un comportamiento plástico, la humedad relativa se encuentra en este nivel. Se define como la diferencia entre los límites (líquido y plástico).

**Límite líquido.** Para decirlo de otra manera, es el rango de contenido de humedad del suelo desde un límite líquido hasta un límite plástico.<sup>26</sup>

**Límite plástico.** A medida que aumenta la humedad del suelo, éste se vuelve plástico, lo que se cuantifica como un porcentaje del peso seco de la muestra secada en horno.<sup>26</sup>

**Humedad óptima.** “La cantidad de humedad necesaria para lograr una densidad seca máxima se conoce como contenido óptimo de humedad. Debido al impacto del método de compactación en las curvas de humedad y densidad.”<sup>27</sup>

**Resistencia a la compresión no confinada.** se determina cargando axialmente un cilindro de suelo no alterado y midiendo la deformación.

**Capacidad de soporte.** El CBR para suelos representado por el MTC retrata la estrategia de prueba para decidir el valor de la proporción portante, un archivo de la resistencia del suelo, en el suelo listo en la instalación de investigación bajo circunstancias húmedas y gruesas, que evalúa el límite portante de los suelos de la subrasante y la base, subbase y capas más desarrolladas. Esto es típico.

---

<sup>26</sup> (MTC E10, 2014)

<sup>27</sup> (Juárez y Rico, 2010, p 264)

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1 Tipo y Diseño de Investigación

**Tipo de investigación:** Aplicada Se aparta del conocimiento teórico para buscar fines exclusivamente prácticos bien establecidos, es decir, para desarrollar, transformar o modificar ciertos dominios como prototipos de conocimiento y tecnología (Hernández y Fernández, 2014, p.93).

En este experimento, los resultados de las pruebas estructuradas se alteraron a partir de las pruebas de las cualidades físicas del suelo de la subrasante y su resistencia con el refuerzo de ceniza de hoja de coca.

**Diseño de investigación:** Pruebas de hipótesis, por lo tanto cuasi-experimentales. Los valores necesarios se determinarán o estimarán mediante ensayos y pruebas prácticas, repetibles y comparativas. Los grupos de investigación no se eligen al azar, sino que se basarán en el cumplimiento de ciertos parámetros. (Hernández y Fernández, 2014, p.93).

En esta investigación se manipulo la dosificación de ceniza de hoja de coca, las progresiones producidas por estas progresiones en las propiedades mecánicas de la subrasante pueden ser comprobadas.

**Nivel de investigación:** Explicativo en tanto establece la relación causal entre la ceniza de hoja de coca y el mejoramiento de la subrasante (Hernández y Fernández, 2014, p.94). De igual forma, se conecta con el nivel exploratorio ya que la mayoría de las investigaciones exploratorias se realizan para estudiar un tema o asunto de investigación no identificado previamente. En consecuencia, la evaluación de la literatura indicó que sólo se descubrieron recomendaciones y conceptos no investigados con una tenue relación con el tema de investigación. (Hernández & Fernández, 2014, p.90).

En este examen, los impactos de la expansión de los restos de la hoja de coca en los suelos de la subrasante fueron exhibidos mediante la realización de pruebas de presión directa, Delegado ajustado, CBR, puntos de corte de consistencia y caracterización del suelo. Cabe recalcar que no se encontraron antecedentes de estudio con respecto a la variable independiente (ceniza de hoja de coca) como aditivo estabilizador de subrasantes, por lo cual esta investigación será la pionera.

**Enfoque de investigación:** Es cuantitativo, ya que los datos numéricos serán comparados con la hipótesis, esencialmente a través de pruebas de laboratorio (Hernández y Fernández, 2014, p.94).

Para este proyecto, comenzamos con la noción de incorporar ceniza de hoja de coca en la subrasante, luego definimos y desarrollamos los objetivos, las preguntas de investigación, las hipótesis y las variables de las preguntas, las pusimos a prueba, evaluamos los resultados utilizando técnicas estadísticas y sacamos conclusiones.

### 3.2 Variables y operacionalización

#### **Variables de estudio:**

**Variable independiente:** Ceniza de hoja de coca

**Definición conceptual:**

**Definición operacional:** Es la cantidad de ceniza de hoja de coca que mezclado con el suelo como aditivo natural busca el mejoramiento del mismo.

**Dimensión:** Dosificación

**Indicadores:** 0%, 2%, 4% y 6% de ceniza de hoja de coca

**Escala de medición:** De razón

**Variable dependiente:** Mejoramiento de subrasante

**Definición conceptual:** La mejora geomecánica se refiere al proceso de modificación de las cualidades geomecánicas del suelo natural para hacerlo aceptable para la construcción de carreteras.

**Definición operacional:** ofrecerá combinaciones de porcentajes de ceniza de hoja de coca en suelos arcillosos de subrasante con características insuficientes para maximizar sus propiedades mecánicas.

**Dimensión:** contenido óptimo de humedad y densidad seca máxima; resistencia a la compresión; capacidad portante; densidad seca máxima; resistencia a la compresión máxima; capacidad portante máxima.

**Indicadores:** Proctor modificado (porcentaje y Kg/m<sup>3</sup>), prueba de compresión simple no confinada (Kg/cm<sup>2</sup>) y prueba CBR (porcentaje)

### **Escala de medición:** De razón

#### 3.3. Población, muestra y muestreo

**Población:** "Es el conjunto de todos los componentes (unidades analizadas) que pertenecen a una región geográfica en la que se realiza el estudio" (Carrasco, 2006, p.45).

**Criterios de inclusión:** para Arias (2020), se refieren que para ser considerado dentro de la investigación un participante debe tener ciertas especificaciones o características. Por tal motivo en esta investigación se consideró a las subrasantes del distrito de Santa Rosa que tengan una distancia mínima de 15 Km y que no estén pavimentadas

**Criterios de exclusión:** para Arias (2020), son las particularidades o condiciones que poseen los sujetos y que pueden alterar o modificar los resultados, haciéndose no electivos para el estudio. Por tal motivo en esta investigación se excluye a las subrasantes de vías pavimentadas.

Después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión, podemos concluir que la población refleja la subrasante del camino de tierra de Lorccolla en la zona de Santa Rosa del departamento de Ayacucho.

**Muestra:** Es una porción o segmento de la población que pretende ser objetiva y reflejar el conjunto de la población (Carrasco, 2006, p.47).

La muestra está conformada por el tramo 08+000 al 11+500 de la subrasante considerado el tramo más crítico de la trocha carrozable Lorccolla. Se realizarán 4 calicatas de 1.5m de profundidad en los kilómetros 08+750, 10+750, 11+000, 11+500

**Muestreo:** El muestreo será no probabilístico, ya que la muestra no fue seleccionada al azar. Se decidió recoger muestras en el lugar más afectado posible (Carrasco, 2006, p.48).

La tabla 2 muestra la cantidad de pruebas (granulometría, límites de consistencia, límites de consistencia, etc.), Proctor modificado, compresión simple y CBR) que se realizaran de acuerdo a cada al tipo de muestra que se tendrá, asimismo se

denominó con abreviatura a la muestra de suelo natural (SN), a la ceniza de hoja de coca (CHC) y a los suelos con adiciones de cenizas de hoja de coca (SCHC).

**Unidad de análisis:**

**Tabla 2***Cuánta muestral de los ensayos a realizar a las muestras de suelo de las calicatas*

MUESTRAS	DOSIFICACIÓN	Granulometría	Límites de consistencia	Proctor modificado	CBR	Compresión simple	Sub total de muestras
		Laboratorio	Laboratorio	Laboratorio	Laboratorio	Laboratorio	
Calicata 01	0% CHC	1	1	1	1	1	5
Calicata 01	2% CHC	0	0	1	1	1	3
Calicata 01	4% CHC	0	0	1	1	1	3
Calicata 01	6% CHC	0	0	1	1	1	3
Calicata 02	0% CHC	1	1	1	1	1	5
Calicata 02	2% CHC	0	0	0	0	0	0
Calicata 02	4% CHC	0	0	0	0	0	0
Calicata 02	6% CHC	0	0	0	0	0	0
Calicata 03	0% CHC	1	1	1	1	1	5
Calicata 03	2% CHC	0	0	1	1	1	3
Calicata 03	4% CHC	0	0	1	1	1	3
Calicata 03	6% CHC	0	0	1	1	1	3
Calicata 04	0% CHC	1	1	1	1	1	5
Calicata 04	2% CHC	0	0	0	0	0	0
Calicata 04	4% CHC	0	0	0	0	0	0
Calicata 04	6% CHC	0	0	0	0	0	0
		4	4	10	10	10	
<b>TOTAL, DE MUESTRAS A ENSAYAR</b>							<b>38</b>

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

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

Implica el desarrollo y ejecución de tácticas especializadas de recolección de datos. (Hernández y Torres, 2018)

En esta revisión, se utilizó el examen narrativo como método de selección de información, para buscar datos relacionados con el punto a tratar en la postulación, como revistas, libros específicos sobre el tema, artículos, también se utilizó el enfoque de la observación sistemática, ya que facilita la recogida de datos esenciales para medir los indicadores de la variable dependiente. (mejoramiento de subrasante).

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

Para Hernández y Torres (2018), son un recurso del investigador para recoger y almacenar información pertinente sobre las variables. (p.135).

Como equipo de recogida de datos para las pruebas de resistencia a la compresión simple, Proctor modificado, CBR, limitaciones de consistencia y clasificación del suelo, se utilizaron las fichas técnicas de laboratorio.

#### **Validez**

Fiabilidad, consistencia y coherencia de los resultados (Hernández y Fernández, 2014).

La investigación se verificó mediante investigaciones de campo y pruebas de laboratorio realizadas de acuerdo con las normas vigentes de las autoridades nacionales e internacionales de pruebas geotécnicas, incluyendo MTC, NTP, ASTM y AASHTO. Además, se incluirá un panel fotográfico completo de los avances, métodos y pruebas, y se empleará una revisión exhaustiva por parte de un experto para aumentar su validez.

## **Confiabilidad**

El grado en que un instrumento estima la variable que pretende medir (Hernández y Fernández, 2014).

La premisa de la fiabilidad es dotar a los datos de un nivel serio de veracidad. En consecuencia, el desarrollo de las pruebas y la compilación de los informes serán llevados a cabo por un laboratorio altamente implementado, con certificados de calibración vigentes, una considerable experiencia de campo y un equipo de ingenieros técnicos y especialistas experimentados. Del mismo modo, las empresas de fabricación de aditivos tienen una gran experiencia en la estabilización de suelos y proporcionan sus fichas técnicas y de seguridad públicamente.

### **3.5. Procedimientos**

Para la ejecución de esta investigación se realizó en 4 etapas las que describiremos a continuación:

#### **i. Análisis de información**

- Se tomó referencias bibliográficas y se buscó información sobre el mejoramiento de subrasantes con adiciones de ceniza de hoja de coca o afines es gestores de búsqueda de renombre.
- Se investigó las características químicas de la hoja de coca.
- Se realizó investigaciones sobre subrasantes estabilizadas.

#### **ii. Trabajo de campo**

- Se viajó a la zona de estudio para hacer una inspección visual del terreno.
- Se determinó los 4 puntos críticos del tramo de estudio que corresponden a las siguientes progresivas: 08+000, 08+500, 09+000, 09+500
- Se realizó un total de 4 calicatas de 1.5m de profundidad en la progresivas determinadas en los puntos críticos de la trocha carrozable Lorccolla, de las cuales se extrajo 3 costales de 50 Kg por cada calicata.
- Se consiguió y compro en el mercado local de Santa Rosa aproximadamente 60 kg de hoja de coca.

- Finalmente se hizo el traslado de las muestras de suelo y la hoja coca a la ciudad de Ayacucho, para luego ser tratados en el laboratorio.

### **iii. Parte experimental (a)– laboratorio de suelos – muestras inalteradas**

- Con respecto a las muestras de suelo extraídas de las calicatas se realizó el cuarteo del material como indica la norma MTC E105 y así obtener muestras representativas para poder realizar los ensayos respectivos. Cabe recalcar que se siguió los procedimientos de dicha norma las cuales se pueden observar en el anexo 8.
- Luego de obtener las muestras representativas de las 4 calicatas se procedió a realizar el análisis granulométrico de suelos por tamizado según la norma MTC E 107, donde se siguió los procedimientos que se pueden visualizar en el anexo 8.
- Se realizaron pruebas de límites de consistencia en las pruebas de los delegados a la luz de la norma MTC E 110, que deben ser visibles en el Anexo 8.
- A partir de los resultados de la granulometría y de las limitaciones de consistencia de las muestras representativas de las cuatro fosas, los suelos fueron clasificados por la SUCS y la AASHTO.
- Complementariamente para poder observar la calidad y estado de los suelos se realizaron los ensayos de Proctor modificado (MTC E 115) para una muestra de 20 kg de suelo, CBR de suelos (MTC E 132) para una muestra de 17 kg de suelo y resistencia a la compresión (MTC E 1103) para una muestra de 4.5 kg de suelo, se siguió los procedimientos de dichas normas las cuales se pueden visualizar en el anexo 8.
- Teniendo en cuenta la agrupación de la tierra y el ensayo mecánico de los ejemplos de tierra, se decidieron los dos ejemplos más básicos para, por lo tanto, realizar el ensayo individual de Delegado cambiado (MTC E 115), CBR del suelo (MTC E 132) para sí mismo y la resistencia a la compresión (MTC E 1103) a los ejemplos modificados con las dosis de restos de hoja de coca.

**iv. Parte experimental (b) - tratamiento de la ceniza de hoja de coca**

- Se pesó la cantidad de hoja de coca conseguida en el trabajo campo y se determinó un peso inicial de 61.2 Kg.
- Se procedió a realizar el quemado de la hoja de coca en un horno industrial a una temperatura promedio de 190° - 230°, por unos 25 minutos aproximados hasta la desintegración total de la porción de hoja de coca.
- Posteriormente se pesó todo el material resultante (ceniza) en el horno, dando un valor de 41.62 Kg, generando una pérdida del 32 % del peso inicial aproximadamente, generado por pérdida de humedad y combustión.
- En el laboratorio se procedió a realizar el tamizado de la ceniza de hoja de coca, el cual se consideró que se utilizara todo lo que pase por la malla número 40, consiguiendo un peso de 41.39 Kg de ceniza de hoja de coca, la cual será utilizada posteriormente en los ensayos respectivos de las pruebas que le correspondan.
- Teniendo la cantidad necesario de la ceniza de hoja de coca para cada ensayo de laboratorio respectivo, se procedió a mezclar la ceniza de hoja de coca con agua, teniendo en cuenta el nivel de humedad óptimo de cada muestra y dejando que responda durante un periodo de 120 minutos..

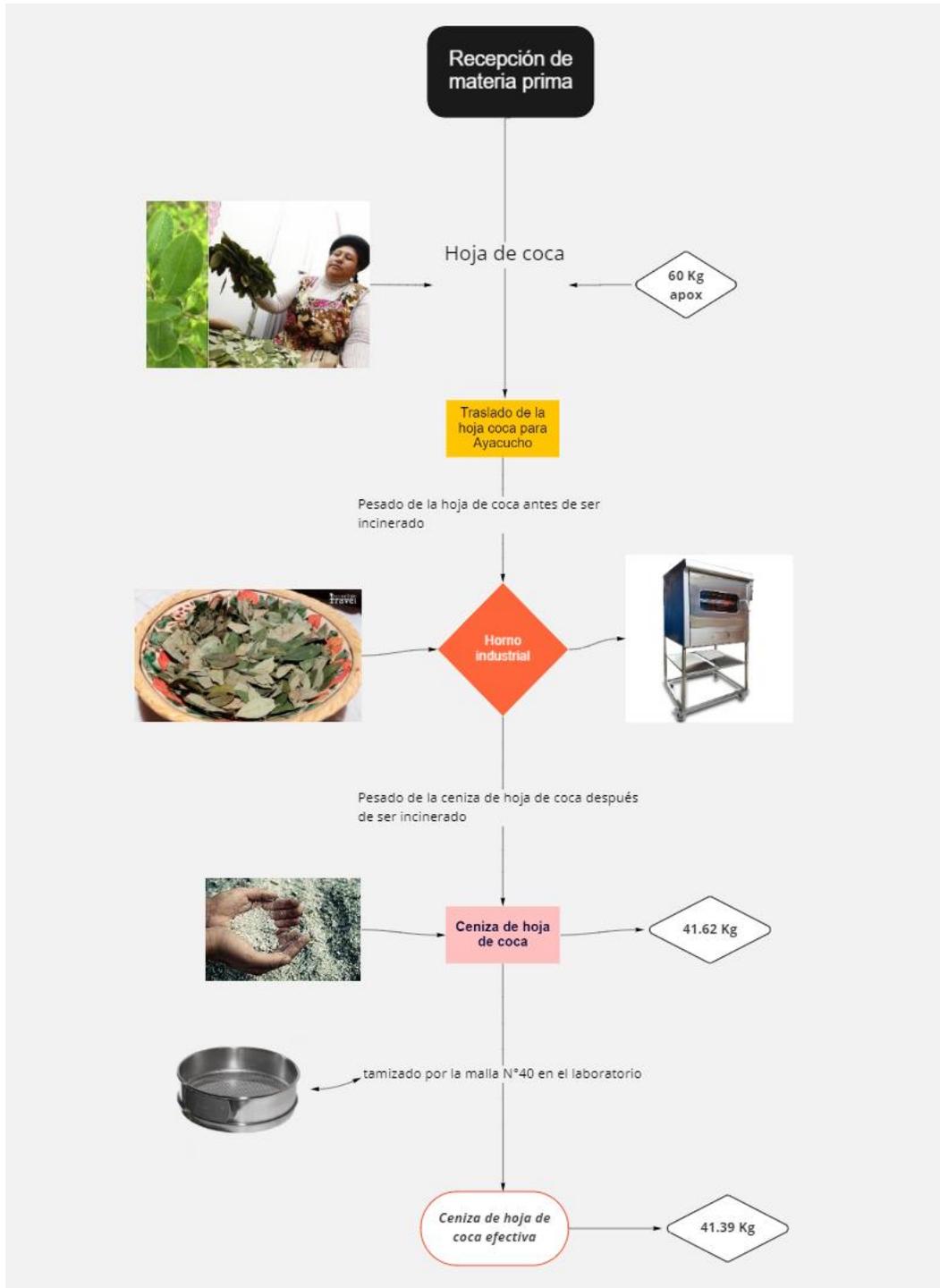
**v. Parte experimental (c) – laboratorio de suelos – muestras alteradas**

- Luego se procedió a mezclar manualmente cada muestra de suelo con la cantidad necesaria de las adiciones de ceniza de hoja de coca 0%, 2%, 6% y 8% con el agua para cada ensayo.
- Teniendo en cuenta lo anterior, se realizaron nuevamente los ensayos de Delegado ajustado (MTC E 115), CBR del suelo (MTC E 132) y resistencia a la compresión (MTC E 1103) en los ejemplos cambiados con los incrementos de restos de hoja de coca

**vi. Análisis de datos**

- Se recogieron los resultados de las pruebas para compararlos, así como para identificar la dosis óptima para tratar la subrasante y cuantificar los cambios en sus cualidades mecánicas.
  - Se realizó un análisis estadístico de los resultados.
- Se presentaron las discusiones, conclusiones e ideas del trabajo.

**Figura 2** Diagrama del tratamiento de la variable independiente (ceniza de hoja de coca).



**Fuente:** Elaboración propia

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

Se realizaron mediante los formatos de Excel proporcionados para cada prueba de laboratorio: CASA GRANDE SAC. Utilizando los procedimientos aprobados por las normas internacionales y nacionales, los resultados se compararon con los requisitos técnicos aplicables. Asimismo, se utilizó el software SPSS para verificar la hipótesis mediante la prueba de hipótesis T-Student.

### **3.7. Aspectos éticos**

Se evaluó los efectos de adicionar ceniza de hoja de coca al suelo de la subrasante de tipo arcilloso para su mejoramiento de sus propiedades mecánicas. Expertos en mecánica de suelos y pavimentos realizarán las pruebas en el laboratorio de CASA GRANDE SAC. en Ayacucho, donde se recogerán los datos de acuerdo con las normas internacionales NTP y ASTM bajo la supervisión de ingenieros consultores. El ingeniero consultor verificará la calidad de los datos adquiridos y la aprobación del ensayo. El procesamiento de los datos será supervisado por metodólogos para garantizar su consistencia y fiabilidad. Las consecuencias de la revisión se utilizaron para llegar a determinaciones y dar ideas para futuros exámenes. Las perspectivas y percepciones del arquitecto asesor se tuvieron en cuenta en diferentes fases del método de revisión.

## **IV. RESULTADOS**

Para mejorar la subrasante arcillosa del camino de tierra de Lorcolla, se realizó una inspección visual en la zona de estudio, donde se identificaron convenientemente 4 puntos críticos del tramo más accidentado del camino en estudio. Se tomaron muestras de suelo para realizar pruebas generales, incluyendo el análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107), límites de consistencia (MTC E 110), clasificación de suelos por SUCS y AASHTO, así como pruebas Proctor modificadas (MTC E 115), CBR del suelo (MTC E 132) (MTC E 1103). Con base en estos resultados, se decidió que dos de las cuatro muestras con resultados insatisfactorios se utilizarían para generar los grupos de control que contenían adiciones de ceniza de hoja de coca de 0%, 2%, 4% y 6% en peso (kg) de suelo seco. Para establecer la dosis ideal, se volverán a realizar y analizar los ensayos de Delegado alterado (MTC E 115), CBR del suelo (MTC E 133) y resistencia a la compresión no confinada (MTC E 1103). Tras la presentación de las consecuencias generales de los ensayos del centro de investigación, se exponen las consecuencias de cada conjunto de objetivos.

#### **4.1. Ensayos generales**

##### **4.1.1. Obtención de la ceniza de hoja de coca**

Para tener la ceniza de la hoja de coca en el laboratorio, se tamizó el resultado de la quema de la hoja de coca en la malla N°40, de la cual se obtuvo la siguiente tabla de datos.

**Tabla 3**

*Propiedades de los suelos analizados*

<b>Materia prima</b>	<b>Peso bruto (Kg)</b>	<b>Peso tamizado (Kg)</b>
Hoja de coca	61.20	41.39

##### **4.1.2. Ensayos estándares de los suelos analizados**

Para determinar la caracterización de los suelos por el SUCS y la AASHTO de las instancias en su condición normal de las 4 fosas de revisión, se realizaron las pruebas estándar de análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107) y límites de consistencia (MTC E 110), las cuales se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 4**

*Propiedades de los suelos analizados*

Muestra	Progresiva (KM)	LL (%)	LP (%)	IP (%)	% GRAVA	% ARENAS	% FINOS	S.U.C.S.	AASHTO
C - 1	8+750	45.4	24.2	21.2	12.50	28.50	59.00	CL	A-7-6 (10)
C - 2	10+750	35.7	23.7	12.0	36.80	27.70	35.50	GC	A-6 (1)
C - 3	11+000	42.4	23.8	18.5	19.80	15.80	64.40	CL	A-7-6 (10)
C - 4	11+500	39.1	24.0	15.1	26.50	34.40	39.10	SC	A-6 (2)

Según la tabla 3, la muestra nº 1 del pozo de ensayo C-1 cumple los criterios de distribución granulométrica, con un porcentaje de grava igual al 12,50%, un porcentaje de arena igual al 28,50% y un porcentaje de finos igual al 59,0%. Asimismo, se puede observar que este suelo presenta un valor del límite líquido (LL) de 44.7%, un valor de límite plástico (LP) del 24.2% y finalmente un índice de plasticidad (IP) del 21.2%, clasificando al suelo en función a su índice de plasticidad como muy arcilloso. Finalmente, se observa la clasificación del suelo según S.U.C.S. como una arcilla ligera arenosa (CL) y la clasificación según AASHTO como un suelo muy pobre (A-7-6 (10))

Para la prueba nº 2 separada del pozo de prueba C-2, se observa una necesidad granulométrica que sigue la diseminación del grano, con un nivel de roca equivalente al 36,80%, un nivel de arenas equivalente al 27,70% y un nivel de finos equivalente al 35,50%. Asimismo, se puede observar que este suelo presenta un valor del límite líquido (LL) de 35.7%, un valor de límite plástico (LP) del 23.7% y finalmente un índice de plasticidad (IP) del 12.0%, clasificando al suelo en función a su índice de plasticidad como arcilloso. Finalmente, se observa la clasificación del suelo según S.U.C.S. como una grava arcillosa con arena (GC) y la clasificación según AASHTO como un suelo muy bueno (A-6 (1)).

La muestra nº 3 extraída del pozo C-3 cumple el criterio de granulometría, con porcentajes de gravas iguales al 19,80%, arenas iguales al 15,80% y finos iguales al 64,40%. Asimismo, se puede observar que este suelo presenta un valor del límite líquido (LL) de 43.70%, un valor de límite plástico (LP) del 23.80% y finalmente un índice de plasticidad (IP) del 19.90%, Según el índice de plasticidad del suelo, éste se clasifica como arcilloso. Por último, se detecta la clasificación S.U.C.S del suelo como tipo arcilla ligera y grava con arena (CL) y la clasificación AASHTO como suelo muy pobre (A-7-6 (10)).

Para la muestra nº 4 extraída del pozo de ensayo C-4, se cumple el criterio de granulometría, con un porcentaje de gravas igual al 26,50%, un porcentaje de arenas igual al 34,40% y un porcentaje de finos igual al 39,10%. Asimismo, se puede observar que este suelo presenta un valor del límite líquido (LL) de 39.1%, un valor de límite plástico (LP) del 24.0% y finalmente un índice de plasticidad (IP) del 15.1%, agrupando la tierra según su registro de versatilidad como arcillosa. Por fin, la caracterización S.U.C.S. de la tierra no fijada como arena arcillosa con roca (SC) y la agrupación AASHTO como suelo magnífico (A-6 (2)).

#### 4.1.3. Ensayos de compactación en laboratorio

Se realizaron ensayos de compactación (delegado Ajustado - MTC E 115) para decidir el mayor espesor seco (MDD) y el contenido de humedad ideal (OCH%) de los ejemplos disecados en la instalación de investigación, cuyas consecuencias se muestran en la tabla inferior.

**Tabla 5**

*Ensayos de compactación (Proctor modificado)*

Muestra	Progresiva (KM)	Ensayo de compactación (Proctor modificado)	
		Máxima densidad seca MDS (tn/m <sup>3</sup> )	Óptimo contenido de Humedad OCH (%)
C - 1	8+750	1.669	23.3
C - 2	10+750	1.653	24.5
C - 3	11+000	1.518	27.1
C - 4	11+500	1.546	29.0

Considerando los resultados mostrados en la Tabla 4, se tiende a ver que para la prueba No. 1 separada del pozo de prueba C-1, se obtuvieron los siguientes resultados, se obtuvo un espesor seco más extremo (MDS) de 1,669 tn/m<sup>3</sup> con un contenido de humedad ideal (OCH) de 23. 3%; para la muestra N° 2 separada de la fosa C-2, se obtuvo un espesor seco mayor (MDS) de 1,653 tn/m<sup>3</sup> con un contenido de humedad ideal (OCH) de 24,5%; para la muestra N° 3 extraída de la fosa C-3, se obtuvo un espesor seco mayor (MDS) de 1,518 tn/m<sup>3</sup> con un contenido de humedad ideal (OCH) de 27,1%. Para la muestra N°3 extraída del pozo C-3, se obtuvo un mayor espesor seco (MDS) de 1,518 tn/m<sup>3</sup> con un contenido de humedad ideal (OCH) de 27,1%. Por último, para la muestra N°4 separada del pozo C-4, se obtuvo un espesor seco más extremo (MDS) de 1,546 tn/m<sup>3</sup> con un contenido de humedad ideal (OCH) de 29,0%.

#### **4.1.4. Ensayos de resistencia en el laboratorio**

La tabla adjunta muestra los resultados de las pruebas de resistencia realizadas en los ejemplos desglosados en el centro de investigación para medir la resistencia a la compresión directa no confinada (MTC E 1103) y el límite de carga CBR de las suculdades (MTC E 132).

**Tabla 6**

Ensayos de resistencia

Muestra	Progresiva (KM)	Ensayo de resistencia		
		Resistencia a la compresión simple no confinada (Kg/cm <sup>2</sup> )	Capacidad de soporte	
			CBR al 95% de la MDS (%)	CBR al 100% de la MDS (%)
C - 1	8+750	6.7	4.0	5.7
C - 2	10+750	9.6	7.6	9.8
C - 3	11+000	4.5	4.0	4.4
C - 4	11+500	8.2	9.6	11.5

Para la prueba N°1 extraída de la fosa C-1, la resistencia a la compresión no confinada fue de 6,7 Kg/cm<sup>2</sup> y el valor del CBR fue de 4,0% al 95% del MDS y de 5,7% al 100% del MDS. Para la prueba N°2 extraída de la fosa C-2, la resistencia a la compresión no confinada fue de 6,7 Kg/cm<sup>2</sup> y el valor del CBR fue del 4,0% al 95% del MDS y del 5,7% al 100% del MDS, una protección de la presión básica no confinada de 9. 6 Kg/cm<sup>2</sup> y un CBR de 7,6% al 95% del MDS y un CBR de 9,8% al 100% del MDS; para la prueba N°3 extraída de la fosa C-3, una resistencia a la compresión básica no confinada de 4,5 Kg/cm<sup>2</sup> y un CBR de 4,0% al 95% del MDS y de 4. 4% al 100% del MDS; por último, para la prueba N°4 extraída de la fosa de prueba C-4, se tuvo una resistencia a la compresión fundamental no confinada de 8,2 kg/cm<sup>2</sup> y un CBR de 9,6% al 95% del MDS y un CBR de 11,5% al 100% del MDS.

#### **4.1.4. Resumen de la caracterización de las muestras analizadas**

Tras realizar la representación de la suciedad de las pruebas examinadas, así como las pruebas de compactación y de oposición, los resultados se rompieron, para luego compararlos y determinar 2 de las 4 muestras más críticas para poder realizar los grupos de control con las adiciones de ceniza de hoja de coca según corresponda.

**Tabla 7**

Resumen de las características físicas y mecánicas de las muestras analizadas

Muestra	Progresiva (KM)	Características físicas								Características mecánicas		
		LL (%)	LP (%)	IP (%)	% Finos	SUCS	AASHTO	MDS (tn/m3)	OCH (%)	Resistencia a la compresión no confinada (Kg/cm2)	Capacidad de soporte	
											CBR al 95% de la MDS (%)	CBR al 100% de la MDS (%)
C - 1	8+750	45.4	24.2	21.2	59.00	CL	A-7-6 (10)	1.669	23.3	6.7	4.0	5.7
C - 2	10+750	35.7	23.7	12.0	35.50	GC	A-6 (1)	1.653	24.5	9.6	7.6	9.8
C - 3	11+000	42.4	23.8	18.5	64.40	CL	A-7-6 (10)	1.518	27.1	4.5	4.0	4.4
C - 4	11+500	39.1	24.0	15.1	39.10	SC	A-6 (2)	1.546	29.0	8.2	9.6	11.5

De acuerdo al manual de autopistas del MTC, segmento de suelos, topografía, geotecnia y asfaltos, parte III, subcapítulo 3.3 Subrasante de la calle demuestra que los suelos suficientes y estables son aquellos con un  $CBR \geq 6\%$ , en el caso de que el suelo de la subrasante tenga un  $CBR < 6\%$ , se considerará una subrasante deficiente o carente de subrasante. A la vista de lo anterior, este examen estaría equilibrando las suciedades de los pozos de ensayo C-1 y C-3, ya que cumplen el estado de  $CBR \leq 6\%$ .

Siendo así, que para la muestra N° 1 de la calicata C-1 presenta un índice de plasticidad (IP) con un valor de 21.2%, clasificando el suelo por su IP como un suelo muy arcilloso, asimismo presenta un porcentaje elevado de finos con un valor de 59.00%, por lo que su según la clasificación AASHTO lo considera como un suelo muy pobre.

El MDS es de 1.669 tn/m<sup>3</sup> y el OCH es del 23,3%. El límite de resistencia de la tierra es impotente, con una resistencia a la compresión no confinada de 6,7 kg/cm<sup>2</sup>, un CBR de 4,0% al 95% del MDS, y un CBR de 5,7% al 100% del MDS.

Asimismo, para la muestra N° 3 de la calicata C-3 presenta un índice de plasticidad (IP) con un valor de 18.5%, clasificando el suelo por su IP como un suelo arcilloso, asimismo presenta un porcentaje elevado de finos con un valor de 64.40%, por lo que según la clasificación AASHTO lo considera como un suelo muy pobre. Además, tiene un contenido de humedad óptimo (OCH) del 27,1% y una densidad seca máxima (MDS) de 1,518 tn/m<sup>3</sup>. Por último, la capacidad de resistencia de este suelo es inadecuada, con valores de resistencia a la compresión no confinada de 4,5 Kg/cm<sup>2</sup>, un valor de 4.0% de CBR al 95 % de la MDS y finalmente un valor de 11.5% de CBR al 100% de la MDS.

Siendo los valores de la muestra N°1 y N°3 los más bajos, se escogieron estos como los más críticos para poder ser estabilizados con las dosificaciones de ceniza de hoja de coca en diferentes proporciones según corresponda, los cuales se representarán en los ensayos posteriores.

#### **4.2. Influencia de ceniza de hoja de coca en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla**

Se realizaron los grupos de control con las adiciones de 0%, 2%,4% y 6% de ceniza de hoja de coca en las muestras de las calicatas C-1, C-3 y C-4 respectivamente, realizar la prueba de compactación en el laboratorio (Proctor alterado) para decidir el espesor seco más extremo (MDS) y el contenido de humedad ideal (OCH).

##### **4.2.1. Ensayo de compactación**

Como se puede ver a continuación, el ensayo de compactación (Proctor Modificado - MTC E 115) arrojó los siguientes resultados:

Los siguientes datos corresponden a la Calicata C-1.

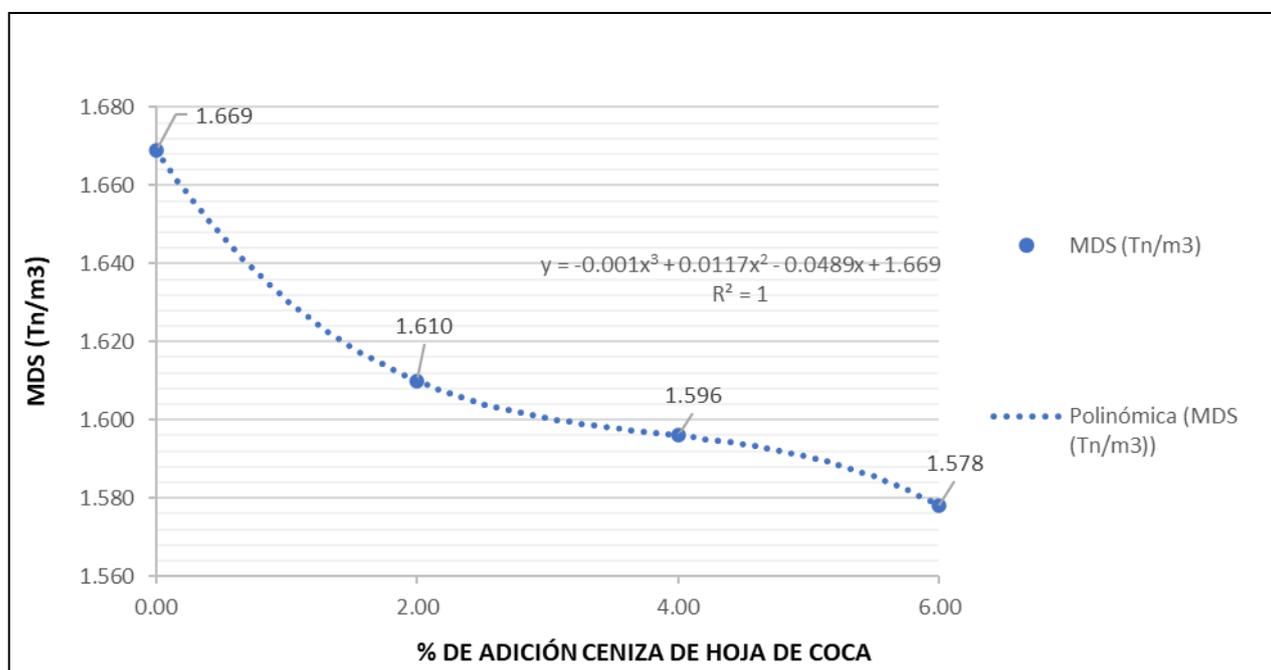
#### **Tabla 8**

Resultados del ensayo de Proctor modificado – Calicata N°1

DOSIFICACION CON CENIZA DE HOJA DE COCA MUESTRA N° 1				
IDENT.	CENIZA DE HOJA DE COCA(%)	CENIZA DE HOJA DE COCA (gr/m3)	MDS (Tn/m3)	OCH (%)
M0	0.0	0.0	1.669	23.3
M1	2.0	77.8	1.610	24.5
M2	4.0	155.6	1.596	27.1
M3	6.0	233.3	1.578	29.0

Consideraciones		
OCH	23.30	%
MDS	1.669	Tn/m3

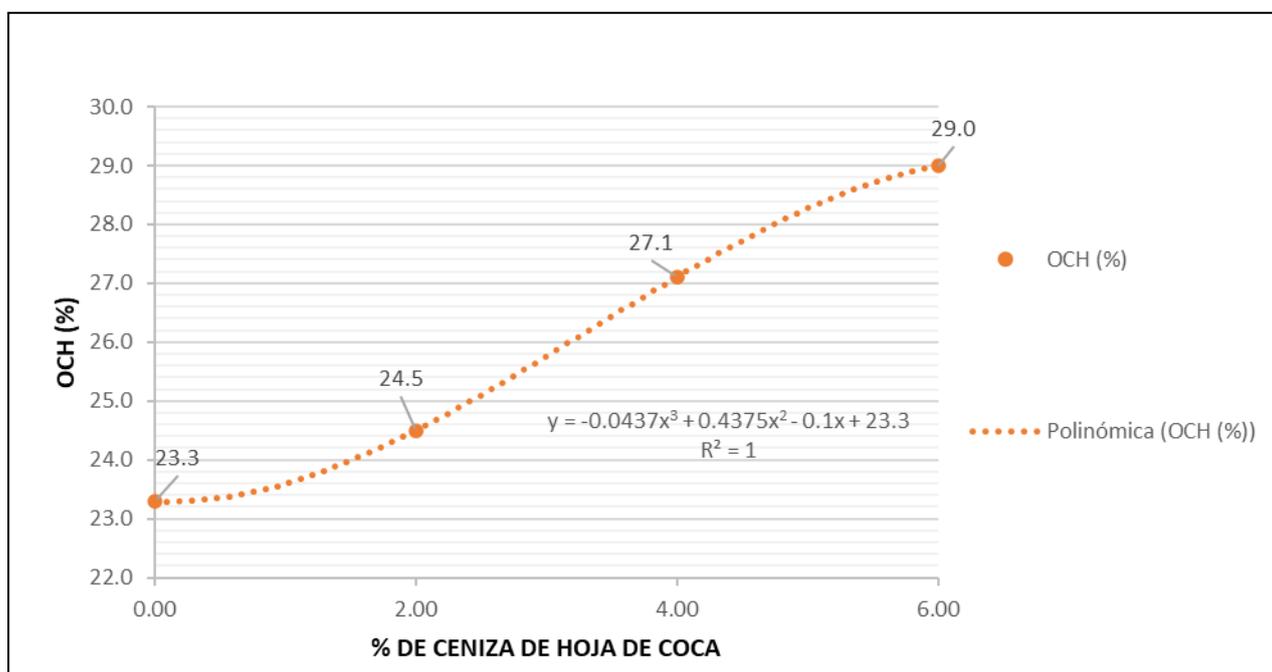


**Figura 3** Tendencia del valor de la MDS –Calicata N°1

**Fuente:** Elaboración propia

Sobre la base de los resultados de la prueba de compactación (Proctor modificado), como se muestra en la Tabla 7 y la Figura 3, se extrajeron las siguientes conclusiones, se determinó que el valor de la MDS (Tn/m3) va disminuyendo según se aumenta la cantidad de ceniza de hoja de coca. Los valores MDS para el pozo C-1 sin estabilizar son 1,669 Tn/m3, el pozo C-1 con la adición de 2% de ceniza de hoja de coca es 1,610 Tn/m3, el pozo C-1 con la adición de 4% de ceniza de hoja de coca es 1,596 Tn/m3, y así sucesivamente. El valor MDS del pozo C-1 antes de agregar 4% de ceniza de hoja de coca es

610 Tn/m<sup>3</sup>, el valor después de agregar 4% de ceniza de hoja de coca es 1,596 Tn/m<sup>3</sup>, y el valor después de agregar 6% de ceniza de hoja de coca es 1,578 Tn/m<sup>3</sup>.



**Figura 4** Tendencia del valor del OCH – Calicata N°1

**Fuente:** Elaboración propia

Además, a la luz de las consecuencias de la prueba de compactación (Delegado cambiado) mostradas en la Tabla 7 y la Figura 4, se presumió que el valor de la tasa de OCH aumenta a medida que aumentan los restos de la hoja de coca. Así, el valor de OCH de la fosa de prueba C-1 sin estabilización es de 23.3%, el valor de OCH de la fosa de prueba C-1 con la adición de 2% de ceniza de hoja de coca es de 24.5%, el valor de OCH de la fosa de prueba C-1 con la adición de 4% de ceniza de hoja de coca es de 27.1%, y el valor de OCH de la fosa de prueba C-1 con la adición de 6% de ceniza de hoja de coca es de 29.0%.

Los siguientes hallazgos se proporcionan para el pozo de prueba C-3:

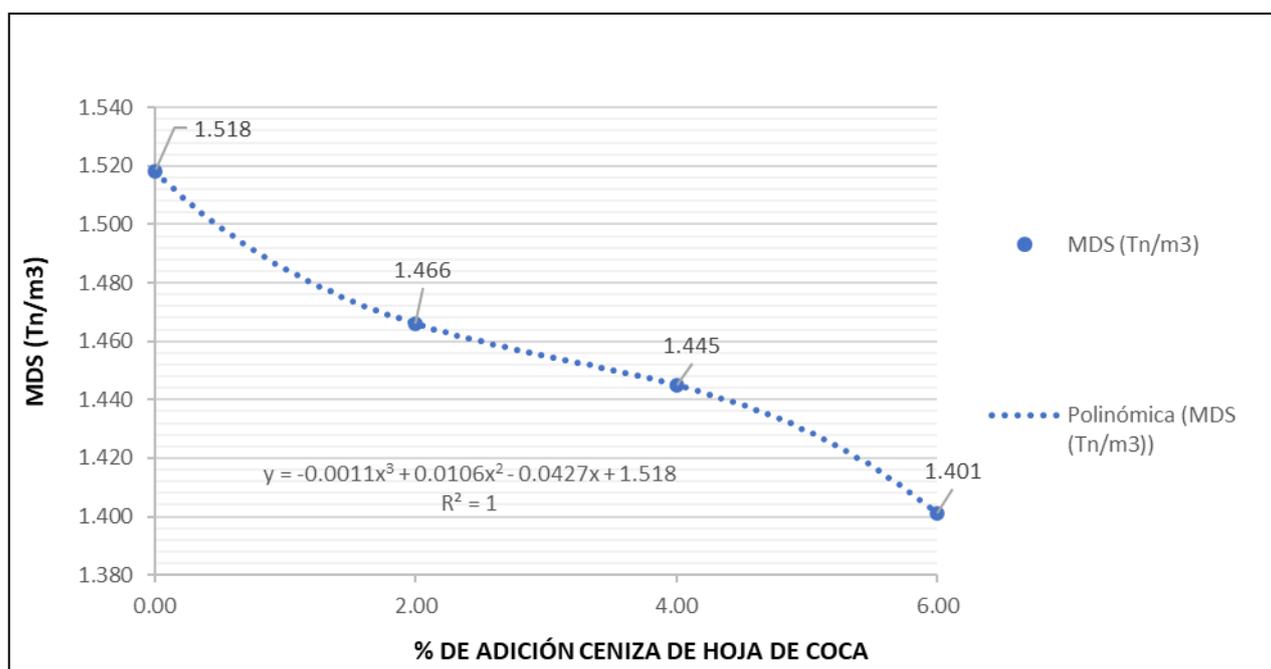
**Tabla 9**

Resultados del ensayo de Proctor modificado – Calicata N°3

DOSIFICACION CON CENIZA DE HOJA DE COCA MUESTRA N° 3				
IDENT.	CENIZA DE HOJA DE COCA(%)	CENIZA DE HOJA DE COCA (gr/m3)	MDS (Tn/m3)	OCH (%)
M0	0.0	0.0	1.518	20.4
M1	2.0	61.9	1.466	22.9
M2	4.0	123.9	1.445	23.7
M3	6.0	185.8	1.401	27.1

Consideraciones			
OCH	20.40	%	
MDS	1.518	Tn/m3	

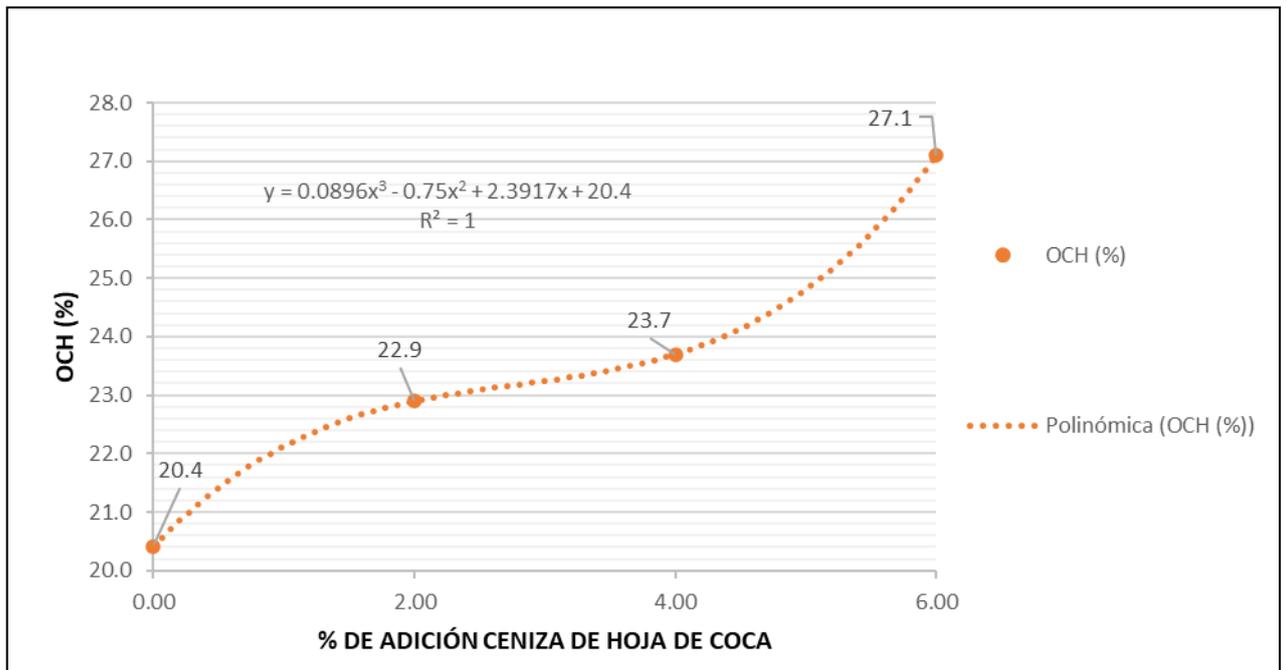


**Figura 5** Tendencia del valor de la MDS – Calicata N°3

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los resultados del ensayo de compactación (Proctor modificado) que se pueden observar en la tabla 8 y figura 5, se determinó que el valor de la MDS (Tn/m3) va disminuyendo según se aumenta la cantidad de ceniza de hoja de coca. Siendo así que el valor de la MDS de la calicata C-3 sin estabilizar es de 1.518 Tn/m3, el valor de la MDS de la calicata C-3 con adición de ceniza de hoja de coca en un 2% es de 1.466 Tn/m3, el valor de la MDS de la calicata C-3 con

adición de ceniza de hoja de coca en un 4% es de 1.445 Tn/m<sup>3</sup> y finalmente el valor de la MDS de la calicata C-3 con adición de ceniza de hoja de coca en un 6% es de 1.401 Tn/m<sup>3</sup>,



**Figura 6** Tendencia del valor del OCH – Calicata N°3

*Fuente:* Elaboración propia

Además, con base en los resultados de la prueba de compactación Proctor modificada (Tabla 8 y Figura 6), se determinó que el valor porcentual de OCH aumenta a medida que se incrementa la cantidad de ceniza de hoja de coca. Siendo así que el valor del OCH de la calicata sin estabilizar es de 20.4%, el valor del OCH de la calicata con adición de 2% de ceniza de hoja de coca es de 22.9%, el valor de OCH de la calicata con un 4% de ceniza de hoja de coca añadida es del 23,7%, y con un 6% de ceniza de hoja de coca añadida, el valor de OCH es del 27,1%.

#### **4.3. Influencia de ceniza de hoja de coca en resistencia a la compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla**

La siguiente tabla muestra los resultados de la prueba de compresión básica (MTC E 1103) para el pozo de prueba C-1:

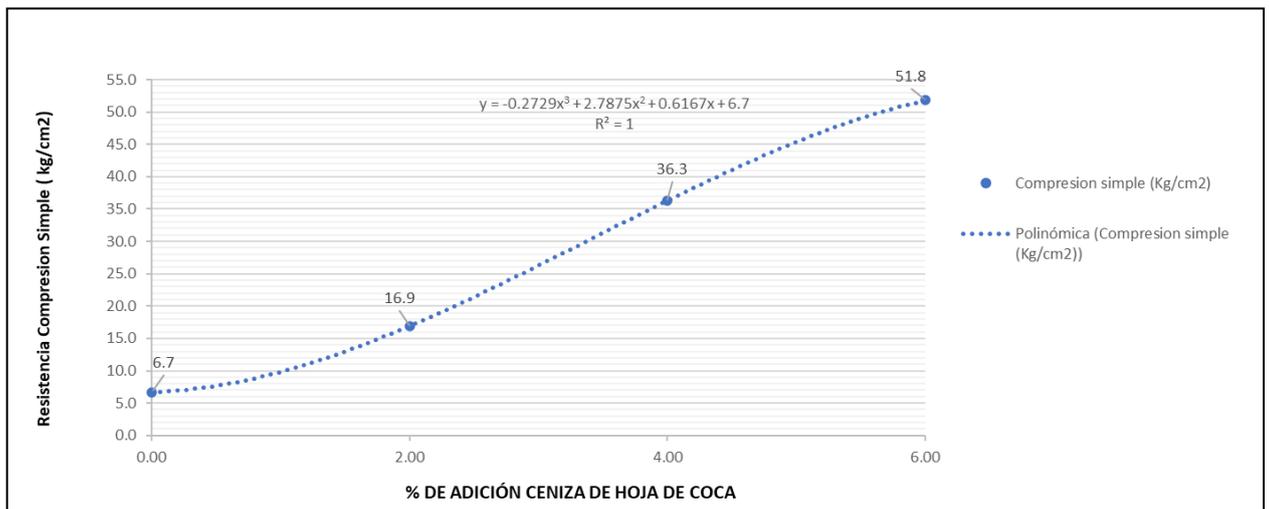
**Tabla 10**

Resultados del ensayo de compresión simple – Calicata N°1

**DOSIFICACION CON CENIZA DE HOJA DE COCA MUESTRA N° 1**

<b>IDENT.</b>	<b>CENIZA DE HOJA DE COCA(%)</b>	<b>CENIZA DE HOJA DE COCA (gr/m3)</b>	<b>Compresión simple (Kg/cm2)</b>
M0	0.0	0.0	6.7
M1	2.0	77.8	16.9
M2	4.0	155.6	36.3
M3	6.0	233.3	51.8

<b>Consideraciones</b>	
Cantidad de muestra (Kg)	23.30
Densidad Ceniza de Hoja de Coca (gr/cm3)	1.669



**Figura 7** Tendencia del valor de la resistencia a la compresión simple no confinada del Calicata N°1

**Fuente:** Elaboración propia

Como se demuestra en la Tabla 9 y en la Figura 7, el valor de la resistencia a la compresión directa no confinada se incrementa a medida que aumentan los restos de hoja de coca. Así, la resistencia a la compresión directa no confinada del pozo de prueba C-1 sin ajuste es de 6.7 kg/cm<sup>2</sup>, la resistencia a la compresión básica no confinada del pozo de prueba C-1 con la expansión del 2% de restos de hoja de coca es de 16.9 kg/cm<sup>2</sup>, y la resistencia a la compresión básica no confinada del pozo de prueba C-1 sin ajuste es de 6.7 kg/cm<sup>2</sup>.

Adicionalmente, es importante señalar que el MTC exige un valor mínimo de 18 kg/cm<sup>2</sup> para los suelos estabilizados de la subrasante; en consecuencia, las dosis

de adición de 4% y 6% de ceniza de hoja de coca correspondientes a la fosa de prueba C-1 cumplirían con este criterio.

Los resultados fundamentales de compresión para el pozo de prueba C-3 (MTC E 1103) son los siguientes:

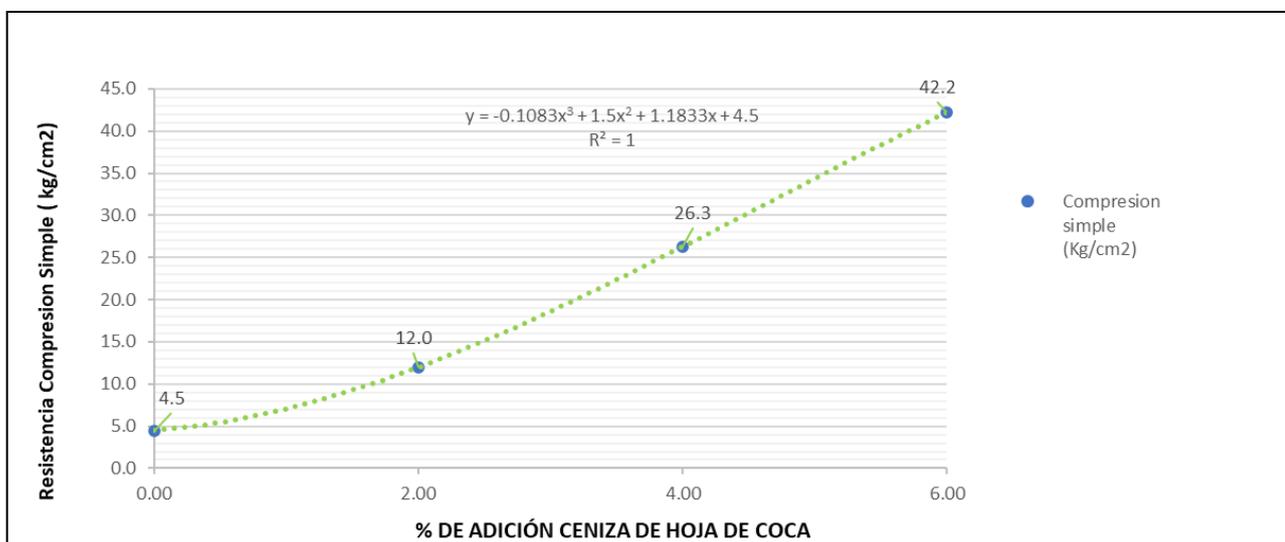
**Tabla 11**

Resultados del ensayo de compresión simple – Calicata N°3

DOSIFICACION CON CENIZA DE HOJA DE COCA MUESTRA N° 3			
IDENT.	CENIZA DE HOJA DE COCA(%)	CENIZA DE HOJA DE COCA (gr/m3)	Compresión simple (Kg/cm2)
M0	0.0	0.0	4.5
M1	2.0	61.9	12.0
M2	4.0	123.9	26.3
M3	6.0	185.8	42.2

Consideraciones	
OCH (%)	20.40
MDS (Tn/m3)	1.518



**Figura 8** Tendencia del valor de la resistencia a la compresión simple no confinada del – Calicata N°3

**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla 10 y la Figura 8 muestran los resultados de la resistencia a la compresión fundamental no confinada, que exhiben que a medida que aumenta la cantidad de basura de hoja de coca, también lo hace el valor de la resistencia a la compresión directa no confinada. Posteriormente, la resistencia a la compresión directa no confinada del pozo de prueba C-3 sin cambios es de 4.5 kg/cm<sup>2</sup>, mientras que un motivador comparativo para el pozo de prueba C-3 con la extensión del 2% de basura de hoja de coca es de 12.0 kg/cm<sup>2</sup>.

Por otra parte, cabe destacar que el MTC sugiere el valor de 18 Kg/cm<sup>2</sup> como base en suelos de subrasante equilibrados, por lo tanto, según lo que se puede notar, la medición de la expansión de 4% y 6% de restos de hoja de coca relativa a la fosa de prueba C-3 seguiría esta condición.

#### 4.4. Influencia de ceniza de hoja de coca en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla

A continuación se presentan los resultados de la prueba de capacidad portante - CBR (MTC E 132) para el pozo de prueba C-1:

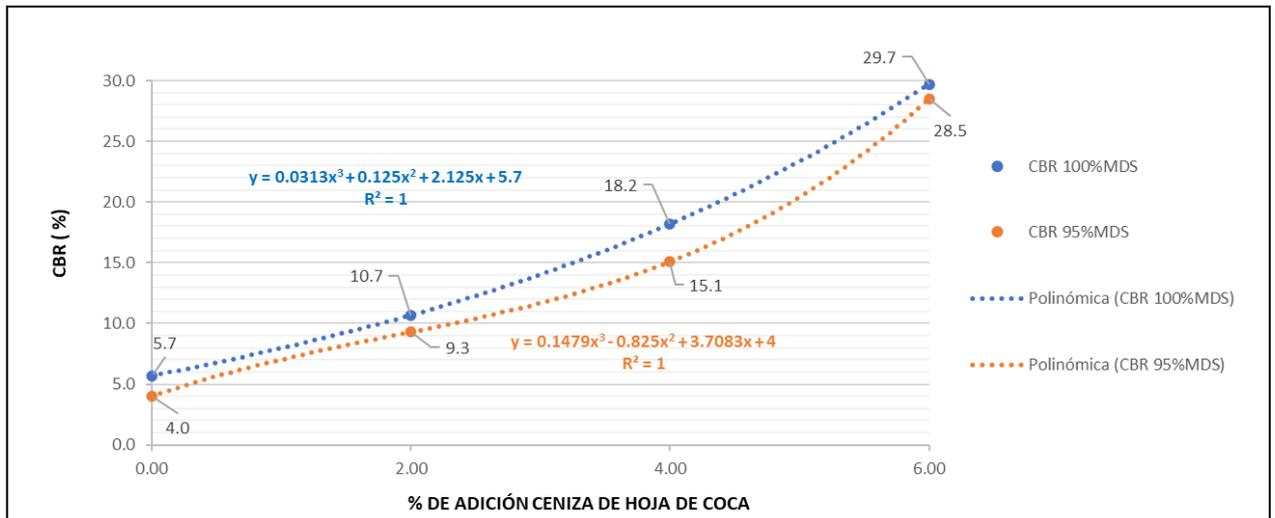
**Tabla 12**

Resultados del CBR a- 95%-100% de la MDS – Calicata N°1

<b>DOSIFICACION CON CENIZA DE HOJA DE COCA MUESTRA N° 1</b>				
<b>IDENT.</b>	<b>CENIZA DE HOJA DE COCA(%)</b>	<b>CENIZA DE HOJA DE COCA (gr/m3)</b>	<b>CBR 100%MDS</b>	<b>CBR 95%MDS</b>
M0	0.0	0.0	5.7	4.0
M1	2.0	77.8	10.7	9.3
M2	4.0	155.6	18.2	15.1
M3	6.0	233.3	29.7	28.5

<b>Consideraciones</b>			
	OCH	23.30	%
	MDS	1.669	Tn/m <sup>3</sup>



**Figura 9** Tendencia del valor del CBR – Calicata N°1

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los datos de CBR mostrados en la Tabla 11 y la Figura 9, se concluyó que el valor porcentual de CBR aumenta a medida que se incrementa el contenido de ceniza de hoja de coca. Así, el valor CBR del pozo de prueba C-1 sin estabilización es de 4.0% al 95% del SDM y 5.7% al 100% del SDM, mientras que el valor CBR del pozo de prueba C-1 con la adición de 2% de ceniza de hoja de coca es de 9.3% al 95% del SDM y 10.7% al 100% del SDM, el valor del CBR de la calicata C-1 con la adición de 4% de ceniza de hoja de coca al 95% de la MDS es de 15.1% y al 100% de la MDS es de 18.2% y finalmente el valor del CBR de la calicata C-1 con la adición de 6% de ceniza de hoja de coca al 95% de la MDS es de 28.5% y al 100% de la MDS es de 29.7%

Asimismo, según el manual de calles del MTC, segmento de suelos, topografía, geotecnia y asfaltos, parte III, subcapítulo 3.3 Subrasante de la calle muestra que los suelos satisfactorios y estables son aquellos con un  $CBR \geq 6\%$ ; en el caso de que el suelo de la subrasante tenga un  $CBR < 6\%$ , se considerará subrasante carente o subrasante deficiente. Basándonos en lo anterior en esta investigación se estaría cumpliendo con la condición del  $CBR \geq 6\%$  con la dosificación mínima de ceniza de hoja de coca de 1.67% con respecto al peso en Kg del suelo.

A continuación se presentan los resultados de la prueba de capacidad portante - CBR (MTC E 132) para la fosa de pruebas C-3:

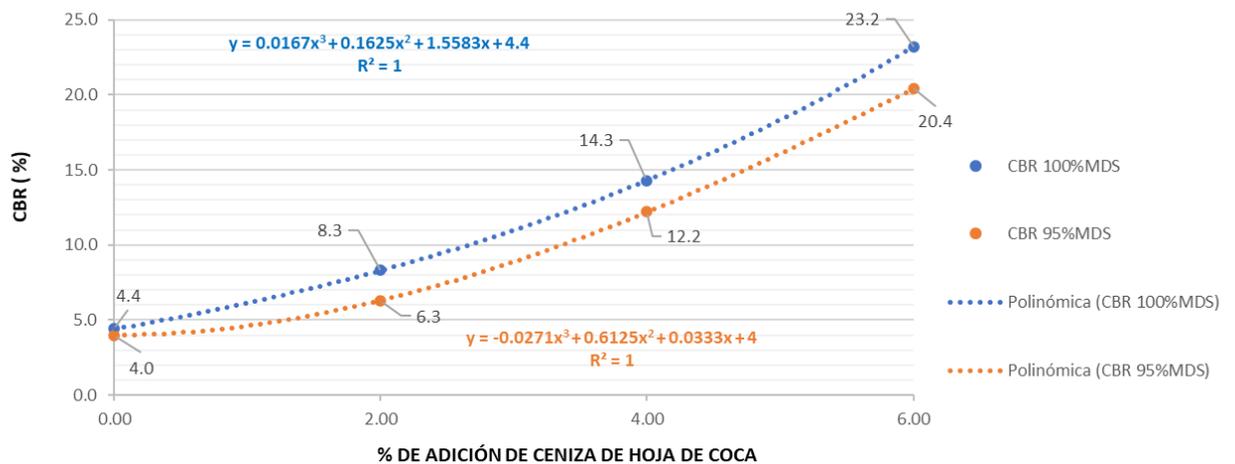
**Tabla 13**

Resultados del CBR a- 95%-100% de la MDS – Calicata N°3

DOSIFICACION CON CENIZA DE HOJA DE COCA MUESTRA N° 3				
IDENT.	CENIZA DE HOJA DE COCA(%)	CENIZA DE HOJA DE COCA (gr/m3)	CBR 100%MDS	CBR 95%MDS
M0	0.0	0.0	4.4	4.0
M1	2.0	61.9	8.3	6.3
M2	4.0	123.9	14.3	12.2
M3	6.0	185.8	23.2	20.4

Consideraciones		
OCH	20.40	%
MDS	1.518	Tn/m3



**Figura 10** Tendencia del valor del CBR – Calicata N°3

**Fuente:** Elaboración propia

Con base en los datos del CBR mostrados en la Tabla 12 y la Figura 10, se concluyó que el valor porcentual del CBR aumenta a medida que se incrementa el contenido de ceniza de hoja de coca. Siendo así que el valor del CBR de la calicata C-3 sin estabilizar al 95% de la MDS es de 4.0% y al 100% de la MDS es de 4.4%, el valor del CBR de la calicata C-3 con la adición de 2% de ceniza de hoja de coca al 95% de la MDS es de 6.3% y al 100% de la MDS es de 8.3%, el valor del CBR de la calicata C-3 con la adición de 4% de ceniza de hoja de coca al 95% de la MDS es de 12.2% y al 100% de la MDS es de 14.3% y finalmente el valor del CBR de la

calicata C-3 con la adición de 6% de ceniza de hoja de coca al 95% de la MDS es de 20.4% y al 100% de la MDS es de 23.2%.

Además, según el manual de calles del MTC, segmento de suelos, geografía, geotecnia y asfaltos, sección III, subcapítulo 3.3 Subrasante de la calle muestra que los suelos suficientes y estables son aquellos con un  $CBR \geq 6\%$ , en el caso de que el suelo de la subrasante tenga un  $CBR < 6\%$ , se considerará una subrasante deficiente o carente de subrasante. Basándonos en lo anterior en esta investigación se estaría cumpliendo con la condición del  $CBR \geq 6\%$  con la dosificación mínima de ceniza de hoja de coca de 1.6% con respecto al peso en Kg del suelo.

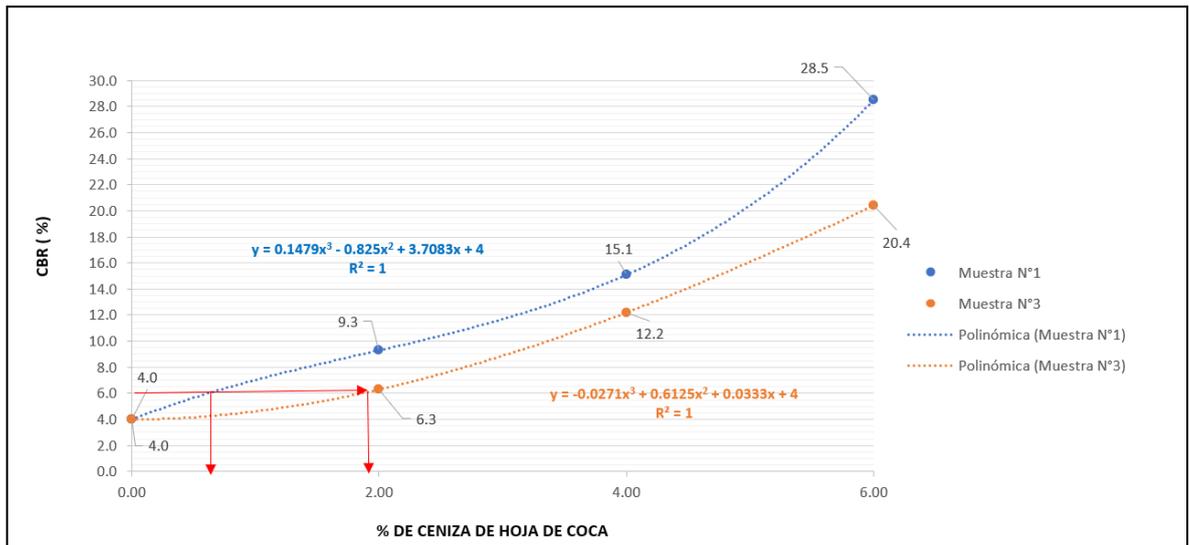
#### **4.4. Dosificación óptima de ceniza de hoja de coca para el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla**

Para estimar la dosis óptima de ceniza de hoja de coca en la mejora de la subrasante, consideramos los siguientes parámetros de resistencia del MTC: Un suelo con un CBR mayor o igual al 6% es suficiente. En consecuencia, los resultados son los siguientes:

**Tabla 14**

CBR al 95% del MDS de las muestras analizadas

<b>IDENT.</b>	<b>CENIZA DE HOJA DE COCA(%)</b>	<b>CBR 95%MDS</b>
	0.0	4.0
Muestra N°1	2.0	9.3
	4.0	15.1
	6.0	28.5
	0.0	4.0
Muestra N°3	2.0	6.3
	4.0	12.2
	6.0	20.4



**Figura 11** Tendencia del valor del CBR al 95% de la MDS – Muestra N°1 – Muestra N°3

**Fuente:** Elaboración propia

En base a los resultados obtenidos en el ensayo de CBR al 95% de la MDS se puede observar que para cumplir con la condición de MTC de que el CBR tiene que ser mayor o igual al 6% para que acepte la subrasante, se tiene que la dosificación de adición mínima de ceniza de hoja de coca para la muestra N°1 es de 0.6%, mientras que para la muestra N°3 la dosificación mínima de ceniza de hoja de coca es de 1.7%, alcanzando con ambas dosificaciones el porcentaje mínimo de CBR según norma. Sin embargo, para esta investigación se plantearon las dosificaciones de 0%, 2%, 4% y 6% de adición de ceniza de hoja de coca, por lo que estarían cumpliendo el porcentaje mínimo de CBR por norma, la muestra N°1 las adiciones de 2%, 4% y 6%; para la muestra N°3 la adición de 2%, 4% y 6%. Por lo tanto, se concluye que la dosis óptima para la adición de ceniza de hoja de coca a los suelos arcillosos es del 6%, ya que esta dosis produce los mayores resultados en relación con el CMR al 95% del MDS.

#### 4.5. Prueba Hipótesis

Para la demostración de la especulación, sólo diferenciaremos la dosis de restos de hojas de coco en las cualidades físicas y mecánicas de la subrasante para los ejemplos N°1 y N°3, para los cuales examinamos previamente los ejemplos para decidir si presentan una dispersión típica o no, Posteriormente, escogeremos la

prueba medible de SHAPIRO-WILK ya que se utiliza para pruebas menores de 50 ( $n < 50$ ). Conociendo esta información, seguimos decidiendo la medida de la prueba que se utilizará para comprobar la especulación entre la conexión de Pearson (en el caso de que tenga ordinalidad y los factores sean persistentes) y la relación de Spearman (en el caso de que no tenga ordinalidad y los factores sean ordinales).

#### **4.5.1. Prueba de hipótesis para las características físicas de la subrasante.**

##### **4.5.1.1. Prueba hipótesis para los ensayos de compactación**

##### **Máxima densidad seca (MDS)**

##### ***Muestra N°1 - Prueba de Normalidad***

i. Se realizó el planteamiento de la normalidad

$H_0$ : Los datos de la máxima densidad seca (MDS) tienen normalidad

$H_1$ : Los datos de la máxima densidad seca (MDS) no tienen normalidad

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha = 5\%$  (0.05)

iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó la prueba estadística SHAPIRO-WILK ya que esta se utiliza para muestras ( $n < 50$ )

iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

#### **Tabla 15**

*Pruebas de normalidad para la máxima densidad seca (MDS) – Muestra N°1*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>	Shapiro-Wilk

	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificación de Ceniza de hoja de coca	,151	4	.	,993	4	,972
Máxima densidad seca (MDS)	,255	4	.	,911	4	,489

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según los datos anteriores, la resistencia a la compresión tiene un valor p de 0,489%.

Por consiguiente, si el valor  $p > 0,05$ ... Se acepta la hipótesis nula

#### v. Conclusión

Los resultados de la densidad máxima en seco de la muestra N°1 demuestran normalidad a un nivel de significación del 5%.

#### **Muestra N°1 -Contrastación de la hipótesis**

Dado que la prueba de normalidad mostró que el ejemplo sigue un transporte típico para la información del mayor espesor seco (MDS) y los factores son cuantitativamente consistentes, el nivel de afiliación o impacto de la expansión de los restos de la hoja de coca en la subrasante se estimará utilizando la medida de prueba "coeficiente de conexión de Pearson (r)".

#### i. Se realizó el planteamiento de la hipótesis nula y alternativa

$H_0$ : La adición de ceniza de hoja de coca no influye en el aumento de la MDS

$H_1$ : La adición de mucilago de ceniza de hoja de coca influye en el aumento de la MDS

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

#### ii. Se trabajó con un nivel de significancia de: $\alpha=5\%$ (0.05)

#### iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó el Coeficiente de correlación (r) de Pearson

#### iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05 \dots$  Se acepta la hipótesis nula

### Tabla 16

*Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Máxima Densidad Seca – Muestra N°1*

<b>Correlaciones</b>			
		Dosificación de Ceniza de Hoja de Cocal	Máxima Densidad Seca
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coaca	Correlación de Pearson	1	-,949
	Sig. (bilateral)		,049
	N	4	4
Máxima Densidad Seca	Correlación de Pearson	-,949	1
	Sig. (bilateral)	,049	
	N	4	4

Según la tabla, la "r" de Pearson es -0,949 y el valor p es 0,049, por lo que:

Si el valor p es inferior a 0,05, se rechaza la hipótesis nula.

En consecuencia, H1 es aceptable: La adición de ceniza de hoja de coca influye en el crecimiento del MDS.

Como  $-0,8 = r = -1$ , la relación es bastante negativa.

#### v. Conclusión

Existe evidencia estadística sustancial que sugiere que la variable dosis de ceniza de hoja de coca tiene una conexión lineal negativa muy fuerte con la densidad seca máxima ( $r = -0.949$ ).

#### **Muestra N°3 - Prueba de Normalidad**

i. Se realizó el planteamiento de la normalidad

$H_0$ : Los datos de la máxima densidad seca (MDS) tienen normalidad

$H_1$ : Los datos de la máxima densidad seca (MDS) no tienen normalidad

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó la prueba estadística SHAPIRO-WILK ya que esta se utiliza para muestras ( $n<50$ )

iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor}\leq 0.05\ldots$  Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor}>0.05\ldots$  Se acepta la hipótesis nula

### Tabla 17

*Pruebas de normalidad para la máxima densidad seca (MDS) – Muestra N°3*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>		Shapiro-Wilk		
	Estadístico		Estadístico		
Dosificación de Ceniza de Hoja de coca	,151	4	,993	4	,972
Máxima densidad seca (MDS)	,254	4	,884	4	,357

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según los datos anteriores, la resistencia a la compresión tiene un valor p de 0,372, por lo que:

Si el valor  $p>0,05\ldots$  La hipótesis nula es válida.

v. Conclusión

La densidad seca máxima de la muestra N°3 exhibe normalidad a un nivel de significación del 5%.

### **Muestra N°3 -Contrastación de la hipótesis**

Dado que la prueba de normalidad descubrió que la información sobre el espesor seco más extremo (MDD) del ejemplo sigue una transmisión típica y que los factores son factores cuantitativos ininterrumpidos, el nivel de afiliación o impacto

de la expansión de los restos de hoja de coca a la subrasante se estimará utilizando el coeficiente de conexión de Pearson (r).

i. Se realizó el planteamiento de la hipótesis nula y alternativa

$H_0$ : La adición de ceniza de hoja de coca no influye en el aumento de la MDS

$H_1$ : La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento de la MDS

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó el Coeficiente de correlación (r) de Pearson

iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

### Tabla 18

*Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Máxima Densidad Seca – Muestra N°3*

<b>Correlaciones</b>			
		Dosificación de Ceniza de Hoja de Cocal	Máxima Densidad Seca
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Correlación de Pearson	1	-,966
	Sig. (bilateral)		,034
	N	4	4
Máxima Densidad Seca	Correlación de Pearson	-,966	1
	Sig. (bilateral)	,034	
	N	4	4

Según la tabla, la "r" de Pearson es de -0,966 y el valor p es de 0,034. Por lo tanto:

Si el valor p es inferior a 0,05, se rechaza la hipótesis nula.

En consecuencia, H1 es aceptable: La adición de ceniza de hoja de coca impacta en el crecimiento del MDS.

Como  $-0,8 = r = -1$ , ejerce un efecto tremendo.

**v. Conclusión**

Existe evidencia estadística sustancial que sugiere que la variable dosis de ceniza de hoja de coca tiene una conexión lineal negativa muy fuerte con el efecto de la densidad seca máxima ( $r=-0.966$ ).

**Óptimo contenido de humedad (OCH).**

***Muestra N°1 - Prueba de Normalidad***

i. Se realizó el planteamiento de la normalidad

*H<sub>0</sub>: Los datos del óptimo contenido de humedad (OCH) tienen normalidad*

*H<sub>1</sub>: Los datos del óptimo contenido de humedad (OCH) no tienen normalidad*

Donde:

*H<sub>0</sub>*: hipótesis nula

*H<sub>a</sub>*: hipótesis alternativa

ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó la prueba estadística SHAPIRO-WILK ya que esta se utiliza para muestras ( $n<50$ )

iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 19**

*Pruebas de normalidad para el óptimo contenido de humedad (COH) – Muestra N°1*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	,151	4	.	,993	4	,972
Óptimo Contenido de Humedad	,255	4	.	,936	4	,631

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la tabla anterior se tiene que la resistencia a la compresión muestra un p-valor=0.631 por lo que:

Si p-valor>0.05... Se acepta la hipótesis nula

#### v. Conclusión

La información del contenido de humedad ideal de la prueba N°1 presenta normalidad con un nivel de importancia del 5%.

#### ***Muestra N°1 -Contrastación de la hipótesis***

i. Dado que la prueba de normalidad mostró que el ejemplo sigue un transporte típico para la información del contenido de humedad ideal (OCH) y los factores son cuantitativos persistentes, el nivel de afiliación o impacto de la expansión de los restos de hoja de coca en la subrasante se estimará utilizando la medida de prueba "coeficiente de conexión de Pearson (r)".

ii. Se realizó el planteamiento de la hipótesis nula y alternativa

$H_0$ : La adición de ceniza de hoja de coca no influye en el aumento del OCH

$H_1$ : La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento del OCH

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

- iii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)
- iv. Elección de la prueba estadística.  
Se utilizó el Coeficiente de correlación (r) de Pearson
- v. Regla de decisión
  - Si  $p\text{-valor} \leq 0.05 \dots$  Se rechaza la hipótesis nula
  - Si  $p\text{-valor} > 0.05 \dots$  Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 20**

*Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Óptimo Contenido de Humedad – Muestra N°1*

<b>Correlaciones</b>			
		Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Óptimo Contenido de Humedad
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Correlación de Pearson	1	,985
	Sig. (bilateral)		,015
	N	4	4
Óptimo Contenido de Humedad	Correlación de Pearson	,985	1
	Sig. (bilateral)	,015	
	N	4	4

Según la tabla anterior se tiene un “r” de Pearson = 0.985 y un  $p\text{-valor}=0.015$  por lo que:

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05 \dots$  Se rechaza la hipótesis nula

Por lo que se acepta H1: La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento del OCH

Como  $-0.8 \leq r \leq 1$  , entonces tiene una relación muy alta

**vi. Conclusión**

Hay una enorme prueba medible para decir que la variable de medición de los restos de la hoja de coca tiene una relación directa extremadamente alta en el impacto del incremento del contenido de humedad ideal ( $r=0.985$ ).

**Muestra N°3 - Prueba de Normalidad**

- i. Se realizó el planteamiento de la normalidad

$H_0$ : Los datos del óptimo contenido de humedad (OCH) tienen normalidad

$H_1$ : Los datos del óptimo contenido de humedad (OCH) no tienen normalidad

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

- ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

- iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó la prueba estadística SHAPIRO-WILK ya que esta se utiliza para muestras ( $n < 50$ )

- iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

### Tabla 21

Pruebas de normalidad para el óptimo contenido de humedad (COH) – Muestra N°3

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	,151	4	.	,993	4	,972
Óptimo Contenido de Humedad	,268	4	.	,900	4	,431

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la tabla anterior se tiene que la resistencia a la compresión muestra un  $p\text{-valor}=0.431$  por lo que:

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

- v. Conclusión

Las mediciones del contenido óptimo de humedad para la muestra N°3 demuestran normalidad a un nivel de significación del 5%.

### **Muestra N°3 -Contrastación de la hipótesis**

i. Dado que la prueba de normalidad mostró que el ejemplo sigue un transporte típico para la información del contenido de humedad ideal (OCH) y los factores son cuantitativamente consistentes, el nivel de afiliación o impacto de la expansión de los restos de la hoja de coca en la subrasante se estimará utilizando la medida de la prueba del coeficiente de conexión de Pearson (r).

ii. Se realizó el planteamiento de la hipótesis nula y alternativa

$H_0$ : La adición de ceniza de hoja de coca no influye en el aumento del OCH

$H_1$ : La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento del OCH

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

iii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

iv. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó el Coeficiente de correlación (r) de Pearson

v. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

### **Tabla 22**

*Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Óptimo Contenido de Humedad – Muestra N°3*

<b>Correlaciones</b>	
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Óptimo Contenido de Humedad

Dosificación de Ceniza de Hoja de coca	Correlación de Pearson	1	,969
	Sig. (bilateral)		,031
	N	4	4
Óptimo Contenido de Humedad	Correlación de Pearson	,969	1
	Sig. (bilateral)	,031	
	N	4	4

**Fuente:** Elaboración propia.

Según la tabla anterior, la "r" de Pearson es de 0,969 y el valor p es de 0,031.  
Por lo tanto:

Si el valor  $p \leq 0,05$ .... No se puede aceptar la hipótesis nula

En consecuencia, H1 es aceptable: La adición de ceniza de hoja de coca afecta al aumento de la concentración de OCH.

Dado que  $-0,8 = r = 1$ , el vínculo es bastante fuerte.

#### vi. Conclusión

Hay una enorme prueba medible para decir que la variable de la dosis de desechos de la hoja de coca tiene una relación directa extremadamente alta en el impacto del incremento del contenido de humedad ideal ( $r = -0.969$ .)

### 4.5.2. Prueba de hipótesis para las características mecánicas de la subrasante.

#### 4.5.2.1. Resistencia a la compresión simple

##### ***Prueba de Normalidad- Muestra N°1***

i. Se realizó el planteamiento de la normalidad

$H_0$ : Los datos de la resistencia a la compresión simple tienen normalidad

$H_1$ : Los datos de la resistencia a la compresión simple no tienen normalidad

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

- ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)
- iii. Elección de la prueba estadística.  
Se utilizó la prueba estadística SHAPIRO-WILK ya que esta se utiliza para muestras ( $n<50$ )
- iv. Regla de decisión  
Si  $p\text{-valor}\leq 0.05\dots$  Se rechaza la hipótesis nula  
  
Si  $p\text{-valor}>0.05\dots$  Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 23**

*Pruebas de normalidad para la resistencia a la compresión simple – Muestra N°1*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificación de ceniza de hoja de coca	,151	4	.	,993	4	,972
Resistencia a la compresión simple	,208	4	.	,966	4	,817

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la tabla anterior se tiene que la resistencia a la compresión muestra un  $p\text{-valor}=0.817$  por lo que:

Si  $p\text{-valor}>0.05\dots$  Se acepta la hipótesis nula

- v. Conclusión  
Los resultados de la resistencia a la compresión de la muestra N°basic 1 demuestran normalidad a un nivel de significación del 5%.

**Contrastación de la hipótesis - Muestra N°1**

Dado que la prueba de normalidad mostró que el ejemplo sigue una distribución típica para la información básica de resistencia a la compresión y los factores son incesantemente cuantitativos, el nivel de afiliación o impacto de la expansión de los restos de hoja de coca en la subrasante se estimará utilizando la medida de prueba "coeficiente de conexión de Pearson (r)".

- i. Se realizó el planteamiento de la hipótesis nula y alternativa

$H_0$ : La adición de ceniza de hoja de coca no influye en el aumento de la resistencia a la compresión simple

$H_1$ : La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento de la resistencia a la compresión simple

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

- ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)
- iii. Elección de la prueba estadística.  
Se utilizó el Coeficiente de correlación (r) de Pearson
- iv. Regla de decisión  
Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula  
Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 24**

*Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de hoja de Coca y Resistencia a la compresión simple – Muestra N°1*

<b>Correlaciones</b>			
		Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Resistencia a la compresión simple
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Correlación de Pearson	1	,994
	Sig. (bilateral)		,006
	N	4	4
	Correlación de Pearson	,994	1

Resistencia a la compresión simple	Sig. (bilateral)	,006	
N		4	4

Según la tabla anterior se tiene un “r” de Pearson = 0.994 y un p-valor=0.006 por lo que:

Si p-valor $\leq$ 0.05... Se rechaza la hipótesis nula

Por lo que se acepta H1: La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento de la resistencia a la compresión simple.

Como  $-0.8 \leq r \leq 1$  , entonces tiene una relación muy alta

#### v. Conclusión

Hay pruebas estadísticas sustanciales de que la variable dosis de ceniza de hoja de coca tiene una asociación lineal directa muy fuerte con el aumento de la resistencia a la compresión simple ( $r = -0,994$ ).

#### **Prueba de Normalidad- Muestra N°3**

i. Se realizó el planteamiento de la normalidad

*H<sub>0</sub>: Los datos de la resistencia a la compresión simple tienen normalidad*

*H<sub>1</sub>: Los datos de la resistencia a la compresión simple no tienen normalidad*

Donde:

*H<sub>0</sub>*: hipótesis nula

*H<sub>a</sub>*: hipótesis alternativa

ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó la prueba estadística SHAPIRO-WILK ya que esta se utiliza para muestras ( $n < 50$ )

iv. Regla de decisión

Si p-valor $\leq$ 0.05... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05 \dots$  Se acepta la hipótesis nula

## Tabla 25

*Pruebas de normalidad para la resistencia a la compresión simple – Muestra N°3*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificación de Ceniza de Hoja de coca	,151	4	.	,993	4	,972
Resistencia a la compresión simple	,201	4	.	,971	4	,846

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la tabla anterior, la resistencia a la compresión tiene un valor p de 0,846%; por lo tanto:

Si el valor  $p > 0,05 \dots$  La hipótesis nula es válida.

### v. Conclusión

Los datos de la resistencia a la compresión simple de la muestra N°3 presenta normalidad con un nivel de significancia de 5%.

### **Contrastación de la hipótesis - Muestra N°3**

Dado que la prueba de ordenación mostró que el ejemplo sigue una dispersión típica para la información básica de resistencia a la compresión y los factores son cuantitativos incesantes, el nivel de afiliación o impacto de la expansión de los restos de hoja de coca en la subrasante se estimará utilizando la medida de prueba "coeficiente de conexión de Pearson (r)".

### i. Se realizó el planteamiento de la hipótesis nula y alternativa

$H_0$ : *La adición de ceniza de hoja de coca no influye en el aumento de la resistencia a la compresión simple*

$H_1$ : *La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento de la resistencia a la compresión simple*

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó el Coeficiente de correlación (r) de Pearson

iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

### Tabla 26

*Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y Resistencia a la compresión simple – Muestra N°3*

Correlaciones			
		Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Resistencia a la compresión simple
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Correlación de Pearson	1	,995
	Sig. (bilateral)		,005
	N	4	4
Resistencia a la compresión simple	Correlación de Pearson	,995	1
	Sig. (bilateral)	,005	
	N	4	4

Según la tabla anterior, la "r" de Pearson = 0,995 y el valor p = 0,005, por tanto:

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Por lo que se acepta  $H_1$ : La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento de la resistencia a la compresión simple.

Como  $-0.8 \leq r \leq 1$ , entonces tiene una relación muy alta

v. Conclusión

Hay pruebas estadísticas sustanciales de que la variable dosis de ceniza de hoja de coca tiene una asociación lineal directa muy fuerte con el aumento de la resistencia a la compresión simple ( $r = -0,995$ ).

#### 4.5.2.2. CBR al 95% de la MDS

##### **Prueba de Normalidad- Muestra N°1**

- i. Se realizó el planteamiento de la normalidad

$H_0$ : Los datos del % de CBR al 95% de la MDS tienen normalidad

$H_1$ : Los datos del % de CBR al 95% de la MDS no tienen normalidad

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

- ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

- iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó la prueba estadística SHAPIRO-WILK ya que esta se utiliza para muestras ( $n < 50$ )

- iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05 \dots$  Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05 \dots$  Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 27**

*Pruebas de normalidad para el CBR al 95% de la MDS – Muestra N°1*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	,151	4	.	,993	4	,972
CBR al 95% de la MDS	,141	4	.	,999	4	,998

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la tabla anterior se tiene que la resistencia a la compresión muestra un p-valor=0.998 por lo que:

Si p-valor>0.05... Se acepta la hipótesis nula

**v. Conclusión**

Los resultados del porcentaje de CBR al 95% del MDS para la muestra N°1 demuestran normalidad al nivel de significación del 5%.

**Contrastación de la hipótesis - Muestra N°1**

El grado de relación o impacto de la adición de ceniza de hoja de coca en la subrasante se determinará mediante el estadístico de prueba "coeficiente de correlación de Pearson (r)".

**i. Se realizó el planteamiento de la hipótesis nula y alternativa**

*H<sub>0</sub>: La adición de ceniza de hoja de coca no influye en el aumento % de CBR al 95% de la MDS*

*H<sub>1</sub>: La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento % de CBR al 95% de la MDS*

Donde:

*H<sub>0</sub>*: hipótesis nula

*H<sub>a</sub>*: hipótesis alternativa

**ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)**

**iii. Elección de la prueba estadística.**

Se utilizó el Coeficiente de correlación (r) de Pearson

**iv. Regla de decisión**

Si p-valor $\leq$ 0.05... Se rechaza la hipótesis nula

Si p-valor>0.05... Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 28**

*Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y CBR al 95% de la MDS – Muestra N°1*

---

**Correlaciones**

---

		Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Resistencia a la compresión simple
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Correlación de Pearson	1	,997
	Sig. (bilateral)		,003
	N	4	4
Resistencia a la compresión simple	Correlación de Pearson	,997	1
	Sig. (bilateral)	,003	
	N	4	4

Según la tabla anterior se tiene un “r” de Pearson = 0.997y un p-valor=0.003 entonces:

Si p-valor<=0.05... Se rechaza la hipótesis nula

La adición de ceniza de hoja de coca afecta al aumento del % CBR al 95% del MDS, por lo que se aprueba el H1.

Como  $-0.8 \leq r \leq 1$  , entonces tiene una relación muy alta

#### v. Conclusión

Existe una prueba fáctica crítica para decir que la variable de medición de los restos de la hoja de coca tiene una relación directa excepcionalmente alta en el impacto de la expansión en el % CBR al 95% del MDS ( $r=0.997$ ).

#### **Prueba de Normalidad- Muestra N°3**

##### i. Se realizó el planteamiento de la normalidad

*H<sub>0</sub>: Los datos del % de CBR al 95% de la MDS tienen normalidad*

*H<sub>1</sub>: Los datos del % de CBR al 95% de la MDS no tienen normalidad*

Donde:

*H<sub>0</sub>*: hipótesis nula

*H<sub>a</sub>*: hipótesis alternativa

##### ii. Se trabajó con un nivel de significancia de: $\alpha=5\%$ (0.05)

##### iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó la prueba estadística SHAPIRO-WILK ya que esta se utiliza para muestras ( $n < 50$ )

**iv. Regla de decisión**

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

**Tabla 29**

*Pruebas de normalidad para el CBR al 95% de la MDS – Muestra N°1*

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	,151	4	.	,993	4	,972
CBR al 95% de la MDS	,197	4	.	,975	4	,874

a. Corrección de significación de Lilliefors

Según la tabla anterior, la resistencia a la compresión tiene un valor p de 0,87, por lo que:

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

**v. Conclusión**

Los resultados del porcentaje de CBR al 95% del MDS para la muestra N°3 demuestran normalidad al nivel de significación del 5%.

**Contrastación de la hipótesis - Muestra N°3**

Dado que la prueba de normalidad mostró que el ejemplo sigue una circulación típica para la información del % CBR al 95% de SDM y los factores son cuantitativos incesantes, el nivel de afiliación o impacto de la expansión de los restos de hoja de coca en la subrasante se estimará utilizando la medida de prueba "coeficiente de conexión de Pearson (r)".

**i. Se realizó el planteamiento de la hipótesis nula y alternativa**

*H<sub>0</sub>: La adición de ceniza de hoja de coca no influye en el aumento % de CBR al 95% de la MDS*

$H_1$ : La adición de ceniza de hoja de coca influye en el aumento % de CBR al 95% de la MDS

Donde:

$H_0$ : hipótesis nula

$H_a$ : hipótesis alternativa

ii. Se trabajó con un nivel de significancia de:  $\alpha=5\%$  (0.05)

iii. Elección de la prueba estadística.

Se utilizó el Coeficiente de correlación (r) de Pearson

iv. Regla de decisión

Si  $p\text{-valor} \leq 0.05$ ... Se rechaza la hipótesis nula

Si  $p\text{-valor} > 0.05$ ... Se acepta la hipótesis nula

### Tabla 30

Correlación entre las variables de Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca y CBR al 95% de la MDS – Muestra N°3

Correlaciones			
		Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Resistencia a la compresión simple
Dosificación de Ceniza de Hoja de Coca	Correlación de Pearson	1	,994
	Sig. (bilateral)		,006
	N	4	4
Resistencia a la compresión simple	Correlación de Pearson	,994	1
	Sig. (bilateral)	,006	
	N	4	4

Según la tabla anterior, tenemos una "r" de Pearson = 0,994 y un valor  $p=0,006$ , por lo que:

En el caso de que el valor  $p \leq 0,05$ .... Se descarta la especulación inválida

En consecuencia, se reconoce  $H_1$ : La expansión de los residuos de la hoja de coca impacta en la expansión del CBR % al 95% del MDS.

Dado que  $- 0,8 \leq r \leq 1$  , entonces, en ese momento, tiene una relación extremadamente alta.

**v. Conclusión**

Existe una prueba fáctica significativa de que la variable de las medidas de los restos de la hoja de coca tiene una relación directa excepcionalmente impresionante con la expansión del % CBR al 95% de MDS ( $r = - 0,994$ ).

## V. DISCUSIÓN

### **5.1. Discusión 1.**

El objetivo era determinar en qué medida influye la adición de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla, Santa Rosa 2022. Ramaji (2012) Según la definición, el apoyo al suelo es un método en el que se utilizan sustancias añadidas regulares o fabricadas para desarrollar aún más las propiedades de registro del sustrato. Según este estudio, es posible estabilizar o mejorar las subrasantes de un suelo arcilloso pobre y muy pobre con la adición ideal de 6% de ceniza de hoja de coca en relación al peso seco del suelo, mejorando así las propiedades físicas y mecánicas del mismo. En el estudio realizado por Peralta (2021), menciona que las dosis de 2%, 4% 6% y 8% de ceniza de gallinaza (respecto al peso seco del suelo) se presenta aumentos en CBR al 95% de la MDS, así como mejora las características físicas de la mezcla de suelo. En la exploración actual, se descompuso el 2%, el 4% y el 6% de la expansión de los restos de la hoja de coca, donde se adquirió la medida ideal del 6%, estos resultados son predecibles con los encontrados en exámenes anteriores utilizando sustancias regulares añadidas que tienen propiedades comparativas a las de la hoja de coca, Las características mecánicas de la subrasante mejoran a medida que aumenta la dosis de ceniza de hoja de coca, tal como lo indica Peralta (2021), quien afirma que una dosis de 4% de ceniza de gallinaza es la cantidad óptima.

### **5.2. Discusión 2.**

Se planteo como primer objetivo específico determinar la caracterización del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la trocha carrozable Lorccolla. Firoozi (2017) Dado el problema común de la compatibilidad del suelo, las técnicas de mejora del suelo dan prioridad a la sustitución del suelo inadecuado por otro adecuado. Sin embargo, el coste excesivo de esta intervención ha hecho necesario explorar otras opciones. En este examen se comprobó que la muestra n° 1 de la fosa C-1 se corresponde con los criterios granulométricos, con porcentajes de grava del 12,50%, de arena del 28,50% y de finos del 59,00%. Asimismo, se puede observar que este suelo presenta un valor del límite líquido (LL) de 44.7%, un valor de límite plástico (LP) del 24.2% y finalmente un índice de plasticidad (IP) del 21.2%, clasificando al suelo en función a su índice de plasticidad como muy

arcilloso. Finalmente, se observa la clasificación del suelo según S.U.C.S. como una arcilla ligera arenosa (CL) y la clasificación según AASHTO como un suelo muy pobre (A-7-6 (10)), La muestra n° 3 del pozo C-3 presenta una exigencia granulométrica que se corresponde con la distribución de los granos, con un porcentaje de grava del 19,80%, un porcentaje de arena del 15,40% y un porcentaje de finos del 64,40%. Asimismo, se puede observar que este suelo presenta un valor del límite líquido (LL) de 43.70%, un valor de límite plástico (LP) del 23.80% y finalmente un índice de plasticidad (IP) del 19.90%, la agrupación de la tierra según su lista de plasticidad como arcillosa. Por último, la agrupación de la tierra según lo indicado por S.U.C.S. se ve como un tipo de tierra ligera y roca con arena (CL) y la agrupación según lo indicado por AASHTO como un suelo excepcionalmente desafortunado (A-7-6 (10)). En el examen actual, se encontraron suelos arcillosos de mala calidad, por lo que es importante una técnica de ajuste, por lo que para esta situación se utilizaron restos de hoja de coca como sustancia añadida característica en varios, como se hizo sentido por Firozi (2021), que las opciones deben ser buscados en la mejora de los suelos.

### 5.3. Discusión 3.

Se planteo como segundo objetivo específico determinar la influencia de ceniza de hoja de coca en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorccolla. Laguna y Chacón, (2022), mencionan que la adición cenizas de cascarilla de café y cascarilla de arroz aumenta el OCH y disminuye la MDS de la subrasante. Con respecto a esta investigación encontramos que la muestra N°1 (A-7-6 (10)) disminuye la MDS y aumenta el OCH. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca (respecto al peso en kg del suelo) presento los mejores resultados con un valor de la MDS de 1.578 tn/m<sup>3</sup> que en porcentaje representa una disminución del 5.45% respecto a la muestra sin estabilizar y un 29.0% del OCH que en porcentaje representa un aumento de 24.5% respecto a la muestra sin estabilizar. De igual manera para la subrasante de la muestra N° 3 (A-7-6 (10)) disminuye la MDS y aumenta el OCH. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca presento los mejores resultados con un valor de la MDS de 1.401 tn/m<sup>3</sup> que en porcentaje representa una disminución del 7.71% respecto a la muestra sin

estabilizar y un 27.1% del OCH que en porcentaje representa un aumento de 32.8% respecto a la muestra sin estabilizar. Así como lo explica Laguna y Chacón, (2022), puesto que la diferencia entre esta investigación sería el uso cenizas de cascarilla de café y cascarilla de arroz frente al uso de ceniza de hoja de coca. Así también en esta investigación se evidencio los cambios las características físicas de la subrasante (MDS y OCH).

#### 5.4. Discusión 4.

Se planteo como tercer objetivo específico determinar la influencia de ceniza de hoja de coca en la resistencia a la compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable. López y Rivera (2019) señalan que la adición de ceniza de cascarilla de arroz mejora las características mecánicas del suelo, con las combinaciones de mejor rendimiento que van del 4% al 10%, lo que resulta en un aumento promedio del 120% al 247% en la resistencia a la compresión no confinada en relación con la resistencia inherente del suelo. En definitiva, determinaron que la aplicación de ceniza de cáscara de arroz en las dosis óptimas mejora significativamente las características mecánicas de un suelo fino, a la vez que ofrece una opción rentable con efectos positivos. Con respecto a esta investigación que la muestra N°1 (A-7-6 (10)) adicionado de ceniza de hoja de coca aumenta la resistencia a la compresión no confinada. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca (respecto al peso en kg del suelo) presento los mejores resultados con un valor de 51.8 Kg/cm<sup>2</sup> que en porcentaje representa un aumento de del 673.13% respecto a la muestra sin estabilizar. De igual manera para la subrasante de la muestra N° 3 (A-7-6 (10)) adicionado de ceniza de hoja de coca aumenta la resistencia a la compresión no confinada. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca (respecto al peso en kg del suelo) presento los mejores resultados con un valor de 42.2 Kg/cm<sup>2</sup> que en porcentaje representa un aumento de del 833.18% respecto a la muestra sin estabilizar. Así como lo explica López y Rivera (2019), puesto que la diferencia entre esta investigación sería el uso de ceniza de cascarilla de arroz frente al uso de ceniza de hoja de coca. Así también en esta investigación se evidencio los aumentos en la resistencia a la compresión inconfiada.

#### 5.4. Discusión 5.

El cuarto objetivo fue investigar el efecto de la ceniza de hoja de coca en la capacidad portante de la subrasante arcillosa de la carretera. Según López (2020), la adición de ceniza de cascarilla de arroz como estabilizador del suelo arcilloso a nivel de subrasante en la ciudad de Moyobamba arrojó una resistencia en el ensayo CBR de 3,96% al 95% del MDS del suelo natural, añadiendo el 5% de CCA la resistencia es de 6,90%, con el 10% de CCA es de 9,60% y para el 15% de CCA es de 10,5 %. Con respecto a esta investigación podemos afirmar que la adición de mucilago de ceniza de hoja de coca en la subrasante de suelos arcillosos de la muestra N°1 (A-7-6 (10)) aumenta las características mecánicas. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca (respecto al peso seco del suelo) presentó los mejores resultados con un valor de 28.7% del CBR al 95% de la MDS, presentando un aumento del 612.50% respecto a la muestra sin estabilizar. De igual manera para la subrasante de la muestra N° 3 (A-7-6 (10)) aumenta las características mecánicas. Se descubrió que la adición de un 6% de ceniza de hoja de coca (en relación con el peso seco del suelo) tuvo los mejores resultados, con un valor de CBR del 20,4% al 95% del SDM, presentando un aumento del 410.00% respecto a la muestra sin estabilizar, compartiendo ideas similares a López (2020) donde indica que a medida que se incremente la ceniza de cascara de arroz aumenta el CBR al 95% de la MDS, sin embargo este considera el punto de declive la dosificación de 4.5%, mientras que en nuestra investigación presenta incrementos hasta en un 6% de adición de ceniza de hoja coca.

#### 5.4. Discusión 6.

El quinto propósito particular fue establecer la cantidad de adición adecuada de ceniza de hoja de coca para mejorar la subrasante de arcilla del camino de tierra. Con respecto a esta investigación, se tiene que la dosificación de adición mínima de ceniza de hoja de coca para la muestra N°1 es de 0.6%, mientras que para la muestra N°3 la dosificación mínima de ceniza de hoja de coca es de 1.7%, alcanzando con ambas dosificaciones el porcentaje mínimo de CBR según norma. Sin embargo, para esta investigación se plantearon las dosificaciones de 0%, 2%, 4% y 6% de adición de ceniza de hoja de coca, por lo que estarían cumpliendo el porcentaje mínimo de CBR por norma, la muestra N°1 las adiciones de 2%, 4% y 6%; para la muestra N°3 la adición de 2%, 4% y 6%. De acuerdo a lo anterior se

concluye para esta exploración que la dosis ideal para la expansión de los restos de hoja de coca es del 6% para mejorar los suelos de tierra, ya que es la que da los mejores resultados respecto al CMR al 95% del MDS. Según Laguna y Chacón (2022), la utilización de restos de cáscara de café y arroz en lugar de restos de hoja de coca separa esta revisión de otras investigaciones comparativas.

## VI. CONCLUSIONES

- Basándose en los resultados de los diversos experimentos de laboratorio, se puede confirmar que la subrasante de un suelo arcilloso pobre y muy pobre puede mejorarse física y mecánicamente con la adición de un 6% de ceniza de hoja de coca en relación con el peso seco del suelo.
- En base a los resultados de la caracterización de la subrasante, La muestra nº 1 del pozo de ensayo C-1 cumple los criterios de distribución granulométrica, con un porcentaje de grava igual al 12,50%, un porcentaje de arena igual al 28,50% y un porcentaje de finos igual al 59,00%. Asimismo, se puede observar que este suelo presenta un valor del límite líquido (LL) de 44.7%, un valor de límite plástico (LP) del 24.2% y finalmente un índice de plasticidad (IP) del 21.2%, clasificando al suelo en función a su índice de plasticidad como muy arcilloso. Finalmente, se observa la clasificación del suelo según S.U.C.S. como una arcilla ligera arenosa (CL) y la clasificación según AASHTO como un suelo muy pobre (A-7-6 (10)), La muestra nº 3 del pozo de ensayo C-3 cumple el criterio de distribución granulométrica, con un porcentaje de gravas igual al 19,80%, un porcentaje de arenas igual al 15,80% y un porcentaje de finos igual al 64,45%. Asimismo, se puede observar que este suelo presenta un valor del límite líquido (LL) de 43.70%, un valor de límite plástico (LP) del 23.80% y finalmente un índice de plasticidad (IP) del 19.90%, la agrupación de la suiedad según lo indicado por su registro de versatilidad como arcillosa. Por último, se observa la agrupación de la tierra según lo indicado por S.U.C.S. como un tipo de tierra ligera y roca con arena (CL) y la agrupación según lo indicado por AASHTO como un suelo extremadamente desafortunado (A-7-6 (10)).
- La adición de ceniza de hoja de coca influye en el OCH y MDS de la subrasante, que la muestra N°1 (A-7-6 (10)) disminuye la MDS y aumenta el OCH. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca (respecto al peso en kg del suelo) presento los mejores resultados con un valor de la MDS de 1.578 tn/m<sup>3</sup> que en porcentaje representa una disminución del 5.45% respecto a la muestra sin estabilizar y un 29.0% del OCH que en porcentaje representa un aumento de 24.5% respecto a la muestra sin estabilizar. De igual manera para la subrasante de la muestra N° 3 (A-7-6 (10)) disminuye la MDS y aumenta el OCH. Encontrándose así

que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca presento los mejores resultados con un valor de la MDS de 1.401 tn/m<sup>3</sup> que en porcentaje representa una disminución del 7.71% respecto a la muestra sin estabilizar y un 27.1% del OCH que en porcentaje representa un aumento de 32.8% respecto a la muestra sin estabilizar.

- La adición de ceniza de hoja de coca influye en la resistencia a la compresión no confinada, siendo así que la muestra N°1 (A-7-6 (10)) adicionado de ceniza de hoja de coca aumenta la resistencia a la compresión no confinada. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca (respecto al peso en kg del suelo) presento los mejores resultados con un valor de 51.8 Kg/cm<sup>2</sup> que en porcentaje representa un aumento de del 673.13% respecto a la muestra sin estabilizar. De igual manera para la subrasante de la muestra N° 3 (A-7-6 (10)) adicionado de ceniza de hoja de coca aumenta la resistencia a la compresión no confinada. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca (respecto al peso en kg del suelo) presento los mejores resultados con un valor de 42.2 Kg/cm<sup>2</sup> que en porcentaje representa un aumento de del 833.18% respecto a la muestra sin estabilizar.
- La adicción de ceniza de hoja de coca afecta a la resistencia a la compresión no confinada, y la muestra N°1 (A-7-6 (10)) presenta mejores propiedades mecánicas. La adición del 6% de ceniza de hoja de coca (en relación con el peso seco del suelo) produjo los mejores resultados con un valor de CBR de 28,7% al 95% del MDS, lo que representa un aumento del 612,50% en comparación con la muestra no estabilizada. De igual manera para la subrasante de la muestra N° 3 (A-7-6 (10)) aumenta las características mecánicas. Encontrándose así que la adición de 6% de ceniza de hoja de coca (respecto al peso seco del suelo) presento los mejores resultados con un valor de 20.4% del CBR al 95% de la MDS, presentando un aumento del 410.00% respecto a la muestra sin estabilizar
- Según los resultados de la prueba CBR al 95% de la MDS se puede observar que para cumplir con la condición de MTC de que el CBR tiene que ser mayor o igual al 6% para que acepte la subrasante, se tiene que la dosificación de adición mínima de ceniza de hoja de coca para la muestra N°1 es de 0.6%, mientras que para la muestra N°3 la dosificación mínima de ceniza de hoja

de coca es de 1.7%, alcanzando con ambas dosificaciones el porcentaje mínimo de CBR según norma. No obstante, para este estudio se recomendaron dosis de 0%, 2%, 4% y 6% de adición de ceniza de hoja de coca, de tal manera que las muestras cumplan con el porcentaje mínimo de CBR requerido por la norma, la muestra N°1 recibió adiciones de 2%, 4% y 6%; la muestra N°3 recibió adiciones de 2%, 4% y 6%. Por lo tanto, se puede afirmar que la dosis óptima de adición de ceniza de hoja de coca para el mejoramiento de suelos arcillosos es del 6%, ya que esta dosis arroja los mayores resultados en comparación con el CMR al 95% del MDS.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda añadir restos de hoja de coca como sustancia añadida característica en el ajuste de la subrasante, dado que este material es abundante en la zona y su extracción es enorme, ya que esta metodología no necesita información especializada previa, sin perjuicio de la mejora de las cualidades físicas y mecánicas de la tierra.
- Las organizaciones de desarrollo, los distritos y las administraciones territoriales del Estado deberían utilizar las consecuencias de las pruebas de mecánica de suelos en las que es evidente que la tierra se mejora con un 6% de restos de hoja de coca, para así de esta manera estabilizar las subrasantes de las vías en construcción, ya que empleándolo se dará mejores resultados en términos técnicos y económicos.
- Con el fin de realizar investigaciones similares sobre la estabilización de suelos con ceniza de hoja de coca en posteriores estudios, se recomienda estudiar dosificaciones superiores a 6%, para la resistencia básica a la compresión, la capacidad de carga CBR y las pruebas de compactación.
- Se recomienda en cuanto al proceso de obtención de la ceniza de hoja coca utilizar métodos y técnicas que ayuden obtener la ceniza de hoja de coca pura y sin desperdicios.

## REFERENCIAS

- AFRÍN, Habiba. Una revisión sobre diferentes tipos de técnicas de estabilización de suelos. *Revista internacional de ingeniería y tecnología del transporte* , 2017, vol. 3, nº 2, pág. 19-24.
- BUDHU, M. (2010). Soil Mechanics and Foundations. United States of America: 3rd ed
- CALDERÓN, Katuska Vera Zambrano; VACA, Guillermo Helí Manrique. Aspectos Farmacológicos y Socioculturales del consumo de hoja de coca en indígenas Koguis respecto al consumo de cocaína en ambientes urbanos. *Revista Internacional de Psicología*, 2002, vol. 3, no 2, p. 2.
- CARRASCO DÍAZ, Sergio. Metodología de la Investigación Científica. 1ra ed. San Marcos de Perú, 2006. 474 pp.
- CASTRO GONZALES, Milagros Alessandra; NAVARRO PEREYRA, Jesus David. Análisis de mejora de suelos arcillosos de alta plasticidad a nivel de subrasante mediante adición de cemento Portland para disminuir el cambio volumétrico. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Lima: Universidad peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
- DAS, B. M. (1998). *Principles of geotechnical engineering*. Cengage learning.
- DE INNOVACIÓN, UN CAMINO. LA INDUSTRIALIZACIÓN DE LA HOJA DE COCA. 2018.
- DEL PINO, Juan M. Junco. Estabilización de Suelos mediante el empleo de Sales Cuaternarias. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 2010, vol. 4, no 3.
- FAUZI, Achmad; FAUZI, Usama Juniansyah; NAZMI, Wan Mohd. Engineering quality improvement of kuantan clay subgrade using recycling and reused materials as stabilizer. *Procedia Engineering*, 2013, vol. 54, p. 675-689.
- FIROOZI, A. A., GUNNEY OLGUN, C., FIROOZI, A. A., & BAGHINI, M. S. (2017). Fundamentals of soil stabilization. *International Journal of Geo-Engineering*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>

- GUIA YUCRA, Mario Junior. Mejoramiento de subrasante mediante la adición de Ceniza de Quinoa en la carretera PE-38B, Provincia Chucuito, Puno, 2021. 2021.
- HALL, M. R., NAJIM, K. B., & DEHDEZI, P. K. (2012). Soil stabilisation and earth construction: materials, properties and techniques. In *Modern earth buildings* (pp. 222-255). Woodhead Publishing.
- HERNANDEZ SAMPIERI, R.; FERNANDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, P. *Metodología de la investigación*. 6ta ed. México, 2014.634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; TORRES, Christian Paulina Mendoza. *Metodología de la investigación*. México^ eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana, 2018.
- HERRERAS, Esperanza Bausela. SPSS: Un instrumento de análisis de datos cuantitativos. *Revista de informática educativa y medios audiovisuales*, 2005, vol. 2, no 4, p. 62-69.
- JUAN DE DIOS SALAZAR, Junior Fernando. Análisis de las propiedades mecánicas de la subrasante aplicando cal hidratada en suelos cohesivos, Cantoral-San Juan de Lurigancho, 2018. 2018.
- JUAREZ E. y RICO, A. (2012). *Fundamentos de la mecánica de suelos*. Recuperado de <http://www.elibros.cl/detalle/mecanica-de-suelos-tomo-1-fundamentos-de-la-mecanica-de-suelos-2/>.
- KARAMI, Hadi, et al. Use of secondary additives in fly ash based soil stabilization for soft subgrades. *Transportation Geotechnics*, 2021, vol. 29, p. 100585.
- LAGUNA PEÑALOZA, Oscar Ivan; CHACÓN CHARCAS, Jose Miguel. *Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café*. 2020. Tesis Doctoral.

- LEAL, Daniela., ORIANA, Batista., GUANIPA, Francys., Génesis, Guanipa., Irailu, Sibida (2012). Estabilización De Suelos, Universidad Nacional Experimental “Francisco De Miranda”.
- LÓPEZ BARBARÁN, Junior. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba–departamento de San Martín.2022
- LÓPEZ MONROY, Y. S., & RIVERA BARBOSA, E. A. (2019). *Evaluación de la resistencia al corte no drenado de un suelo fino mejorado con ceniza de cascarilla de arroz* (Bachelor's thesis, Universidad de Ibagué).
- LOZANO-GÓMEZ, Juan Pablo, et al. Estabilización de suelo mediante aditivos alternativos. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2019. <https://hdl.handle.net/10983/24277>
- MONTEJO, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- MTC. (2014). *Manual De Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia Y Pavimentos Sección Suelos Y Pavimentos*.
- PARRA-GÓMEZ, Manuel Gerardo, et al. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. 2018.
- PERALTA RICRA, Angel Vidal. Mejoramiento de la Subrasante de Baja Capacidad de Soporte Mediante la Incorporación de la Ceniza de Gallinaza. 2021.
- RAMAJI, Amin Esmail. A review on the soil stabilization using low-cost methods. *Journal of Applied Sciences Research*, 2012, vol. 8, no 4, p. 2193-2196.
- SEMANA, HORAS POR; DE CURSO, II SUMILLA. MECANICA DE SUELOS II.
- SHIRUR, Naveen B.; HIREMATH, Santosh G. Establishing relationship between CBR value and physical properties of soil. *IOSR journal of mechanical and civil engineering*, 2014, vol. 11, no 5, p. 26-30.

- TERRONES CRUZ, Andrea Thatiana. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo–2018. 2019.
- TURCO, Chiara, et al. Optimisation of Compressed Earth Blocks (CEBs) using natural origin materials: A systematic literature review. *Construction and Building Materials*, 2021, vol. 309, p. 125140.
- VARGAS FLORES, Arturo. Argumentos socioculturales y jurídicos para la industrialización y despenalización de la hoja de coca. 2012. Bolivia
- VISAUTA VINACUA, Bienvenido. Análisis estadístico con SPSS para Windows. *Estadística*, 1997.
- WINTERKORN, H. F. (1955). The science of soil stabilization. *Highway Research Board Bulletin*, (108).
- ZULETA, Pablo; OSPINA, Paula Aguirre. Créditos. 2018.
- YADAV, Anjani Kumar, et al. Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 2017, vol. 10, no 3, p. 254-261.
- AMÍN Esmaeil Ramaji. 2012 A Review on the Soil Stabilization Using Low-Cost Methods. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(4): 2193-2196, 2012 ISSN 1819-544X This is a refereed journal and all articles are professionally screened and reviewed

## **ANEXOS**

- Anexo 1. Matriz de Consistencia**
- Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables**
- Anexo 3. Instrumento de recolección de datos**
- Anexo 4: Certificado de validación del instrumento recolección de datos**
- Anexo 5. Cuadro de dosificación y resultados de antecedentes**
- Anexo 6. Procedimientos**
- Anexo 7. Captura de pantalla turnitin**
- Anexo 8. Normativa**
- Anexo 9. Mapas y planos**

## Anexo 1. Matriz de Consistencia

**TITULO:** “Influencia de cenizas de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla, Santa Rosa, 2022”

**AUTOR:** Br. Cazorla Paredes, Bruno Eloy

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p><b>Problema General:</b> ¿De qué manera influye la adición de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla, Santa Rosa 2022?</p>	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar en qué medida influye la adición de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla, Santa Rosa 2022.</p>	<p><b>Hipótesis General:</b> La adición de ceniza de hoja de coca mejorar significativamente las propiedades mecánicas de la subrasante de la trocha carrozable Lorcolla, Santa Rosa 2022.</p>	INDEPENDIENTE	Ceniza de hoja de coca	Dosificación	0% de Ceniza de hoja de coca	Ficha de recolección de datos de la balanza digital de medición.
						2% de Ceniza de hoja de coca	
						4% de Ceniza de hoja de coca	
						6% de Ceniza de hoja de coca	
<p><b>Problemas Específicos:</b>  <b>PE1:</b> ¿Cuáles será la caracterización del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la trocha carrozable Lorcolla?  <b>PE2:</b> ¿Cómo influye la adición de ceniza de hoja de coca en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla?  <b>PE3:</b> ¿Cómo influye la adición de ceniza de hoja de coca en la resistencia a la compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla?  <b>PE4:</b> ¿Cómo influye la adición de ceniza de hoja de coca en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla?  <b>PE5:</b> ¿Cuál será la dosificación óptima de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla?</p>	<p><b>Objetivo Específicos:</b>  <b>OE1:</b> Determinar la caracterización del suelo de la subrasante de tipo arcilloso en estado natural de la trocha carrozable Lorcolla.  <b>OE2:</b> Determinar la influencia de ceniza de hoja de coca en el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla  <b>OE3:</b> Determinar la influencia de ceniza de hoja de coca en la resistencia a la compresión de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla  <b>OE4:</b> Determinar la influencia de ceniza de hoja de coca en la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla  <b>OE5:</b> Determinar la dosis óptima de adición de ceniza de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla.</p>	<p><b>Hipótesis Específicos:</b>  <b>HE1:</b> La subrasante de tipo arcilloso en estado natural presenta propiedades físicas por debajo de los requerimientos de la normatividad vigente  <b>HE2:</b> La adición de ceniza de hoja de coca aumenta el óptimo contenido de humedad y disminuye la máxima densidad seca de la subrasante de tipo arcillo de la trocha carrozable Lorcolla  <b>HE3:</b> La adición de ceniza de hoja de coca mejora significativamente la resistencia a la compresión de la subrasante de tipo arcillo de la trocha carrozable Lorcolla  <b>HE4:</b> La adición de ceniza de hoja de coca mejora significativamente la capacidad de soporte de la subrasante de tipo arcillo de la trocha carrozable Lorcolla  <b>HE5:</b> El porcentaje óptimo de adición de ceniza de hoja de coca no será mayor a 15% para el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla.</p>	DEPENDIENTE	Mejoramiento de subrasante	Óptimo contenido de humedad y Máxima densidad	Proctor modificado (% y Kg/m <sup>3</sup> )	Ficha de recolección de datos del ensayo compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada según MTC E 115
Resistencia a la compresión	Resistencia a la compresión no confinada (kg/cm <sup>2</sup> )	Ficha de recolección de probetas de suelo método B según MTC E 1103					
Capacidad de soporte	CBR (%)	Ficha de recolección de datos del ensayo de CBR de Suelos según MTC E 132					

## Anexo 2. Matriz de Operacionalización de Variables

**TITULO:** “Influencia de cenizas de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla, Santa Rosa, 2022”

**AUTOR:** Br. Cazorla Paredes, Bruno Eloy

VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGÍA
Ceniza de hoja de coca		Es la cantidad de ceniza de hoja de coca que mezclado con el suelo como aditivo natural busca el mejoramiento del mismo.	Dosificación	0 % de ceniza de hoja de coca 2 % de ceniza de hoja de coca 4 % de ceniza de hoja de coca 6 % de ceniza de hoja de coca	Razón	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Aplicada.</p> <p><b>Nivel de Investigación:</b> Exploratorio - Explicativo.</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> Experimental: Cuasi – Experimental.</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo.</p> <p><b>Población:</b> La subrasante de la trocha carrozable Lorccolla ubicado en el distrito de Santa Rosa provincia de Huanta, departamento de Ayacucho</p> <p><b>Muestra:</b> Se realizarán 4 calicatas de 1.5m de profundidad en los kilómetros 08+000, 08+500, 09+000, 09+500</p> <p><b>Muestreo:</b> No Probabilístico</p> <p><b>Técnica:</b> Observación directa.</p> <p><b>Instrumento de recolección de datos:</b> - Fichas de recolección de datos - Equipos y herramientas de laboratorio</p>
Mejoramiento de subrasante	Las propiedades geomecánicas del suelo natural se mejoran para producir un suelo adecuado para su uso en la construcción de carreteras, lo que se denomina mejora geomecánica.	Se planteará combinaciones de porcentajes de ceniza de hoja de coca en suelos de subrasantes arcillosos con características deficientes con la finalidad de mejorar sus propiedades mecánicas.	Óptimo contenido de humedad y Máxima densidad  Resistencia a la compresión  Capacidad de soporte	Proctor modificado (% y Kg/m <sup>3</sup> )  Resistencia a la compresión no confinada (kg/cm <sup>2</sup> )  CBR (%)	Razón	

### **Anexo 3. Instrumento de recolección de datos**



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Proyecto : --

Trazabilidad : --

Solicitante : --

Exploración : --

Estrato/Nivel : --

Región/Provinc. : --

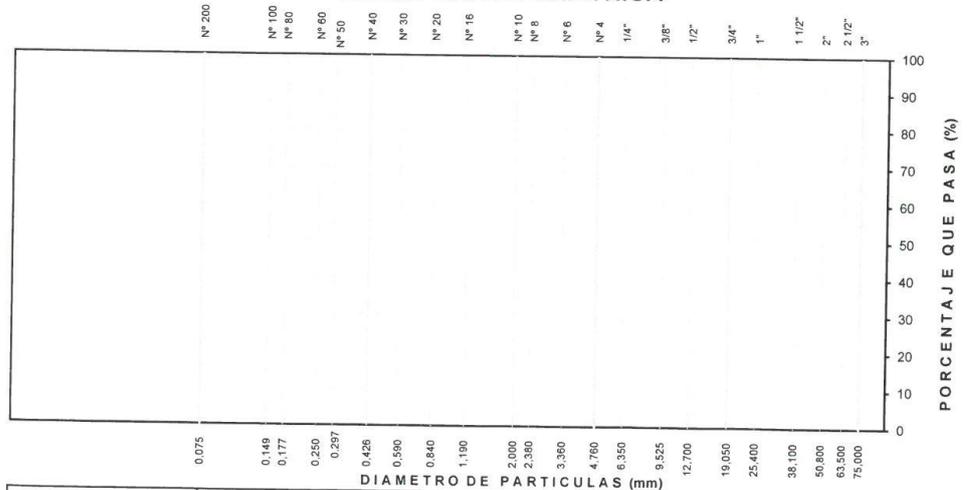
Distrito : --

Lugar : --

Fecha : --

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
3"	75.000					<b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b> Peso seco inicial (gr) Peso seco lavado (gr) Pérdida por lavado (gr) Humedad (%) % Grava % Grava gruesa % Grava fina % Arena % Arena gruesa % Arena media % Arena fina % de Finos D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> = D <sub>30(mm)</sub> = D <sub>60(mm)</sub> = Cu = Cc =
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700					
3/8"	9.500					
1/4"	6.350					
Nº 4	4.760					
Nº 8	2.360					
Nº 10	2.000					
Nº 16	1.100					
Nº 30	0.590					
Nº 40	0.425					
Nº 50	0.297					
Nº 100	0.149					
Nº 200	0.075					
Lavado						<b>CLASIFICACIÓN</b> AASHTO Clasificación SUCS
TOTAL						

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

Ing. Mauricio Mormontoy Gonzáles  
CIP. 57399

Pablo Esteban Valer Pacheco  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 270174



Yameth Velarde Carhuas  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. Nº 180205



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO

**LIMITES DE PLASTICIDAD  
DE LOS SUELOS (PASANTE  
LA MALLA N° 40)**

Proyecto : -:-

Trazabilidad : -:-

Solicitante : -:-

Exploración : -:-

Estrato / Nivel : -:-

Región/Provinc : -:-

Distrito : -:-

Lugar : -:-

Fecha : -:-

**DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº				
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr				
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr				
3	PESO RECIPIENTE	gr				
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr				
5	PESO SECO (2)-(4)	gr				
6	HUMEDAD	%				

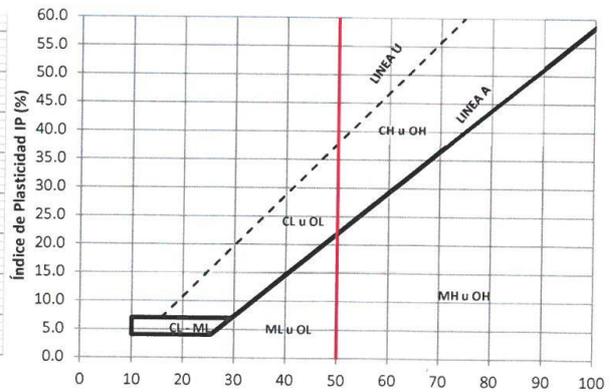
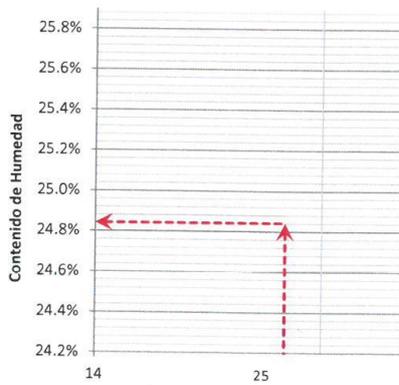
**LIMITE PLÁSTICO** %

**DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)**

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr				
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr				
3	PESO RECIPIENTE	gr				
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr				
5	PESO SECO (2)-(4)	gr				
6	HUMEDAD	%				
7	NUMERO DE GOLPES	Nº				

**LIMITE LIQUIDO** %

**ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP=**



*[Signature]*  
Ing. Maarcio Mormontoy Gonzáles  
CIP 57399

*[Signature]*  
Pablo Esteban Valer Pacheco  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 270174

*[Signature]*  
Janeth Velarde Carhuas  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 180205

 <p><b>CASAGRANDE</b> GEOTECNIA Y CONCRETO</p>	<p><b>COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b></p>	
---	---	--

Proyecto :--

Trazabilidad :--

Solicitante :--

Exploración :--

Estrato/Nivel :--

Región/Provinc. :--

Distrito :--

Lugar :--

Fecha :--

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	<b>METODO A</b>		
Clasificación AASHTO :	Capas :	Golpes/Capa	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	Material Pasante a usar	PASA N° 4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	Molde (Pulg)	4	Código M2
% Retenido acumulado malla 3/4" :	Peso Molde (gr) :	Volumen :	

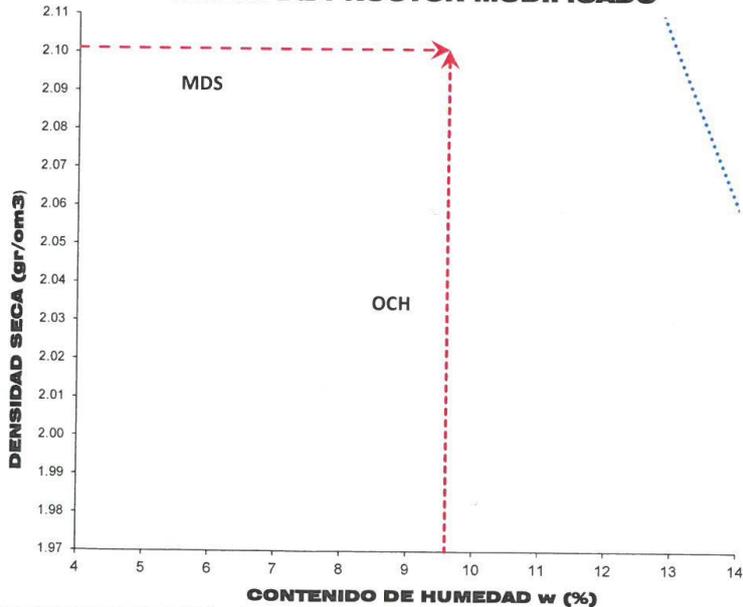
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

Determinación N°	01	02	03	04
Peso del molde y muestra gr				
Peso de la muestra compactada gr				
Densidad húmeda gr/cc				
Densidad seca gr/cc				

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Tarro N°				
Peso tarro + suelo húmedo gr				
Peso de tarro + suelo seco gr				
Peso del tarro gr				
Peso del agua gr				
Peso del suelo seco gr				
Contenido de humedad %				

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADO**



<p>OCH Optimo Contenido de Humedad (%)</p>
<p>MDS Máxima Densidad Seca (tn/m3)</p>

Yaretzi Velarde Carrizosa  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 180205

Pablo Esteban Valer Pacheco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 270174

Ing. Mauricio Mormontoy Gonzáles  
 CIP. 57399

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADO**

2.11

	<b>RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)</b>	

Proyecto : --

Trazabilidad : --

Solicitante : --

Exploración : --

Estrato/Nivel : --

Región/Provincia : --

Distrito : --

Lugar : --

Fecha : --

**DATOS DE LA MUESTRA**

Clasificación SUCS :

Clasificación AASHTO :

MDS =

gr/cm<sup>3</sup>

OCH =

%

% Retenido acumulado malla N° 4 :

% Pasa acumulado malla N° 4 :

**DATOS DEL MOLDEO**

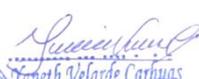
DOSIS									
% DE HUMEDAD	%								
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>								

**ENSAYO DE COMPRESION**

EDAD	días								
DIAMETRO PROMEDIO	mm								
ALTURA	mm								
RELACION H/D									
FACTOR DE CORRECCION									
LECTURA DE ENSAYO	kN								
RESISTENCIA FC	kg/cm <sup>2</sup>								
RESISTENCIA PROM	kg/cm <sup>2</sup>								

  
 -----  
 Ing. Mauricio Mormontoy González  
 CIP 57399

  
 -----  
 Pablo Esteban Valer Pacheco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 270174

  
  
 -----  
 Yaneth Velarde Carhuas  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 180205

---



---

Proyecto : --  
 Trazabilidad : --  
 Solicitante : --  
 Exploración : --  
 Estrato/Nivel : --

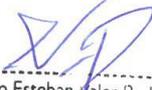
Región/Provi : --  
 Distrito : --  
 Lugar : --  
 Fecha : --

COMPACTACION DEL CBR						
MOLDE N°						
CAPAS N°	5		5		5	
GOLPES POR CAPA	56		26		12	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO		HUMEDO		HUMEDO	
PESO MOLDE+S. HÚM. gr						
PESO DEL MOLDE gr						
PESO SUELO HÚM. gr						
VOLUMEN DEL MOLDE cm3						
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3						
<b>DENSIDAD SECA gr/cm3</b>						
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>Humedad: inicial</b>	<b>final</b>	<b>Humedad: inicial</b>	<b>final</b>	<b>Humedad: inicial</b>	<b>final</b>
TARRO N° Nro.						
TARRO+SUELO HÚM. gr						
TARRO+SUELO SECO gr						
PESO DEL TARRO gr						
% DE HUMEDAD %						
<b>HUMEDAD %</b>						
<b>ABSORCIÓN %</b>						

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00		0.00	127.00		0.00	127.00	
4	0.00	127.00		0.00	127.00		0.00	127.00	

PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000									
0.630	0.025									
1.270	0.050									
1.900	0.075									
2.540	0.100	6.9								
3.170	0.125									
3.810	0.150									
4.445	0.175									
5.080	0.200	10.35								
7.620	0.300									

  
 Ing. Mauricio Mormontoy Gonzales  
 CIP 57399

  
 Pablo Esteban Valer Pacheco  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 270174

  
 Yaneth Velarde Carhuas  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 180205



### CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Proyecto : -.-

Trazabilidad : -.-

Solicitante : -.-

Exploración : -.-

Estrato/Nivel : -.-

Región/Provinc. : -.-

Distrito : -.-

Lugar : -.-

Fecha : -.-

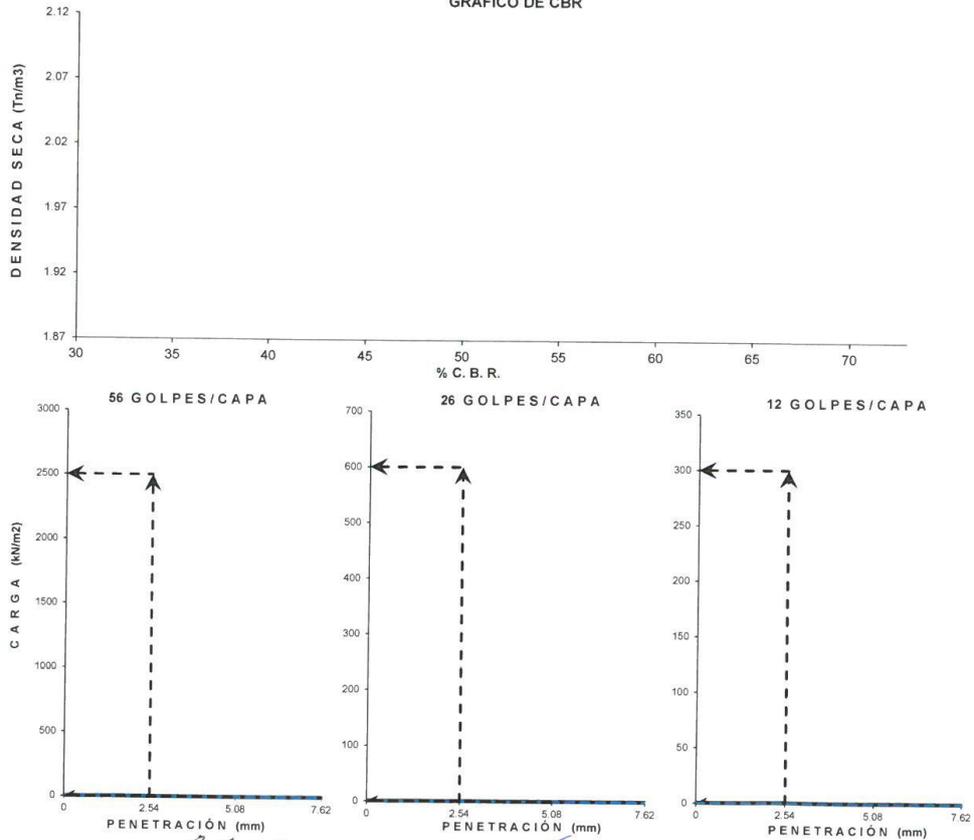
#### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	AASHTO :			
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =			
% Grava =	% Arena =	% Finos =	LL % =	LP % =
Expansión % =	Embebido (días) =	IP % =		

#### RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") =	CBR AL 90% MDS = -.-
-----------------------------	-------------------------------	----------------------

GRÁFICO DE CBR



Ing. Mauricio Morán  
CIP. 57399

Pablo Esteban Valer Pacheco  
INGENIERO CIVIL  
CIP. 270174

Yaneth Velarde Carhuas  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP. N° 180205

## Anexo 4. Certificado de validación del instrumento de recolección de datos

### INFORME DE OPINION SOBRE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

**DATOS GENERALES:**

Apellidos y nombres del experto : *Velardo Carhuas Yanet*  
 Institución donde se labora : *MTC - Ayacucho*  
 Especialidad : *Ingeniería Civil - Pavimentos*  
 Instrumento de evaluación : Análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, peso unitario, límites de consistencia, resistencia a la compresión simple no confinada, Proctor Modificado y Ensayo CBR.

MUY DEFICIENTE (1)      DEFICIENTE(2)      APECTABLE(3)      BUENA (4)      EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES					
		1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
Objetividad	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
Actualidad	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento acorde al conocimiento científico tecnológico innovación y legal inherente a la variable: <b>Ceniza de hoja de coca</b>					X
Organización	Los ítems del instrumento reflejan originalidad y conceptual respecto a la variable <b>Mejoramiento de subrasante</b> de la manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
Suficiente	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
Intencionalidad	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivo, hipótesis y variable de estudio.					X
Consistencia	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
Coherencia	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b>					X
Metodología	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
Pertinencia	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>48</b>

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

EL INSTRUMENTO ES VALIDADO Y PUEDE SER APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48



Ayacucho, 21 de marzo 2022

## INFORME DE OPINION SOBRE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

### DATOS GENERALES:

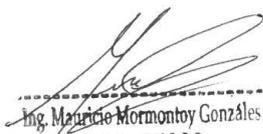
Apellidos y nombres del experto : *Mormontoy Gonzales, Mauricio*  
 Institución donde se labora : *Provias Ayacucho*  
 Especialidad : *Ing. Civil*  
 Instrumento de evaluación : Análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, peso unitario, límites de consistencia, resistencia a la compresión simple no confinada, Proctor Modificado y Ensayo CBR.

MUY DEFICIENTE (1)      DEFICIENTE(2)      APECTABLE(3)      BUENA (4)      EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES					
		1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
Objetividad	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b> s en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
Actualidad	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento acorde al conocimiento científico tecnológico innovación y legal inherente a la variable: <b>Ceniza de hoja de coca</b>					X
Organización	Los ítems del instrumento reflejan originalidad y conceptual respecto a la variable <b>Mejoramiento de subrasante</b> de la manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
Suficiente	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
Intencionalidad	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivo, hipótesis y variable de estudio.					X
Consistencia	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
Coherencia	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b>					X
Metodología	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
Pertinencia	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						49

### OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VALIDADO Y PUEDE SER APLICADO

  
 Ing. Mauricio Mormontoy Gonzales  
 CIP 57399

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

49

Ayacucho, 21 de marzo 2022

## INFORME DE OPINION SOBRE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

**DATOS GENERALES:**

Apellidos y nombres del experto : *Valer Pacheco Pablo Esteban*  
 Institución donde se labora : *Gobierno Regional Ayacucho*  
 Especialidad : *Ing. Civil*  
 Instrumento de evaluación : Análisis granulométrico, contenido de humedad, gravedad específica, peso unitario, límites de consistencia, resistencia a la compresión simple no confinada, Proctor Modificado y Ensayo CBR.

**MUY DEFICIENTE (1)      DEFICIENTE(2)      APECTABLE(3)      BUENA (4)      EXCELENTE (5)**

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
Claridad	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.					X
Objetividad	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b> en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
Actualidad	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento acorde al conocimiento científico tecnológico innovación y legal inherente a la variable: <b>Ceniza de hoja de coca</b>					X
Organización	Los ítems del instrumento reflejan originalidad y conceptual respecto a la variable <b>Mejoramiento de subrasante</b> de la manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
Suficiente	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
Intencionalidad	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivo, hipótesis y variable de estudio.					X
Consistencia	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
Coherencia	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: <b>Mejoramiento de subrasante</b>					X
Metodología	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
Pertinencia	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.				X	
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<i>48.00</i>

**OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

EL INSTRUMENTO ES VALIDADO Y PUEDE SER APLICADO

  
 -----  
**Pablo Esteban Valer Pacheco**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 270174

PROMEDIO DE VALORACIÓN: *48*

Ayacucho, 21 de marzo 2022

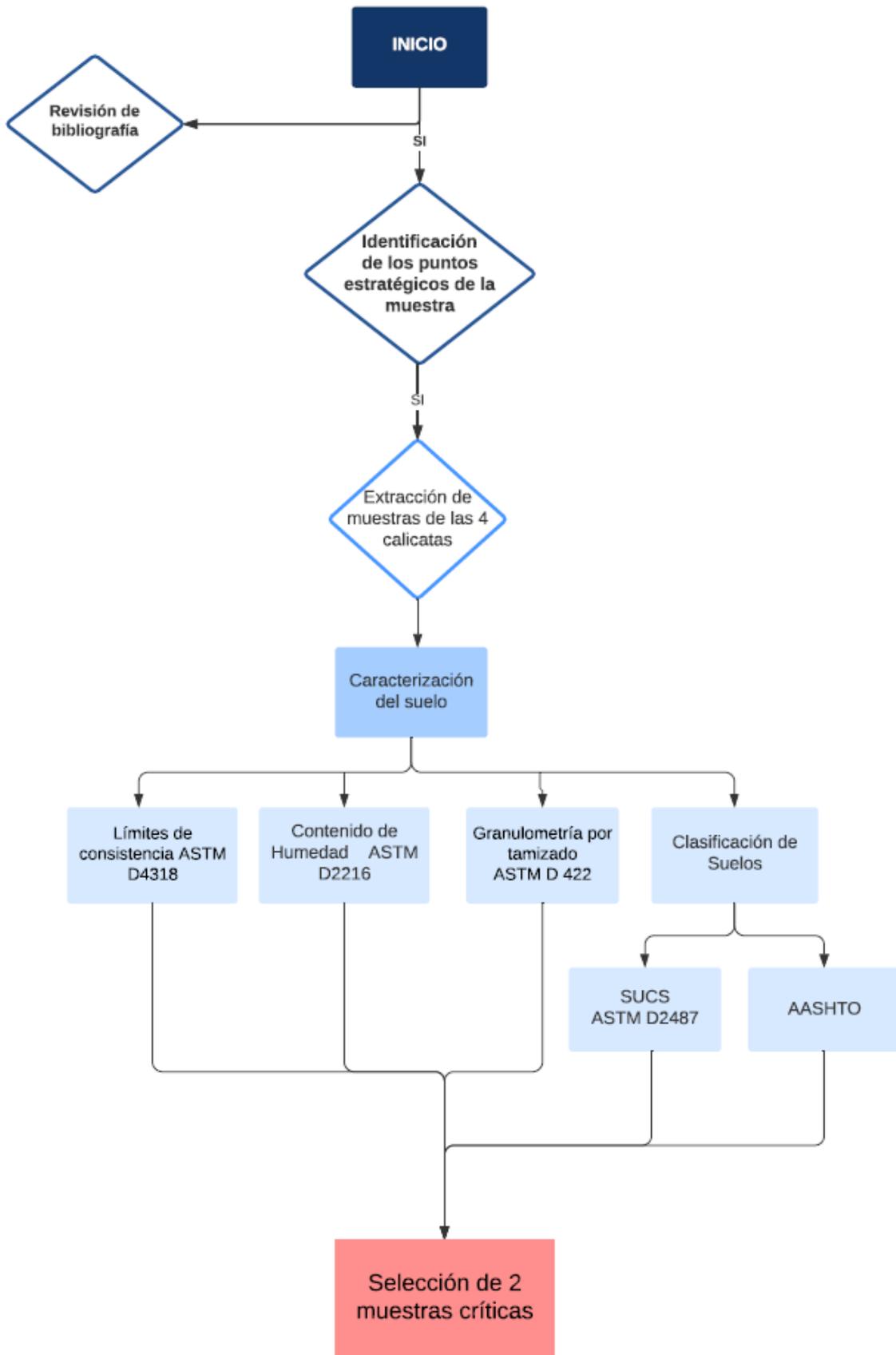
## Anexo 5. Cuadro de dosificación y resultados de antecedentes

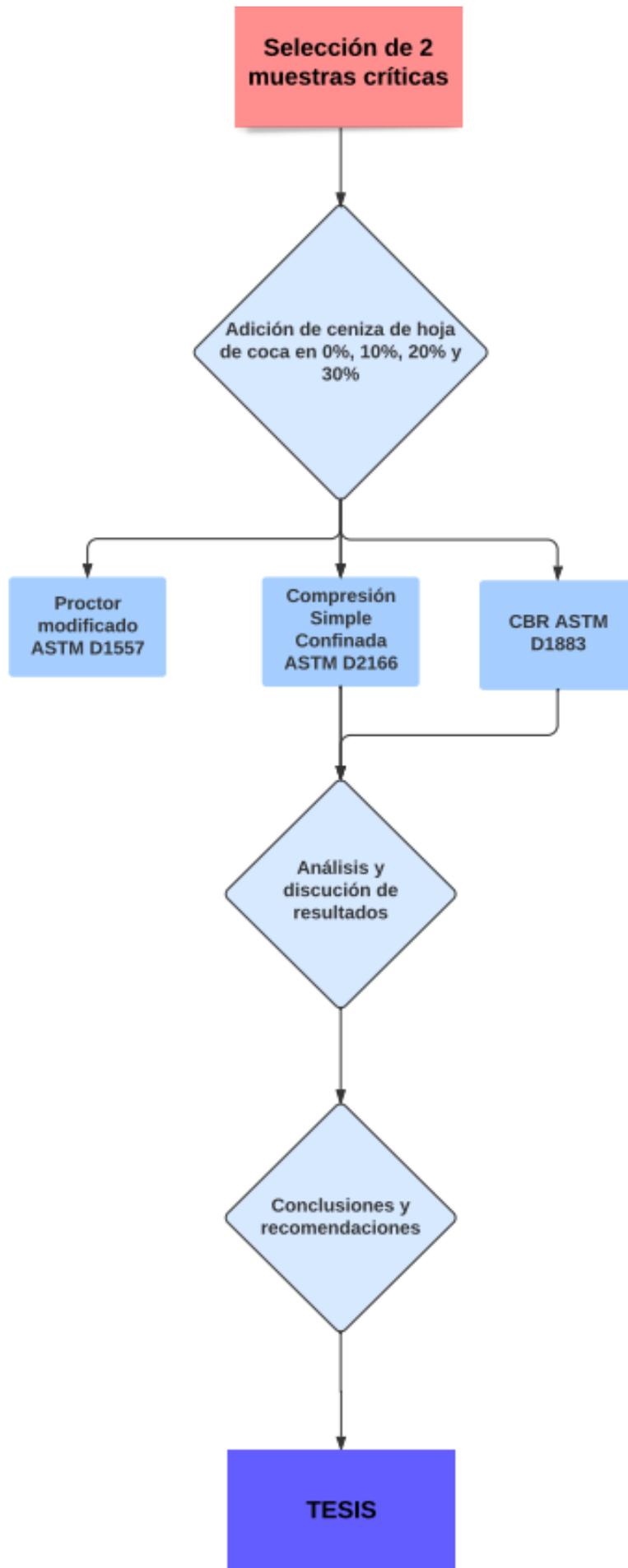
**TITULO:** “Influencia de cenizas de hoja de coca en el mejoramiento de la subrasante de tipo arcilloso de la trocha carrozable Lorcolla, Santa Rosa, 2022”

**AUTOR:** Br. Cazorla Paredes, Bruno Eloy

	AUTOR	TITULO	Año	Tipo Suelo	Fibra Agregada	Porcentajes de adición (%)	Proctor modificado		Resistencia a la compresión no confinada (Kg/cm2)	CBR(%)	MR (Mpa)	Rigidez	Deformación máxima	Long. Fibra (mm)
							Maxima densidad seca (g/cm3)	Humeda óptima (%)						
Tesis internacionales	LAGUNA PEÑALOZA, Oscar Ivan; CHACÓN CHARCAS, Jose Miguel	Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café. 2020	2020	Suelo fino / Sub base granular	Ceniza de cascarilla de arroz y café	0,00			138,06	18-34 / 19-64	45,54			Ceniza
						4,00			302,70	32-47 / 17/66	53,64			
						8,00			309,86	41-55 /23-82	65,27			
						14,00			327,92	61-72/27-87	62,72			
						18,00			279,81	87-98				
Tesis internacionales	LÓPEZ MONROY, Y. S., & RIVERA BARBOSA, E. A.	Evaluación de la resistencia al corte no drenado de un suelo fino mejorado con ceniza de cascarilla de arroz	2019	Suelo arcillosos / MH	Ceniza de cascara de arroz	0,00	1,30	29,00	141,39					Ceniza
						4,00			303,85					
						6,00			309,87					
						10,00			327,92					
						15,00			283,79					
						20,00			165,46					
Tesis Nacionales	PARRA-GÓMEZ, Manuel Gerardo	Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante	2018	Suelo caolin	Ceniza volante	0,00	1,90	19,50				0,30	2.663	Ceniza
						2,00						0,31	3,00	
						4,00						0,78	1.410	
						6,00						0,43	1.876	
						8,00						1.263	1.633	
						10,00								
Tesis Nacionales	López Barbarán, Junior	Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín	2022	Suelo arcilloso 7 CH - A-7-6(20)	Ceniza de cascara de arroz	0,00				3,96				Ceniza
						5,00				6,90				
						10,00				9,60				
						15,00				10,50				
						20,00								
Tesis Nacionales	Guia Yucra, Mario Junior	Mejoramiento de subrasante mediante la adición de Ceniza de Quinoa en la carretera PE-38B, Provincia Chucuito, Puno, 2021	2021	Subrasante	Ceniza de quinua	0,00	1.863	12,20		16,40				Ceniza
						4,00	1.825	15,50		21,20				
						6,00	1.835	13,00		33,40				
						8,00	1.828	15,50		51,40				
Tesis Nacionales	PERALTA (2021)	Influencia de la adición de fibra de coco en la resistencia del concreto (Lima)	2021	Suelo CL/A-7-5(20)	Ceniza de gallinaza	0,00				4,00				Ceniza
						2,00				6,00				
						4,00				9,70				
						8,00				6,60				
Artículos en otros	KARAMI, Hadi	Use of secondary additives in fly ash based soil stabilization for soft subgrades.	2020	Suelos inestables	Ceniza de cascarilla de cacao	0,00								Ceniza
						6,00								
Artículos en otros	TURCO, Chiara	Optimisation of Compressed Earth Blocks (CEBs) using natural origin materials: A systematic literature review.	2021	Suelos inestables	Cenizas de biomasa producto de	0,00								Ceniza
						0,50								
						10,00								

## Anexo 6. Procedimientos





**Anexo 8. Normativa**

**NORMA TÉCNICA**

**CE. 010**

**PAVIMENTOS URBANOS**



Difundido por: ICG - Instituto de la Construcción y Gerencia  
[www.construccion.org](http://www.construccion.org) / [icg@icgmail.org](mailto:icg@icgmail.org)



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles



## MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016

 **PERÚ** PROGRESO  
PARA TODOS



## MTC E 105

### OBTENCIÓN EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer los procedimientos para obtener en laboratorio la muestra necesaria para realizar los ensayos, de forma que sea representativa de la muestra total recibida.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Con este procedimiento, del total de la muestra, se obtiene una muestra representativa necesaria para la ejecución de los ensayos a realizar.
- 2.2 El presente método de ensayo no proporciona resultados numéricos. Sin embargo si no se sigue cuidadosamente los procedimientos aquí descritos, pueden obtenerse muestras distorsionadas para ser usadas en ensayos subsecuentes.
- 2.3 Este método de ensayo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.089: SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo)

#### 4.0 EQUIPOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Tamices, que cumplan con la NTP 350.001. Los siguientes son requeridos:

A	Tamiz 4,750 mm (Nº 4)
B	Tamiz 2,000 mm (Nº 10)
C	Tamiz 0,425 mm (Nº 40)

- 4.1.2 Mortero, con su mazo cubierto de caucho en la parte inferior.
- 4.1.3 Cuarteador o aparato para la separación de las muestras. En la Figura 1 se describe y muestra un diseño del aparato que puede utilizarse.
- 4.1.4 Lona, para cubrir aproximadamente 2 m x 2,5 m.
- 4.1.5 Pala, cucharón metálico o badilejo para manejar el material.
- 4.1.6 Varilla metálica, de longitud apropiada.

#### 5.0 MUESTRA

- 5.1 La muestra de suelo; tal como fue recibida, se seca al aire colocándola en forma extendida sobre una superficie plana horizontal.
- 5.2 Se desmenuza el material, deshaciendo los terrones utilizando el mortero.
- 5.3 Como regla general no se debe realizar el sacado en horno, porque puede influir en los resultados.

#### 6.0 PROCEDIMIENTO

##### 6.1 METODO A. CUARTEO MECANICO

- 6.1.1 La muestra de campo se vierte en la tolva, y se distribuye uniformemente de extremo a extremo, de manera que, aproximadamente, igual cantidad fluya libremente a través de cada cajuela a los recipientes colocados debajo (Figura 2).
- 6.1.2 La muestra depositada en uno de los recipientes se reintroduce al aparato las veces que sea necesario para reducir su tamaño a la cantidad especificada en el ensayo.
- 6.1.3 La porción de muestra acumulada en el otro recipiente se debe reservar para otros ensayos.



## 6.2 METODO B. CUARTEO MANUAL

6.2.1 Se puede usar cualquiera de los procedimientos descritos en [6.2.2](#) y [6.2.3](#) o una combinación de ambos.

6.2.2 Se coloca la muestra sobre una superficie dura, limpia y horizontal evitando cualquier pérdida de material o la adición de sustancias extrañas.

Se mezcla bien hasta formar una pila en forma de cono, repitiendo esta operación cuatro veces. Cada palada tomada de la base se deposita en la parte superior del cono, de modo que el material caiga uniformemente por los lados del mismo.

Cuidadosamente se aplanar y extiende la pila cónica hasta darle una base circular, espesor y diámetro uniforme, presionando hacia abajo con la cuchara de la pala, de tal manera que cada cuarteo del sector contenga el material original. El diámetro debe ser aproximadamente cuatro a ocho veces el espesor.

Se procede luego a dividir diametralmente el material en cuatro partes iguales, de las cuales se separan dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino limpiando luego con cepillo o escoba los espacios libres. Los dos cuartos restantes se mezclan sucesivamente y se repite la operación hasta obtener la cantidad de muestra requerida (Figura 3).

6.2.3 Como una alternativa al procedimiento 6.2.2 cuando la superficie no es uniforme, la muestra de campo se coloca sobre una lona sobre la cual se homogenizada muestra original por paleo, como se ha descrito en 6.2.2. Se puede operar también, mezclando el material mediante la elevación alternativas de las esquinas de la lona tirando hacia la muestra, como si se tratara de doblar la lona diagonalmente haciendo rodar el material.

En cualquiera de los casos se procede a aplanar y extender la pila como en [6.2.2](#) y luego a dividirla o, si la superficie debajo de la lona es irregular, se coloca debajo de ésta y en el centro de la muestra una varilla que al levantar sus extremos la divide en dos partes iguales. Doblando las esquinas de la lona se saca la varilla y se coloca nuevamente debajo del centro de la lona en ángulo recto a la primera división y levantando ambos extremos de la varilla se divide la muestra en cuatro partes iguales.

Se descartan dos cuartos de muestra diagonalmente opuestos y cuidadosamente se limpian los finos de la lona.

Sucesivamente se mezcla y cuartea el material remanente hasta reducir la muestra a la cantidad deseada (Figura 4).

6.3 Cuando la cantidad de muestra es apropiada para ello, puede operarse encima de una mesa con una paleta o cuchara pequeñas, siguiendo un criterio análogo al descrito en [6.2.2](#).

6.4 División de una muestra en dos fracciones por medio de un tamiz.

6.4.1 Se pasa la muestra por el tamiz de que se trate. Se disgregan los terrones que aún quedan sin desmenuzarse en la fracción retenida y se tamiza de nuevo, reuniendo lo que pase con la misma fracción del primer tamizado. Se repite esta operación cuantas veces sea necesario hasta dejar el material retenido limpio de finos.

6.4.1.1 En los casos difíciles resulta útil subdividir lo retenido mediante tamices, en dos o tres partes, con objeto de facilitar la disgregación con el mazo de caucho.

6.4.2 En general cuando se tamice una muestra representativa (ya cuarteada) para obtener otra fracción más fina también representativa, se ha de tamizar hasta terminar la operación con toda la muestra. Aunque se obtenga antes la cantidad de muestra necesaria para los ensayos a realizar, debe seguirse el tamizado hasta el final.

## APENDICE A

### CUARTEADORES O DIVISORES MECÁNICOS DE MUESTRAS

Los cuarteadores o divisores mecánicos de muestras son aparatos diseñados para dividir la muestra original en partes representativas y reducir su tamaño a cantidades apropiadas para los ensayos.

Los divisores deben estar equipados con una tolva por la cual la muestra se deposita a las cajuelas.

Cada divisor debe tener un número par de cajuelas con planos inclinados de igual ancho, pero no menor de ocho para suelos gruesos o veinte para suelos finos. El ancho mínimo de la cajuela debe ser de 1,5 veces el diámetro de la partícula de mayor tamaño contenida en la muestra a ser dividida. Asimismo debe estar equipado con dos recipientes para recibir las mitades de la muestra dividida.

El ancho de la tolva debe ser igual o ligeramente menor que el ancho total de la cajuela.

El equipo y sus accesorios deben ser diseñados para que la muestra fluya suavemente sin restricciones o pérdida de material.

La Figura 1 muestra un gráfico referencial de un aparato divisor mecánico.

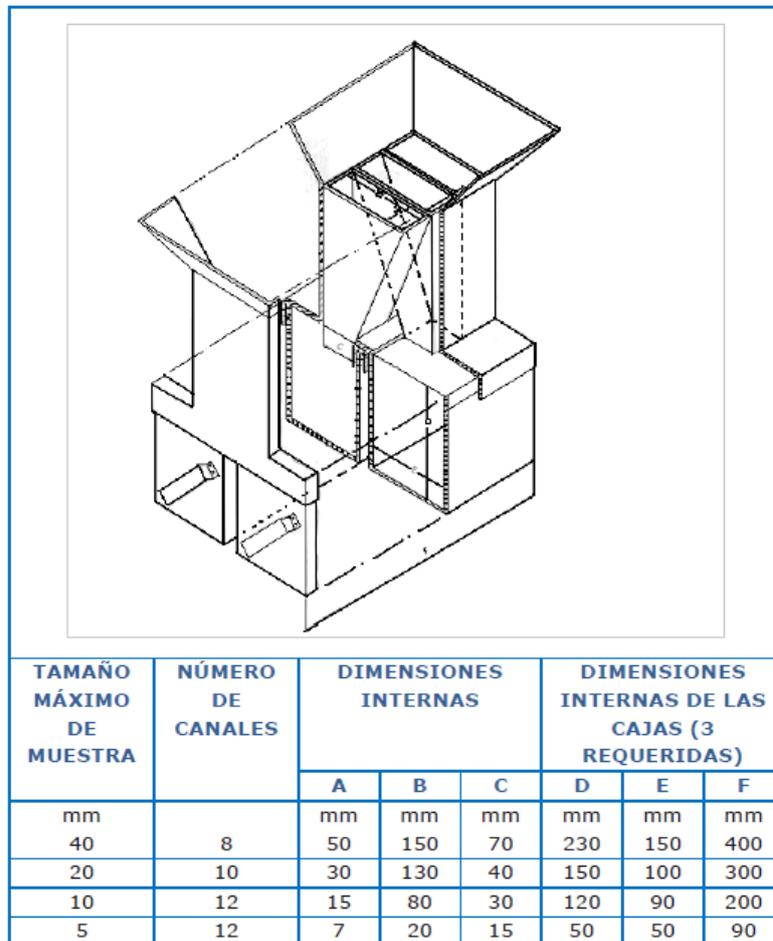


Figura 1: Aparato divisor de muestras gráfico referencial

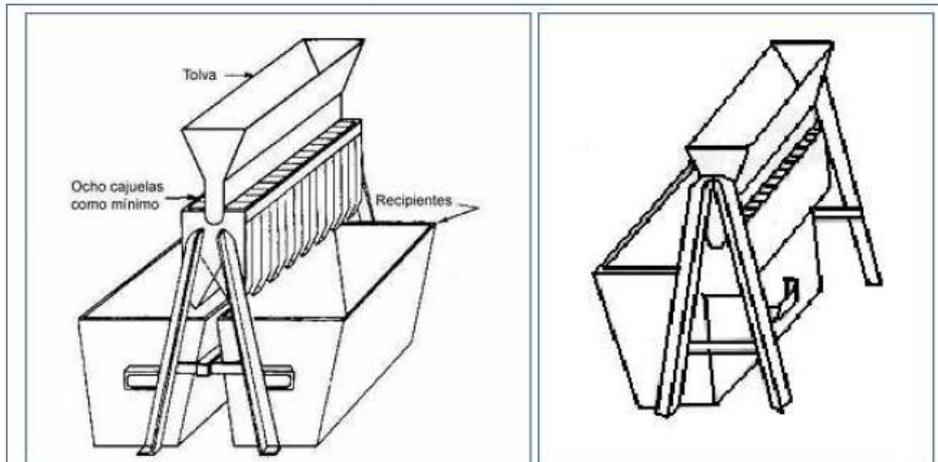


PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

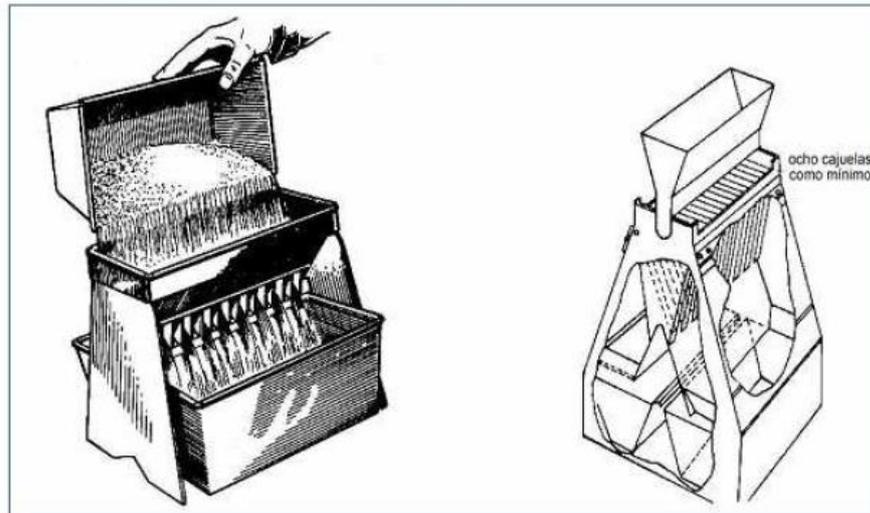
Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles



a) Cuarteador mecánico para agregado grueso.

b) Divisor mecánico con tolva y cajuelas separadas



c) Cuarteador mecánico para agregado fino

Figura 2: Divisores mecánicos de muestras y cuarteo superficie limpia y nivelada.

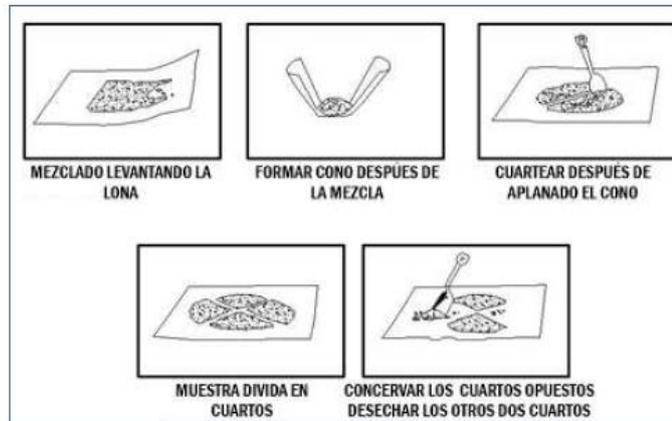


Figura 3: Cuarteo sobre lona.



## MTC E 107

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

#### 1.0 OBJETO

1.1 Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200).

2.2 Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

4.1.1 Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (Nº 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de  $110 \pm 5$  °C.

##### 4.2 MATERIALES

4.2.2 Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075



4.2.3 Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.

4.2.4 Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

## 5.0 MUESTRA

5.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

5.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

5.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

5.3.1 Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

5.3.2 El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (Nº 4) será aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

5.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral [4.1.1](#).

5.4.1 Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

## 6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (Nº 4).

6.1.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

- 6.1.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual.

- 6.1.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

## 6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

- 6.2.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- 6.2.2 Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.

- 6.2.3 Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.

- 6.2.4 Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.

- 6.2.5 Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.

- 6.2.6 La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.7 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.8 Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.

- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C. Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.

- 6.2.10 Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- 6.2.11 Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.



6.2.12 Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y se pesa.

6.2.13 Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones [6.1.2](#) y [6.1.3](#).

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

7.1.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº4):

7.1.1.1 Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

7.1.1.2 Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (Nº4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

7.1.1.3 Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

7.1.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.2.1 Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.2 Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.3 Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

7.1.2.4 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire

W<sub>1</sub> = Peso de suelo secado en el horno

### 7.2 INFORME

7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprende un ensayo completo de sedimentación.



Las pequeñas diferencias resultantes en el empare de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimentación, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

7.2.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

- a) Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- b) Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar eso, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- c) Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
- d) La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
- e) Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- f) Errores en las pesadas y en los cálculos.



## MTC E 110

## DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

**1.0 OBJETO**

- 1.1 Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

**Discusión:** Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

- 1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

**2.0 FINALIDAD Y ALCANCE**

- 2.1 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte
- 2.2 Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que  $2\mu\text{m}$  para determinar su número de actividad
- 2.3 Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutitas a la intemperización.
- 2.4 El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo

**3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS**

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

**4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS****4.1 EQUIPOS**

- 4.1.1 Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- 4.1.3 Aparato del límite líquido (o de Casagrande).

De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

- 4.1.4 Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.



- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de  $10,00 \pm 0,2$  mm ( $0,394 \pm 0,008$ ") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  para secar la muestra.
- 4.2 MATERIALES
- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"- 4") de longitud y 20 mm ( $\frac{3}{4}$ ") de ancho aproximadamente.
- 4.3 INSUMOS
- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.

## 5.0 MUESTRA

- 5.1 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz  $425 \mu\text{m}$  (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

### Multipunto

- 6.1 Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.

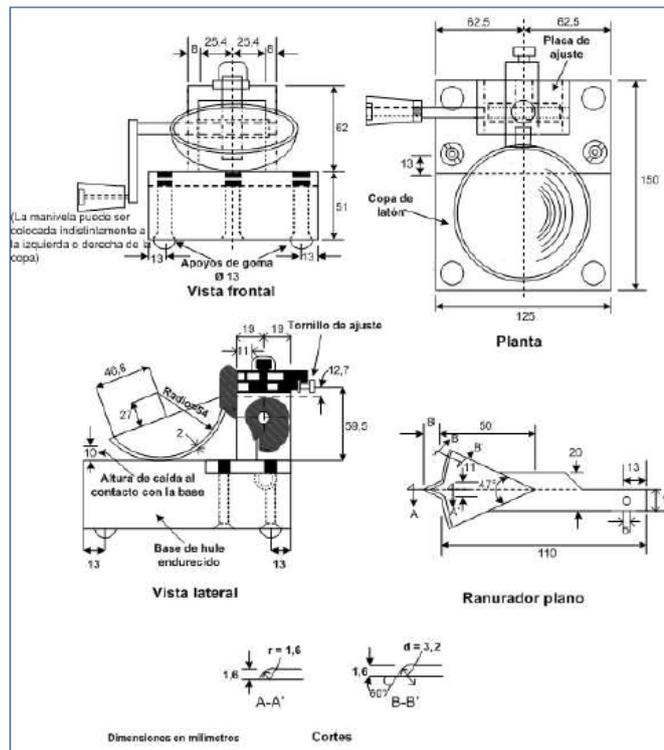
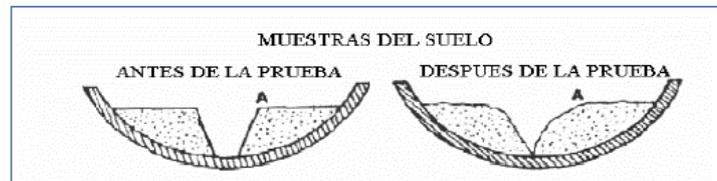


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador las dimensiones finales de la ranura.
- 6.2 Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).
 

**Nota1.** Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con



la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

- 6.4 Registrar el número de golpes,  $N$ , necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- 6.5 Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- 6.6 Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- 6.7 Determinar el contenido de humedad,  $W^n$ , del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

#### Un punto

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

### 7.0 CALCULOS

#### (Multipunto)

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad,  $W^n$ , y el número de golpes correspondientes,  $N$ , de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- 7.2 Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

#### (Un punto)

- 7.3 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

- |       |   |  |
|-------|---|--|
| $N$   | = | Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad, |
| $W^n$ | = | Contenido de humedad del suelo,  |
| $K$   | = | factor dado en la tabla A.1  |



Tabla A - 1

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1  
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Líquido	0,8	2,4
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Líquido	3,5	9,9

## 8.0 PRECISION Y DISPERSION

### 8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

### 8.2 DISPERSION

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



## MTC E 111

### DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen
- 2.2 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3 Los plásticos de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2µm para determinar su número de actividad

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
- 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
- 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
- 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 426 µm (Nº 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

##### 5.0 MUESTRA

- 5.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 µm (Nº 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2 El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado



en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

6.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

6.3 Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

6.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

**Tabla 1**  
**Tabla de estimados de precisión.**

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Plástico	0,9	2,6
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
Límite Plástico	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

### 7.2 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

L.L. = Límite Líquido

P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).



## **8.0 PRECISION Y DISPERSION**

### **8.1 PRECISION**

8.1.1 El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

### **8.2 DISPERSION**

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



## MTC E 115

### COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

**Nota 1.** Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

**Nota 2.** El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado

- 2.2 Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾" pulg).

**Nota 3.** Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ pulg), ver ensayo ASTM D 4718

- 2.3 Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

##### 2.3.1 METODO "A"

- 2.3.1.1 Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- 2.3.1.2 Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.3 Número de capas: 5
- 2.3.1.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.6 Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

##### 2.3.2 METODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm (¾ pulg).
- 2.3.2.3 Número de Capas: 5
- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.2.5 Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg).



2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

### 2.3.3 METODO "C"

2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.3 Número de Capas: 5

2.3.3.4 Golpes por Capa: 56

2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

**Nota 4.** Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 4718.

2.5 Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).

2.6 Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.

2.6.1 En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ( $F = M \cdot a$ ). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb. m) es por conveniencia de unidades y no intenta establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie<sup>3</sup> no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

2.7 Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2.8 El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

2.9 Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad ( $w_o$ ) y el Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{dmáx}$ ) mediante un ensayo de

compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_o$ ) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{dm\acute{a}x}$ ). La selección del contenido de agua ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_o$ ), y el Peso Unitario Seco ( $\gamma_{dm\acute{a}x}$ ) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1.1 NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ( $2\ 700\ \text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$  ( $56\ 000\ \text{pie}\cdot\text{lbf}/\text{pie}^3$ )).

3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ( $2\ 700\ \text{kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$  ( $56\ 000\ \text{pie}\cdot\text{lbf}/\text{pie}^3$ )).

### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

#### 4.1 EQUIPOS

4.1.1 Ensamblaje del Molde.- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de  $16,7\ \text{mm}/\text{m}$  ( $0,200\ \text{pulg}/\text{pie}$ ) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos  $50,8\ \text{mm}$  ( $2,0\ \text{pulg}$ ) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos  $19,0\ \text{mm}$  ( $0,75\ \text{pulg}$ ), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

4.1.1.1 Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio  $101,6 \pm 0,4\ \text{mm}$  ( $4,000 \pm 0,016\ \text{pulg}$ ) de diámetro interior, una altura de  $116,4 \pm 0,5\ \text{mm}$  ( $4,584 \pm 0,018\ \text{pulg}$ ) y un volumen de  $944 \pm 14\ \text{cm}^3$  ( $0,0333 \pm 0,0005\ \text{pie}^3$ ). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.

4.1.1.2 Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio  $152,4 \pm 0,7\ \text{mm}$  ( $6,000 \pm 0,026\ \text{pulg}$ ) de diámetro interior, una altura de:  $116,4 \pm 0,5\ \text{mm}$  ( $4,584 \pm 0,018\ \text{pulg}$ ) y un volumen de  $2\ 124 \pm 25\ \text{cm}^3$  ( $0,075 \pm 0,0009\ \text{pie}^3$ ). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.

4.1.2 Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pisón debe caer libremente a una distancia de  $457,2 \pm 1,6\ \text{mm}$  ( $18 \pm 0,05\ \text{pulg}$ ) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será  $4,54 \pm 0,01\ \text{kg}$  ( $10 \pm 0,02\ \text{lb}\cdot\text{m}$ ), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 2168 (ver Nota 5). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de  $50,80 \pm 0,13\ \text{mm}$  ( $2,000 \pm 0,005\ \text{pulg}$ ), (Figuras 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los  $50,800 \pm 0,25\ \text{mm}$  ( $2,000 \pm 0,01\ \text{pulg}$ ).

**Nota 5.** Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó  $0,4536\ \text{kg}$  ó 1N es igual a  $0,2248\ \text{libras}\cdot\text{masa}$  ó  $0,1020\ \text{kg}$ .

4.1.2.1 Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de  $19,0 \pm 1,6\ \text{mm}$



( $\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$  pulg) y espaciados a 90°. Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

- 4.1.2.2 Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber  $2,5 \pm 0,8$  mm ( $0,10 \pm 0,03$  pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.
- 4.1.2.3 Pisón Mecánico.- Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a  $73,7 \pm 0,5$ mm ( $2,90 \pm 0,02$  pulg). El pisón se operará de tal manera que los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.
- 4.1.3 Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- 4.1.4 Balanza.- Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.
- 4.1.5 Horno de Secado.- Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $110 \pm 5$  °C a través de la cámara de secado.

## 4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Regla.- Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de  $\pm 0,1$  mm ( $\pm 0,005$  pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg).
- 4.2.2 Tamices ó Mallas.- De 19,0 mm ( $\frac{3}{4}$  pulg), 9,5 mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.
- 4.2.3 Herramientas de Mezcla.- Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

## 5.0 MUESTRA

- 5.1 La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- 5.2 Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (Nº 4), 9,5mm ( $\frac{3}{8}$  pulg) ó 19.0mm ( $\frac{3}{4}$ pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

### 6.1 PREPARACION DE APARATOS

- 6.1.1 Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.
- 6.1.2 Revise que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.



6.1.3 Calibración de los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1 000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.

- a) Balanza.- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D 4753 (Especificaciones, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)
- b) Moldes.- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.
- c) Pisón Manual.- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 4.1.2 de este ensayo. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 4.1.2.1 de este ensayo.
- d) Pisón Mecánico.- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo ASTM D 2168 (Calibración de Pisón Mecánico de Compactación de Suelos en Laboratorio) Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 4.1.2.2 de este ensayo.

## 6.2 PREPARACION DEL ENSAYO

### 6.2.1 SUELOS

6.2.1.1 No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.

6.2.1.2 Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 6.2.2 de este ensayo).

6.2.1.3 Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 6.2.2 (de preferencia) o con 6.2.3 de este ensayo.

### 6.2.2 METODO DE PREPARACION HUMEDA (PREFERIBLE)

6.2.2.1 Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz 4,75mm (Nº 4); 9,5mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.

6.2.2.2 Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario (ver 7.1.1 de este ensayo). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

**Nota 6.** Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.

6.2.2.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 6.2.2.2 de este ensayo, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60°C (140°F).



Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del contenido agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado o seleccionado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la práctica ASTM D 2488 o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método de ensayo NTP 339.134 (ASTM D 2487)

### 6.2.3 METODO DE PREPARACION EN SECO

- 6.2.3.1 Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (N°4); 9,5 mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.
- 6.2.3.2 Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 6.2.2.2.
- 6.2.3.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 6.2.2.2 de este ensayo. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 6.2.2.3 de este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.
- 6.2.4 Compactación.- Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:
- 6.2.4.1 Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.
- 6.2.4.2 Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.
- 6.2.4.3 Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ú otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.
- 6.2.4.4 Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

**Nota 7.** Cuando los especímenes de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.



- 6.2.4.5 Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.
- 6.2.4.6 Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- 6.2.4.7 Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1 de este ensayo).
- 6.2.4.8 Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- 6.2.4.9 Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 7.1.3 y 7.1.4 de este ensayo, plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig. 3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación  $0,2 \text{ kN/m}^3$  ( $0,1 \text{ lbf/pe}^3$ ) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D 4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.
- 7.1.2 Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 7.1.5 de este ensayo (ver ejemplo, Fig. 3).

**Nota 8.** La curva de saturación al 100% es una ayuda al diseñar la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92 á 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede ser ploteada o trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.

**Nota 9.** La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

7.1.3 Contenido de Agua,  $w$ .- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.

7.1.4 Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad (1)$$

Donde:

$\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado ( $\text{Mg/m}^3$ )  
 $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)  
 $M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)  
 $V$  = Volumen del molde de compactación ( $\text{m}^3$ ) (Ver Anexo A1)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Donde:

$\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado ( $\text{Mg/m}^3$ )  
 $w$  = contenido de agua (%)

$$\begin{aligned} \gamma_d &= 62,43 \rho_d \text{ en } \text{lbf/pe}^3 & (3) \\ \gamma_d &= 9,807 \rho_d \text{ en } \text{kN/m}^3 \end{aligned}$$

Donde:

$\gamma_d$  = peso unitario seco del espécimen compactado.

7.1.5 En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{\text{sat}} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

$W_{\text{sat}}$  = Contenido de agua para una saturación completa (%).  
 $\gamma_w$  = Peso unitario del agua  $9,807 \text{kN/m}^3$  ó  $(62,43 \text{lbf/pe}^3)$ .  
 $\gamma_d$  = Peso unitario seco del suelo.  
 $G_s$  = Gravedad específica del suelo.

**Nota 10.** La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica NTP 339.131.

## 7.2 INFORME

7.2.1 Reportar la siguiente información:

7.2.1.1 Procedimiento usado (A, B o C).

7.2.1.2 Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

7.2.1.3 El contenido de agua recibida, si se determinó.

7.2.1.4 El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5 %.



- 7.2.1.5 El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a  $0,5 \text{ lbf/ft}^3$ .
- 7.2.1.6 Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).
- 7.2.1.7 Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.
- 7.2.1.8 Descripción o Clasificación del material usado en la prueba (ASTM D 2488, NTP 339.134).
- 7.2.1.9 Gravedad Específica y Método de Determinación.
- 7.2.1.10 Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, lugar, profundidad, etc.
- 7.2.1.11 Ploteo de la Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de compactación y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.
- 7.2.1.12 El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa),  $P_c$  en %.

## 8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 PRECISION.- Todos los datos están siendo evaluados para determinar la precisión de este método de ensayo. Además los datos pertinentes están siendo solicitados por los usuarios de este método de ensayo.
- 8.2 CONFIABILIDAD.- No es posible obtener la información sobre la confiabilidad porque no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.

**ANEXO****(INFORMACION OBLIGATORIA)****A1. VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACION****A1.1. OBJETIVO**

- A1.1.1. Este anexo describe el procedimiento para la determinación del volumen del molde de compactación.
- A1.1.2. El volumen es determinado por un método de llenado con agua y chequeado con un método de medición lineal.

**A1.2. APARATOS**

A1.2.1. En adición a los aparatos listados en la sección 4, los siguientes ítems son requeridos:

- A1.2.1.1 Vernier o Dial Calibrado, graduado en un rango de 0 a 150 mm (0 a 6 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg).
- A1.2.1.2 Micrómetro Interior, graduado en un rango de 50 a 300 mm (2 a 12 pulg) y aproximación de lectura a 0,02 mm (0,001 pulg).
- A1.2.1.3 Platos de Plástico ó Vidrio, Dos platos de vidrio o plástico de de espesor 200 mm<sup>2</sup> por 6 mm (8 pulg<sup>2</sup> por 1/4 pulg).
- A1.2.1.4 Termómetro, de un rango de 0 - 50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E 1.
- A1.2.1.5 Llave de cierre engrasada o sellador similar.
- A1.2.1.6 Equipo diverso; jeringa de pera, secadores, etc.

**A1.3. PRECAUCIONES**

- A1.3.1. Desarrollar este procedimiento en un área aislada de corrientes de aire y fluctuaciones extremas de temperatura.

**A1.4. PROCEDIMIENTO****A1.4.1. Método de Llenado de agua:**

- A1.4.1.1 Engrasar ligeramente la base del molde de compactación y colocarlo en uno de los platos de plástico ó vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tener cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario usar el plato base, como se anota en 6.2.4.7 de este ensayo., colocar al molde engrasado en el plato base y asegurar con los tornillos sujetadores.
- A1.4.1.2 Determinar la masa del molde engrasado y platos de vidrio o plástico con aproximación al 1 g (0,01 lb-m).
- A1.4.1.3 Colocar el molde y la base del plato en una superficie nivelada, firme y llenar el molde con agua ligeramente hasta los bordes.
- A1.4.1.4 Deslizar el segundo plato sobre el borde superior del molde de tal manera que el molde quede completamente lleno de agua y sin burbujas de aire atrapadas. Añadir o quitar agua si es necesario, con la jeringa bombilla.
- A1.4.1.5 Secar completamente cualquier exceso de agua del exterior del molde y platos.
- A1.4.1.6 Determinar el peso del molde, platos y agua y registrar con aproximación a 1 g (0,01 lb-m).
- A1.4.1.7 Determinar la temperatura del agua en el molde con aproximación 1 °C y registrar. Determinar la densidad absoluta del agua según la Tabla A1.1.
- A1.4.1.8 Calcular el peso del agua en el molde restando el peso determinado en A1.4.1.2. del registrado en A1.4.1.6.

- A1.4.1.9 Calcular el volumen de agua dividiendo el peso del agua por la densidad de agua y registrar con aproximación a 1 cm<sup>3</sup> (0,0001 pie<sup>3</sup>).
- A1.4.1.10 Cuando el plato de base es usado para la calibración del volumen del molde repetir los pasos A1.4.1.3 al A1.4.1.9.
- A1.4.2 Método de Mediciones Lineales:
- A1.4.2.1 Usando el vernier calibrador o el micrómetro interior, medir el diámetro del molde seis veces la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde, espaciando proporcionalmente cada una de las seis mediciones alrededor de la circunferencia del molde. Registrar valores con aproximación a 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.2 Usando el vernier calibrador, medir la altura interior del molde realizando tres medidas igualmente espaciados alrededor de la circunferencia del molde. Registrar los valores con aproximación 0,02 mm (0,001 pulgadas).
- A1.4.2.3 Calcular el promedio del diámetro de la parte superior del molde, promedio del diámetro de la parte inferior del molde y la altura.
- A1.4.2.4 Calcular el volumen del molde y registrar con aproximación a 1 cm<sup>3</sup> (0,0001 pie<sup>3</sup>) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-libra) ó A1b (para SI):

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad (\text{A.1.a})$$

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(10)^3} \quad (\text{A.1.b})$$

Donde:

- V = Volumen de molde, cm<sup>3</sup>, (pie<sup>3</sup>)  
H = Promedio de altura, mm, (pulg).  
dt = Promedio de diámetro de la parte superior, mm (pulg)  
db = Promedio de diámetro de la parte inferior, mm (pulg)  
1/1728 = Constante para convertir pulg<sup>3</sup> a pie<sup>3</sup>  
1/103 = Constante para convertir mm<sup>3</sup> a cm<sup>3</sup>

- A1.5. Comparación de Resultados
- A1.5.1 El volumen obtenido por otro método debe estar dentro de los requisitos de tolerancia de 4.1.1.1. y 4.1.1.2.
- A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debe ser mayor que 0,5 % del volumen nominal del molde.
- A1.5.3 Repetir la determinación de volumen si estos criterios no concuerdan.
- A1.5.4 La falla en la obtención de un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos incluso después de varias tentativas, es una indicación que el molde se encuentra muy deformado y debe ser reemplazado.
- A1.5.5 Emplear el volumen del molde determinado, con el método de llenado en agua, como el valor de volumen asignado para cálculo de humedad y densidad seca (ver 7.1.4).

**Tabla 1**  
**Tiempo de permanencia requerido para saturación de especímenes**

Clasificación	Tiempo de permanencia mínimo en horas
GW, GP, SW, SP	No se requiere
GM, SM	3
Todos los demás suelos	16



**Tabla 2**  
**Equivalencia métricas para las figuras N° 1 y 2**

Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,026	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
1/2	12,70
2 1/2	63,50
2 5/8	66,70
4	101,60
4 1/2	114,30
4,584	116,43
4 3/4	120,60
6	152,4
6 1/2	165,10
6 5/8	168,30
6 3/4	171,40
8 1/4	208,60

pie <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
1/30 (0,0333)	943
0,0005	14
1/13,333 (0,0750)	2 124
0,0011	31

**Tabla A.1.1**  
**Densidad del Agua**

Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

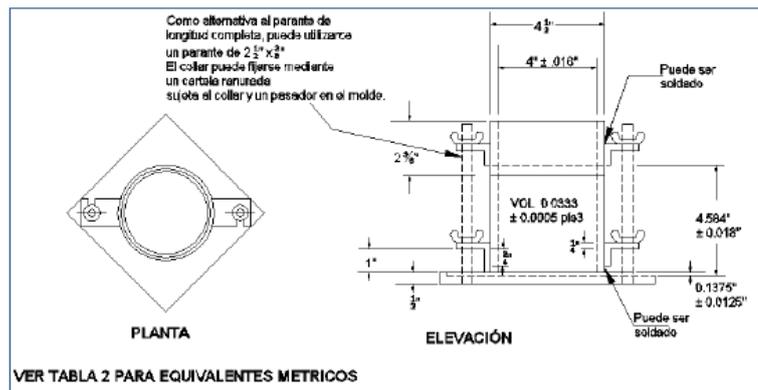


Figura 1: Molde cilíndrico de 4,0 pulg

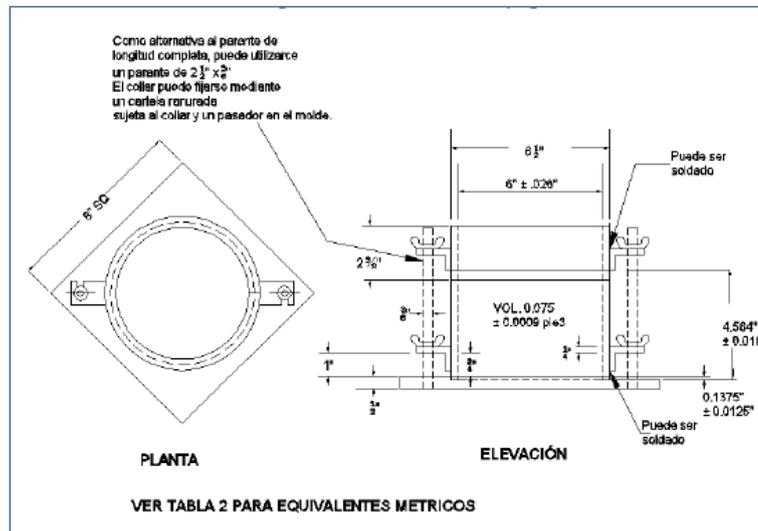


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg

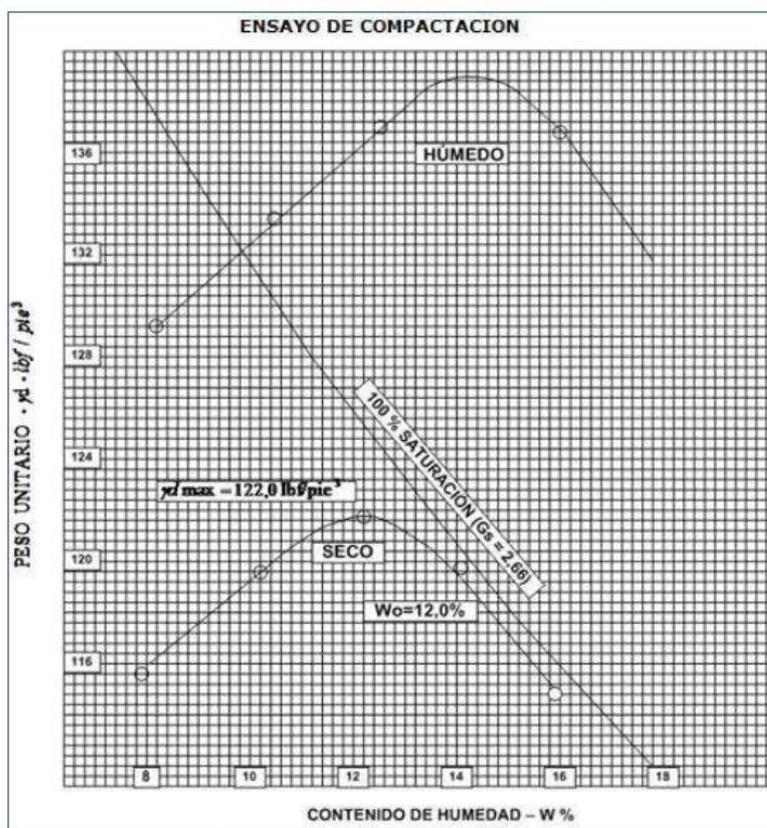


Figura 3. Ejemplo de Gráfico de Curva de Compactación



## MTC E 132

### CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2 Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4 Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- 4.1.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm  $\pm$  0,66 mm (6  $\pm$  0,026") de diámetro interior y de 177,8  $\pm$  0,46 mm (7  $\pm$  0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")

de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- 4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de  $61,37 \pm 0,127$  mm ( $2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- 4.1.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

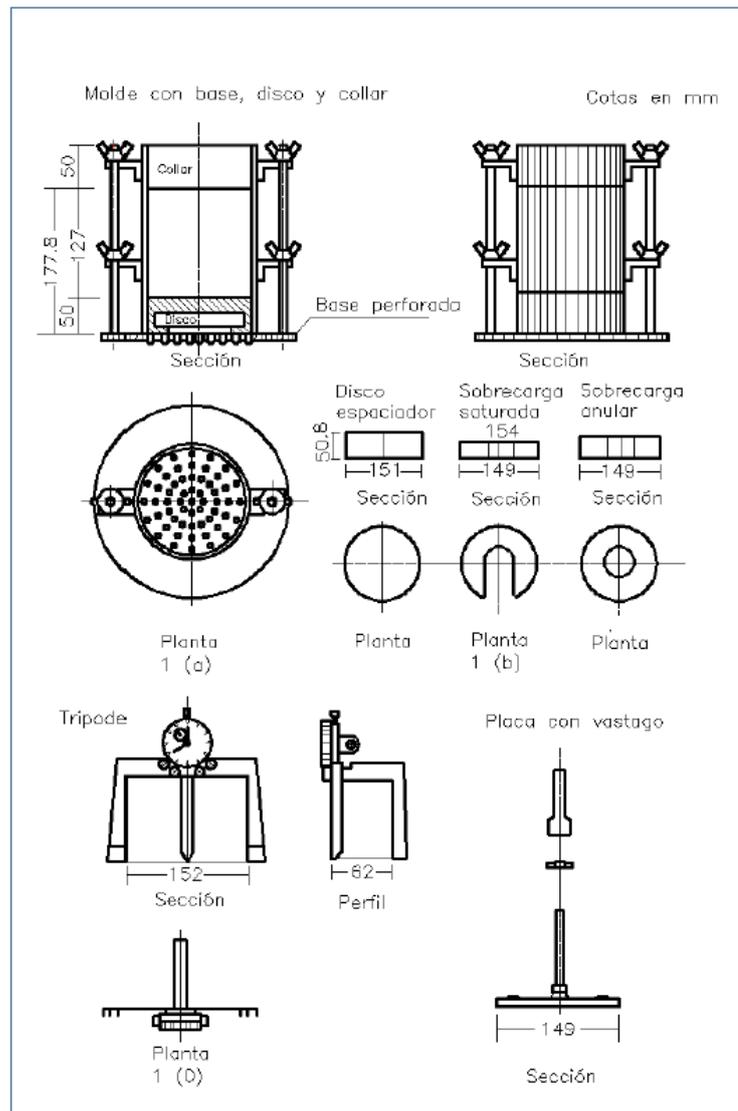


Figura 1.



#### 4.1.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

4.1.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de  $4,54 \pm 0,02$  kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de  $2,27 \pm 0,02$  kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

4.1.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de  $49,63 \pm 0,13$  mm (1,954  $\pm$  0,005") de diámetro, área de 19,35 cm<sup>2</sup> (3 pulg<sup>2</sup>) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

4.1.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

4.1.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

4.1.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

4.1.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

4.1.12 Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

4.1.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

## 5.0 MUESTRA

5.1 La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:

- Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de 3/4 de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

6.2 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea



superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

- 6.3 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

**Nota 1.** En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellena con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

- 6.4 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que



se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (véase Figura 2b).

**Nota 2.** A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 2c).

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

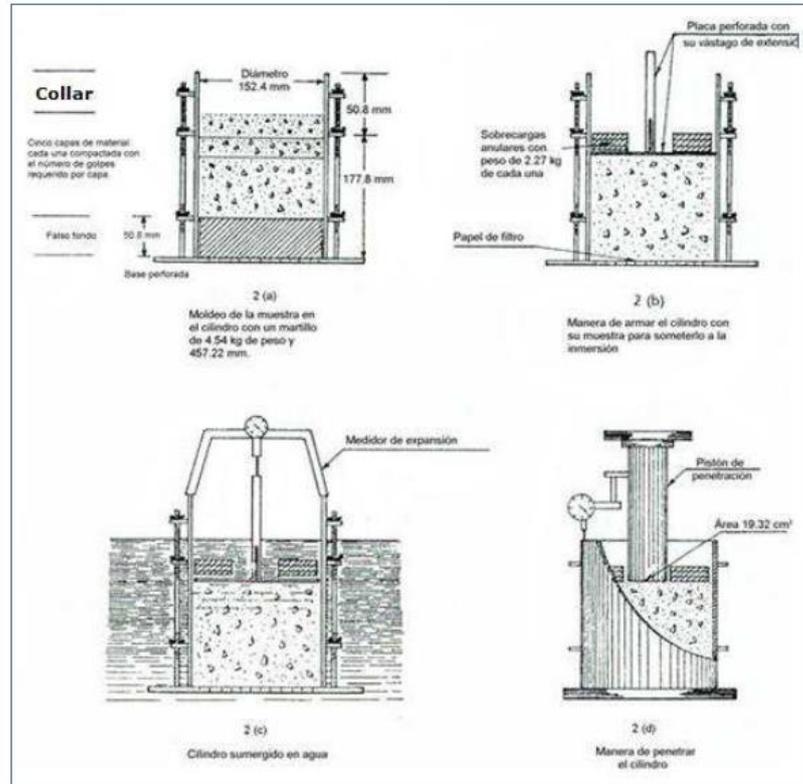


Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

- 6.5 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2,27$  kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, llévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

### Penetración

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

\* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

#### 6.6 PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0,80 x 0,80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio
- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria (7,0" ± 0,16") si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

#### 7.0 CALCULOS E INFORME

##### 7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

- H = Humedad prefijada  
h = Humedad natural

- 7.1.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- 7.1.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 4.1.3 y 4.1.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.
- 7.1.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3).
- 7.1.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde

L<sub>1</sub> = Lectura inicial en mm.

L<sub>2</sub> = Lectura final en mm.

- 7.1.6 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- a) Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- b) De la curva corregida tómanse los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (10001b/plg<sup>2</sup>) y 10,3 MPa (1500 lb/plg<sup>2</sup>) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

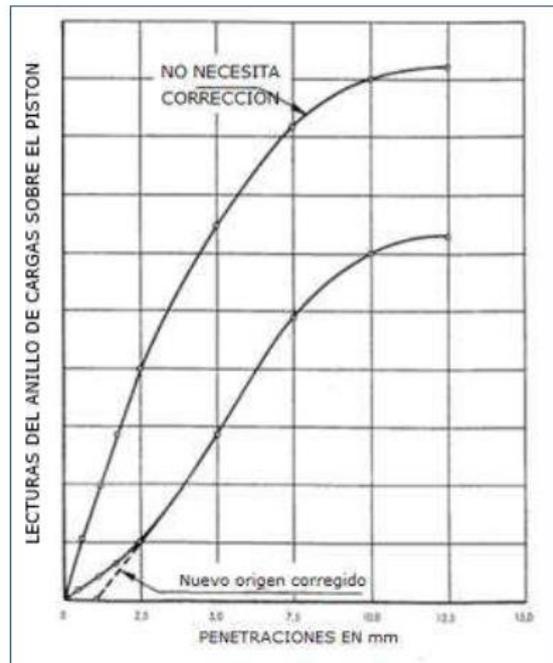


Figura 3: Curva para cálculo de índice de CBR

#### 7.2 INFORME LECTURAS DEL ANILLO DE CARGAS SOBRE EL PISTON

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).



## MTC E 1103

### RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO-CEMENTO

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar la Resistencia a la Compresión de probetas de suelo - cemento

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se proporcionan dos procedimientos alternativos:

Método A. Este procedimiento emplea un cilindro de ensayo de 101,6 mm (4,0") de diámetro y de 116,4 mm (4,584") de altura. La relación de la altura al diámetro es de 1,15.

Método B. Este procedimiento emplea un cilindro de ensayo de 71,1 mm (2,8") de diámetro y de 142,2 mm (5,6") de altura. La relación de la altura al diámetro es de 2,0.

Las unidades normales serán kPa y mm.

- 2.2 El Método A hace uso del mismo equipo de compactación y moldes comúnmente disponibles en los laboratorios de suelos y empleados para otros ensayos de suelo-cemento. Se considera que este método suministra una medida aproximada de la resistencia en lugar de un valor exacto de la resistencia a la compresión. Debido a una menor relación de altura al diámetro (1,15) de los cilindros, la resistencia a la compresión determinada mediante el Método A será normalmente mayor que la del Método B.
- 2.3 A causa de la mayor relación de la altura al diámetro (2,00), el Método B da una mejor medida de la resistencia a la compresión desde un punto de vista técnico, ya que reduce condiciones complejas de esfuerzos que pueden presentarse durante el aplastamiento de especímenes del Método A.
- 2.4 En la práctica, el Método A ha sido empleado más comúnmente que el Método B. Como consecuencia de esto, ha sido costumbre evaluar o especificar valores de resistencia a la compresión según el Método A.

En el numeral 6 se da un factor para convertir valores de resistencia a la compresión con base en la relación entre la altura y el diámetro.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM ED 1633

#### 4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Máquina para ensayo de compresión. Puede ser de cualquier tipo que tenga capacidad suficiente y adecuado control para proporcionar la rata de carga prescrita en el numeral 6.2 y deberá cumplir con las exigencias del numeral 15 de la práctica E-4 (Procedimiento de verificación de maquina) de la ASTM.

Deberá estar provista de dos superficies de apoyo de acero templado (véase la Nota 1), una de las cuales es un bloque de levantamiento asentado esféricamente, el cual normalmente se apoya sobre la superficie superior del espécimen y el otro un bloque rígido plano sobre el cual descansará el espécimen.

Las superficies de apoyo deberán ser al menos tan grandes como la superficie del espécimen a la cual se aplica la carga. Las superficies de apoyo, cuando nuevas, no deberán apartarse de un plano en más de 0,013 mm (0,0005 pulg) en ningún punto y deberán mantenerse dentro de un límite de variación permisible de 0,02mm (0,001 pulg).

En el bloque asentado esféricamente, el diámetro de la esfera no deberá exceder al del espécimen y el centro de la esfera deberá coincidir con el centro de la superficie de soporte.



La parte móvil de este bloque deberá mantenerse estrechamente ajustada en el asentamiento esférico, pero el diseño deberá ser tal, que la superficie de soporte pueda rotarse libremente e inclinarse en ángulos pequeños en cualquier dirección.

**Nota 1.** Es deseable que las superficies de soporte de los bloques empleados para el ensayo de compresión del suelo cemento tengan una dureza no menor de 60 HRC (Unidades de Dureza Rockwell con punta de diamante) (AASHTO T 80, ASTM E 18)

- 4.1.2 Equipos y moldes de compactación, de acuerdo con los métodos (a) secado de mezclas de suelo - cemento compactadas para el Método A; o con el método (b) preparación en el laboratorio de pruebas de suelo - cemento para el Método B.

## 5.0 MUESTRA

### 5.1 Especímenes de ensayo

5.1.1 Moldéense los especímenes de ensayo así:

- Método A. Especímenes de 101,6 mm (4 pulg) de diámetro y de 116,4 mm (4,584 pulg) de altura y moldeados de acuerdo con el método (a).
- Método B. Especímenes de 71,1 mm (2,8 pulg) de diámetro y de 142,2 mm (5,6 pulg) de altura y moldeados de acuerdo con el método (b).

**Nota 2.** Pueden emplearse estos métodos para ensayar especímenes de otros tamaños. Si la Muestra del suelo incluye material retenido en el tamiz de 4,75 mm (No. 4), se recomienda emplear el Método A. Especímenes más grandes de 101,6 mm (4 pulg) de diámetro y 203,2 mm (8 pulg) de altura, se moldean de una manera similar al Método B

5.1.2 Cúrense en húmedo los especímenes de acuerdo con el método (b).

5.1.3 Al final del período húmedo de curado, sumérganse por 4 horas los especímenes en agua.

5.1.4 Remuévanse los especímenes del agua y efectúense los ensayos de compresión tan pronto como sea posible, manteniendo húmedos los especímenes, por medio de cáñamo húmedo o bayetilla de envoltura.

**Nota 3.** Otros procedimientos de acondicionamiento, como secado al aire o en el horno o humedecimiento y secamiento alternativamente, pueden especificarse después de un período inicial de curado. Los procedimientos de acondicionamiento y curado deberán indicarse detalladamente en el informe.

5.1.5 Compruébese la tersura de las caras con una hoja recta. Si fuere necesario, refréndense los extremos para que cumplan con las exigencias del aparte sobre refrentado de especímenes, (b) ("capping").

### PROCEDIMIENTO

5.2 Colóquese el bloque inferior de apoyo sobre la mesa o sobre la plataforma de la máquina de ensayo directamente bajo el bloque de apoyo superior asentado esféricamente. Colóquese el espécimen sobre el bloque inferior de apoyo, asegurándose de que el eje vertical del espécimen, esté alineado con el centro de empuje del bloque asentado esféricamente. Como este bloque es llevado a apoyarse sobre el espécimen, rótese suavemente a mano su parte móvil de manera que obtenga asentamiento uniforme.

5.3 Aplíquese la carga continuamente y sin choques. Puede usarse una máquina de ensayo operada por tornillo aproximadamente a 1 mm (0,05 pulg) por minuto. Con máquinas hidráulicas, ajústese la carga a una rata constante dentro de los límites de  $140 \pm 70$  kPa/s ( $20 \pm 10$  lb./pulg<sup>2</sup>/s) de acuerdo con la resistencia del espécimen. Regístrese la carga total a la falla del espécimen de ensayo con aproximación de 40 N (10 lb).

## 6.0 CALCULOS E INFORME

### 6.1 CALCULOS



- 6.1.1 Calcúlese la resistencia unitaria a la compresión del espécimen dividiendo la carga máxima entre el área de la sección transversal.

**Nota 4.** Si se desea, establézcanse tolerancias para la relación de altura/diámetro (h/d), multiplicando la resistencia a la compresión de especímenes del Método B por 1,10. Esto convierte la resistencia para una relación h/d de 2,00 a la de una relación de h/d de 1,15 comúnmente empleada en ensayos de resistencia de suelo cemento (véase el numeral 2). Esta conversión ha sido encontrada aplicable para el suelo cemento

## 6.2 INFORME

- 6.2.1 El informe deberá incluir:

- Número de identificación del espécimen.
- Diámetro y altura, mm (pulg).
- Área de la sección transversal, mm<sup>2</sup> (pulg<sup>2</sup>).
- Carga máxima, con aproximación a los 40 N (10 lb) más próximas.
- Factor de conversión, si se usó, para la relación de la altura al diámetro (véase la Nota 4).
- Resistencia a la compresión, calculada con aproximación a 35 kPa (5 lbs/pulg<sup>2</sup>).
- Edad del espécimen.
- Detalles de los periodos de curado y acondicionamiento y contenido de humedad en el momento del ensayo.

## 7.0 PRECISION Y DISPERSION

La precisión y dispersión de este método de ensayo no han sido establecidas mediante un programa de investigación de varios laboratorios. Sin embargo, con base en los datos de ensayo que están disponibles, lo siguiente puede servir como guía para la variabilidad de los resultados de ensayos de compresión.

### 7.1 Precisión

- 7.1.1 Se efectuaron ensayos en un laboratorio sencillo sobre 122 grupos de especímenes dobles, moldeados a partir de 21 materiales diferentes de suelo.
- 7.1.2 La diferencia promedio en la resistencia sobre especímenes, duplicados fue de 8,1% y la diferencia media de 6,2%. Estos valores se expresan como el porcentaje de la resistencia promedio de los dos especímenes, en la siguiente forma:

$$\% \text{ de diferencia} = \frac{(\text{Valor alto} - \text{Valor bajo})}{(\text{Valor alto} + \text{Valor bajo})/2} \times 100$$

En la Figura 1 se muestra la distribución de la variación. Los datos cubren un rango amplio de contenidos de cemento y de resistencia la compresión.

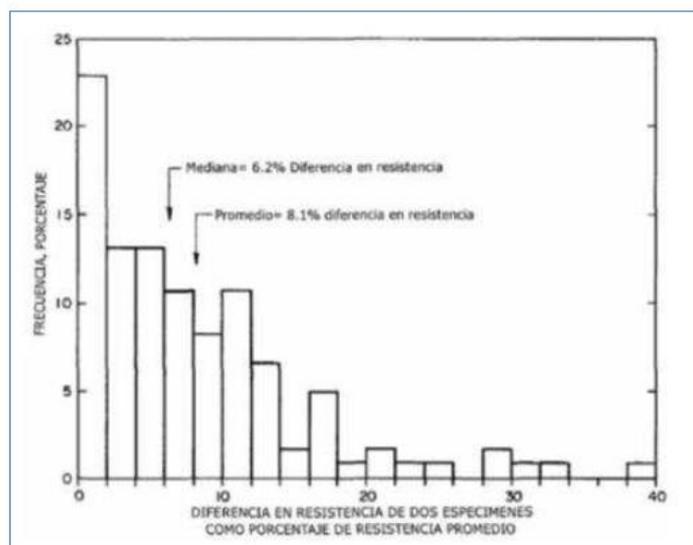


Figura 1. Distribución de la variación de los resultados de 122 grupos de especímenes dobles

## Anexo 9. Constancia de ensayos de laboratorio y certificado de calidad



QUE SUSCRIBE, JEFE DE LABORATORIO DE LA EMPRESA  
CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC.

### HACE CONSTAR:

Que se tamizó un total de 61.20Kg de ceniza de hoja de coca por la malla N° 40 de abertura 0.425mm, de las cuales solo se obtuvo 41.39Kg de material seco pasante, en el proyecto de investigación: "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022" que desarrolló el señor BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES, identificado con DNI N° 44000771.

Se expide la presente constancia del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 23 de mayo del 2022

  
KENNY HILDEMAR CAMARRIA  
JEFE DE LABORATORIO  
CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC.

Telf: 066 610625 – Cel 96283565



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

**ANEXO 3**  
**CERTIFICADOS DE**  
**CALIBRACION DE**  
**EQUIPOS**

.....  
KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

## **CERTIFICADOS DE CALIBRACION - 2022**

<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	<b>EQUIPOS EMPLEADOS</b>
1. ANALISIS GRANUMETRICO POR TAMIZADO	BALANZA 8200 gr.
	HORNO 720 lt - 250°C
2. LIMITES DE CONSISTENCIA	CAZUELA CASA GRANDE
	BALANZA 2000 gr.
	HORNO 300 lt - 250°C
3. HUMEDAD NATURAL	BALANZA 4200 gr.
	HORNO 300 lt - 250°C
4. GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO	BALANZA 4200 gr.
	HORNO 300 lt - 250°C
5. PROCTOR MODIFICADO	BALANZA 30 000 gr.
	PIE DE REY 300 mm.
	HORNO 720 lt - 250°C
6. CBR SUELOS EN LABORATORIO	BALANZA 30 000 gr.
	MAQUINA COMPRESION 50 000 N
	HORNO 720 lt - 250°C
7. COMPRESION SIMPLE	BALANZA 4200 gr.
	PIE DE REY 300 mm
	MAQUINA COMPRESION 1 000 KN

**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

**CERTIFICADOS DE CALIBRACION  
CAZUELA CASAGRANDE**

.....  
"KENNY HUMANI GAMARRA"  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---



LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



## CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 071-2022 GLW

Página 1 de 1

FECHA DE EMISIÓN : 2022-03-27

1. SOLICITANTE : CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC

DIRECCIÓN : Jr. Quinoa 570 AYACUCHO – HUAMANGA – AYACUCHO

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

MARCA : NO PRESENTA PROCEDENCIA : NO PRESENTA  
MODELO : NO PRESENTA IDENTIFICACIÓN : (\*) 0108  
NÚMERO DE SERIE : NO PRESENTA TIPO : MANUAL  
ALCANCE DE : 0 a 999 VUELTAS UBICACIÓN : LABORATORIO  
DIV. DE ESCALA : 1 VUELTAS  
FECHA DE INSPECCIÓN : 2022-03-19

3. PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN

Procedimiento de calibración Comparación directa con patrones calibrados.

4. LUGAR DE INSPECCIÓN

La verificación se realizó en el LAB. DE MASA Y LONGITUD DE G&L LABORATORIO S.A.C.  
AV. MIRAFLORES MZ. E LT. 60 URB. SANTA ELISA II ETAPA LOS OLIVOS – LIMA

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	23.2	23.4
Humedad Relativa %HR	69	69

6. TRAZABILIDAD

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

7. OBSERVACIONES

(\*) Serie indicado en una etiqueta adherida al equipo.  
El equipo cumple con la norma INV E125-07 / ASTM D 4318 / NTC 4630

8. RESULTADOS

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	205,00	g
Espesor de la copa	2,03	mm
Profundidad de la copa	26,89	mm
Altura de la base	50,17	mm
Ancho de la base	124,63	mm
Longitud de la base	150,55	mm



KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

Tec. ~~Ginaer Antonio Huamani Poquoma~~  
Responsable del Laboratorio de Metrología.

G & L LABORATORIO S.A.C

TRAZABILIDAD: G&L LABORATORIO S.A.C. Asegura y mantiene la trazabilidad de los patrones empleados en esta inspección

(\*) Este certificado de inspección expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.



Teléfono: (01) 622 - 5814  
Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 658

Correo: laboratorio.gylaboratorio@gmail.com  
servicios@gylaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60  
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos  
Lima

Prohibida la Reproducción total de este documento sin la autorización de G&L LABORATORIO S.A.C



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

## **CERTIFICADOS DE CALIBRACION BALANZAS**



KENNY HUMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130633  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° de Certificado	: 0461-MPES-C-2022	Página 1 de 3
N° de Orden de trabajo	: 0157	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".
<b>1. SOLICITANTE</b>	: <b>CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC</b>	
DIRECCIÓN	: Jr. Quinua 570 Ayacucho - Huamanga - Ayacucho	
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: <b>BALANZA</b>	Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
MARCA	: OHAUS	
MODELO	: NV622ZH	
NÚMERO DE SERIE	: 8341485945	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 620 g	
DIVISIÓN DE ESCALA REAL (d)	: 0,01 g	
DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN (e)	: 0,1 g	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: BLZ-016 (*)	
TIPO DE INDICACIÓN	: ELECTRÓNICA	PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
UBICACIÓN	: LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-03-20	

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

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:  
Procedimiento para la Calibración de instrumento de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII (PC - 001 del INACAL, Primera Edición - Mayo 2019.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Av. Condevilla 1269 - Callao



KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 120033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

<b>Sello</b>	<b>Fecha de Emisión</b>	<b>Autorizado por</b>
	2022-03-28	 Sandra Jurupe Melgarejo Gerente Técnico

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0461-MPES-C-2022**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	20,4 °C	19,9 °C
Humedad Relativa	69,8 %	61,9 %

**6. TRAZABILIDAD**

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 192 - 2020

**7. OBSERVACIONES**

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

Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".

(\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

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

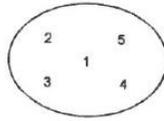
**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	20,4 °C			20,9 °C		
Carga L1=	300,00 g			Carga L2=		
	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	300,00	5	0	600,00	13	-8
2	300,01	6	9	600,00	12	-7
3	300,00	5	0	599,99	13	-18
4	300,00	6	-1	600,00	12	-7
5	300,00	6	-1	600,00	12	-7
6	300,00	6	-1	600,00	12	-7
7	300,00	5	0	600,00	13	-8
8	300,01	7	8	599,99	11	-16
9	300,01	7	8	600,00	13	-8
10	300,00	6	-1	600,00	13	-8
Diferencia Máxima			10			
Error máximo permitido ±			300 mg	± 300 mg		

  
KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 120033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0461-MPES-C-2022**

Página 3 de 3



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Temp. (°C)					Temp. (°C)				
	Inicial					Final				
	20,5 °C					20,0 °C				
	Determinación de E <sub>s</sub>					Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	k(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	Carga (g)	k(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,10	0,10	14	-9		200,00	200,01	12	3	12
2		0,11	15	0			200,01	7	8	8
3		0,10	14	-8			200,01	16	-1	8
4		0,11	12	3			199,99	12	-17	-20
5		0,11	12	3			199,99	7	-12	-15

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 200 mg

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L(g)	Temp. (°C)					Temp. (°C)					
	Inicial					Final					
	20,1 °C					19,9 °C					
	CRECIENTES					DECRECIENTES					emp(**)
	k(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	k(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	±(mg)		
0,10	0,10	10	-5								
0,20	0,21	15	0	5	0,20	7	-2	3	100		
2,00	2,01	14	1	6	2,00	12	-7	-2	100		
10,00	10,02	16	9	14	10,00	7	-2	3	100		
50,00	50,02	12	13	18	50,00	12	-7	-2	100		
100,00	100,02	12	13	18	99,99	7	-12	-7	200		
150,00	150,02	11	14	19	150,00	15	-10	-5	200		
200,00	200,02	10	15	20	200,00	7	-2	3	200		
400,00	400,02	10	15	20	400,01	14	1	6	300		
600,00	600,01	12	3	8	600,01	14	1	6	300		
620,00	620,01	10	5	10	620,01	10	5	10	300		

(\*\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000056 \times R$$

$$U_R = 2\sqrt{0,000088 \text{ g}^2 + 0,0000000029 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Fin del certificado de calibración

**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130633  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Masa y Balanzas**  
Calibration Certificate - Mass and Weighing Instruments Laboratory

**M-22933-002 R0**

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	INSTRUMENTO DE PESAJE NO AUTOMÁTICO
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	NO PRESENTA
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	ING - 021
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	No Presenta
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	BLZ - 003
<b>Carga Máxima</b> <i>Maximum load</i>	2000 g
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinua 570
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 23
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 29

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

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

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

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

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

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

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

04

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

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

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

Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Francisco Durán Romero  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-24-F-01 R7.0

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 120033  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl. 18 # 1033-72 | Telf: 57 (1) 745 4555 317423340 | [inform@pinzuar.com.co](mailto:inform@pinzuar.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)



**DATOS TÉCNICOS**

<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Número de Serie</b>	No Presenta
<b>Identificación Interna</b>	BLZ - 003
<b>Resolución</b>	0,01 g
<b>Intervalo Calibrado</b>	1 g a 2000 g
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Pesas cilíndricas
<b>Clase de exactitud</b>	F1
<b>Certificado No.</b>	M-20845-002 PINZUAR /CAP-401-20 WR Laboratorios
<b>Documento de Referencia</b>	Guía SIM MWG7/gc-01/V.00:2009 Guía para la Calibración de los Instrumentos para Pesar de Funcionamiento No Automático.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Antes de proceder con la toma de datos se realizó una inspección breve donde se determinó que la instalación (ubicación en el cuarto, nivelación, fuente de corriente y/o batería, entre otros) es adecuada para ejecutar la calibración, también se realizó una verificación de funcionamiento realizando una precarga con el fin de comprobar el buen funcionamiento del instrumento. Posterior a esto se llevaron a cabo las pruebas para los errores de las indicaciones, repetibilidad y excentricidad siguiendo los lineamientos de la Guía SIM - 2009, Numerales 4,5,6,7; Apéndices A,B,C,D,E y F.

En la tabla 1 se encuentra el resultado obtenido para el ensayo de errores de exactitud que permite evaluar la exactitud del instrumento, se encuentran los errores calculados de la diferencia entre la indicación del instrumento y la carga aplicada.

**Tabla 1.**

Resultados del ensayo de exactitud

Carga g	Indicación Ascendente g	Indicación Descendente g	Error Ascendente g	Error Descendente g	Incertidumbre Expandida ±g	k <sup>1</sup> , p=95,45%
1,000	1,00	1,00	0,000	0,000	0,028	2,25
2,000	2,00	2,00	0,000	0,000	0,028	2,25
5,000	5,00	5,00	0,000	0,000	0,028	2,25
10,000	10,00	10,00	0,000	0,000	0,028	2,25
50,000	49,98	49,98	-0,020	-0,020	0,028	2,25
100,000	99,98	99,97	-0,020	-0,030	0,028	2,25
500,000	500,02	500,01	0,020	0,010	0,031	2,11
1 000,000	1 000,01	1 000,01	0,010	0,010	0,042	2,03
1 500,000	1 500,02	1 500,02	0,020	0,020	0,056	2,02
1 999,997	2 000,16	2 000,15	0,163	0,153	0,071	2,01

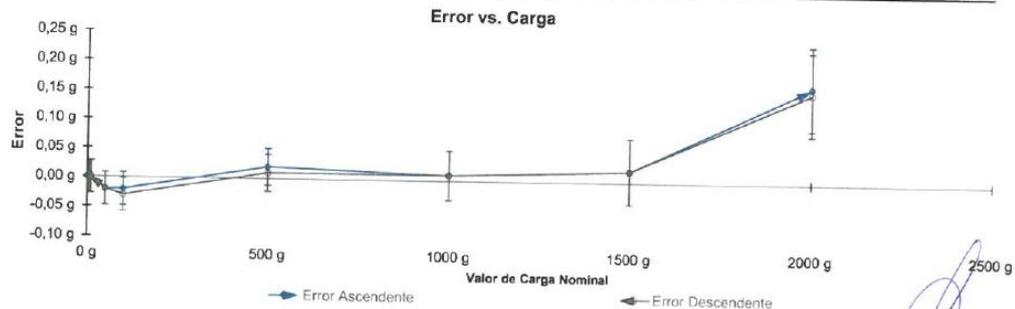


Figura 1. Gráfica para el ensayo de error de indicación.

<sup>1</sup> Factor de cobertura  
LM-PC-24-F-01 R7.0

**KENNY HUMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl. 18 #1058 77 T.FBX: 57 (0) 745 4555 - 3174233641 | cl@metrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO



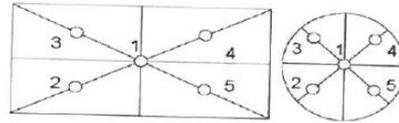
**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)**

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

**Tabla 2.**

Resultados prueba de excentricidad y la máxima diferencia.

Valor Nominal de la Carga 700 g		
Posición	Indicación del Instrumento	Diferencia Respecto al Centro
---	g	g
1	699,97	---
2	699,97	0,00
3	699,93	-0,04
4	699,93	-0,04
5	699,99	0,02
<b>Diferencia máxima respecto al centro</b>		<b>0,04</b>



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

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

**Tabla 3.**

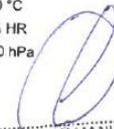
Resultados prueba de repetibilidad y la desviación estándar calculada para cada carga.

Cantidad de Repeticiones	Valor Nominal de las Cargas	
	1000 g	2000 g
	Indicación del Instrumento	Indicación del Instrumento
1	1000,02	2000,16
2	1000,00	2000,16
3	999,99	2000,14
4	1000,01	2000,16
5	1000,00	2000,17
6	1000,03	2000,16
7	1000,01	2000,17
8	1000,02	2000,16
9	1000,01	2000,16
10	1000,01	2000,15
<b>Desviación Estándar</b>	<b>0,011 5 g</b>	<b>0,008 8 g</b>

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura Máxima: 18,0 °C  
Humedad Máxima: 50 % HR  
Presión Barométrica Máxima: 1000,1 hPa

Temperatura Mínima: 17,0 °C  
Humedad Mínima: 49 % HR  
Presión Barométrica Mínima: 1000,0 hPa



**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO

LM-PC-24-F-01 R7.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

laboratorio de Metrología: C/ B #1038 72 - I Bx 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | laboratorio@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





**INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN**

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor.

**INFORMACIÓN ADICIONAL**

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

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

$$R_{\text{corregida}} = R - E_{\text{aprox}} \quad E_{\text{aprox}} = 3,58 E-05 \cdot R$$

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

$$u^2(W) = 1,50 E-04 + 5,42 E-08 R^2$$

Incertidumbre expandida de un resultado de pesada

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

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

**TRAZABILIDAD**

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



**OBSERVACIONES**

1. Se usa la coma como separador decimal
2. Las fórmulas calculadas para la obtención de la lectura corregida y su correspondiente incertidumbre estándar se obtuvieron a partir de las condiciones evidenciadas en la calibración (instalación, variación de condiciones ambientales, corriente eléctrica). Si las condiciones de uso del instrumento difieren a las al que hace referencia este certificado es responsabilidad del usuario establecer si es o no adecuada su aplicación.
3. Se puede obtener más información sobre el método y cálculos realizados para la emisión de este certificado de calibración consultando el documento de referencia mencionado en la página dos.
4. Se adjunta la estampilla de calibración No. **M-22933-002**

  
**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
ING. TIPO CIVIL  
CIP. N° 130033  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Página 1 de 3

N° de Certificado	: 0462-MPES-C-2022	
N° de Orden de trabajo	: 0157	
<b>1. SOLICITANTE</b>	<b>: CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC</b>	
DIRECCIÓN	: Jr. Quinua 570 Ayacucho - Huamanga - Ayacucho	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	<b>: BALANZA</b>	
MARCA	: OHAUS	
MODELO	: PC4202E	
NÚMERO DE SERIE	: B830176178	Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 4200 g	
DIVISIÓN DE ESCALA REAL (d)	: 0,01 g	
DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN (e)	: 0,1 g	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: BLZ-018 (*)	
TIPO DE INDICACIÓN	: ELECTRÓNICA	PESATEC PERU S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
UBICACIÓN	: LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-03-21	

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

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II (PC - 011 del SNM-INDECOPI, 4ta edición abril 2010).

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Av. Condevilla 1269 - Callao

Sello	Fecha de Emisión	Autorizado por
	2022-03-28	 <b>Sandra Jurupe Melgarejo</b> Gerente Técnico
		 <b>KENNY HUAMANI GAMARRA</b> INGENIERO CIVIL CIP N° 130033 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0462-MPES-C-2022**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	20,8 °C	20,0 °C
Humedad Relativa	69,3 %	67,2 %

**6. TRAZABILIDAD**

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 192 - 2020

**7. OBSERVACIONES**

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

Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".

(\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

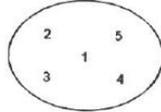
**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

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

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 20,8 °C			Final 20,5 °C		
	Carga L1= 2 000,00 g			Carga L2= 4 000,00 g		
	(g)	ΔL(mg)	E(mg)	(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	2 000,00	9	-4	4 000,00	11	-6
2	2 000,01	10	5	4 000,00	12	-7
3	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
4	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
5	2 000,00	10	-5	4 000,00	12	-7
6	2 000,00	10	-5	4 000,00	11	-6
7	2 000,00	10	-5	4 000,00	11	-6
8	2 000,01	9	6	4 000,00	12	-7
9	2 000,00	9	-4	4 000,00	12	-7
10	2 000,00	10	-5	4 000,00	12	-7
Diferencia Máxima			11	1		
Error máximo permitido ±			200 mg	± 300 mg		

**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130333  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0462-MPES-C-2022**

Página 3 de 3

Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Temp. (°C)				Determinación del Error corregido				
	Inicial		Final		Carga (g)	k(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)
19,7 °C		20,2 °C							
Determinación de E <sub>0</sub>									
	Carga mínima (g)	k(g)	ΔL(mg)	E <sub>0</sub> (mg)					
1	0,20	0,20	8	-3	1 500,00	1 499,99	10	-15	-12
2		0,19	12	-17		1 499,99	7	-12	5
3		0,20	9	-4		1 500,00	5	0	4
4		0,19	5	-10		1 499,99	10	-15	-5
5		0,19	7	-12		1 500,00	7	-2	10
Error máximo permitido: ± 200 mg									

(\*) valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L(g)	Temp. (°C)				CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	Inicial		Final		k(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)	k(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)	
20,3 °C		20,0 °C											
0,20	0,20	7	-2										
0,50	0,50	8	-3	-1	0,49	5	-10	-8	100				
100,00	99,99	2	-7	-5	99,99	7	-12	-10	100				
200,00	200,00	5	0	2	199,99	6	-11	-9	100				
500,00	500,01	5	10	12	500,00	9	-4	-2	100				
1 000,00	1 000,01	9	6	8	999,99	6	-11	-9	200				
1 500,00	1 500,00	8	-3	-1	1 499,99	8	-13	-11	200				
2 000,00	2 000,00	7	-2	0	1 999,97	5	-30	-28	200				
3 000,00	3 000,00	9	-4	-2	2 999,97	9	-34	-32	300				
4 000,00	3 999,96	4	-39	-37	3 999,95	9	-54	-52	300				
4 200,00	4 199,94	7	-62	-60	4 199,94	7	-62	-60	300				

(\*\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 0,0000041 \times R$$

$$U_R = 2\sqrt{0,00011 \text{ g}^2 + 0,0000000016 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Fin del certificado de calibración

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° de Certificado	: 0463-MPES-C-2022	Página 1 de 3
N° de Orden de trabajo	: 0157	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$ . Este valor ha sido calculado para un nivel de confianza aproximado del 95 % determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición".
<b>1. SOLICITANTE</b>	: <b>CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC</b>	
DIRECCIÓN	: Jr. Quinua 570 Ayacucho - Huamanga - Ayacucho	
<b>2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN</b>	: <b>BALANZA</b>	Los resultados sólo están relacionados con los ítems calibrados y son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
MARCA	: OHAUS	
MODELO	: AX8201/E	
NÚMERO DE SERIE	: B904149789	
ALCANCE DE INDICACIÓN	: 8200 g	
DIVISIÓN DE ESCALA REAL (d)	: 0,1 g	
DIVISIÓN DE ESCALA DE VERIFICACIÓN (e)	: 1 g	
PROCEDENCIA	: CHINA	
IDENTIFICACIÓN	: BLZ-019 (*)	PESATEC PERU 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.
TIPO DE INDICACIÓN	: ELECTRÓNICA	
UBICACIÓN	: LABORATORIO ENSAYOS DE MATERIALES	
FECHA DE CALIBRACIÓN	: 2022-03-21	

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

### 3. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones, según:

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II (PC - 011 del SNM-INDECOPI, 4ta edición abril 2010).

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

Av. Condevilla 1269 - Callao

Sello	Fecha de Emisión	Autorizado por
	2022-03-28	 Sandra Jurupe Melgarejo Gerente Técnico



KENNY HUARIANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130233  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0463-MPES-C-2022**

Página 2 de 3

**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	20,6 °C	20,4 °C
Humedad Relativa	60,6 %	69,5 %

**6. TRAZABILIDAD**

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Identificación	Certificado de calibración
Patrones de referencia de INACAL-DM	Pesas (Clase de exactitud E2)	ZT-25	LM - C - 192 - 2020

**7. OBSERVACIONES**

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

Se colocó una etiqueta con la indicación de "CALIBRADO".

(\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

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

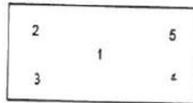
**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición N°	Temp. (°C)			Temp. (°C)		
	Inicial 20,6 °C			Final 19,7 °C		
	Carga L1= 4 000,0 g			Carga L2= 8 000,0 g		
	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	4 000,1	70	80	8 000,1	50	100
2	4 000,0	70	-20	8 000,2	60	190
3	4 000,1	60	90	8 000,1	50	100
4	4 000,0	60	-10	8 000,1	60	90
5	4 000,0	60	-10	8 000,1	60	90
6	4 000,1	80	70	8 000,1	70	80
7	4 000,1	70	80	8 000,1	60	90
8	4 000,1	70	80	8 000,1	60	90
9	4 000,0	60	-10	8 000,2	70	180
10	4 000,0	60	-10	8 000,1	50	100
Diferencia Máxima	110			110		
Error máximo permitido ±	1 000 mg			± 2 000 mg		

  
**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0463-MPES-C-2022**

Página 3 de 3



Vista Frontal

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Temp. (°C)				Determinación del Error corregido				
	Inicial		Final		Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)
	19,7 °C	20,8 °C	19,7 °C	20,8 °C					
	Determinación de E <sub>2</sub>								
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	E <sub>2</sub> (mg)					
1	2,0	2,0	60	-10	3 000,0	3 000,0	50	0	10
2		2,0	80	-30		3 000,0	70	-20	10
3		2,0	90	-40		3 000,0	70	-20	20
4		2,0	80	-30		3 000,1	50	100	130
5		2,0	80	-30		3 000,1	70	80	110
Error máximo permitido : ± 1 000 mg									

(\*) valor entre 0 y 10 e

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L(g)	Temp. (°C)									emp(**)
	CRECIENTES				DECRECIENTES				±(mg)	
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)		
2,0	2,0	70	-20							
5,0	5,0	70	-20	0	4,9	30	-80	-60	1 000	
100,0	100,0	70	-20	0	100,0	80	-30	-10	1 000	
200,0	200,0	80	-30	-10	200,0	70	-20	0	1 000	
500,0	500,0	60	-10	10	499,9	80	-130	-110	1 000	
1 000,0	1 000,0	50	0	20	999,9	70	-120	-100	1 000	
1 500,0	1 500,0	40	10	30	1 499,9	80	-130	-110	1 000	
2 000,0	2 000,0	20	30	50	1 999,9	70	-120	-100	1 000	
4 000,0	4 000,1	40	110	130	3 999,9	80	-130	-110	1 000	
6 000,0	6 000,2	50	200	220	5 999,9	20	-70	-50	2 000	
8 200,0	8 200,3	40	310	330	8 200,3	40	310	330	2 000	

(\*\*) error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

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

$$U_R = 2\sqrt{0,011 \text{ g}^2 + 0,0000000033 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>2</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

Fin del certificado de calibración

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CERTIFICADOS DE CALIBRACION  
HORNOS DE SECADO**



**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
C.P. N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura**  
*Calibration Certificate - Temperature Laboratory*

**T-22933-018 R0**

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	HORNO ELÉCTRICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements were made. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PG-2004	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	119	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	HRN-002	
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	40 °C a 250 °C	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC	
<b>Dirección</b>	Jr. Quinua 570	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2022 - 03 - 22	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2022 - 03 - 29	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.  
*Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.*

**Firmas Autorizadas**  
*Authorized Signatures*

\_\_\_\_\_  
**Ing. Sergio Iván Martínez**  
*Director Laboratorio de Metrología*

\_\_\_\_\_  
**Tecg. Oscar Eduardo Briceño**  
*Metrólogo Laboratorio de Metrología*

LM-PC-21-F-01 R7.1

\_\_\_\_\_  
**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
*INGENIERO CIVIL*  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1038 72 I Pbx 57 (1) 745 4555 317423344C | [labmetrologia@pinzuar.com.co](mailto:labmetrologia@pinzuar.com.co) | [WWW.PINZUARGDMCC](http://WWW.PINZUARGDMCC)





**DATOS TÉCNICOS**

**Método Empleado** Comparación Directa  
**Documento de Referencia** DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken 1. Neuauflage 2010  
**Resolución** 0,01 °C  
**Patrón(es) de referencia** Termómetro Digital  
**Certificado de Calibración** T-21368-003 R0 de Pinzuar / T-21368-001 R0 de Pinzuar  
**Volumen útil** 300 L

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Al medio isotermo en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se determinó que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas estabilidad temporal y la uniformidad espacial.

Indicación del Patrón °C	Indicación del Equipo °C	Corrección °C	Incertidumbre Expandida °C	$k_{p=95,45\%}$
60,1	60,0	0,1	1,7	2,0
109,7	110,0	-0,3	2,3	2,0

Tabla 1. Resultados de la calibración



Gráfica 1. Ubicación de los sensores

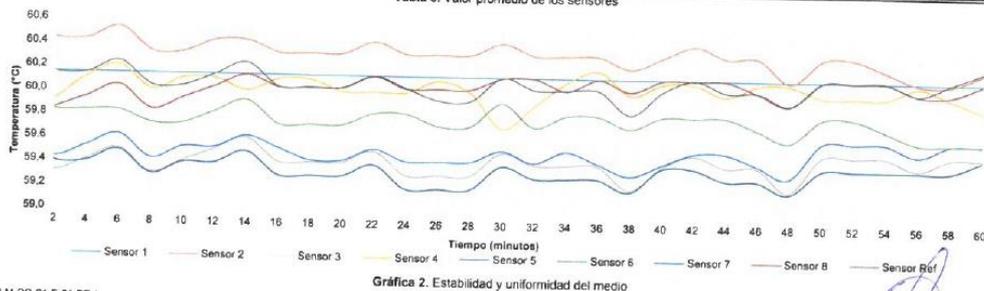
**Resultados de la Caracterización para 60 °C**

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
60,00	0,24	0,74	0,22	-----

Tabla 2. Resultados de la caracterización

Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C	Sensor de Referencia °C
60,14	60,34	59,42	60,03	59,50	59,77	59,35	60,05	60,08

Tabla 3. Valor promedio de los sensores



LM-PC-21-F-01 R7.1

**KENNY GUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130533  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 # 1038 72 | Fbx: 57 (1) 745 4555 | 3174233240 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

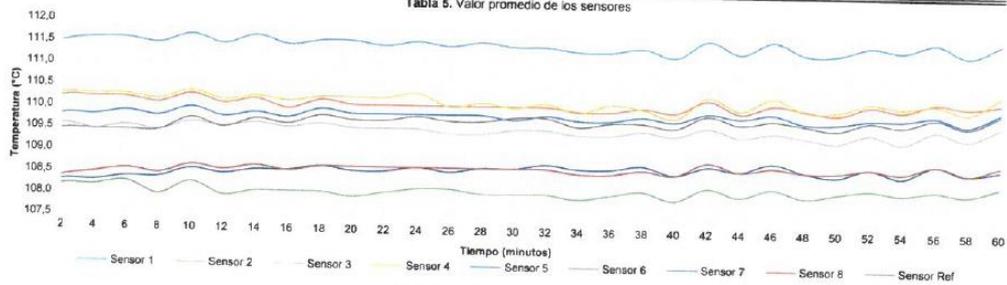
### Resultados de la Caracterización para 110 °C

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
110,00	0,46	1,79	0,65	-----

Tabla 4. Resultados de la caracterización

Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C	Sensor de Referencia °C
111,50	110,12	109,52	110,19	109,86	108,11	108,59	108,63	109,71

Tabla 5. Valor promedio de los sensores



LM-PC-21-F-01-R7.1

  
**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130053  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 13 #1038-72 | Fbx. 57 (1) 745-4555 | 3174233540 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO



**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN** (Continuación)

**Definiciones**

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

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura Máxima 18,3 °C  
Temperatura Mínima 18,1 °C

Humedad Máxima 45 %HR  
Humedad Mínima 45 %HR

**INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN**

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

**TRAZABILIDAD**

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



**OBSERVACIONES**

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la etiqueta de calibración No. T-22933-018

Fin del Documento

LM-PC-21-F-01 R7.1

  
**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130013  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1039 72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUARCOMCC



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura**  
Calibration Certificate - Temperature Laboratory

**T-22933-019 R0**

Page / Pág 1 de 4

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	HORNO ELÉCTRICO	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements were made. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This calibration certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PG-2005	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	102	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	HRN-003	
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	40 °C a 250 °C	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinua 570	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of Calibration</i>	2022 - 03 - 22	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of Issue</i>	2022 - 03 - 29	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	04	

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

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

**Firmas Autorizadas**

Authorized Signatures

Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Oscar Eduardo Briceño  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #103R 72 I PBX: 57 (1) 745 4565 3174233546 | [administracion@pinzuar.com.co](mailto:administracion@pinzuar.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)



### DATOS TÉCNICOS

**Método Empleado** Comparación Directa  
**Documento de Referencia** DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken 1. Neuauflage 2010  
**Resolución** 0,01 °C  
**Patrón(es) de referencia** Termómetro Digital  
**Certificado de Calibración** T-21368-003 R0 de Pinzuar / T-21368-001 R0 de Pinzuar  
**Volumen útil** 800 L

### RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al medio isotermo en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se determinó que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas estabilidad temporal y la uniformidad espacial.

Indicación del Patrón °C	Indicación del Equipo °C	Corrección °C	Incertidumbre Expandida °C	$K_{1p=96,45\%}$
58,8	60,0	-1,2	2,0	2,0
108,3	110,0	-1,7	4,5	2,0

Tabla 1. Resultados de la calibración



Gráfica 1. Ubicación de los sensores

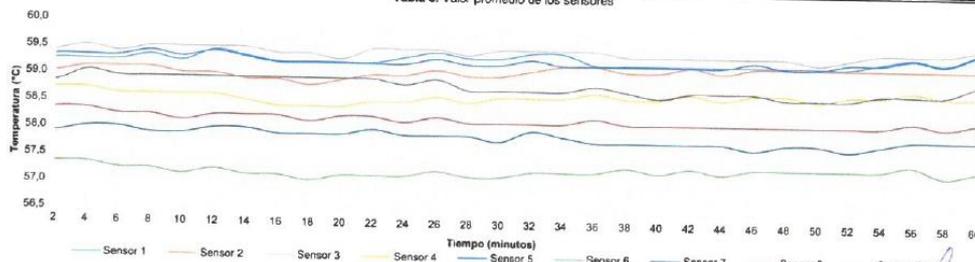
### Resultados de la Caracterización para 60 °C

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
60,00	0,22	1,58	0,58	-----

Tabla 2. Resultados de la caracterización

Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C	Sensor de Referencia °C
59,31	59,10	59,45	58,63	59,29	57,25	57,88	58,20	58,83

Tabla 3. Valor promedio de los sensores



Gráfica 2. Estabilidad y uniformidad del medio

LM-PC-21-F-01 R7.1

**KENNY HUAMANÍ GAMARRA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 130033  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl. 16 # 1038 72 | Fbx: 57 (1) 745 4555 | 3174233540 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





## RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN (Continuación)

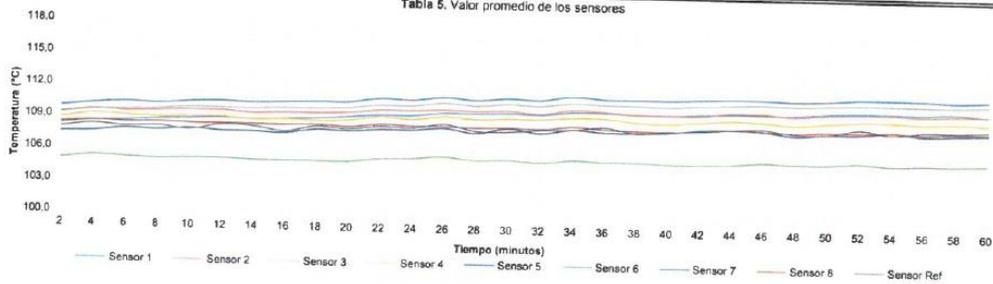
### Resultados de la Caracterización para 110 °C

Set Point <sup>1</sup> °C	Estabilidad del Medio <sup>2</sup> °C	Uniformidad del Medio <sup>3</sup> °C	Efecto de Radiación <sup>4</sup> °C	Efecto de Carga <sup>5</sup> °C
110,00	0,54	3,01	2,35	-----

Tabla 4. Resultados de la caracterización

Sensor 1 °C	Sensor 2 °C	Sensor 3 °C	Sensor 4 °C	Sensor 5 °C	Sensor 6 °C	Sensor 7 °C	Sensor 8 °C	Sensor de Referencia °C
109,53	109,86	110,41	109,18	110,96	105,30	108,08	108,47	108,31

Tabla 5. Valor promedio de los sensores



Gráfica 3. Estabilidad y uniformidad del medio

LM-PC-21-F-01 R7.1

  
KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
C.I.P. N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 15 #1039 72 | PBx 57 (1) 745 4556 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN** (Continuación)

**Definiciones**

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

**CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura Máxima 19,2 °C  
Temperatura Mínima 18,1 °C

Humedad Máxima 50 %HR  
Humedad Mínima 49 %HR

**INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN**

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

**TRAZABILIDAD**

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



**OBSERVACIONES**

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la etiqueta de calibración No. T-22933-019

Fin del Documento

LM-PC-21-F-01 R7.1

KENNY HIRAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130533  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 #1038 72 | PBX: 57 (1) 745 4555 - 3174233640 | [labmetrologia@pinzuar.com.co](mailto:labmetrologia@pinzuar.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

**CERTIFICADOS DE CALIBRACION**  
**PIE DE REY**

**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130933  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Longitud**  
Calibration Certificate - Dimensional Metrology Laboratory

**L-22933-016 R0**

Page / Pág. 1 de 3

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	PIE DE REY	<p>Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este certificado documenta y asegura la trazabilidad a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la comprobación de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one.</i></p> <p><i>The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This certificate documents and ensures the traceability to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for checking the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	INSIZE	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	1215-322	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	0921170080	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	VRN-002	
<b>Intervalo de Medición</b> <i>Measurement Range</i>	0 mm a 300 mm	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinoa 570	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 22	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 29	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	03	

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

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

**Firmas Autorizadas**  
*Authorized Signatures*

**Ing. Sergio Iván Martínez**  
Director Laboratorio de Metrología

**Tecg. Jaiver Arnulfo López**  
Metrólogo Laboratorio de Metrología

LM-PC-23-F-01 R0 0

**KENNY HUMBANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl. 18 #103R 72 | Pbx: 57 (1) 745 4555 | 3174233449 | [labmetrologia@pinzuar.com.co](mailto:labmetrologia@pinzuar.com.co) | [WWW.PINZUAR.COM.CO](http://WWW.PINZUAR.COM.CO)



**L-22933-016 R0**

Page / Pág. 2 de 3

**DATOS TÉCNICOS**

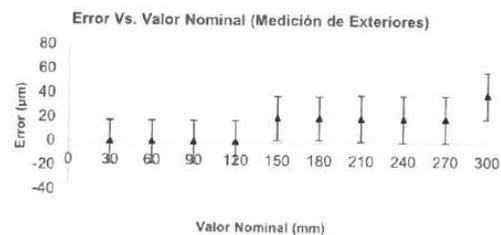
<b>Tipo de Medición</b>	Exteriores e Interiores
<b>Método Empleado</b>	Comparación Directa
<b>Documento de Referencia</b>	DI - 008 del Centro Español de Metrología, Edición 1
<b>Tipo de Indicación</b>	Análogica Tipo Nonio
<b>Resolución</b>	0,02 mm
<b>Instrumentos de Referencia</b>	Bloques Patrón Longitudinales de Caras Paralelas
<b>Certificado No.</b>	LMD201701 de Cidesi; 200295 de C.I.E.

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

Al equipo en referencia se le efectuó una inspección visual con la que se determinó que se encuentra en buen estado, las superficies de medición no presentan sobresaltos, por lo tanto, presenta una buena condición para la medición. Se procede a la realizar la toma de datos respectiva comparando la indicación del equipo con el valor nominal del bloque patrón iniciando la medición con la puesta a cero del equipo.

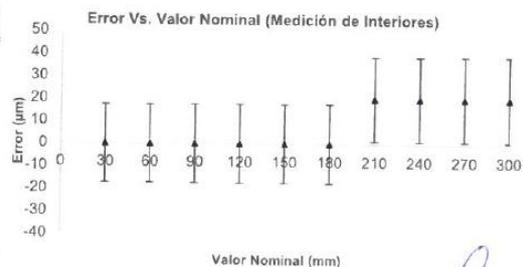
**Tabla 1. Resultados de las Superficies para Medición de Exteriores**

Valor Nominal mm	Promedio mm	Error µm	Incertidumbre Expandida µm	k (p=95,45%)
30	30,000	0	18	2,00
60	60,000	0	18	2,00
90	90,000	0	18	2,00
120	120,000	0	18	2,00
150	150,020	20	18	2,00
180	180,020	20	18	2,00
210	210,020	20	19	2,00
240	240,020	20	19	2,00
270	270,020	20	19	2,00
300	300,040	40	19	2,00



**Tabla 2. Resultados de las Superficies para Medición de Interiores**

Valor Nominal mm	Promedio mm	Error µm	Incertidumbre Expandida ± µm	k (p=95,45%)
30	30,000	0	17	2,01
60	60,000	0	17	2,01
90	90,000	0	17	2,01
120	120,000	0	17	2,01
150	150,000	0	17	2,00
180	180,000	0	18	2,00
210	210,020	20	19	2,00
240	240,020	20	19	2,00
270	270,020	20	19	2,00
300	300,020	20	19	2,00



LM-PC-23-F-01 R8.0

  
**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
C.P.N. 120193  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | Cl 18 #1038 72 | Pbx: 57 (1) 745 4555 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





### CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se llevó a cabo en en las instalaciones del Laboratorio de Metrología Pinzuar., las condiciones ambientales durante la ejecución fueron las siguientes:

Temperatura Máxima:	19,7 °C	Humedad Máxima:	55 %
Temperatura Mínima:	19,4 °C	Humedad Mínima:	54 %

### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

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

### TRAZABILIDAD

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



### OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. Se adjunta la estampilla de calibración No. **L-22933-016**

**CERTIFICADOS DE CALIBRACION  
MAQUINAS A COMPRESION**



.....  
**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---



**PINZUAR**  
LABORATORIO DE METROLOGÍA



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
*Calibration Certificate - Laboratory of Force*

**F-22933-013 R0**

Page / Pág. 1 de 5

<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA MULTIUSOS PARA ENSAYOS A COMPRESIÓN	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR S.A.S.	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PS-27	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	186	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	PRC-001	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	50000 N	<p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p>
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinoa 570	<p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p>
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 22	<p>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</p>
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 29	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	<p>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</p> <p>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</p>

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

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

**Firmas que Autorizan el Certificado**

*Signatures Authorizing the Certificate*

**Ing. Sergio Iván Martínez**  
*Director Laboratorio de Metrología*

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

LM-PC-05-F-01 R12.0

**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
*INGENIERO CIVIL*  
CIP Nº 120023  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**DATOS TÉCNICOS**

Máquina de Ensayo Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
Clase	1,0	Instrumento	Transductor de Fuerza de 50 kN
Dirección de Carga	Compresión	Modelo	14711
Tipo de Indicación	Digital	Clase	0.0
División de Escala	1 N	Número de Serie	620
Resolución	1 N	Certificado de Calibración	4277 del INM
Intervalo de Medición Calibrado	Del 10 % al 100 % de la carga máxima.	Próxima Calibración	2023 - 03 - 22
Límite Inferior de la Escala	200 N		

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

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

Tabla 1.

Indicaciones como se recibió y se entregó la máquina después de ajuste

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio S <sub>1, 2 y 3</sub> N
	S <sub>1</sub> Ascendente N	S <sub>2</sub> Ascendente N	S <sub>2</sub> ' No Aplica ---	S <sub>3</sub> Ascendente N	S <sub>4</sub> No Aplica ---		
10	5 000	5 013,6	5 013,1	---	5 013,9	---	5 013,6
20	10 000	10 025,5	10 025,6	---	10 025,7	---	10 025,6
30	15 000	15 036,8	15 037,3	---	15 036,7	---	15 036,9
40	20 000	20 047,6	20 047,0	---	20 047,3	---	20 047,3
50	25 000	25 057,2	25 056,5	---	25 056,7	---	25 056,8
60	30 000	30 066,3	30 066,2	---	30 065,8	---	30 066,1
70	35 000	35 075,6	35 074,9	---	35 074,9	---	35 075,1
80	40 000	40 084,2	40 084,9	---	40 084,5	---	40 084,5
90	45 000	45 094,4	45 095,0	---	45 094,4	---	45 094,6
100	50 000	50 104,8	50 104,7	---	50 104,6	---	50 104,7

LM-PC-05-F-01 R12.0

  
KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 15 #103R 72 | Fbx: 57 (1) 745-4555 | 3174233640 | E: labmetro@pinzuar.com.co | WWW.PINZUARCOMCO





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

**Tabla 2.**

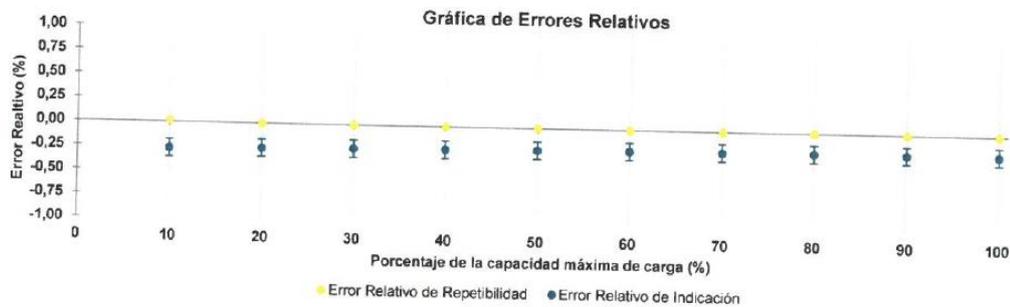
Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,000	0,000	----	0,000	----

**Tabla 3.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Indicación	Errores Relativos			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_p = 95\%$
		Repetibilidad	Reversibilidad	Relativa		N	U	
%	N	q %	b %	v %	a %	N	%	----
10	5 000,0	-0,270	0,016	----	0,020	4,5	0,090	2,01
20	10 000,0	-0,255	0,002	----	0,010	9,0	0,090	2,01
30	15 000,0	-0,245	0,004	----	0,007	14	0,090	2,01
40	20 000,0	-0,236	0,003	----	0,005	18	0,090	2,01
50	25 000,0	-0,227	0,003	----	0,004	23	0,090	2,01
60	30 000,0	-0,220	0,002	----	0,003	27	0,090	2,01
70	35 000,0	-0,214	0,002	----	0,003	32	0,090	2,01
80	40 000,0	-0,211	0,002	----	0,003	36	0,090	2,01
90	45 000,0	-0,210	0,001	----	0,002	41	0,090	2,01
100	50 000,0	-0,209	0,000	----	0,002	45	0,090	2,01



**CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura Ambiente Máxima: 20,4 °C  
Humedad Relativa Máxima: 47 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 20,1 °C  
Humedad Relativa Mínima: 47 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.0

**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130333  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 # 1033-72 | PBx: 57 (1) 745 4555 | 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO



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

**Tabla 4.**

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

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	---	R <sup>2</sup>
-1,83833 E-01	1,00289 E00	-3,30427 E-08	3,44646 E-13		1,0000 E00

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

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada

Indicación N	Indicación				
	0	500	1 000	1 500	2 000
5 000	5 013,5	5 514,8	6 016,0	6 517,3	7 018,5
7 500	7 519,8	8 021,0	8 522,2	9 023,4	9 524,6
10 000	10 025,8	10 526,9	11 028,1	11 529,2	12 030,3
12 500	12 531,5	13 032,6	13 533,7	14 034,7	14 535,8
15 000	15 036,9	15 538,0	16 039,0	16 540,1	17 041,1
17 500	17 542,1	18 043,1	18 544,2	19 045,2	19 546,2
20 000	20 047,2	20 548,1	21 049,1	21 550,1	22 051,1
22 500	22 552,0	23 053,0	23 554,0	24 054,9	24 555,9
25 000	25 056,8	25 557,7	26 058,7	26 559,6	27 060,5
27 500	27 561,5	28 062,4	28 563,3	29 064,2	29 565,2
30 000	30 066,1	30 567,0	31 067,9	31 568,8	32 069,8
32 500	32 570,7	33 071,6	33 572,5	34 073,4	34 574,3
35 000	35 075,3	35 576,2	36 077,1	36 578,0	37 079,0
37 500	37 579,9	38 080,8	38 581,8	39 082,7	39 583,7
40 000	40 084,6	40 585,6	41 086,5	41 587,5	42 088,4
42 500	42 589,4	43 090,4	43 591,4	44 092,4	44 593,4
45 000	45 094,4	45 595,4	46 096,4	46 597,4	47 098,4
47 500	47 599,5	48 100,5	48 601,6	49 102,6	49 603,7
50 000	50 104,8				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC N	Promedio S1, 2 y 3 N	Por Interpolación N	Residuales N
5 000	5 013,6	5 013,5	0
10 000	10 025,6	10 025,8	0
15 000	15 036,9	15 036,9	0
20 000	20 047,3	20 047,2	0
25 000	25 056,8	25 056,8	0
30 000	30 066,1	30 066,1	0
35 000	35 075,1	35 075,3	0
40 000	40 084,5	40 084,6	0
45 000	45 094,6	45 094,4	0
50 000	50 104,7	50 104,8	0

LM-PC-05-F-01 R12.0

  
**KENNY HUMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: C/ 18 #1038-72 | FÓN: 57 (1) 745 4555 3174233440 | Email: metrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.3), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k = 2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition, September 2008.

### TRAZABILIDAD

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



### CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza

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

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

### OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. NTC-ISO 7500-1:2007
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-22933-013

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.0

**KENNY HUAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130033  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: C) 18 #103R 72 | Pbx: 57 (1) 745 4555 | 817/233640 | Email: info@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO



**Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza**  
*Calibration Certificate - Laboratory of Force*

**F-22933-011 R0**

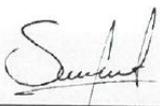
Page / Pág. 1 de 5

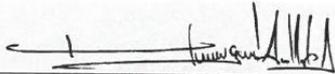
<b>Equipo</b> <i>Instrument</i>	MÁQUINA DIGITAL DOBLE RANGO PARA ENSAYOS DE CONCRETOS	<p>Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.</p> <p>Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.</p> <p><i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i></p> <p><i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i></p>
<b>Fabricante</b> <i>Manufacturer</i>	PINZUAR S.A.S.	
<b>Modelo</b> <i>Model</i>	PC-42D	
<b>Número de Serie</b> <i>Serial Number</i>	284	
<b>Identificación Interna</b> <i>Internal Identification</i>	PDC-001	
<b>Capacidad Máxima</b> <i>Maximum Capacity</i>	1000 kN	
<b>Solicitante</b> <i>Customer</i>	CASAGRANDE CONSULTORIA Y CONSTRUCCION SAC	
<b>Dirección</b> <i>Address</i>	Jr. Quinua 570	
<b>Ciudad</b> <i>City</i>	HUAMANGA - AYACUCHO	
<b>Fecha de Calibración</b> <i>Date of calibration</i>	2022 - 03 - 22	
<b>Fecha de Emisión</b> <i>Date of issue</i>	2022 - 03 - 29	
<b>Número de páginas del certificado, incluyendo anexos</b> <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>	05	

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

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

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

  
Ing. Sergio Iván Martínez  
Director Laboratorio de Metrología

  
Ing. Miguel Andrés Vela Avellaneda  
Metrologo Laboratorio de Metrología

  
KENNY HUAMANI GAMARRÁ  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 170933  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

LM-PC-05-F-01 R12.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 15 #1038 72 | Pbx 57 (1) 745 4555 | 3174233640 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUARCOM.CO





**DATOS TÉCNICOS**

Máquina de Ensayo Bajo Calibración		Instrumento(s) de Referencia	
<b>Clase</b>	1,0	<b>Instrumento</b>	Transductor de Fuerza de 1 MN
<b>Dirección de Carga</b>	Compresión	<b>Modelo</b>	KAL 1MN
<b>Tipo de Indicación</b>	Digital	<b>Clase</b>	0,5
<b>División de Escala</b>	0,01 kN	<b>Número de Serie</b>	HV325-911250
<b>Resolución</b>	0,01 kN	<b>Certificado de Calibración</b>	5047 del INM
<b>Intervalo de Medición Calibrado</b>	Del 20 % al 100 % de la carga máxima.	<b>Próxima Calibración</b>	2023-02-03
<b>Límite Inferior de la Escala</b>	2 kN		

**RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

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

Tabla 1.

Indicaciones como se recibió y se entregó la máquina después de ajuste

Indicación del IBC	Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie						Promedio S <sub>1, 2 y 3</sub> kN
	S <sub>1</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> Ascendente kN	S <sub>2</sub> ' No Aplica ----	S <sub>3</sub> Ascendente kN	S <sub>4</sub> No Aplica ----		
10	100,00	100,81	101,01	----	100,71	----	100,84
20	200,00	201,76	201,26	----	201,86	----	201,63
30	300,00	301,79	302,39	----	302,39	----	302,19
40	400,00	402,31	402,51	----	402,31	----	402,38
50	500,00	503,02	503,53	----	503,53	----	503,36
60	600,00	603,93	603,33	----	603,63	----	603,63
70	700,00	703,92	704,12	----	704,02	----	704,02
80	800,00	804,42	804,82	----	804,82	----	804,68
90	900,00	905,21	904,91	----	905,41	----	905,18
100	1 000,00	1 005,3	1 005,5	----	1 005,4	----	1 005,4

LM-PC-05-F-01 R12.0

  
KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 130035  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

laboratorio de Metrología: Cl 18 #1039 72 | Fbx. 57 (1) 745 4555 - 3174233540 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





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

**Tabla 2.**

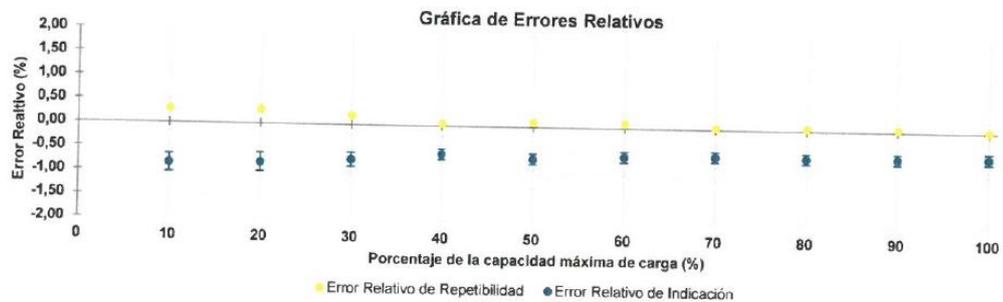
Error realtivo de cero,  $f_0$ , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

$f_{0,S1}$ %	$f_{0,S2}$ %	$f_{0,S2'}$ %	$f_{0,S3}$ %	$f_{0,S4}$ %
0,000	0,000	---	0,000	---

**Tabla 3.**

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC	Indicación	Errores Relativos			Resolución Relativa	Incertidumbre Expandida		$k_{p=95\%}$
		Repetibilidad	Reversibilidad	Relativa		$U$		
%	kN	$q$ %	$b$ %	$v$ %	$a$ %	kN	%	---
10	100,00	-0,84	0,30	---	0,010	0,19	0,19	2,01
20	200,00	-0,81	0,30	---	0,005	0,39	0,20	2,01
30	300,00	-0,73	0,20	---	0,003	0,44	0,15	2,01
40	400,00	-0,59	0,05	---	0,003	0,44	0,11	2,01
50	500,00	-0,67	0,10	---	0,002	0,55	0,11	2,01
60	600,00	-0,60	0,10	---	0,002	0,66	0,11	2,01
70	700,00	-0,57	0,03	---	0,001	0,77	0,11	2,01
80	800,00	-0,58	0,05	---	0,001	0,88	0,11	2,01
90	900,00	-0,57	0,06	---	0,001	0,99	0,11	2,01
100	1 000,0	-0,54	0,02	---	0,001	1,1	0,11	2,01



**CONDICIONES AMBIENTALES**

Temperatura Ambiente Máxima: 19,4 °C  
 Humedad Relativa Máxima: 46 % HR

Temperatura Ambiente Mínima: 19,1 °C  
 Humedad Relativa Mínima: 45 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.0

*Kenny Huamani Gamara*  
**KENNY HUAMANI GAMARA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 130033  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología | C. 18 #103B 75 | PBX. 57 (1) 745 4565 - 3174233540 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





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

**Tabla 4.**

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

A <sub>0</sub>	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	---	R <sup>2</sup>
2,93500 E-01	1,00636 E00	-1,25233 E-06	8,06138 E-11		1,0000 E00

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

**Tabla 5.**

Valores calculados en función de la fuerza aplicada

Indicación kN	0,00	10,00	20,00	30,00	40,00
100,00	100,92	110,98	121,04	131,10	141,16
150,00	151,22	161,28	171,34	181,40	191,46
200,00	201,52	211,57	221,63	231,69	241,75
250,00	251,81	261,86	271,92	281,98	292,03
300,00	302,09	312,15	322,20	332,26	342,31
350,00	352,37	362,42	372,48	382,53	392,59
400,00	402,64	412,70	422,75	432,80	442,86
450,00	452,91	462,96	473,01	483,07	493,12
500,00	503,17	513,22	523,27	533,32	543,38
550,00	553,43	563,48	573,53	583,58	593,63
600,00	603,68	613,73	623,77	633,82	643,87
650,00	653,92	663,97	674,02	684,06	694,11
700,00	704,16	714,21	724,25	734,30	744,35
750,00	754,39	764,44	774,48	784,53	794,58
800,00	804,62	814,67	824,71	834,76	844,80
850,00	854,84	864,89	874,93	884,98	895,02
900,00	905,06	915,10	925,15	935,19	945,23
950,00	955,27	965,32	975,36	985,40	995,44
1 000,00	1 005,5				

**Tabla 6.**

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
100,00	100,84	100,92	0,07
200,00	201,63	201,52	- 0,11
300,00	302,19	302,09	- 0,10
400,00	402,38	402,64	0,26
500,00	503,36	503,17	- 0,19
600,00	603,63	603,68	0,05
700,00	704,02	704,16	0,14
800,00	804,68	804,62	- 0,06
900,00	905,18	905,06	- 0,12
1 000,00	1 005,4	1 005,5	0,08

LM-PC-05-F-01 R12.0

  
KENNY HUAYANI GOMATH  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 13003  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO





#### INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (Tabla No.3), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura  $k = 2,013$  y la probabilidad de cobertura, la cual es del 95,45%, con una distribución "t-student". La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

#### TRAZABILIDAD

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



#### CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma NTC-ISO 7500-1:2007 Materiales Metálicos. Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de Ensayo de Tracción/Compresión Verificación y Calibración del Sistema de Medida de Fuerza

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

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

#### OBSERVACIONES

1. Se emplea la coma (,) como separador decimal.
2. En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. NTC-ISO 7500-1:2007
3. Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-22933-011

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.0

  
**KENNY HEAMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Laboratorio de Metrología: Cl 18 # 1038-72 | PBx: 57 (1) 745 4555 - 3174233443 | labmetrologia@pinzuar.com.co | WWW.PINZUAR.COM.CO





## Anexo 10. Resultados de ensayos de laboratorio



# ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS CON FINES VIALES

INF. N° 001-2022/CG-CON-22-O-007

## PROYECTO

"INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL  
MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO  
ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA,  
SANTA ROSA, 2022"

## SOLICITANTE

BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

## Fecha

MAYO DEL 2022



KENNY HUMBANI CAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
N° 13027  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

# **ANEXO 1**

## **ENSAYOS DE**

## **LABORATORIO**

  
"KENNY HUAMANI ZAMARRA"  
INGENIERO CIVIL  
150793  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS : "INFLUENCIA DE GENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"**

MUESTRA		ENSAYOS DE GRANULOMETRIA																					
	MUESTRA	% GRAVA	Cantidad	% Grava Gruesa	% Grava Fina	% ARENA	Cantidad	% Arena Gruesa	% Arena Media	% Arena Fina	% FINOS	Cantidad	D <sub>10</sub> (mm)	D <sub>30</sub> (mm)	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>60</sub> (mm)	Coefficiente de Uniformidad Cu	Coefficiente de Curvatura Cc	D <sub>15</sub> (mm)	D <sub>25</sub> (mm)	D <sub>85</sub> (mm)		
: SUBRASANTE KM 8+750	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)																						
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)																						
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)	12.5	De poca a pequeña	0.4	12.2	28.5	De poca a mucha	8.2	11.3	9.1	59.0	Bastante	0.01	0.04	0.13	0.06	10.1	0.9	0.02	0.06		3.36	
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)																						
: SUBRASANTE KM 10+750	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)	36.8	Mucha	15.8	21.0	27.7	De poca a mucha	10.9	8.2	8.5	35.5	Mucha	0.02	0.06	0.06	0.06	174.1	0.1	0.03	1.41		20.06	
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)																						
: SUBRASANTE KM 11+000	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)																						
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)																						
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)	19.8	Pequeña	7.5	12.4	15.8	Pequeña	4.5	6.5	4.7	64.4	Bastante	0.01	0.03	0.03	0.07	6.00	1.50	0.02	0.06		8.65	
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)																						
: SUBRASANTE KM 11+600	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)	26.5	De poca a mucha	9.8	16.6	34.4	Mucha	11.1	12.4	10.9	39.1	Mucha	0.02	0.06	0.06	1.52	79.4	0.1	0.03	0.42		13.96	

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"**

MUESTRA	ENSAYOS DE PLASTICIDAD (PASANTE MALLA N° 40)										CLASIFICACION DE SUELOS			
	Plasticidad en función al LL	Limite Liquido LL %	Indice de Compresibilidad Cc=0.009(LL-10)	Clasificación de la Compresibilidad	Limite Plástico LP %	Plasticidad en función al IP	Clasificación del suelo en función al IP	Indice Plástico IP %	Potencial de Expansión Ep (US Bureau of Reclamation 1998)	Humedad w (%)	Clasificación del suelo en función al Indice de Grupo	Clasificación SUCS	Nombre de Grupo (ASTM D-2487)	
: SUBRASANTE KM 8+750	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)													
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)	Media	45.4%	31.9%	Media	Alta	Muy Arcilloso	21.2%	Potencial Alto	24.0%	Muy pobre	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)													
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)													
: SUBRASANTE KM 10+750	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)	Media	35.7%	0.231	Media	Media	Arcilloso	12.0%	Potencial Medio	14.1%	Muy bueno	GC	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA	
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)													
: SUBRASANTE KM 11+000	: CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)	Media	42.4%	0.291	Media	Media	Arcilloso	18.5%	Potencial Medio	22.0%	Muy pobre	CL	ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA	
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)													
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)													
: SUBRASANTE KM 11+500	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)	Media	39.1%	0.262	Media	Media	Arcilloso	15.1%	Potencial Medio	15.9%	Bueno	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	

  
 "KENNY HERNANDEZ CAMACHO"  
 INGENIERO CIVIL  
 AREA DE GEOTECNIA Y CONCRETO

**RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LABORATORIO EN SUELOS : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"**

MUESTRA	ENSAYOS DE COMPACTACION				ENSAYOS DE RESISTENCIA			ENSAYOS DE RESISTENCIA		
	Gravedad Especifica de los solidos del suelo	Máxima Densidad Seca MDS (Proctor Modificado t/m <sup>3</sup> )	Optimo Contenido de Humedad OCH (Proctor Modificado %)		CBR al 100% de la MDS (%)	CBR al 95% de la MDS (%)	Categoría de la Sub Rasante	Expansión en 4 días (%)	Resistencia Promedio (Kg/cm <sup>2</sup> )	Resistencia Promedio (MPa)
: SUBRASANTE KM 8+750	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)	1.669	23.3		5.7	4.0	Insuficiente	0.04%	6.7	0.7
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)	1.610	24.5		10.7	9.3	Regular	0.03%	16.9	1.7
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)	1.596	27.1		18.2	15.1	Buena	0.03%	36.3	3.6
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)	1.578	29.0		29.7	28.5	Muy Buena	0.02%	51.8	5.1
: SUBRASANTE KM 10+750	2.657	1.553	14.9		9.8	7.6	Regular	0.03%	9.6	0.9
: SUBRASANTE KM 11+000	: CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)	1.518	20.4		4.4	4.0	Insuficiente	0.05%	4.5	0.4
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)	1.468	22.9		8.3	6.3	Regular	0.04%	12.0	1.2
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)	1.445	23.7		14.3	12.2	Buena	0.03%	26.3	2.6
	: CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)	1.401	27.1		23.2	20.4	Muy Buena	0.03%	42.2	4.1
: SUBRASANTE KM 11+500	2.639	1.546	18.2		11.5	9.6	Regular	0.02%	8.2	0.8



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

**ANEXO 1.1**  
**ENSAYOS DE**  
**LABORATORIO**  
**KM 8+750**



KENNY HERNANDEZ CAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---

## LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"  
 Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007  
 Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES  
 Exploración : SUBRASANTE KM 8+750  
 Estrato / Nivel : MATERIAL PROPIO

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR  
 Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Fecha : MAYO DEL 2022

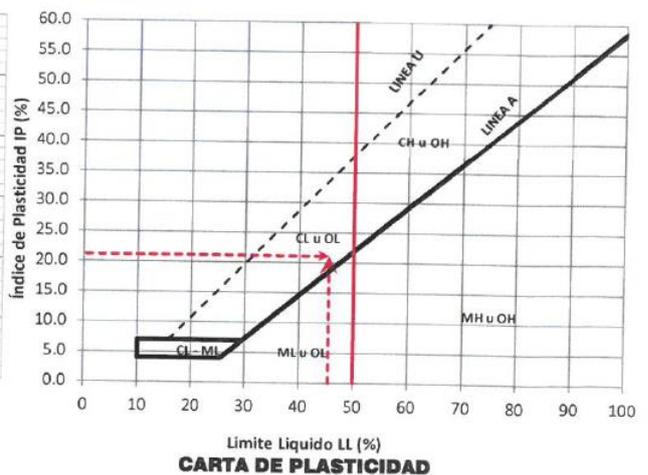
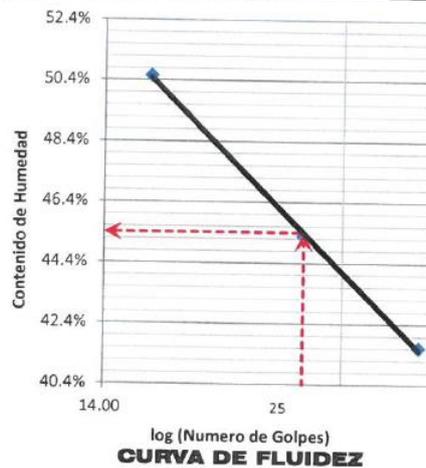
### DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)

	RECIPIENTE	Nº	126	158		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	24.257	29.641		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	23.101	28.337		
3	PESO RECIPIENTE	gr	18.320	22.960		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	1.16	1.30		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	4.78	5.38		
6	HUMEDAD	%	24.20%	24.24%		
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>					<b>24.2%</b>	

### DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			47	75	145	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	36.131	38.334	36.911	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	32.093	33.178	31.609	
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.391	21.789	21.123	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	4.037	5.157	5.302	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	9.702	11.389	10.486	
6	HUMEDAD	%	41.62%	45.28%	50.56%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	25	16	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>					<b>45.4%</b>	

**INDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 21.2%**



  
 KENNY RIVAS CAMARERO  
 INGENIERO CIVIL  
 AREA GEOLOGIA Y CONCRETO



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

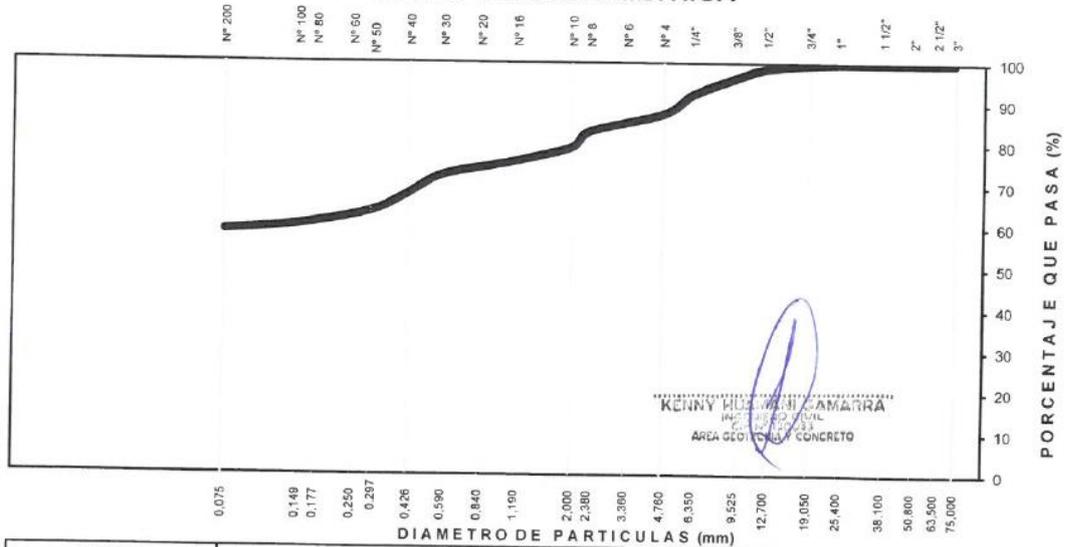
Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"  
 Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007  
 Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES  
 Exploración : SUBRASANTE KM 8+750  
 Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR  
 Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Fecha : MAYO DEL 2022

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	3"	75.000	-	-	-	100.00	ENSAYOS ESTÁNDAR	
	2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)	3662.2
	2"	50.800	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)	1501.9
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr)	2160.3
	1"	25.400	-	-	-	100.00	Humedad (%)	19.05
	3/4"	19.000	13.00	0.35	0.35	99.65	% Grava	12.5
	1/2"	12.700	33.80	0.92	1.28	98.72	% Grava gruesa	0.4
	3/8"	9.500	85.40	2.33	3.61	96.39	% Grava fina	12.2
	1/4"	6.350	145.90	3.98	7.59	92.41	% Arena	28.5
	Nº 4	4.760	179.90	4.91	12.51	87.49	% Arena gruesa	8.2
	Nº 8	2.360	156.30	4.27	16.77	83.23	% Arena media	11.3
	Nº 10	2.000	142.60	3.89	20.67	79.33	% Arena fina	9.1
	Nº 16	1.100	137.40	3.75	24.42	75.58	% de Finos	59.0
	Nº 30	0.590	108.70	2.97	27.39	72.61	D <sub>10</sub> = D <sub>e(mm)</sub> =	0.0127
	Nº 40	0.425	166.60	4.55	31.94	68.06	D <sub>30(mm)</sub> =	0.0381
	Nº 50	0.297	160.90	4.39	36.33	63.67	D <sub>60(mm)</sub> =	0.1282
	Nº 100	0.149	119.90	3.27	39.60	60.40	Cu =	-
Nº 200	0.075	51.50	1.41	41.01	58.99	Cc =	-	
Lavado		2,160.3	-	41.01				
<b>TOTAL</b>		<b>3662.2</b>	<b>100.0</b>				CLASIFICACIÓN	
						AASHTO	<b>A-7-6 (10)</b>	
						Clasificación SUCS	<b>CL</b>	

**ARCILLA LIGERA ARENOSA**

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	



## CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS (MTC E 108)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

RECIPIENTE	Nº	124	125
PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,249.19	1,215.71
PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,035.87	994.45
PESO RECIPIENTE	gr	133.74	85.60
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	213.33	221.26
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	902.13	908.85
HUMEDAD	%	23.6%	24.3%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**%**

**24.0%**

KENNY HUGUANI SAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
ÁREA GEOLOGÍA Y CONCRETO



## ENSAYO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO (MTC E 206, E 113)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4 (MTC E 206)

IDENTIFICACION		ENSAYO N°01	ENSAYO N°02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca	gr	2266.10	2266.10	
Peso en el aire de la muestra SSS	gr	2296.58	2296.58	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	gr	1392.23	1392.23	
Gravedad Especifica		2.506	2.506	<b>2.506</b>
Gravedad Especifica SSS		2.539	2.539	<b>2.539</b>
Gravedad Especifica Aparente		2.593	2.593	<b>2.593</b>
% de absorción	%	1.345	1.345	<b>1.345</b>

### MATERIAL PASANTE LA MALLA N°4 (MTC E 113)

IDENTIFICACIÓN		MUESTRA 01	MUESTRA 02	PROMEDIO
Capacidad de Picnómetro	cm3	500	500	
Peso de la muestra seca	gr	102.01	102.10	
Peso de Picnómetro con la muestra y agua	gr	741.07	746.74	
Peso de Picnómetro aforado lleno de agua	gr	678.35	684.10	<b>2.590</b>
Temperatura del agua en el ensayo	°C	24	23	
Corrección por temperatura (K)		0.9991	0.9993	
Gravedad especifica de la muestra		<b>2.594</b>	<b>2.586</b>	

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	12.5
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	87.5
<b>Gravedad especifica de los sólidos</b>	<b>2.590</b>

KENNY HUMAYNA SAMARRA  
ING. NEG. CIVIL  
N° 172033  
AREA INGENIERIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
GEOTECNIA Y CONCRETO

## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA ARENOSA		METODO A	
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	12.5	Material Pasante a usar	PASA N° 4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	3.6	Molde (Pulg)	4	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.4	Peso Molde (gr) :	4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

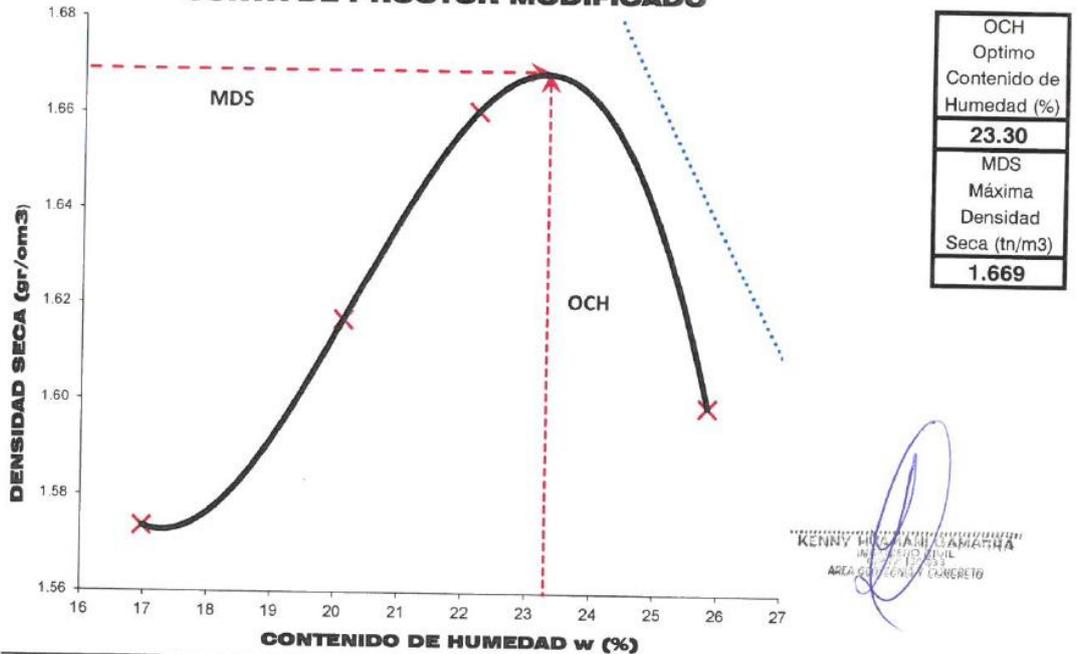
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,835	5,930	6,012	5,996
Peso de la muestra compactada	gr	1,730.0	1,825.0	1,907.0	1,891.0
Densidad húmeda	gr/cc	1.84	1.94	2.03	2.01
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.57</b>	<b>1.62</b>	<b>1.66</b>	<b>1.60</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		345.0	321.0	152.0	154.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	740.21	743.99	670.85	730.22
Peso de tarro + suelo seco	gr	652.21	642.00	574.28	606.87
Peso del tarro	gr	134.000	134.880	139.200	129.490
Peso del agua	gr	88.01	101.98	96.57	123.34
Peso del suelo seco	gr	518.21	507.12	435.08	477.38
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>16.98</b>	<b>20.11</b>	<b>22.20</b>	<b>25.84</b>

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



KENNY HUGO RAMÍREZ SAMARITA  
ING. CIVIL  
ÁREA DE GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provi: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

COMPACTACION DEL CBR													
MOLDE Nº	28			30			32						
CAPAS Nº	5			5			5						
GOLPES POR CAPA	56			26			12						
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO						
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	11,922		11,742		11,422							
PESO DEL MOLDE	gr	7,567.00		7,684.00		7,613.00							
PESO SUELO HÚM.	gr	4,355.00		4,058.00		3,809.00							
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2,112.66		2,116.40		2,093.31							
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	2.06		1.92		1.82							
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.669		1.55		1.47							
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final	
TARRO Nº	Nro.	154	322	347	154	322	337	154	322	128			
TARRO+SUELO HÚM.	gr	597.4	784.0	638.2	597.4	784.0	684.1	597.4	784.0	674.0			
TARRO+SUELO SECO	gr	510.5	657.2	533.5	510.5	657.2	562.7	510.5	657.2	549.7			
PESO DEL TARRO	gr	129.49	133.35	133.31	129.49	133.35	136.50	129.49	133.35	136.50			
% DE HUMEDAD	%	22.81	24.21	26.14	22.81	24.21	28.49	22.81	24.21	30.07			
HUMEDAD	%	23.51		26.14		23.51		28.49		23.51		30.07	
ABSORCIÓN	%	2.64		4.98		6.56							
EXPANSIÓN													
DÍA		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
			mm	%		mm	%		mm	%			
0		0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%			
4		0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	0.05	127.05	0.04%			
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE				
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)		
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
0.630	0.025		0.02	0.02	0.01	0.06	0.06	0.03	0.05	0.05	0.03		
1.270	0.050		0.05	0.05	0.03	0.16	0.16	0.08	0.13	0.13	0.07		
1.900	0.075		0.10	0.10	0.05	0.29	0.29	0.15	0.22	0.22	0.11		
2.540	0.100	6.9	0.19	0.19	0.10	0.40	0.40	0.21	0.29	0.29	0.15		
3.170	0.125		0.33	0.33	0.17	0.50	0.50	0.26	0.35	0.35	0.18		
3.810	0.150		0.50	0.50	0.26	0.60	0.60	0.31	0.42	0.42	0.22		
4.445	0.175		0.70	0.70	0.36	0.68	0.68	0.35	0.47	0.47	0.24		
5.080	0.200	10.35	0.91	0.91	0.47	0.76	0.76	0.39	0.52	0.52	0.27		
7.620	0.300		1.74	1.74	0.90	1.04	1.04	0.54	0.69	0.69	0.36		



KENNY GILBERTO SANCHEZ  
 INGENIERO CIVIL  
 ARCA SUELOS Y CONCRETO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Página 2 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-0-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

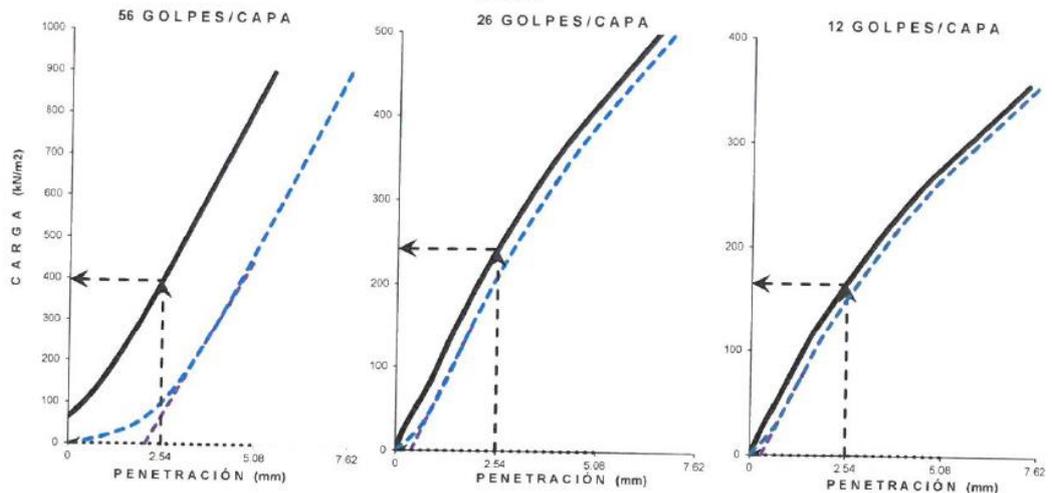
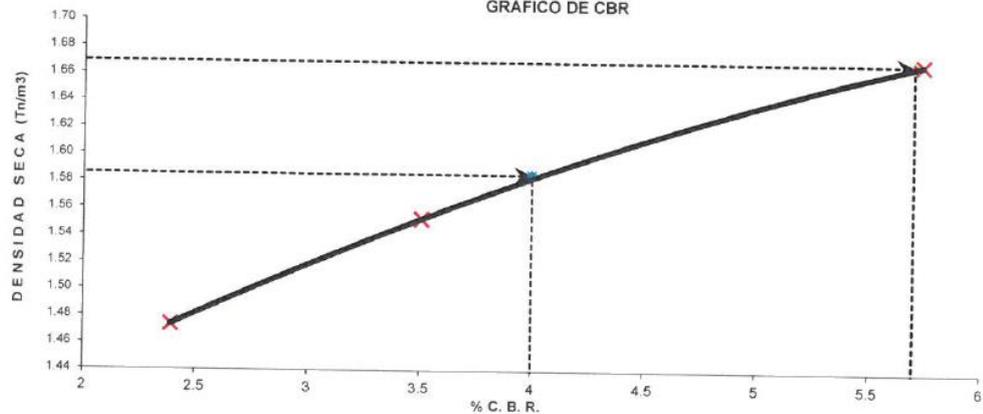
### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	AASHTO :	A-7-6 (10)					
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m <sup>3</sup> ) :	1.67	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	23.30						
% Grava =	12.5	% Arena =	28.5	% Finos =	59.0	LL % =	45.4%	LP % =	24.2%
Expansión % =	0.04%	Embebido (días) =	4.0	IP % =	21.2%				

### RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	5.7	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") =	4.0	CBR AL 90% MDS =	-.-
-----------------------------	-----	-------------------------------	-----	------------------	-----

GRÁFICO DE CBR



KENNY HIRACANI SAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
ARCA GEOLOGIA Y CONCRETO



## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA ARENOSA		<b>METODO A</b>	
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	12.5	Material Pasante a usar	PASA N° 4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	3.6	Molde (Pulg)	4	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.4	Peso Molde (gr) :	4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

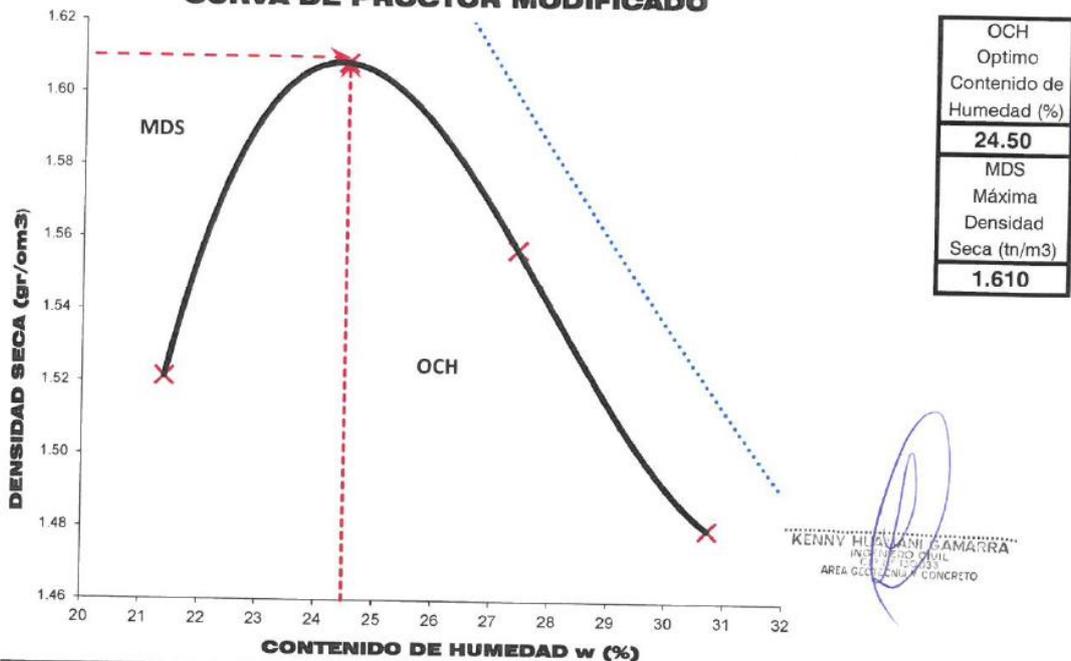
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,841	5,987	5,970	5,923
Peso de la muestra compactada	gr	1,735.9	1,881.8	1,864.6	1,818.5
Densidad húmeda	gr/cc	1.85	2.00	1.98	1.93
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.52</b>	<b>1.61</b>	<b>1.56</b>	<b>1.48</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		26.0	415.0	45.0	62.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	747.62	751.43	677.56	737.52
Peso de tarro + suelo seco	gr	639.70	630.39	561.99	594.91
Peso del tarro	gr	135.340	136.229	140.592	130.785
Peso del agua	gr	107.92	121.03	115.57	142.61
Peso del suelo seco	gr	504.36	494.17	421.40	464.13
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>21.40</b>	<b>24.49</b>	<b>27.43</b>	<b>30.73</b>

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provi : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Dosis : CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

<b>COMPACTACION DEL CBR</b>												
MOLDE Nº	25			10			4					
CAPAS Nº	5			5			5					
GOLFES POR CAPA	56			26			12					
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO					
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	11,073			11,822			11,381					
PESO DEL MOLDE gr	6,871.00			7,866.00			7,711.00					
PESO SUELO HÚM. gr	4,202.00			3,956.00			3,670.00					
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	2,098.30			2,094.63			2,099.38					
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	2.00			1.89			1.75					
DENSIDAD SECA gr/cm3	1.61			1.52			1.40					
Contenido de Humedad	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final			
TARRO Nº	Nro.	337	322	314	337	322	255	337	322	317		
TARRO+SUELO HÚM.	gr	535.6	581.4	781.6	535.6	581.4	742.6	535.6	581.4	751.9		
TARRO+SUELO SECO	gr	456.9	492.8	625.6	456.9	492.8	601.4	456.9	492.8	592.6		
PESO DEL TARRO	gr	136.50	133.35	65.95	136.50	133.35	96.77	136.50	133.35	66.70		
% DE HUMEDAD	%	24.56	24.65	27.87	24.56	24.65	27.98	24.56	24.65	30.29		
HUMEDAD	%	24.61		27.87	24.61		27.98	24.61		30.29		
ABSORCIÓN	%	3.27			3.37			5.69				
<b>EXPANSIÓN</b>												
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
		mm	%		mm	%		mm	%			
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%			
4	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%			
<b>PENETRACIÓN</b>												
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE				
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)		
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.07	0.07	0.04	0.11	0.11	0.06	0.13	0.13	0.07	0.07
1.270	0.050		0.24	0.24	0.13	0.38	0.38	0.19	0.45	0.45	0.23	0.23
1.900	0.075		0.51	0.51	0.26	0.66	0.66	0.34	0.72	0.72	0.37	0.37
2.540	0.100	6.9	0.86	0.86	0.44	1.01	1.01	0.52	0.91	0.91	0.47	0.47
3.170	0.125		1.24	1.24	0.64	1.30	1.30	0.67	1.05	1.05	0.54	0.54
3.810	0.150		1.59	1.59	0.82	1.57	1.57	0.81	1.17	1.17	0.60	0.60
4.445	0.175		1.91	1.91	0.99	1.81	1.81	0.93	1.27	1.27	0.65	0.65
5.080	0.200	10.35	2.20	2.20	1.14	2.02	2.02	1.05	1.35	1.35	0.70	0.70
7.620	0.300		3.15	3.15	1.63	2.72	2.72	1.41	1.63	1.63	0.84	0.84


 KENNY HUAN/GAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 AREA DE TECNOLOGIA Y CONCRETO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Página 2 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Dosis : CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)

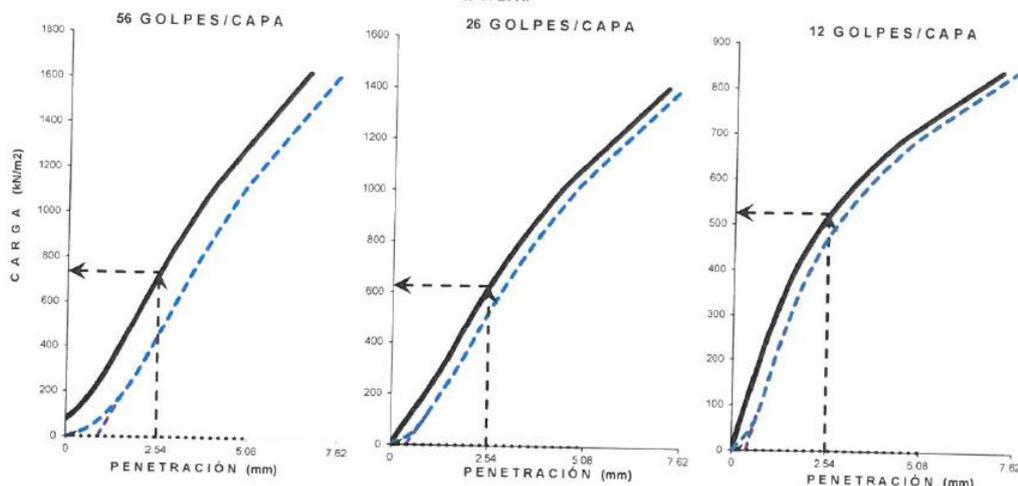
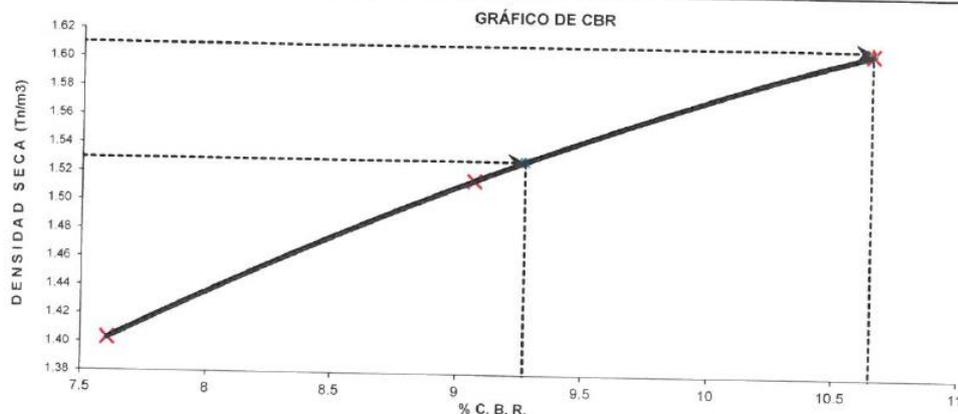
Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	AASHTO :	A-7-6 (10)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	1.61	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	24.50	
% Grava =	12.5	% Arena =	28.5	% Finos =
			59.0	LL % =
				45.4%
Expansión % =	0.04%	Embebido (días) =	4.0	IP % =
				21.2%

### RESULTADOS DEL ENSAYO (01' DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 10.7	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 9.3	CBR AL 90% MDS = --
----------------------------------	-----------------------------------	---------------------



  
**KENNY HUAMAN GAMARRA**  
 INGENIERO CIVIL  
 N.º 10333  
 AREA GEOLOGIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
GEOTECNIA Y CONCRETO

## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA ARENOSA		METODO A	
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	12.5	Material Pasante a usar	PASA N° 4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	3.6	Molde (Pulg)	4	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.4	Peso Molde (gr) :	4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

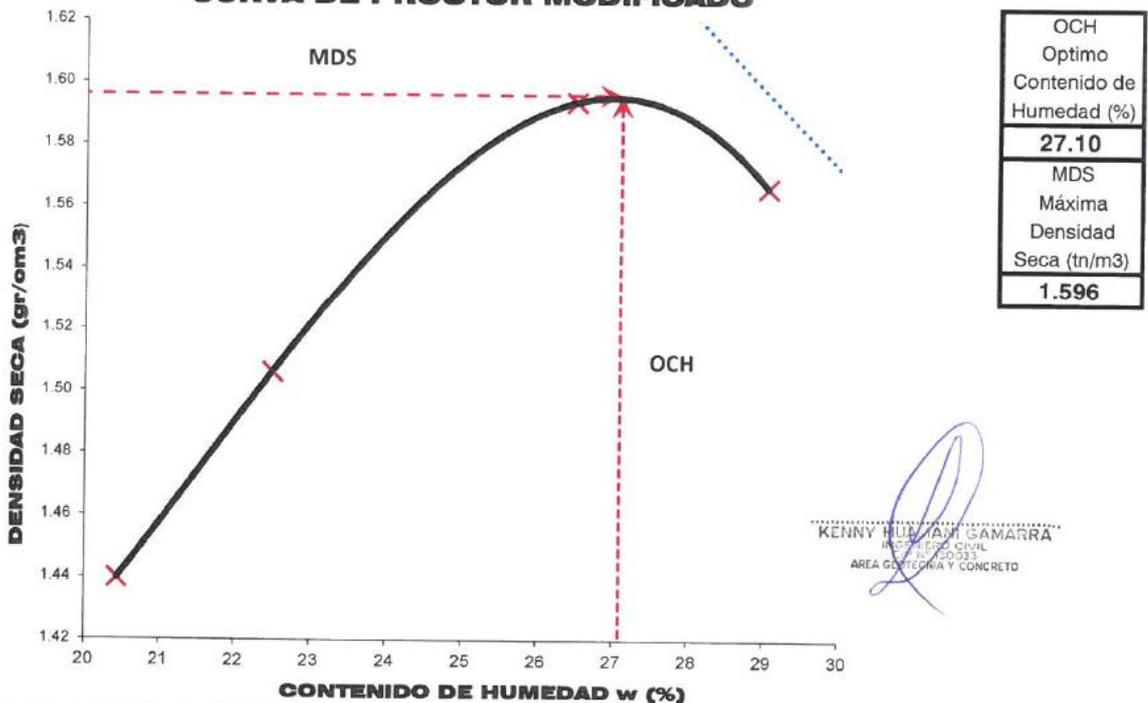
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,735	5,839	6,000	6,005
Peso de la muestra compactada	gr	1,629.7	1,733.7	1,894.8	1,899.5
Densidad húmeda	gr/cc	1.73	1.84	2.02	2.02
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.44</b>	<b>1.51</b>	<b>1.59</b>	<b>1.57</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		54.0	180.0	108.0	66.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	732.81	736.55	664.15	722.92
Peso de tarro + suelo seco	gr	630.96	625.81	553.87	589.01
Peso del tarro	gr	132.660	133.531	137.808	128.195
Peso del agua	gr	101.85	110.73	110.28	133.91
Peso del suelo seco	gr	498.30	492.28	416.06	460.81
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>20.44</b>	<b>22.49</b>	<b>26.51</b>	<b>29.06</b>

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO**CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Pagina 1 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provi: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Dosis : CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

**COMPACTACION DEL CBR**

MOLDE Nº	14			35			22		
CAPAS Nº	5			5			5		
GOLPES POR CAPA	56			26			12		
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO		
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	12,357			11,740			11,617		
PESO DEL MOLDE gr	8,073.00			7,677.00			7,795.00		
PESO SUELO HÚM. gr	4,284.00			4,063.00			3,822.00		
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup>	2,110.46			2,105.77			2,114.53		
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	2.03			1.93			1.81		
DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>	1.60			1.52			1.42		
Contenido de Humedad	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final
TARRO Nº Nro.	339	341	251	339	341	315	339	341	252
TARRO+SUELO HÚM. gr	532.5	609.0	667.5	532.5	609.0	751.3	532.5	609.0	679.5
TARRO+SUELO SECO gr	447.9	506.4	535.2	447.9	506.4	591.0	447.9	506.4	540.6
PESO DEL TARRO gr	134.06	134.19	84.15	134.06	134.19	67.20	134.06	134.19	101.01
% DE HUMEDAD %	26.96	27.57	29.33	26.96	27.57	30.60	26.96	27.57	31.60
HUMEDAD %	27.26		29.33	27.26		30.60	27.26		31.60
ABSORCIÓN %	2.07			3.34			4.34		

**EXPANSIÓN**

DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.04	127.04	0.03%

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.19	0.19	0.10	0.18	0.18	0.09	0.20	0.20	0.10
1.270	0.050		0.64	0.64	0.33	0.64	0.64	0.33	0.76	0.76	0.39
1.900	0.075		1.28	1.28	0.66	1.15	1.15	0.60	1.24	1.24	0.64
2.540	0.100	6.9	1.98	1.98	1.02	1.64	1.64	0.85	1.60	1.60	0.83
3.170	0.125		2.57	2.57	1.33	2.05	2.05	1.06	1.88	1.88	0.97
3.810	0.150		3.10	3.10	1.60	2.41	2.41	1.25	2.10	2.10	1.08
4.445	0.175		3.58	3.58	1.85	2.73	2.73	1.41	2.30	2.30	1.19
5.080	0.200	10.35	3.99	3.99	2.06	2.99	2.99	1.55	2.45	2.45	1.27
7.620	0.300		5.27	5.27	2.72	3.80	3.80	1.96	2.92	2.92	1.51



KENNY HUMANO GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 14033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Dosis : CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

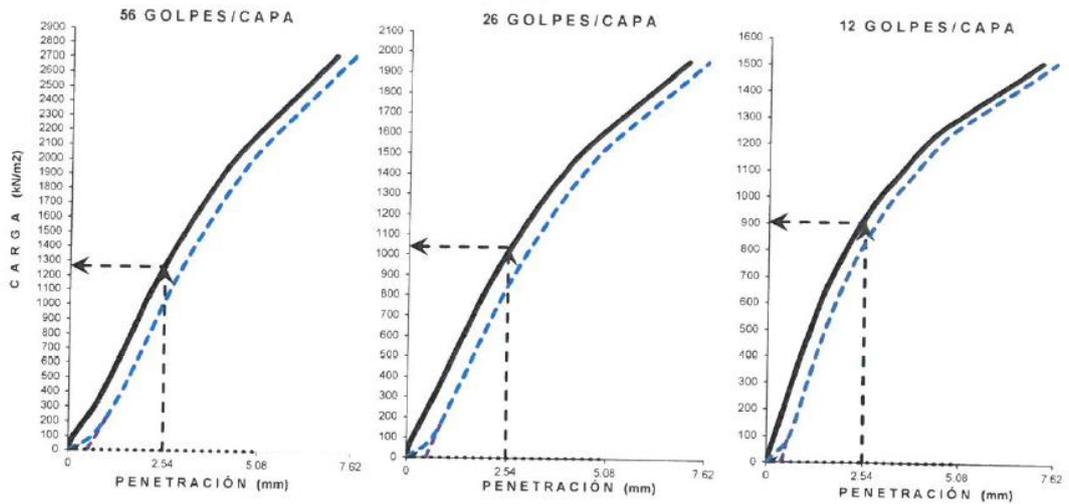
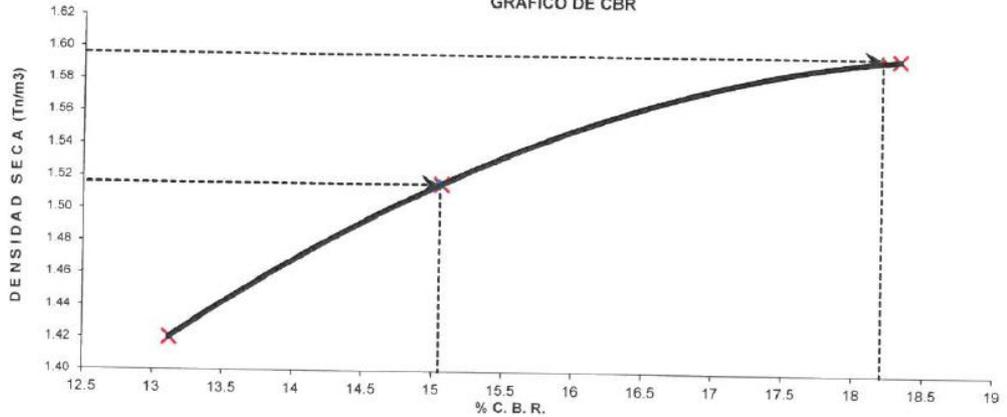
**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	AASHTO :	A-7-6 (10)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m <sup>3</sup> ) :	1.60	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	27.10	
% Grava =	12.5	% Arena =	28.5	% Finos = 59.0
Expansión % =	0.04%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 21.2%
		LL % =	45.4%	LP % = 24.2%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 18.2	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 15.1	CBR AL 90% MDS = -,-
----------------------------------	------------------------------------	----------------------

GRÁFICO DE CBR



KENNY HUANANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
Nº 17023  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
TECNOLOGÍA Y CONCRETO

## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007	Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR
Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES	Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA
Exploración : SUBRASANTE KM 8+750	Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA
Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)	Fecha : MAYO DEL 2022

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA ARENOSA		METODO A
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	12.5	Material Pasante a usar PASA N° 4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	3.6	Molde (Pulg) 4	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.4	Peso Molde (gr) : 4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

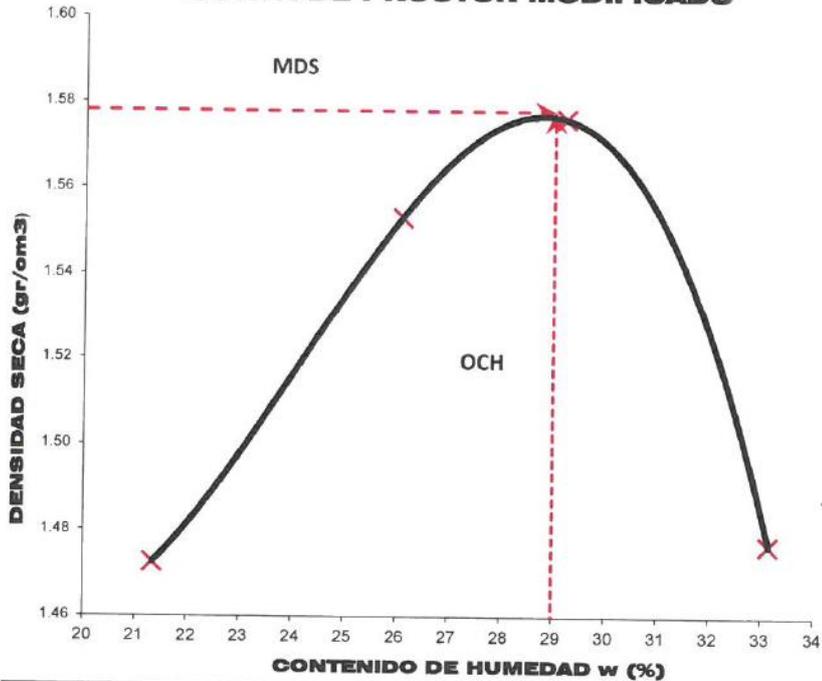
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,784	5,945	6,019	5,953
Peso de la muestra compactada	gr	1,679.3	1,840.4	1,914.1	1,848.1
Densidad húmeda	gr/cc	1.79	1.96	2.04	1.97
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.47</b>	<b>1.55</b>	<b>1.58</b>	<b>1.48</b>

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Tarro N°		45.0	178.0	96.0	31.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	710.61	714.23	644.02	701.01
Peso de tarro + suelo seco	gr	608.24	593.24	528.63	557.40
Peso del tarro	gr	128.640	129.485	133.632	124.310
Peso del agua	gr	102.37	120.98	115.39	143.61
Peso del suelo seco	gr	479.60	463.76	395.00	433.09
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>21.34</b>	<b>26.09</b>	<b>29.21</b>	<b>33.16</b>

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADO**



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%)
<b>29.00</b>
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m3)
<b>1.578</b>

  
 KENNY HUAMANI SAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 172033  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
DEFINICIÓN Y CONCRETO

**CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov.: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

**COMPACTACION DEL CBR**

MOLDE Nº	15		25		12	
CAPAS Nº	5		5		5	
GOLPES POR CAPA	56		26		12	
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO		HUMEDO		HUMEDO	
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	11,975		11,033		11,628	
PESO DEL MOLDE gr	7,863.00		6,871.00		7,811.00	
PESO SUELO HÚM. gr	4,312.00		4,162.00		3,817.00	
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	2,114.15		2,098.30		2,110.84	
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	2.04		1.96		1.81	
<b>DENSIDAD SECA gr/cm3</b>	<b>1.58</b>		<b>1.53</b>		<b>1.40</b>	
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>Humedad: inicial final</b>		<b>Humedad: inicial final</b>		<b>Humedad: inicial final</b>	
TARRO Nº Nro.	333	336	272	333	336	250
TARRO+SUELO HÚM. gr	616.1	643.2	720.3	616.1	643.2	690.1
TARRO+SUELO SECO gr	505.1	528.4	562.9	505.1	528.4	540.0
PESO DEL TARRO gr	128.00	133.35	81.00	128.00	133.35	84.15
% DE HUMEDAD %	29.44	29.06	32.66	29.44	29.06	32.93
<b>HUMEDAD %</b>	<b>29.25</b>		<b>32.66</b>	<b>29.25</b>		<b>32.93</b>
<b>ABSORCIÓN %</b>	<b>3.41</b>		<b>3.68</b>	<b>29.25</b>		<b>33.85</b>
						<b>4.60</b>

**EXPANSIÓN**

DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.02	127.02	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025	0.42	0.42	0.22	0.65	0.65	0.33	0.83	0.83	0.43
1.270	0.050	1.26	1.26	0.65	1.96	1.96	1.01	2.52	2.52	1.30
1.900	0.075	2.24	2.24	1.16	2.74	2.74	1.41	3.01	3.01	1.56
2.540	0.100	3.25	3.25	1.68	3.52	3.52	1.82	3.46	3.46	1.79
3.170	0.125	4.36	4.36	2.25	4.21	4.21	2.18	3.81	3.81	1.97
3.810	0.150	5.50	5.50	2.84	4.96	4.96	2.56	4.10	4.10	2.12
4.445	0.175	6.11	6.11	3.16	5.42	5.42	2.80	4.37	4.37	2.26
5.080	0.200	6.11	6.11	3.16	5.53	5.53	2.86	4.59	4.59	2.37
7.620	0.300	6.11	6.11	3.16	5.88	5.88	3.04	5.30	5.30	2.74

KENNY HUAMAN SAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
GEOTECNIA Y CONCRETO

## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Pagina 2 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

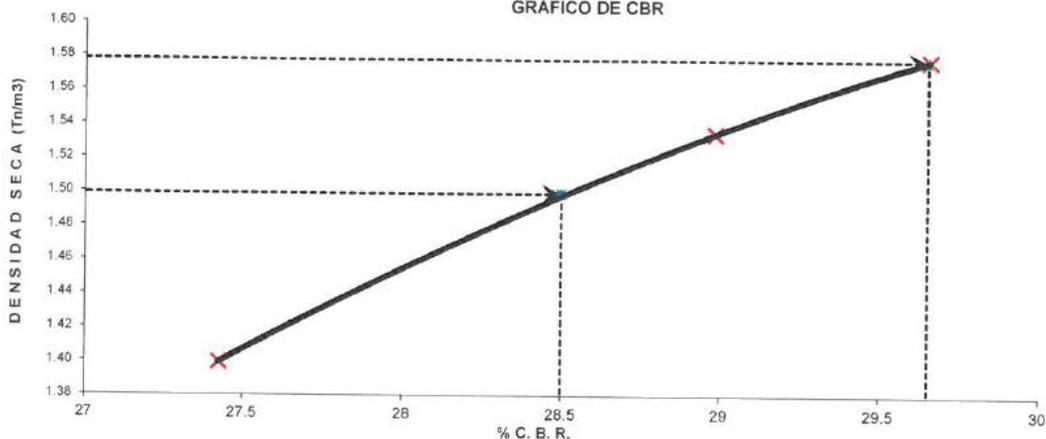
### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA ARENOSA	AASHTO :	A-7-6 (10)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m <sup>3</sup> ) :	1.58	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	29.00	
% Grava =	12.5	% Arena =	28.5	% Finos =
			59.0	LL % =
				45.4%
Expansión % =	0.04%	Embebido (días) =	4.0	IP % =
				21.2%

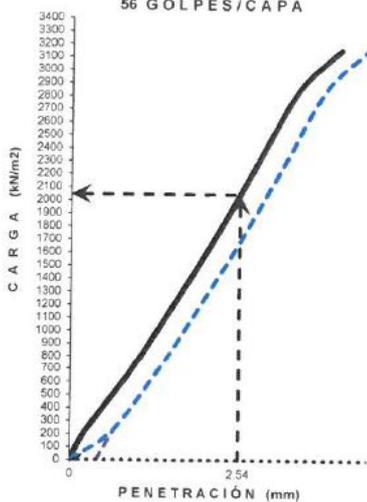
### RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 29.7	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 28.5	CBR AL 90% MDS = -,-
----------------------------------	------------------------------------	----------------------

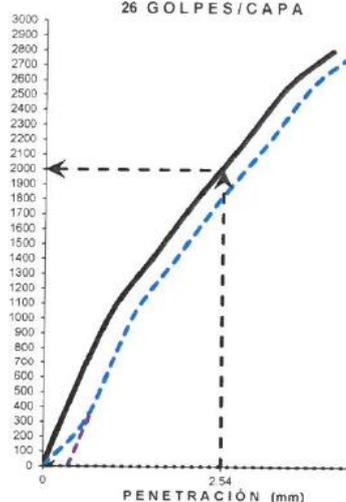
GRÁFICO DE CBR



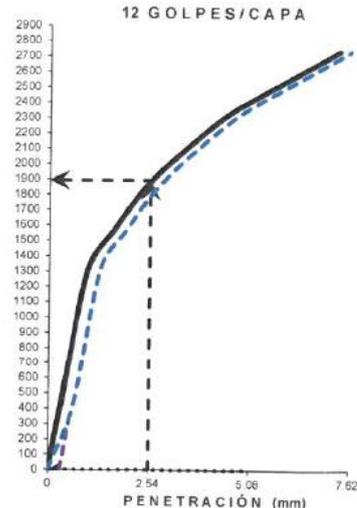
56 GOLPES/CAPA



26 GOLPES/CAPA



12 GOLPES/CAPA



KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
100033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)

Proyecto : \*INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022\*

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Pro : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 8+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DE LA MUESTRA

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA ARENOSA		
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	MDS = 1.67 gr/cm3	OCH = 23.30 %
	% Retenido acumulado malla N° 4 : 12.51	% Pasa acumulado malla N° 4 : 87.49	

### DATOS DEL MOLDEO

PORCENTAJE DE ADITIVO (CENIZA DE HOJA DE COCA)	0.0								
	1	2	3						
MOLDE N°									
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	1,770	1,767	1,759						
PESO DEL MOLDE gr	601.00	602.50	601.90						
PESO SUELO HÚM. gr	1,169.00	1,164.50	1,157.10						
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	565.16	564.82	564.90						
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	2.07	2.06	2.05						
<b>HUMEDAD</b> TARRO Nro.	154	44	52						
TARRO+SUELO HÚM. gr	553.30	552.70	621.00						
TARRO+SUELO SECO gr	472.40	467.20	508.75						
PESO DEL TARRO gr	129.49	98.79	21.33						
% DE HUMEDAD %	23.59	23.21	23.03						
DENSIDAD SECA gr/cm3	1.67	1.67	1.66						

### ENSAYO DE COMPRESION

EDAD dias	7	7	7						
DIAMETRO PROMEDIO mm	71.2	71.1	71.2						
ALTURA mm	141.9	142.3	141.9						
RELACION H/D	1.99	2.00	1.99						
FACTOR DE CORRECCION	1.00	1.00	1.00						
LECTURA DE ENSAYO kN	2.3	2.5	3.0						
RESISTENCIA FC kg/cm2	5.9	6.5	7.8						
<b>RESISTENCIA PROM kg/cm2</b>	<b>6.7</b>								
<b>RESISTENCIA PROM MPa</b>	<b>0.7</b>								

  
**KENNY HUMACHI GAMARRA**  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 7130033  
 AREA INGENIERIA Y CONCRETO



## RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)

**Proyecto :** "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"  
**Trazabilidad :** INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007 **Región/Pro:** AYACUCHO / LA MAR  
**Solicitante :** BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES **Distrito :** SANTA ROSA-LORCOLLA  
**Exploración :** SUBRASANTE KM 8+750 **Lugar :** SANTA ROSA-LORCOLLA  
**Estrato/Nivel :** MATERIAL PROPIO **Fecha :** MAYO DEL 2022

### DATOS DE LA MUESTRA

**Clasificación SUCS :** CL ARCILLA LIGERA ARENOSA  
**Clasificación AASHTO :** A-7-6 (10)  
 % Retenido acumulado malla N° 4 : 12.51      % Pasa acumulado malla N° 4 : 87.49

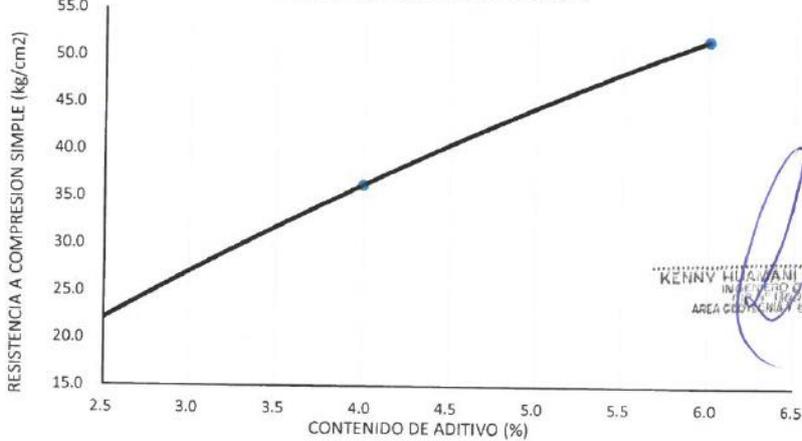
### DATOS DEL MOLDEO

PORCENTAJE DE ADITIVO (CENIZA DE HOJA DE COCA)			2.0			4.0			6.0		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
MOLDE N°											
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	1,733	1,736	1,729	1,788	1,764	1,776	1,762	1,754	1,747	
PESO DEL MOLDE	gr	601.00	602.50	601.90	600.80	602.40	601.30	600.80	601.40	602.30	
PESO SUELO HÚM.	gr	1,132.00	1,133.20	1,127.10	1,187.40	1,181.30	1,174.70	1,161.60	1,152.30	1,144.70	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	562.77	564.39	562.31	580.50	578.07	578.07	575.76	565.62	561.57	
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	2.01	2.01	2.00	2.05	2.04	2.03	2.02	2.04	2.04	
<b>HUMEDAD</b>	TARRO Nro.	126	35	51	349	238	125	324	116	247	
TARRO+SUELO HÚM.	gr	608.63	607.97	683.10	536.10	543.90	612.40	519.50	516.80	524.80	
TARRO+SUELO SECO	gr	516.84	509.32	554.22	434.90	448.00	495.99	432.20	420.10	408.83	
PESO DEL TARRO	gr	142.44	108.67	23.46	66.99	95.55	66.26	129.18	88.50	13.97	
% DE HUMEDAD	%	24.52	24.62	24.28	27.51	27.21	27.09	28.81	29.16	29.37	
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.62	1.61	1.61	1.60	1.61	1.60	1.57	1.58	1.58	

### ENSAYO DE COMPRESION

EDAD	dias	7	7	7	7	7	7	7	7	7
DIAMETRO PROMEDIO	mm	71.2	71.1	71.2	72.1	72.0	72.0	71.8	71.1	70.9
ALTURA	mm	141.3	142.2	141.2	142.2	142.0	142.0	142.2	142.5	142.2
RELACION H/D		1.98	2.00	1.98	1.97	1.97	1.97	1.98	2.00	2.01
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LECTURA DE ENSAYO	kN	6.3	6.5	7.0	15.0	14.3	14.3	19.7	20.7	20.5
RESISTENCIA FC	kg/cm2	16.1	16.7	18.0	37.5	35.7	35.8	49.4	53.0	52.9
<b>RESISTENCIA PROM</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>16.9</b>			<b>36.3</b>			<b>51.8</b>		
<b>RESISTENCIA PROM</b>	<b>MPa</b>	<b>1.7</b>			<b>3.6</b>			<b>5.1</b>		

**CONTENIDO DE ADITIVO VS RESISTENCIA**



KENNY HUGUANI SAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 AREA CIVIL Y MATERIALES DE CONCRETO



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

**ANEXO 1.2**  
**ENSAYOS DE**  
**LABORATORIO**  
**KM 10+750**

  
"KENNY KILMARI GAMARRA"  
INGENIERO CIVIL  
Nº 17.473  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---



## LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"  
 Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007  
 Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES  
 Exploración : SUBRASANTE KM 10+750  
 Estrato / Nivel : MATERIAL PROPIO

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR  
 Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Fecha : MAYO DEL 2022

### DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)

	RECIPIENTE	Nº	194	345		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	23.056	25.132		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	22.722	24.650		
3	PESO RECIPIENTE	gr	21.300	22.630		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.33	0.48		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	1.42	2.02		
6	HUMEDAD	%	23.49%	23.86%		

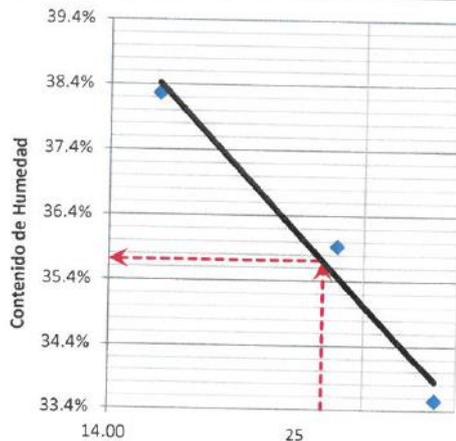
**LIMITE PLÁSTICO** % **23.7%**

### DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)

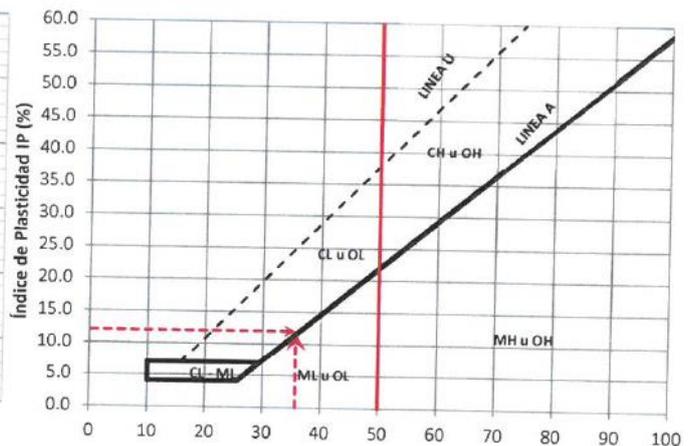
	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			124	178	14	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	33.343	35.377	34.063	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	30.735	31.749	30.824	
3	PESO RECIPIENTE	gr	22.960	21.650	22.360	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	2.609	3.628	3.239	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	7.775	10.099	8.464	
6	HUMEDAD	%	33.56%	35.93%	38.27%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	34	26	16	

**LIMITE LIQUIDO** % **35.7%**

**INDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 12.0%**



log (Número de Golpes)  
**CURVA DE FLUIDEZ**



Limite Liquido LL (%)  
**CARTA DE PLASTICIDAD**

KENNY HUA TAMI CAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP/120033  
 AREA DE GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Exploración : SUBRASANTE KM 10+750

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

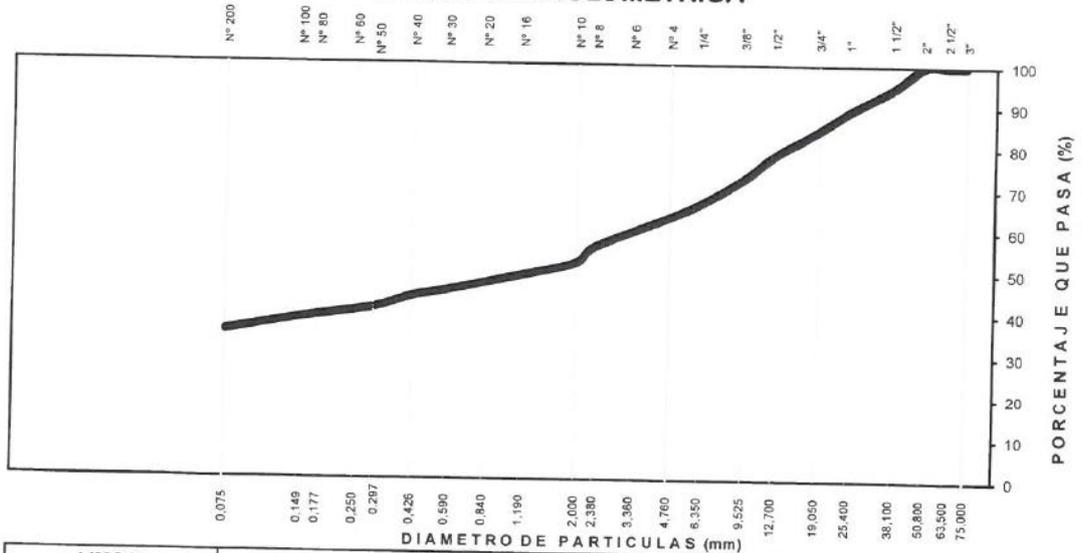
Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Fecha : MAYO DEL 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
		3"	75.000	-	-	-	100.00	ENSAYOS ESTÁNDAR
	2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)	3263.4
	2"	50.800	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)	2104.8
	1 1/2"	38.100	174.49	5.35	5.35	94.65	Pérdida por lavado (gr)	1158.6
	1"	25.400	183.18	5.61	10.96	89.04	Humedad (%)	11.37
	3/4"	19.000	158.10	4.84	15.80	84.20	% Grava	36.8
	1/2"	12.700	191.93	5.88	21.69	78.31	% Grava gruesa	15.8
	3/8"	9.500	188.15	5.77	27.45	72.55	% Grava fina	21.0
	1/4"	6.350	196.83	6.03	33.48	66.52	% Arena	27.7
	Nº 4	4.760	107.51	3.29	36.78	63.22	% Arena gruesa	10.9
	Nº 8	2.360	233.17	7.14	43.92	56.08	% Arena media	8.2
	Nº 10	2.000	124.10	3.80	47.73	52.27	% Arena fina	8.5
	Nº 16	1.100	113.57	3.48	51.21	48.79	% de Finos	35.5
	Nº 30	0.590	107.71	3.30	54.51	45.49	D <sub>10</sub> = D <sub>e(mm)</sub> =	0.0211
	Nº 40	0.425	47.39	1.45	55.96	44.04	D <sub>30(mm)</sub> =	0.0634
	Nº 50	0.297	91.87	2.82	58.77	41.23	D <sub>60(mm)</sub> =	3.6775
	Nº 100	0.149	84.99	2.60	61.38	38.62	Cu =	-
	Nº 200	0.075	101.84	3.12	64.50	35.50	Cc =	-
	Lavado		1,158.6	35.50	100.00		CLASIFICACIÓN	
<b>TOTAL</b>			<b>3263.4</b>	<b>100.0</b>			AASHTO	<b>A-6 (1)</b>
							Clasificación SUCS	<b>GC</b>

**GRAVA ARCILLOSA CON ARENA**

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

KENNY HUMBERTO GAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. Nº 150033  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
INGENIERÍA Y CONCRETO

## CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS (MTC E 108)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 10+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

RECIPIENTE	Nº	45	96
PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,249.19	1,215.71
PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,114.07	1,072.65
PESO RECIPIENTE	gr	133.74	85.60
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	135.13	143.06
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	980.33	987.05
HUMEDAD	%	13.8%	14.5%
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	<b>%</b>	<b>14.1%</b>	

  
KENNY JULIA TAMAYO GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
Nº 132033  
AREA INGENIERIA Y CONCRETO



## ENSAYO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO (MTC E 206, E 113)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 10+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4 (MTC E 206)

IDENTIFICACION		ENSAYO N°01	ENSAYO N°02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca	gr	2311.42	2311.42	
Peso en el aire de la muestra SSS	gr	2342.51	2342.51	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	gr	1437.12	1438.14	
Gravedad Especifica		2.553	2.556	<b>2.554</b>
Gravedad Especifica SSS		2.587	2.590	<b>2.589</b>
Gravedad Especifica Aparente		2.644	2.647	<b>2.645</b>
% de absorción	%	1.345	1.345	<b>1.345</b>

### MATERIAL PASANTE LA MALLA N°4 (MTC E 113)

IDENTIFICACIÓN		MUESTRA 01	MUESTRA 02	PROMEDIO
Capacidad de Picnómetro	cm3	500	500	
Peso de la muestra seca	gr	102.05	101.17	
Peso de Picnómetro con la muestra y agua	gr	771.01	776.91	
Peso de Picnómetro aforado lleno de agua	gr	707.79	713.17	<b>2.664</b>
Temperatura del agua en el ensayo	°C	22	22	
Corrección por temperatura (K)		0.9996	0.9996	
Gravedad especifica de la muestra		<b>2.627</b>	<b>2.702</b>	

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	36.8
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	63.2
<b>Gravedad especifica de los sólidos</b>	<b>2.657</b>

KENNY HUIJANI SAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 127033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 10+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	GC GRAVA ARCILLOSA CON ARENA		METODO C	
Clasificación AASHTO :	A-6 (1)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 56	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	36.8	Material Pasante a usar	PASA 3/4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	27.5	Molde (Pulg)	6	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	15.8	Peso Molde (gr) :	4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

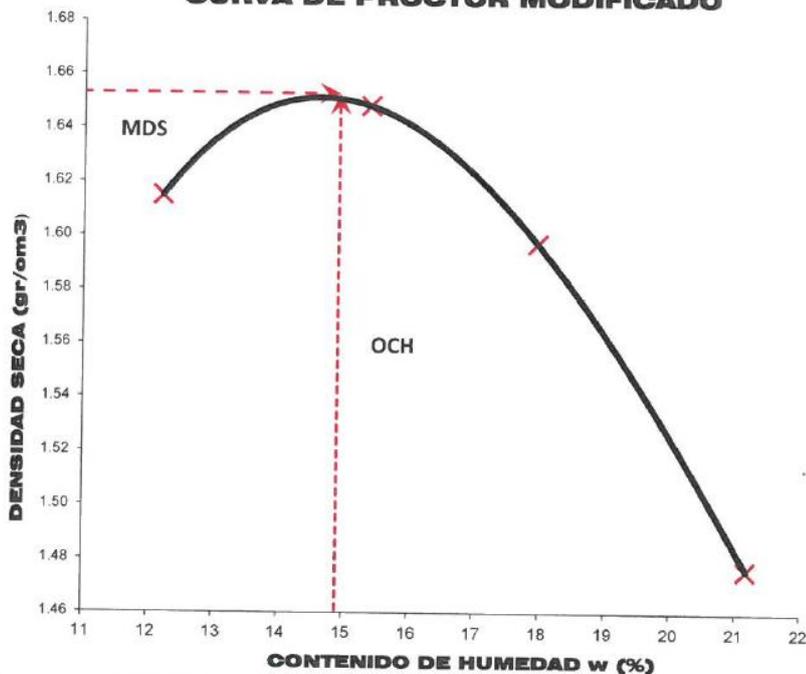
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,808	5,892	5,876	5,786
Peso de la muestra compactada	gr	1,702.9	1,787.4	1,770.9	1,681.0
Densidad húmeda	gr/cc	1.81	1.90	1.88	1.79
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.61</b>	<b>1.65</b>	<b>1.60</b>	<b>1.48</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		23.0	75.0	63.0	99.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	579.17	777.24	576.59	709.88
Peso de tarro + suelo seco	gr	523.58	683.22	499.49	597.49
Peso del tarro	gr	68.29	71.70	70.34	66.92
Peso del agua	gr	55.59	94.02	77.10	112.39
Peso del suelo seco	gr	455.29	611.52	429.15	530.57
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>12.21</b>	<b>15.37</b>	<b>17.97</b>	<b>21.18</b>

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH  
Óptimo  
Contenido de  
Humedad (%)

**14.90**

MDS  
Máxima  
Densidad  
Seca (tn/m3)

**1.653**

KENNY HUANANI SAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 N° 130033  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

CASAGRANDE  
INGENIERIA Y CONCRETO**CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC  
E 132)**

Pagina 1 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 10+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

<b>COMPACTACION DEL CBR</b>										
MOLDE N°	11			12			1			
CAPAS N°	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	11,566			11,663			11,772		
PESO DEL MOLDE	gr	7,577.00			7,811.00			8,178.00		
PESO SUELO HÚM.	gr	3,989.00			3,852.00			3,594.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2,089.34			2,110.84			2,118.70		
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.91			1.82			1.70		
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.66			1.58			1.47		
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final
TARRO N°	Nro.	338	329	267	338	329	250	338	329	310
TARRO+SUELO HÚM.	gr	644.5	722.4	669.4	644.5	722.4	695.4	644.5	722.4	816.1
TARRO+SUELO SECO	gr	578.6	643.4	577.7	578.6	643.4	595.6	578.6	643.4	685.2
PESO DEL TARRO	gr	140.30	132.12	85.60	140.30	132.12	96.54	140.30	132.12	65.49
% DE HUMEDAD	%	15.04	15.45	18.63	15.04	15.45	20.00	15.04	15.45	21.12
HUMEDAD	%	15.24		18.63	15.24		20.00	15.24		21.12
ABSORCIÓN	%	3.39			4.75			5.88		
<b>EXPANSIÓN</b>										
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
		mm	%		mm	%		mm	%	
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	
4	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.04	127.04	0.03%	
<b>PENETRACIÓN</b>										
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025	0.16	0.16	0.08	0.15	0.15	0.08	0.12	0.12	0.06
1.270	0.050	0.47	0.47	0.24	0.42	0.42	0.22	0.34	0.34	0.17
1.900	0.075	0.82	0.82	0.42	0.69	0.69	0.35	0.51	0.51	0.26
2.540	0.100	6.9	1.13	1.13	0.58	0.92	0.92	0.48	0.66	0.34
3.170	0.125	1.40	1.40	0.72	1.12	1.12	0.58	0.78	0.78	0.40
3.810	0.150	1.66	1.66	0.86	1.26	1.26	0.65	0.85	0.85	0.44
4.445	0.175	1.91	1.91	0.99	1.45	1.45	0.75	0.97	0.97	0.50
5.080	0.200	10.35	2.13	2.13	1.10	1.80	1.60	0.83	1.04	0.54
7.620	0.300	2.97	2.97	1.54	2.15	2.15	1.11	1.29	1.29	0.67

KENNY HUASANI CAMARÁ  
INGENIERO CIVIL  
1993  
AREA CIENECIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO

## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Página 2 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 10+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

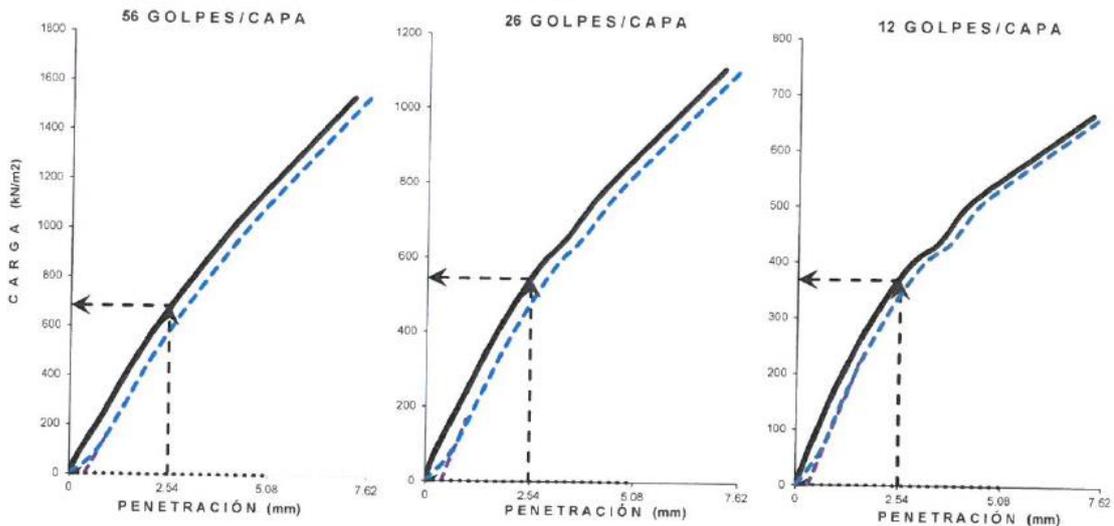
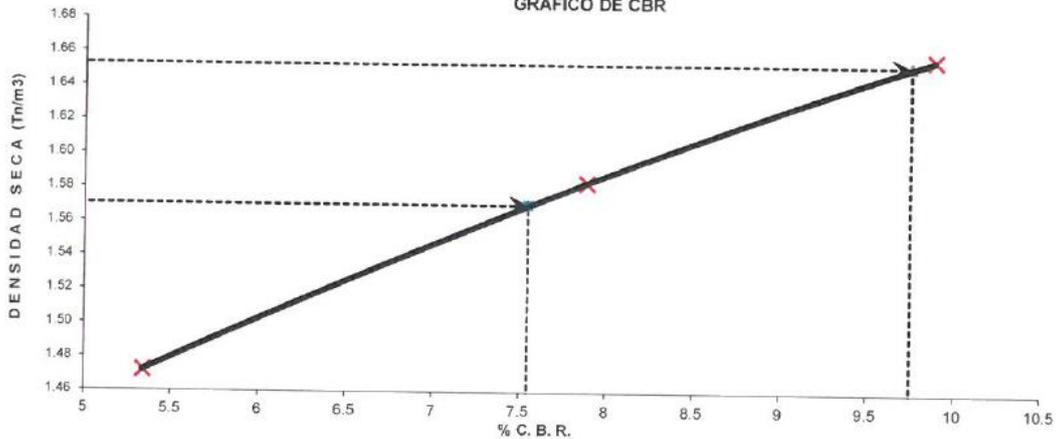
### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	GC	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA	AASHTO :	A-6 (1)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	1.65	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	14.90	
% Grava =	36.8	% Arena =	27.7	% Finos = 35.5
			LL % =	35.7%
			LP % =	23.7%
Expansión % =	0.04%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 12.0%

### RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 9.8	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 7.6	CBR AL 90% MDS = -.-
---------------------------------	-----------------------------------	----------------------

GRÁFICO DE CBR



KENNY HUAMANI SAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
C.R. N.º 130933  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
GEOTECNIA Y CONCRETO

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE  
SUELO METODO B  
(MTC E 1103, MTC E 1101)**

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 10+750

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

Clasificación SUCS : GC GRAVA ARCILLOSA CON ARENA

Clasificación AASHTO : A-6 (1) MDS = 1.65 gr/cm<sup>3</sup> OCH = 14.90 %

% Retenido acumulado malla N° 4 : 36.78 % Pasa acumulado malla N° 4 : 63.22

**DATOS DEL MOLDEO**

PORCENTAJE DE ADITIVO (CENIZA DE HOJA DE COCA)		0.0							
MOLDE N°		1	2	3					
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	1,735	1,732	1,724					
PESO DEL MOLDE	gr	601.00	602.50	601.90					
PESO SUELO HÚM.	gr	1,134.40	1,129.84	1,122.28					
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	561.58	559.42	561.83					
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.02	2.02	2.00					
<b>HUMEDAD</b>	TARRO Nro.	41	43	171					
TARRO+SUELO HÚM.	gr	564.37	563.75	633.42					
TARRO+SUELO SECO	gr	503.79	500.52	546.88					
PESO DEL TARRO	gr	132.08	100.77	21.75					
% DE HUMEDAD	%	16.30	15.82	16.48					
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.74	1.74	1.71					

**ENSAYO DE COMPRESION**

EDAD	días	7	7	7					
DIAMETRO PROMEDIO	mm	71.2	71.1	71.2					
ALTURA	mm	141.0	140.9	141.1					
RELACION H/D		1.98	1.98	1.98					
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00					
LECTURA DE ENSAYO	kN	3.6	3.8	3.9					
RESISTENCIA FC	kg/cm <sup>2</sup>	9.1	9.6	10.0					
<b>RESISTENCIA PROM</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>9.6</b>							
<b>RESISTENCIA PROM</b>	<b>MPa</b>	<b>0.9</b>							

**KENNY HUMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
CUI N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

**ANEXO 1.3**  
**ENSAYOS DE**  
**LABORATORIO**  
**KM 11+000**



.....  
KENNY HUMANÍ GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
C-11412-2013  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---

## LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"  
 Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007  
 Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES  
 Exploración : SUBRASANTE KM 11+000  
 Estrato / Nivel : MATERIAL PROPIO

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR  
 Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Fecha : MAYO DEL 2022

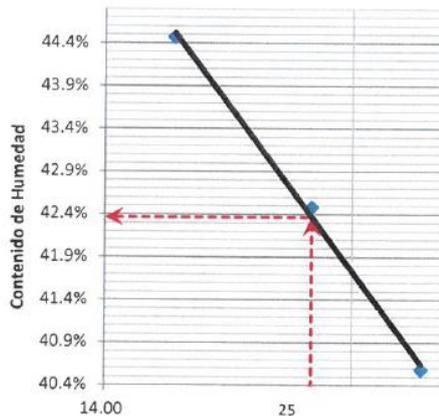
### DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)

	RECIPIENTE	Nº	145	142		
1	PESO SUELO HUMEDO+ RECIPIENTE	gr	33.221	36.310		
2	PESO SUELO SECO+ RECIPIENTE	gr	31.715	34.587		
3	PESO RECIPIENTE	gr	25.560	27.156		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	1.51	1.72		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	6.16	7.43		
6	HUMEDAD	%	24.46%	23.18%		
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>		<b>%</b>			<b>23.8%</b>	

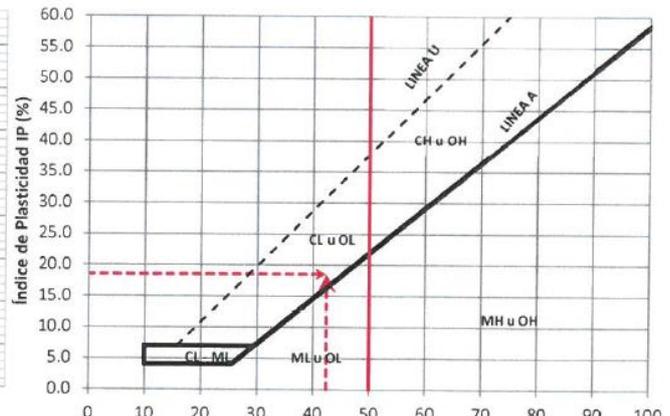
### DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			45	321	114	
1	PESO SUELO HUMEDO+ RECIPIENTE	gr	38.345	40.684	39.173	
2	PESO SUELO SECO+ RECIPIENTE	gr	35.050	36.126	35.188	
3	PESO RECIPIENTE	gr	26.932	25.395	26.228	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	3.295	4.558	3.984	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	8.118	10.730	8.960	
6	HUMEDAD	%	40.58%	42.48%	44.47%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	34	25	17	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>%</b>				<b>42.4%</b>

**ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 18.5%**



**CURVA DE FLUIDEZ**



**CARTA DE PLASTICIDAD**

KENNY HUAMANI GAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 20037  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

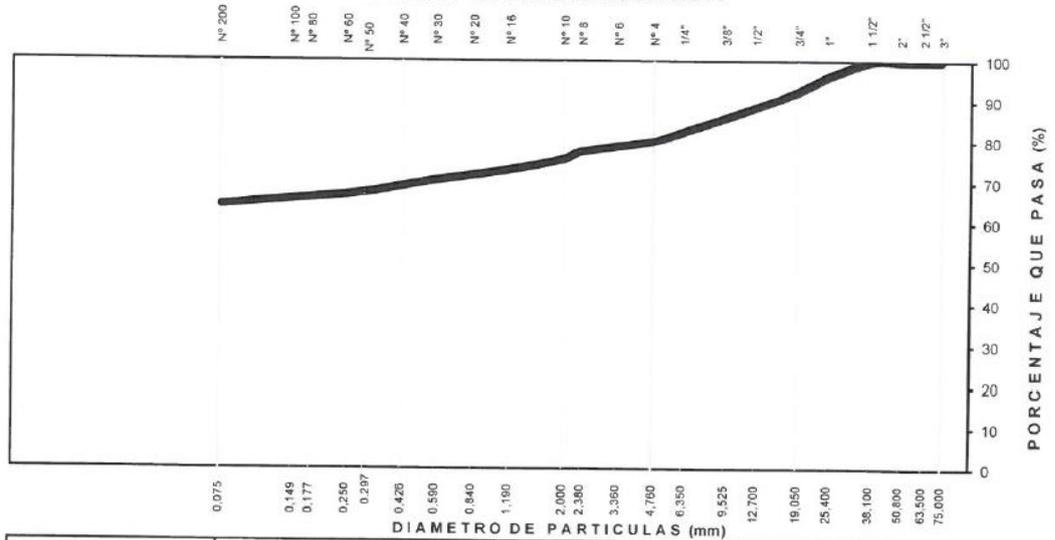
Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Fecha : MAYO DEL 2022

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
						ENSAYOS ESTÁNDAR	
3"	75.000	-	-	-	100.00		
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00		
2"	50.800	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr) 3643.8	
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr) 1297.3	
1"	25.400	132.83	3.65	3.65	96.35	Pérdida por lavado (gr) 2346.5	
3/4"	19.000	139.16	3.82	7.46	92.54	Humedad (%) 23.64	
1/2"	12.700	147.73	4.05	11.52	88.48	% Grava 19.8	
3/8"	9.500	93.84	2.58	14.09	85.91	% Grava gruesa 7.5	
1/4"	6.350	122.12	3.35	17.45	82.55	% Grava fina 12.4	
Nº 4	4.760	87.01	2.39	19.83	80.17	% Arena 15.8	
Nº 8	2.360	93.90	2.58	22.41	77.59	% Arena gruesa 4.5	
Nº 10	2.000	70.08	1.92	24.33	75.67	% Arena media 6.5	
Nº 16	1.100	106.33	2.92	27.25	72.75	% Arena fina 4.7	
Nº 30	0.590	80.32	2.20	29.46	70.54	% de Finos 64.4	
Nº 40	0.425	51.23	1.41	30.86	69.14	D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> = 0.0116	
Nº 50	0.297	60.67	1.66	32.53	67.47	D <sub>30(mm)</sub> = 0.0349	
Nº 100	0.149	57.72	1.58	34.11	65.89	D <sub>60(mm)</sub> = 0.0699	
Nº 200	0.075	54.35	1.49	35.60	64.40	Cu = --	
Lavado		2,346.5	64.40	100.00	64.40	Cc = --	
TOTAL		3643.8	100.0			CLASIFICACIÓN	
						AASHTO <b>A-7-6 (10)</b>	
						Clasificación SUCS <b>CL</b>	

**ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA**

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

KENNY HUAMANI GAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 ESPECIALIDAD EN  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS (MTC E 108)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

RECIPIENTE	Nº	17	19
PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,423.79	1,392.59
PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,190.37	1,157.98
PESO RECIPIENTE	gr	133.74	85.60
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	233.42	234.61
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	1,056.63	1,072.38
HUMEDAD	%	22.1%	21.9%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**%**

**22.0%**

  
KENNY HUAN CAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CUI. N. 24033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

## ENSAYO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO (MTC E 206, E 113)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4 (MTC E 206)

IDENTIFICACION		ENSAYO N°01	ENSAYO N°02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca	gr	2242.07	2242.07	
Peso en el aire de la muestra SSS	gr	2272.24	2272.24	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	gr	1409.01	1409.00	
Gravedad Especifica		2.597	2.597	<b>2.597</b>
Gravedad Especifica SSS		2.632	2.632	<b>2.632</b>
Gravedad Especifica Aparente		2.691	2.691	<b>2.691</b>
% de absorción	%	1.345	1.345	<b>1.345</b>

### MATERIAL PASANTE LA MALLA N°4 (MTC E 113)

IDENTIFICACIÓN		MUESTRA 01	MUESTRA 02	PROMEDIO
Capacidad de Picnómetro	cm3	500	500	
Peso de la muestra seca	gr	99.99	99.13	
Peso de Picnómetro con la muestra y agua	gr	747.88	753.60	
Peso de Picnómetro aforado lleno de agua	gr	685.06	691.27	<b>2.689</b>
Temperatura del agua en el ensayo	°C	25	24	
Corrección por temperatura (K)		0.9988	0.9991	
Gravedad especifica de la muestra		<b>2.687</b>	<b>2.691</b>	

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	19.8
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	80.2
<b>Gravedad especifica de los sólidos</b>	<b>2.690</b>

  
KENNY HUAMAN GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
AREA DE INGENIERIA Y CONCRETO



## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11 +000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA		METODO A	
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	19.8	Material Pasante a usar	PASA N° 4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	14.1	Molde (Pulg)	4	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	7.5	Peso Molde (gr) :	4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

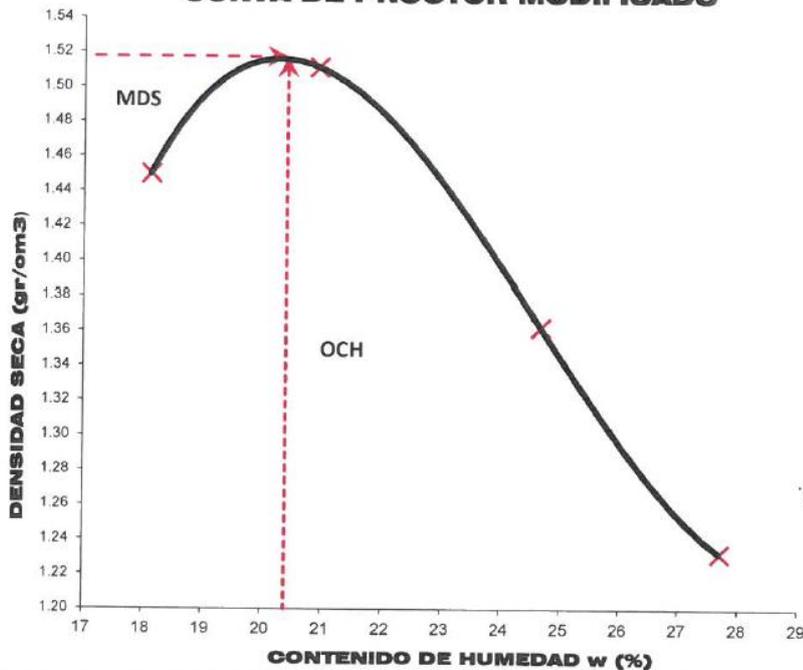
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,714	5,823	5,701	5,584
Peso de la muestra compactada	gr	1,609.3	1,717.7	1,596.1	1,479.2
Densidad húmeda	gr/cc	1.71	1.83	1.70	1.57
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.45</b>	<b>1.51</b>	<b>1.36</b>	<b>1.23</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		49.0	65.0	12.0	17.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	642.37	862.06	639.52	787.34
Peso de tarro + suelo seco	gr	555.44	726.60	528.40	632.64
Peso del tarro	gr	75.74	79.53	78.01	74.23
Peso del agua	gr	86.93	135.46	111.12	154.70
Peso del suelo seco	gr	479.70	647.07	450.38	558.41
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>18.12</b>	<b>20.93</b>	<b>24.67</b>	<b>27.70</b>

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%)
<b>20.40</b>
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m3)
<b>1.518</b>

**KENNY HUMANI CAMARRA**  
 INGENIERO CIVIL  
 ESPECIALIDAD EN GEOTECNIA  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

COMPACTACION DEL CBR											
MOLDE Nº	19			30			41				
CAPAS Nº	5			5			5				
GOLPES POR CAPA	56			26			12				
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO				
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	11,700			11,334			11,025				
PESO DEL MOLDE gr	7,833.00			7,684.00			7,642.00				
PESO SUELO HÚM. gr	3,867.00			3,650.00			3,383.00				
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	2,113.14			2,116.40			2,101.14				
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	1.83			1.72			1.61				
DENSIDAD SECA gr/cm3	1.52			1.44			1.34				
Contenido de Humedad	Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final
TARRO Nº	Nro.	325	356	349	325	356	330	325	356	318	
TARRO+SUELO HÚM.	gr	724.7	640.7	711.1	724.7	640.7	701.4	724.7	640.7	643.9	
TARRO+SUELO SECO	gr	626.9	548.2	583.4	626.9	548.2	585.4	626.9	548.2	519.5	
PESO DEL TARRO	gr	138.09	87.97	66.99	138.09	87.97	131.62	138.09	87.97	66.21	
% DE HUMEDAD	%	20.01	20.10	24.73	20.01	20.10	25.56	20.01	20.10	27.44	
HUMEDAD	%	20.05		24.73	20.05		25.56	20.05		27.44	
ABSORCIÓN	%	4.68			5.51			7.39			

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.05	127.05	0.04%	0.05	127.05	0.04%	0.06	127.06	0.05%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (píg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.02	0.02	0.01	0.10	0.10	0.05	0.13	0.13	0.07
1.270	0.050		0.09	0.09	0.05	0.26	0.26	0.13	0.30	0.30	0.15
1.900	0.075		0.22	0.22	0.11	0.40	0.40	0.21	0.39	0.39	0.20
2.540	0.100	6.9	0.39	0.39	0.20	0.49	0.49	0.25	0.46	0.46	0.24
3.170	0.125		0.53	0.53	0.27	0.55	0.55	0.29	0.51	0.51	0.26
3.810	0.150		0.62	0.62	0.32	0.61	0.61	0.32	0.57	0.57	0.29
4.445	0.175		0.94	0.94	0.49	0.64	0.64	0.33	0.61	0.61	0.32
5.080	0.200	10.35	1.24	1.24	0.64	0.69	0.69	0.36	0.65	0.65	0.34
7.620	0.300		1.51	1.51	0.78	0.84	0.84	0.43	0.80	0.80	0.41

  
**KENNY HUAMANI CAMARERO**  
INGENIERO CIVIL  
 15.12.1983  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO

### CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Página 2 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

#### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS : CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA AASHTO : A-7-6 (10)

Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) : 1.52 Optimo Contenido de Humedad OCH % = 20.40

% Grava = 19.8 % Arena = 15.8 % Finos = 64.4 LL % = 42.4% LP % = 23.8%

Expansión % = 0.04% Embebido (días) = 4.0 IP % = 18.5%

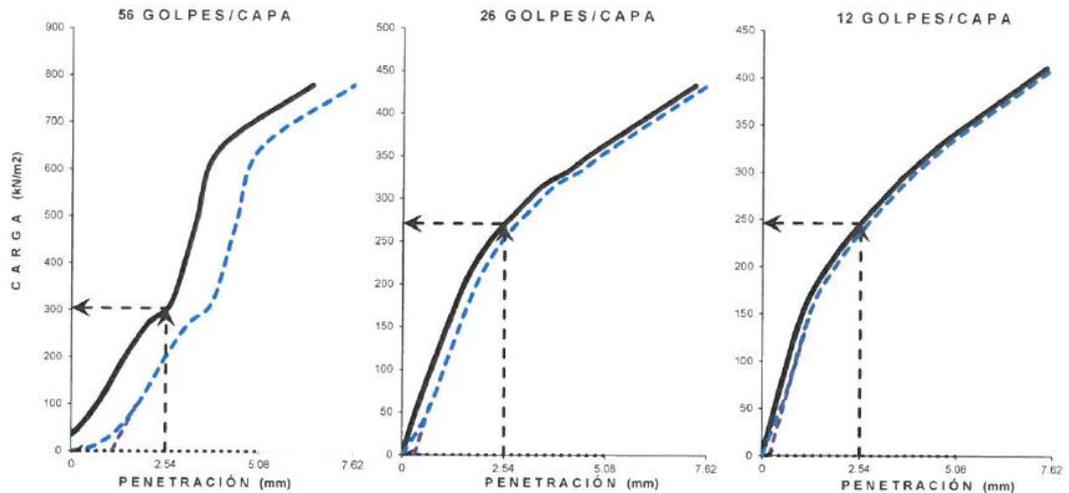
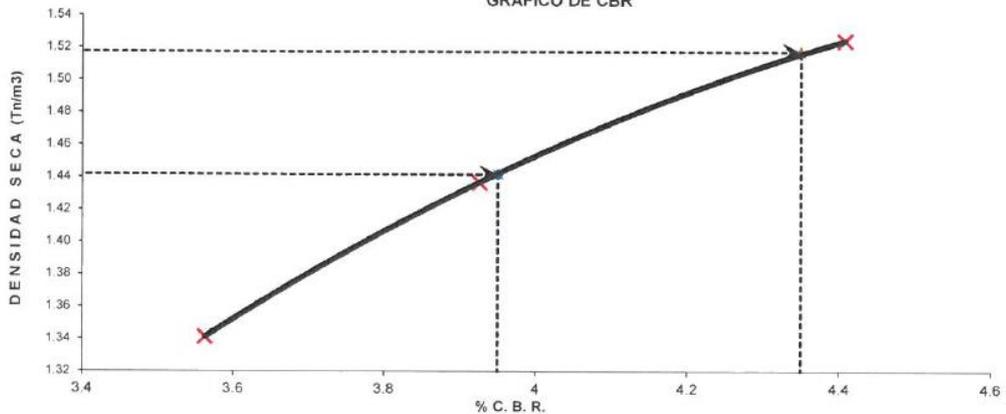
#### RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1' DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 4.4

CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 4.0

CBR AL 90% MDS = --

GRÁFICO DE CBR



KENNY HUAMANI SAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 17120018  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA		<b>METODO A</b>	
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	19.8	Material Pasante a usar	PASA N° 4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	14.1	Molde (Pulg)	4	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	7.5	Peso Molde (gr) :	4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

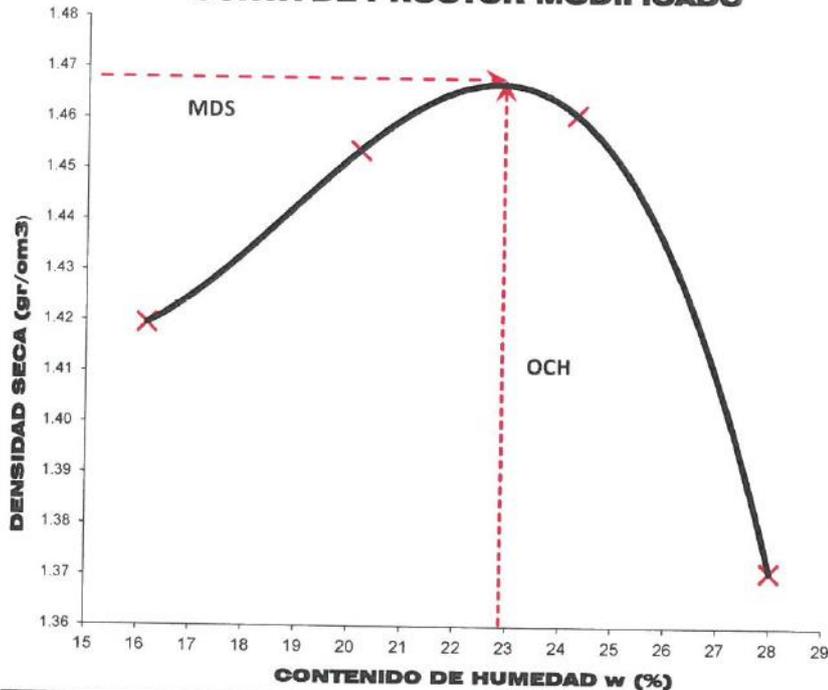
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,655	5,747	5,811	5,755
Peso de la muestra compactada	gr	1,549.7	1,641.7	1,706.3	1,649.5
Densidad húmeda	gr/cc	1.65	1.75	1.82	1.76
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.42</b>	<b>1.45</b>	<b>1.46</b>	<b>1.37</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		45.0	74.0	96.0	88.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	747.62	751.43	677.56	737.52
Peso de tarro + suelo seco	gr	662.45	648.19	572.69	604.74
Peso del tarro	gr	135.340	136.229	140.592	130.785
Peso del agua	gr	85.17	103.23	104.87	132.78
Peso del suelo seco	gr	527.11	511.97	432.10	473.96
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>16.16</b>	<b>20.16</b>	<b>24.27</b>	<b>28.01</b>

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%)
<b>22.90</b>
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m³)
<b>1.468</b>

KENNY HUAMANI GAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 15710332  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Página 1 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### COMPACTACION DEL CBR

		53		20		2				
MOLDE Nº		53		20		2				
CAPAS Nº		5		5		5				
GOLPES POR CAPA		56		26		12				
COND. DE LA MUESTRA		HUMEDO		HUMEDO		HUMEDO				
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	11,362		11,584		11,248				
PESO DEL MOLDE	gr	7,642.00		7,984.00		7,845.00				
PESO SUELO HÚM.	gr	3,740.00		3,600.00		3,403.00				
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2,078.14		2,086.70		2,090.67				
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.80		1.73		1.63				
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.47		1.41		1.33				
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		Humedad: inicial		Humedad: inicial		Humedad: final		
TARRO Nº	Nro.	324	323	272	324	323	300	324	323	311
TARRO+SUELO HÚM.	gr	706.2	830.0	720.3	706.2	830.0	671.1	706.2	830.0	679.9
TARRO+SUELO SECO	gr	599.3	702.7	583.4	599.3	702.7	528.3	599.3	702.7	542.3
PESO DEL TARRO	gr	129.18	136.78	81.00	129.18	136.78	23.52	129.18	136.78	67.83
% DE HUMEDAD	%	22.74	22.49	27.25	22.74	22.49	28.29	22.74	22.49	29.00
HUMEDAD	%	22.62		27.25	22.62		28.29	22.62		29.00
ABSORCIÓN	%	4.63			5.67			6.38		

### EXPANSIÓN

DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.04	127.04	0.03%	0.05	127.05	0.04%	0.05	127.05	0.04%

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025	0.02	0.02	0.01	0.04	0.04	0.02	0.05	0.05	0.02
1.270	0.050	0.09	0.09	0.05	0.21	0.21	0.11	0.25	0.25	0.13
1.900	0.075	0.27	0.27	0.14	0.44	0.44	0.23	0.43	0.43	0.22
2.540	0.100	6.9	0.55	0.55	0.28	0.69	0.69	0.36	0.55	0.55
3.170	0.125		0.84	0.84	0.43	0.91	0.91	0.47	0.63	0.63
3.810	0.150		1.11	1.11	0.57	1.12	1.12	0.58	0.70	0.70
4.445	0.175		1.38	1.38	0.71	1.33	1.33	0.69	0.77	0.77
5.080	0.200	10.35	1.64	1.64	0.85	1.52	1.52	0.79	0.82	0.82
7.620	0.300		2.50	2.50	1.29	2.16	2.16	1.12	1.00	1.00

  
**KENNY HUMANI SAMARRA**  
 INGENIERO CIVIL  
 C.O.P. 135833  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
GEOTECNIA Y CONCRETO

## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Página 2 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (2.0% MDS)

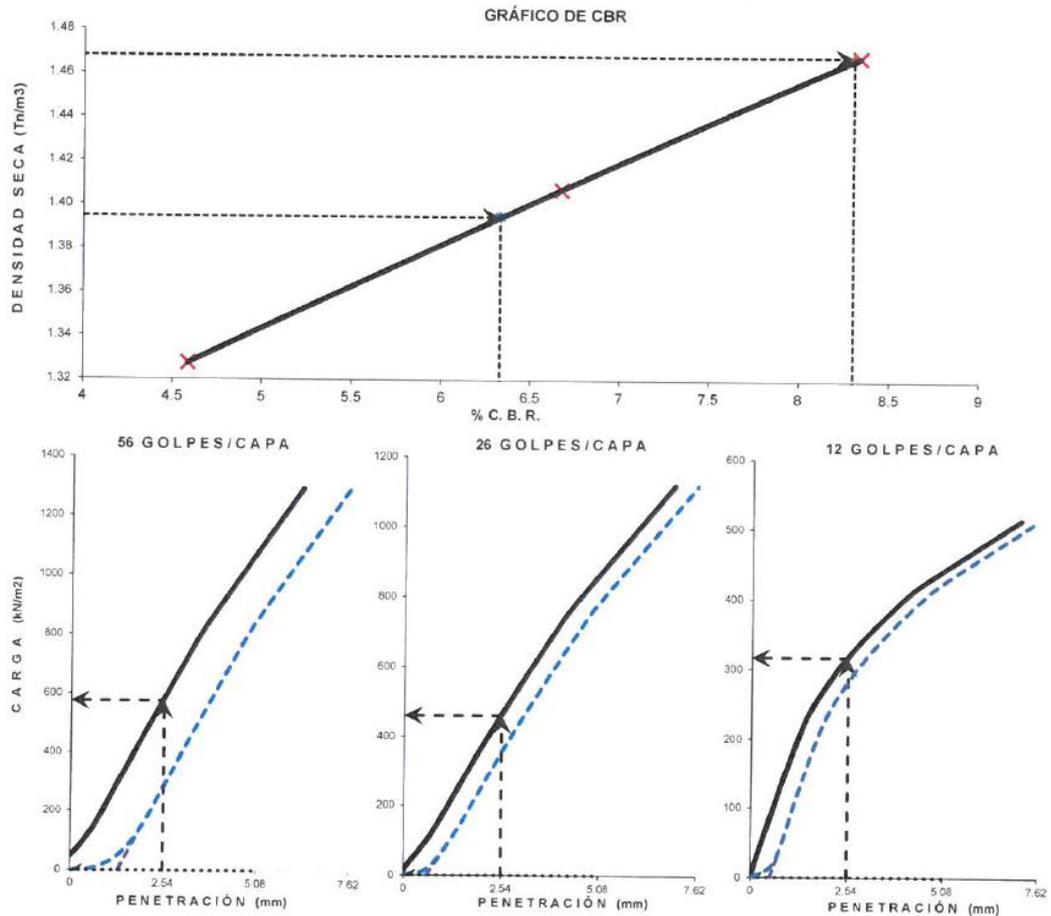
Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL	ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA	AASHTO :	A-7-6 (10)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m3) :	1.47	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	22.90	
% Grava =	19.8	% Arena =	15.8	% Finos = 64.4
			LL % =	42.4%
			LP % =	23.8%
Expansión % =	0.04%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 18.5%

### RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 8.3	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 6.3	CBR AL 90% MDS = -.-
---------------------------------	-----------------------------------	----------------------



  
 KENNY HUAMANI CAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 C.P. N° 30265  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA		METODO A
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	19.8	Material Pasante a usar	PASA N° 4 "
% Retenido acumulado malla 3/8" :	14.1	Molde (Pulg)	4 Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	7.5	Peso Molde (gr) :	4105.00 Vol.(cm3) : 939.81

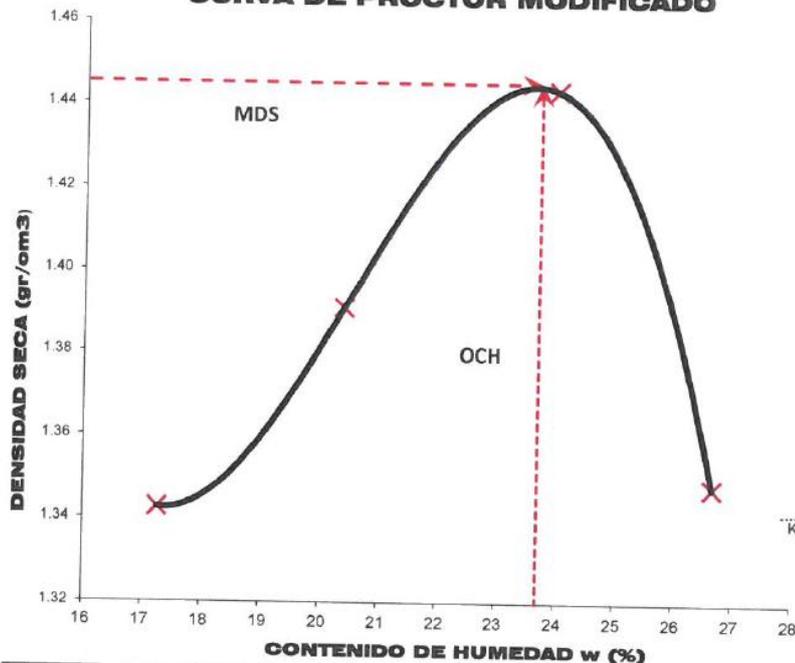
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,585	5,679	5,787	5,710
Peso de la muestra compactada	gr	1,479.7	1,573.7	1,681.8	1,604.5
Densidad húmeda	gr/cc	1.57	1.67	1.79	1.71
Densidad seca	gr/cc	1.34	1.39	1.44	1.35

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		25.0	14.0	126.0	196.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	747.62	751.43	677.56	737.52
Peso de tarro + suelo seco	gr	657.45	647.19	573.69	609.74
Peso del tarro	gr	135.340	136.229	140.592	130.785
Peso del agua	gr	90.17	104.23	103.87	127.78
Peso del suelo seco	gr	522.11	510.97	433.10	478.96
Contenido de humedad	%	17.27	20.40	23.98	26.68

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH
Óptimo
Contenido de
Humedad (%)
<b>23.70</b>
MDS
Máxima
Densidad
Seca (tn/m3)
<b>1.445</b>

KENNY HUMANA GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
C.O.P. 13003  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

<b>COMPACTACION DEL CBR</b>										
MOLDE Nº	40			30			33			
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	11,115			11,318			11,054			
PESO DEL MOLDE gr	7,355.00			7,684.00			7,638.00			
PESO SUELO HÚM. gr	3,760.00			3,634.00			3,416.00			
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	2,095.53			2,116.40			2,115.97			
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	1.79			1.72			1.61			
DENSIDAD SECA gr/cm3	1.45			1.39			1.31			
Contenido de Humedad	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	
TARRO Nº	Nro.	115	358	328	115	358	337	115	358	339
TARRO+SUELO HÚM.	gr	567.8	792.8	809.9	567.8	792.8	684.1	567.8	792.8	841.9
TARRO+SUELO SECO	gr	477.3	665.6	663.6	477.3	665.6	563.2	477.3	665.6	680.5
PESO DEL TARRO	gr	87.87	139.27	131.32	87.87	139.27	136.50	87.87	139.27	134.06
% DE HUMEDAD	%	23.24	24.17	27.49	23.24	24.17	28.34	23.24	24.17	29.54
HUMEDAD	%	23.70		27.49	23.70		28.34	23.70		29.54
ABSORCIÓN	%	3.78			4.64			5.83		
<b>EXPANSIÓN</b>										
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
		mm	%		mm	%		mm	%	
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	
4	0.03	127.03	0.02%	0.04	127.04	0.03%	0.04	127.04	0.03%	
<b>PENETRACIÓN</b>										
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025	0.19	0.19	0.10	0.30	0.30	0.16	0.43	0.43	0.22
1.270	0.050	0.54	0.54	0.28	0.67	0.67	0.34	0.84	0.84	0.43
1.900	0.075	1.01	1.01	0.52	1.05	1.05	0.54	1.19	1.19	0.61
2.540	0.100	1.51	1.51	0.78	1.42	1.42	0.73	1.47	1.47	0.76
3.170	0.125	1.98	1.98	1.03	1.77	1.77	0.91	1.73	1.73	0.89
3.810	0.150	2.44	2.44	1.26	2.13	2.13	1.10	1.98	1.98	1.02
4.445	0.175	2.85	2.85	1.47	2.44	2.44	1.26	2.21	2.21	1.14
5.080	0.200	3.22	3.22	1.67	2.71	2.71	1.40	2.41	2.41	1.24
7.620	0.300	4.55	4.55	2.35	3.67	3.67	1.90	3.09	3.09	1.60

  
**KENNY HUMANI GAMARRA**  
INGENIERO CIVIL  
C.A. N.º 10033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (4.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS : CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA AASHTO : A-7-6 (10)

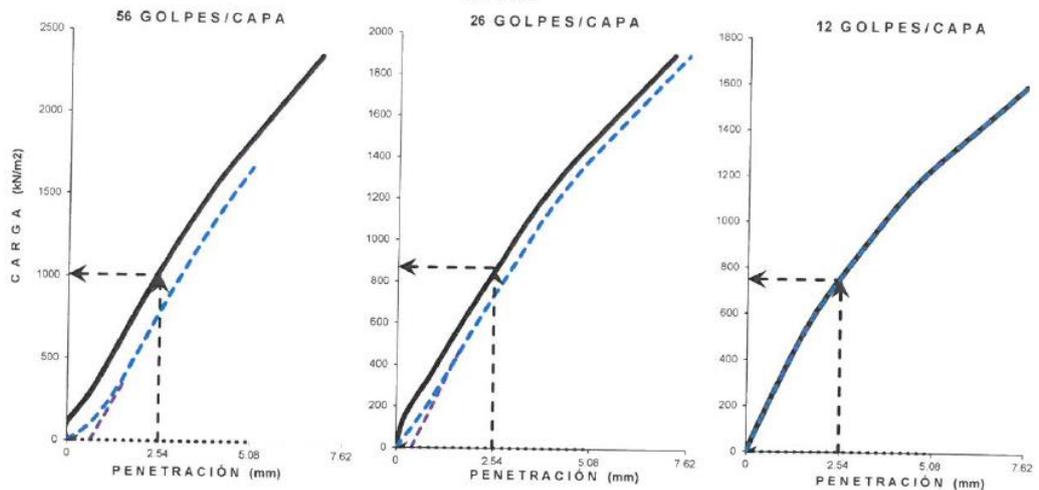
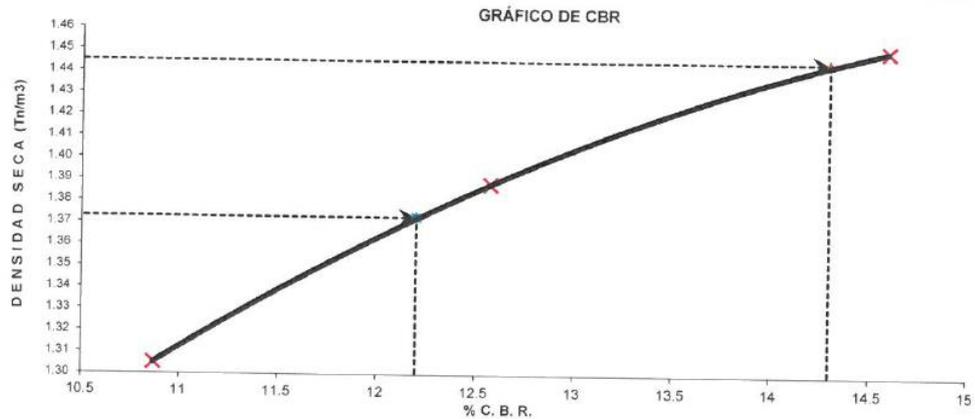
 Máxima Densidad Seca MDS (tn/m<sup>3</sup>) : 1.45 Optimo Contenido de Humedad OCH % = 23.70

% Grava = 19.8 % Arena = 15.8 % Finos = 64.4 LL % = 42.4% LP % = 23.8%

Expansión % = 0.04% Embebido (días) = 4.0 IP % = 18.5%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (01' DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 14.3 CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 12.2 CBR AL 90% MDS = -.-


 KENNY HUAMANI GANARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP N° 130053  
 AREA SUELOS Y CONCRETO



## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA		METODO A
Clasificación AASHTO :	A-7-6 (10)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	19.8	Material Pasante a usar	PASA N° 4 "
% Retenido acumulado malla 3/8" :	14.1	Molde (Pulg)	4 Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	7.5	Peso Molde (gr) :	4105.00 Vol.(cm3) : 939.81

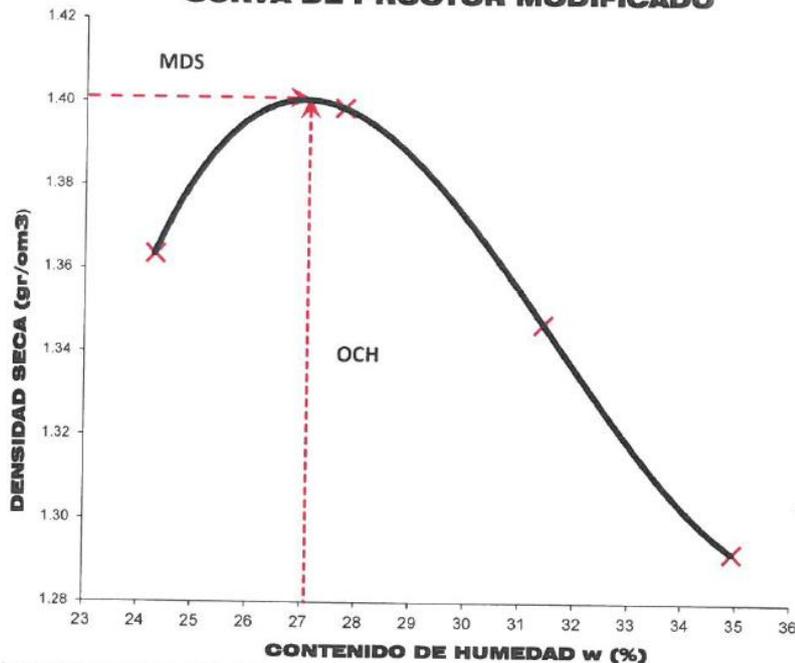
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,697	5,784	5,769	5,744
Peso de la muestra compactada	gr	1,592.5	1,679.1	1,663.7	1,638.8
Densidad húmeda	gr/cc	1.69	1.79	1.77	1.74
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.36</b>	<b>1.40</b>	<b>1.35</b>	<b>1.29</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		345.0	321.0	152.0	154.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	758.72	762.59	687.63	748.47
Peso de tarro + suelo seco	gr	637.31	626.98	557.31	589.05
Peso del tarro	gr	137.350	138.252	142.680	132.727
Peso del agua	gr	121.41	135.61	130.31	159.43
Peso del suelo seco	gr	499.96	488.73	414.63	456.32
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>24.28</b>	<b>27.75</b>	<b>31.43</b>	<b>34.94</b>

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH
Optimo
Contenido de
Humedad (%)
<b>27.10</b>
MDS
Máxima
Densidad
Seca (tn/m3)
<b>1.401</b>

KENNY HUAYANI GARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIPAF: 130083  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-0-007

Región/Prov : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº	5 I			4 I			3 I			
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	11,431			11,212			11,018			
PESO DEL MOLDE gr	7,682.00			7,642.00			7,587.00			
PESO SUELO HÚM. gr	3,749.00			3,570.00			3,431.00			
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	2,107.53			2,101.14			2,118.22			
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	1.78			1.70			1.62			
<b>DENSIDAD SECA gr/cm3</b>	<b>1.40</b>			<b>1.33</b>			<b>1.27</b>			
<b>Contenido de Humedad</b>	<b>Humedad: inicial</b>		<b>final</b>	<b>Humedad: inicial</b>		<b>final</b>	<b>Humedad: inicial</b>		<b>final</b>	
TARRO Nº Nro.	35 I	116	325	35 I	116	330	35 I	116	316	
TARRO+SUELO HÚM. gr	847.5	700.5	821.6	847.5	700.5	701.4	847.5	700.5	786.1	
TARRO+SUELO SECO gr	694.4	567.9	665.3	694.4	567.9	566.4	694.4	567.9	613.8	
PESO DEL TARRO gr	131.46	88.50	138.09	131.46	88.50	131.62	131.46	88.50	68.91	
% DE HUMEDAD %	27.20	27.66	29.65	27.20	27.66	31.05	27.20	27.66	31.62	
<b>HUMEDAD %</b>	<b>27.43</b>		<b>29.65</b>	<b>27.43</b>		<b>31.05</b>	<b>27.43</b>		<b>31.62</b>	
<b>ABSORCIÓN %</b>	<b>2.22</b>			<b>3.62</b>			<b>4.19</b>			
EXPANSIÓN										
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		
		mm	%		mm	%		mm	%	
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	
4	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.04	127.04	0.03%	
PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025	0.82	0.82	0.42	0.88	0.88	0.45	1.01	1.01	0.52
1.270	0.050	1.68	1.68	0.87	1.62	1.62	0.84	1.70	1.70	0.88
1.900	0.075	2.43	2.43	1.26	2.17	2.17	1.12	2.09	2.09	1.08
2.540	0.100	3.16	3.16	1.63	2.68	2.68	1.39	2.43	2.43	1.25
3.170	0.125	3.84	3.84	1.98	3.13	3.13	1.62	2.75	2.75	1.42
3.810	0.150	4.47	4.47	2.31	3.58	3.58	1.85	3.06	3.06	1.58
4.445	0.175	5.05	5.05	2.61	4.00	4.00	2.07	3.36	3.36	1.74
5.080	0.200	5.57	5.57	2.88	4.37	4.37	2.26	3.64	3.64	1.88
7.620	0.300	7.47	7.47	3.86	5.72	5.72	2.96	4.57	4.57	2.36

  
**KENNY HLAMANI CAMARRA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP 110053  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (6.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS : CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA AASHTO : A-7-6 (10)

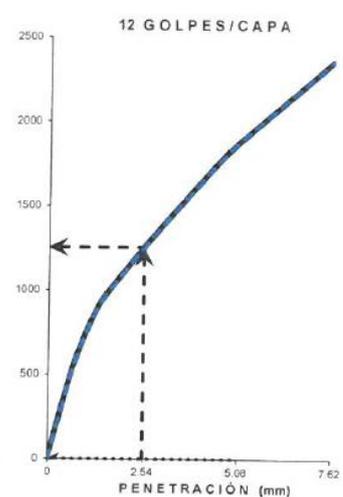
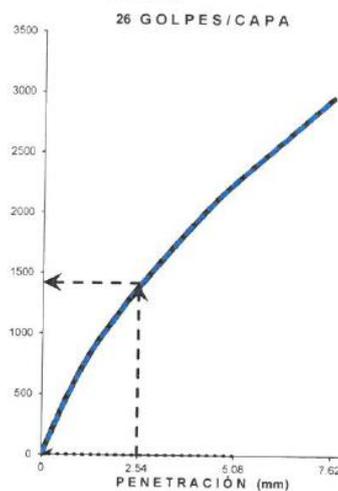
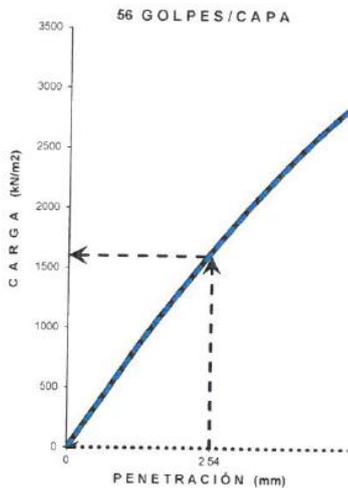
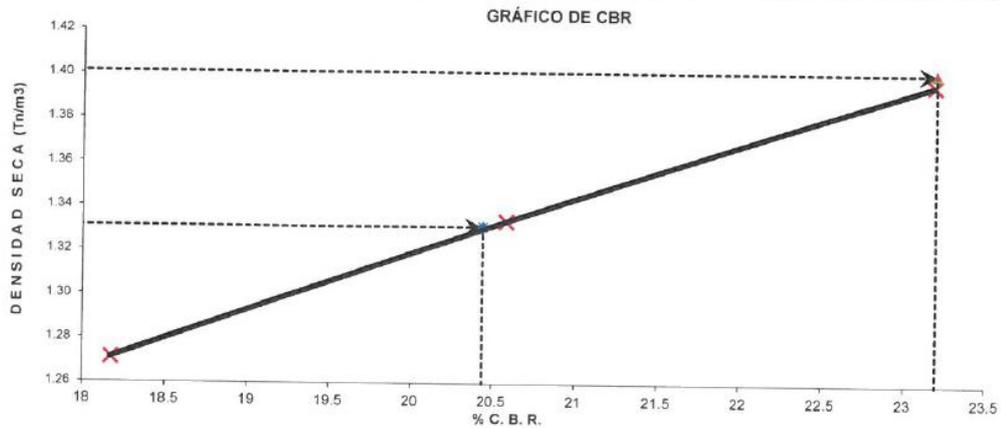
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m<sup>3</sup>) : 1.40 Optimo Contenido de Humedad OCH % = 27.10

% Grava = 19.8 % Arena = 15.8 % Finos = 64.4 LL % = 42.4% LP % = 23.8%

Expansión % = 0.04% Embebido (días) = 4.0 IP % = 18.5%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (01° DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 23.2 CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 20.4 CBR AL 90% MDS = --



KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIPAF 130631  
ÁREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
INGENIERÍA Y CONCRETO

**RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)**

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Pro: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+000

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

**DATOS DE LA MUESTRA**

Clasificación SUCS : CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA

Clasificación AASHTO : A-7-6 (10) MDS = 1.52 gr/cm3 OCH = 20.40 %

% Retenido acumulado malla N° 4 : 19.83 % Pasa acumulado malla N° 4 : 80.17

**DATOS DEL MOLDEO**

PORCENTAJE DE ADITIVO (CENIZA DE HOJA DE COCA)		0.0							
MOLDE N°		1	2	3					
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	1,628	1,634	1,626					
PESO DEL MOLDE	gr	601.00	602.50	601.90					
PESO SUELO HÚM.	gr	1,026.51	1,031.83	1,023.94					
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	561.98	563.79	561.00					
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.83	1.83	1.83					
<b>HUMEDAD</b>	TARRO Nro.	21	12	99					
TARRO+SUELO HÚM.	gr	587.17	586.53	659.01					
TARRO+SUELO SECO	gr	511.94	503.55	549.77					
PESO DEL TARRO	gr	137.42	104.84	22.63					
% DE HUMEDAD	%	20.09	20.81	20.72					
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.52	1.51	1.51					

**ENSAYO DE COMPRESION**

EDAD	días	7	7	7					
DIAMETRO PROMEDIO	mm	71.2	71.1	71.2					
ALTURA	mm	141.1	142.0	140.9					
RELACION H/D		1.98	2.00	1.98					
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00					
LECTURA DE ENSAYO	kN	1.8	1.5	2.0					
RESISTENCIA FC	kg/cm2	4.6	4.0	5.0					
<b>RESISTENCIA PROM</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>4.5</b>							
<b>RESISTENCIA PROM</b>	<b>MPa</b>	<b>0.4</b>							

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
N° 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"  
 Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007  
 Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES  
 Exploración : SUBRASANTE KM 11+000  
 Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Región/Prov: AYACUCHO / LA MAR  
 Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DE LA MUESTRA

Clasificación SUCS : CL ARCILLA LIGERA Y TIPO GRAVA CON ARENA

Clasificación AASHTO : A-7-6 (10)

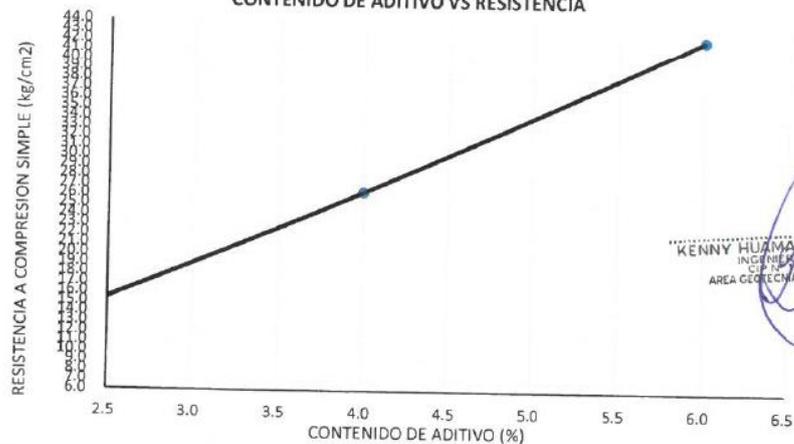
% Retenido acumulado malla N° 4 : 19.83

% Pasa acumulado malla N° 4 : 80.17

### DATOS DEL MOLDEO

PORCENTAJE DE ADITIVO (CENIZA DE HOJA DE COCA)	2.0			4.0			6.0		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MOLDE N°									
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	1,613	1,621	1,624	1,649	1,629	1,642	1,607	1,599	1,597
PESO DEL MOLDE gr	601.00	602.50	601.90	600.80	602.40	601.30	600.80	601.40	602.30
PESO SUELO HÚM. gr	1,011.86	1,018.11	1,021.68	1,047.86	1,026.77	1,040.22	1,006.65	997.17	994.44
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	560.38	564.19	564.18	580.17	573.67	572.86	569.68	556.25	557.86
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	1.81	1.80	1.81	1.81	1.79	1.82	1.77	1.79	1.78
<b>HUMEDAD</b> TARRO Nro.	14	321	458	47	185	136	441	169	19
TARRO+SUELO HÚM. gr	669.49	668.77	751.41	589.71	598.29	673.64	571.45	568.48	577.28
TARRO+SUELO SECO gr	573.32	565.05	614.44	488.29	501.60	553.29	479.32	466.01	453.42
PESO DEL TARRO gr	156.68	119.54	25.81	73.69	105.11	72.89	142.10	97.35	15.37
% DE HUMEDAD %	23.08	23.28	23.27	24.46	24.39	25.05	27.32	27.80	28.28
DENSIDAD SECA gr/cm3	1.47	1.46	1.47	1.45	1.44	1.45	1.39	1.40	1.39
<b>ENSAYO DE COMPRESION</b>									
EDAD dias	7	7	7	7	7	7	7	7	7
DIAMETRO PROMEDIO mm	71.2	71.1	71.2	72.1	72.0	72.0	71.8	71.1	70.9
ALTURA mm	140.7	142.1	141.7	142.1	140.9	140.7	140.7	140.1	141.3
RELACION H/D	1.98	2.00	1.99	1.97	1.96	1.95	1.96	1.97	1.99
FACTOR DE CORRECCION	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
LECTURA DE ENSAYO kN	4.6	4.6	4.9	10.1	10.8	10.8	17.0	16.4	16.3
RESISTENCIA FC kg/cm2	11.6	11.9	12.4	25.1	26.9	26.9	42.6	41.9	42.0
<b>RESISTENCIA PROM kg/cm2</b>	12.0			26.3			42.2		
<b>RESISTENCIA PROM MPa</b>	1.2			2.6			4.1		

CONTENIDO DE ADITIVO VS RESISTENCIA



KENNY HUAMANI GAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
- GEOTECNIA Y CONCRETO -

---

**ANEXO 1.4**  
**ENSAYOS DE**  
**LABORATORIO**  
**KM 11+500**

  
KENNY HUAMANI CAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP Nº 110933  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO

---



## LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"  
 Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007  
 Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES  
 Exploración : SUBRASANTE KM 11+500  
 Estrato / Nivel : MATERIAL PROPIO

Región/Provinc : AYACUCHO / LA MAR  
 Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA  
 Fecha : MAYO DEL 2022

### DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)

	RECIPIENTE	Nº	198	178		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	36.669	36.740		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	34.749	34.809		
3	PESO RECIPIENTE	gr	26.948	26.540		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	1.92	1.93		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	7.80	8.27		
6	HUMEDAD	%	24.61%	23.35%		

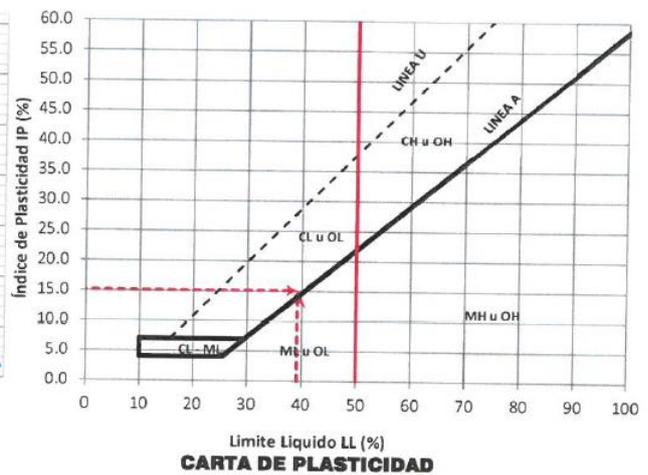
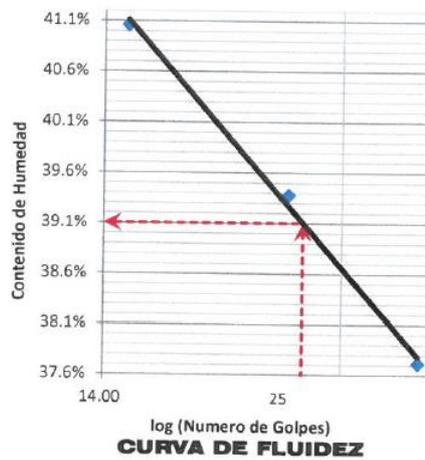
**LIMITE PLÁSTICO** % **24.0%**

### DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			49	78	126	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	42.544	41.667	41.361	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	38.220	37.393	37.077	
3	PESO RECIPIENTE	gr	26.755	26.540	26.642	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	4.324	4.274	4.284	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	11.465	10.853	10.434	
6	HUMEDAD	%	37.72%	39.38%	41.06%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	24	15	

**LIMITE LIQUIDO** % **39.1%**

**ÍNDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 15.1%**



KENNY HUAMANI GAMARRA  
 INGENIERO CIVIL  
 R.P. N° 120043  
 AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+500

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

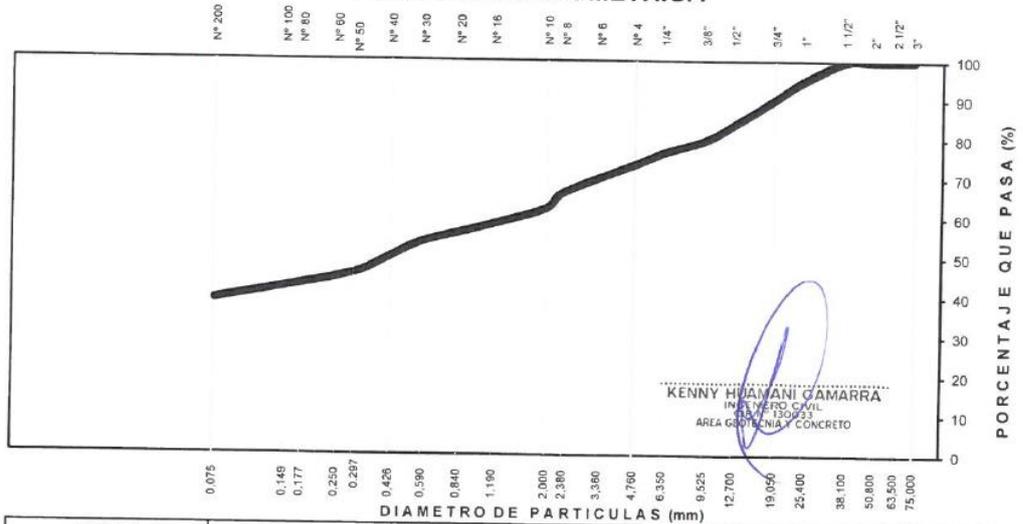
Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
						ENSAYOS ESTANDAR	
3"	75.000	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr) 4523.6	
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr) 2753.5	
2"	50.800	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr) 1770.1	
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Humedad (%) 13.14	
1"	25.400	222.46	4.92	4.92	95.08	% Grava 26.5	
3/4"	19.000	222.98	4.93	9.85	90.15	% Grava gruesa 9.8	
1/2"	12.700	291.49	6.44	16.29	83.71	% Grava fina 16.6	
3/8"	9.500	184.84	4.09	20.38	79.62	% Arena 34.4	
1/4"	6.350	135.31	2.99	23.37	76.63	% Arena gruesa 11.1	
N° 4	4.760	140.11	3.10	26.47	73.53	% Arena media 12.4	
N° 8	2.360	320.46	7.08	33.55	66.45	% Arena fina 10.9	
N° 10	2.000	183.79	4.06	37.61	62.39	% de Finos 39.1	
N° 16	1.100	203.49	4.50	42.11	57.89	D <sub>10</sub> = D <sub>60(mm)</sub> = 0.0192	
N° 30	0.590	181.89	4.02	46.13	53.87	D <sub>30(mm)</sub> = 0.0575	
N° 40	0.425	174.88	3.87	50.00	50.00	D <sub>50(mm)</sub> = 1.5224	
N° 50	0.297	191.60	4.24	54.23	45.77	Cu = -	
N° 100	0.149	159.33	3.52	57.76	42.24	Cc = -	
N° 200	0.075	140.84	3.11	60.87	39.13		
Lavado		1,770.1	-	60.87			
TOTAL		4523.6	100.0	100.00		CLASIFICACIÓN	
						AASHTO <b>A-6 (2)</b>	
						Clasificación SUCS <b>SC</b>	

### ARENA ARCILLOSA CON GRAVA

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	



## CONTENIDO DE HUMEDAD PARA SUELOS (MTC E 108)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Prov. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+500

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD

RECIPIENTE	Nº	41	22
PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,317.09	1,284.49
PESO SUELO SECO+RECIPIENTE DE LA MUESTRA	gr	1,155.44	1,119.31
PESO RECIPIENTE	gr	133.74	85.60
PESO AGUA EN LA MUESTRA	gr	161.65	165.19
PESO SECO DE LA MUESTRA	gr	1,021.70	1,033.71
HUMEDAD	%	15.8%	16.0%

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

**%**

**15.9%**

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP N° 19033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## ENSAYO DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LOS SOLIDOS DEL SUELO (MTC E 206, E 113)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+500

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4 (MTC E 206)

IDENTIFICACION		ENSAYO N°01	ENSAYO N°02	PROMEDIO
Peso en el aire de la muestra seca	gr	2174.81	2174.81	
Peso en el aire de la muestra SSS	gr	2204.07	2204.07	
Peso sumergido en agua de la muestra SSS (gr)	gr	1351.74	1351.73	
Gravedad Especifica		2.552	2.552	<b>2.552</b>
Gravedad Especifica SSS		2.586	2.586	<b>2.586</b>
Gravedad Especifica Aparente		2.642	2.642	<b>2.642</b>
% de absorción	%	1.345	1.345	<b>1.345</b>

### MATERIAL PASANTE LA MALLA N°4 (MTC E 113)

IDENTIFICACIÓN		MUESTRA 01	MUESTRA 02	PROMEDIO
Capacidad de Picnómetro	cm <sup>3</sup>	500	500	
Peso de la muestra seca	gr	96.99	96.16	
Peso de Picnómetro con la muestra y agua	gr	725.44	730.99	
Peso de Picnómetro aforado lleno de agua	gr	665.21	671.23	<b>2.638</b>
Temperatura del agua en el ensayo	°C	23	24	
Corrección por temperatura (K)		0.9993	0.9991	
Gravedad especifica de la muestra		<b>2.637</b>	<b>2.639</b>	

Porcentaje Retenido en la Malla N°4 (%)	26.5
Porcentaje que pasa la Malla N°4 (%)	73.5
<b>Gravedad especifica de los sólidos</b>	<b>2.639</b>

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 17130225  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



**CASAGRANDE**  
GEOTECNIA Y CONCRETO

## COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+500

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA		<b>METODO C</b>	
Clasificación AASHTO :	A-6 (2)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 56	
% Retenido acumulado malla N° 4 :	26.5	Material Pasante a usar	PASA 3/4	"
% Retenido acumulado malla 3/8" :	20.4	Molde (Pulg)	6	Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	9.8	Peso Molde (gr) :	4105.00	Vol.(cm3) : 939.81

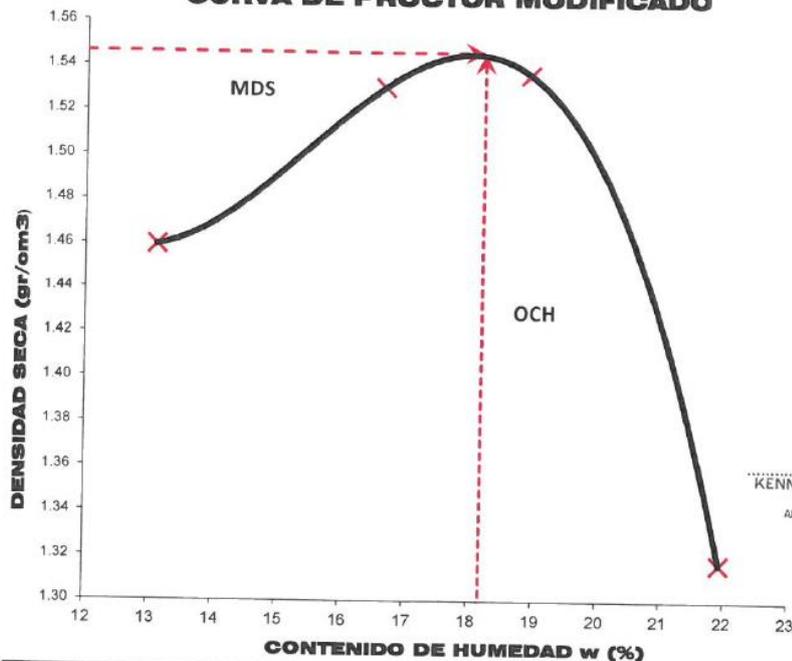
### ENSAYO DE COMPACTACIÓN

Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	5,657	5,783	5,822	5,614
Peso de la muestra compactada	gr	1,551.6	1,677.7	1,716.8	1,509.2
Densidad húmeda	gr/cc	1.65	1.79	1.83	1.61
<b>Densidad seca</b>	<b>gr/cc</b>	<b>1.46</b>	<b>1.53</b>	<b>1.54</b>	<b>1.32</b>

### CONTENIDO DE HUMEDAD

Tarro N°		25.0	50.0	45.0	73.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	549.79	737.82	547.35	673.87
Peso de tarro + suelo seco	gr	493.75	641.79	470.04	564.82
Peso del tarro	gr	66.35	65.09	61.21	67.80
Peso del agua	gr	56.04	96.03	77.31	109.06
Peso del suelo seco	gr	427.41	576.71	408.83	497.01
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>13.11</b>	<b>16.65</b>	<b>18.91</b>	<b>21.94</b>

### CURVA DE PROCTOR MODIFICADO



OCH Óptimo Contenido de Humedad (%)
<b>18.20</b>
MDS Máxima Densidad Seca (tn/m <sup>3</sup> )
<b>1.546</b>

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
N° 130933  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



CASAGRANDE  
CONSULTORIA Y CONCRETO

**CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)**

Página 1 de 2

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provi : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+500

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

COMPACTACION DEL CBR											
MOLDE Nº	35			30			39				
CAPAS Nº	5			5			5				
GOLPES POR CAPA	56			26			12				
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO				
PESO MOLDE+S. HÚM. gr	11,528			11,323			11,088				
PESO DEL MOLDE gr	7,677.00			7,684.00			7,575.00				
PESO SUELO HÚM. gr	3,851.00			3,639.00			3,513.00				
VOLUMEN DEL MOLDE cm3	2,105.77			2,116.40			2,100.59				
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm3	1.83			1.72			1.67				
DENSIDAD SECA gr/cm3	1.55			1.46			1.42				
Contenido de Humedad	Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final
TARRO Nº	Nro.	359	118	313	359	118	337	359	118	315	
TARRO+SUELO HÚM.	gr	701.7	702.3	772.3	701.7	702.3	684.1	701.7	702.3	831.4	
TARRO+SUELO SECO	gr	614.1	598.1	652.4	614.1	598.1	587.7	614.1	598.1	606.4	
PESO DEL TARRO	gr	131.16	23.22	65.04	131.16	23.22	136.50	131.16	23.22	67.20	
% DE HUMEDAD	%	18.14	18.13	20.41	18.14	18.13	21.37	18.14	18.13	23.42	
HUMEDAD	%	18.13		20.41	18.13		21.37	18.13		23.42	
ABSORCIÓN	%	2.28			3.24			5.29			
EXPANSIÓN											
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
		mm	%		mm	%		mm	%		
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%		
4	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%	0.03	127.03	0.02%		
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE			
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.630	0.025	0.18	0.18	0.10	0.21	0.21	0.11	0.28	0.28	0.14	
1.270	0.050	0.49	0.49	0.26	0.54	0.54	0.28	0.69	0.69	0.35	
1.900	0.075	0.89	0.89	0.46	0.84	0.84	0.43	0.97	0.97	0.50	
2.540	0.100	6.9	1.32	1.32	1.13	1.13	0.58	1.16	1.16	0.60	
3.170	0.125	1.73	1.73	0.89	1.39	1.39	0.72	1.33	1.33	0.69	
3.810	0.150	2.10	2.10	1.09	1.60	1.60	0.83	1.48	1.48	0.76	
4.445	0.175	2.46	2.46	1.27	1.82	1.82	0.94	1.61	1.61	0.83	
5.080	0.200	10.35	2.78	2.78	2.02	2.02	1.04	1.73	1.73	0.90	
7.620	0.300	3.88	3.88	2.00	2.70	2.70	1.40	2.17	2.17	1.12	

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
MTC Nº 132633  
AREA DE TECNICIA Y CONCRETO

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Provinc. : AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+500

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : CENIZA DE HOJA DE COCA (0.0% MDS)

Fecha : MAYO DEL 2022

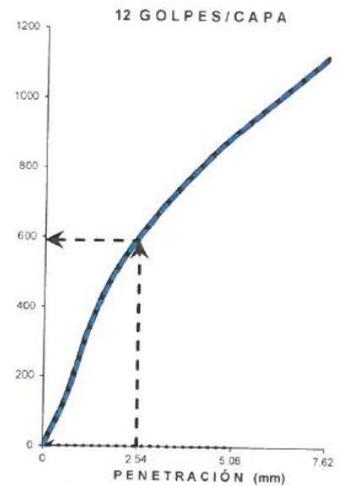
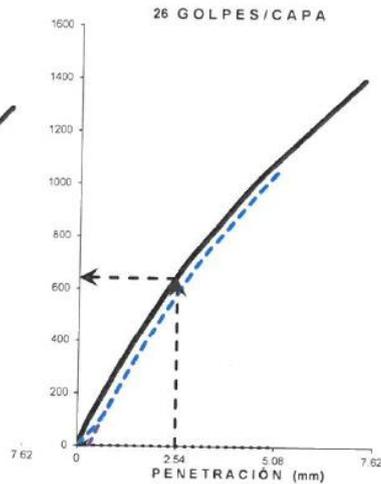
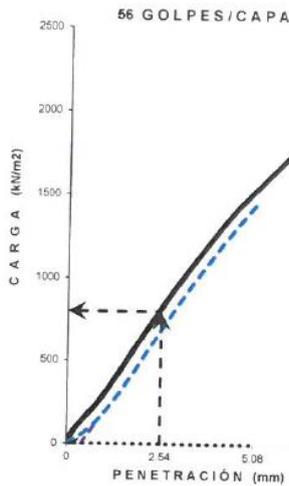
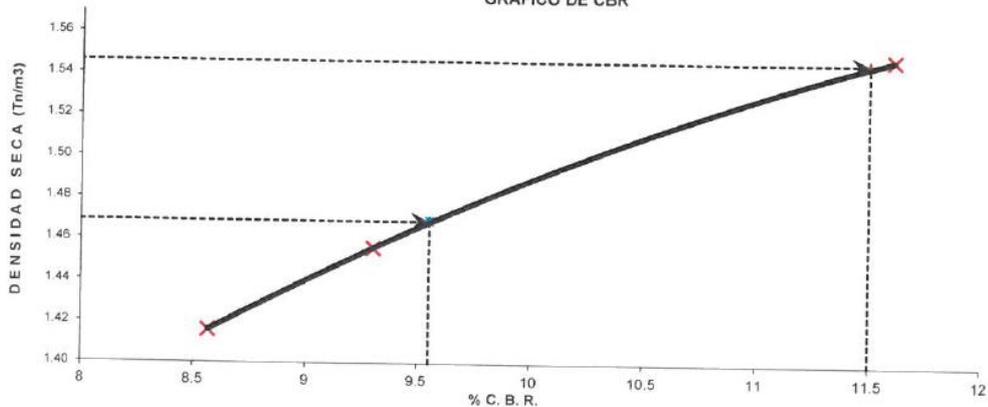
**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	AASHTO :	A-6 (2)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m <sup>3</sup> ) :	1.55	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	18.20	
% Grava =	26.5	% Arena =	34.4	% Finos = 39.1
			LL % =	39.1%
			LP % =	24.0%
Expansión % =	0.04%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 15.1%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1' DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1') = 11.5	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1') = 9.6	CBR AL 90% MDS = -,-
----------------------------------	-----------------------------------	----------------------

GRÁFICO DE CBR



*Kenny Huamani Gamarra*  
KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
COTY 130033  
AREA GEOTECNIA Y CONCRETO



## RESISTENCIA A LA COMPRESION DE PROBETAS DE SUELO METODO B (MTC E 1103, MTC E 1101)

Proyecto : "INFLUENCIA DE CENIZAS DE HOJA DE COCA EN EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE DE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA, SANTA ROSA, 2022"

Trazabilidad : INFORME 001-2022/CG-CON-22-O-007

Región/Pro: AYACUCHO / LA MAR

Solicitante : BRUNO ELOY CAZORLA PAREDES

Distrito : SANTA ROSA-LORCOLLA

Exploración : SUBRASANTE KM 11+500

Lugar : SANTA ROSA-LORCOLLA

Estrato/Nivel : MATERIAL PROPIO

Fecha : MAYO DEL 2022

### DATOS DE LA MUESTRA

Clasificación SUCS : SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA

Clasificación AASHTO : A-6 (2) MDS = 1.55 gr/cm3 OCH = 18.20 %

% Retenido acumulado malla N° 4 : 26.47 % Pasa acumulado malla N° 4 : 73.53

### DATOS DEL MOLDEO

PORCENTAJE DE ADITIVO (CENIZA DE HOJA DE COCA)		0.0								
MOLDE N°		4	5	6						
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	1,620	1,617	1,609						
PESO DEL MOLDE	gr	600.80	602.40	601.30						
PESO SUELO HÚM.	gr	1,019.31	1,014.59	1,007.36						
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	574.45	576.52	578.56						
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	1.77	1.76	1.74						
<b>HUMEDAD</b>	TARRO Nro.	11	48	91						
TARRO+SUELO HÚM.	gr	575.65	575.03	646.09						
TARRO+SUELO SECO	gr	503.86	500.53	547.82						
PESO DEL TARRO	gr	134.72	102.78	22.19						
% DE HUMEDAD	%	19.45	18.73	18.70						
DENSIDAD SECA	gr/cm3	1.49	1.48	1.47						

### ENSAYO DE COMPRESION

EDAD	días	7	7	7						
DIAMETRO PROMEDIO	mm	72.1	72.0	72.0						
ALTURA	mm	140.7	141.6	142.1						
RELACION H/D		1.95	1.97	1.97						
FACTOR DE CORRECCION		1.00	1.00	1.00						
LECTURA DE ENSAYO	kN	3.2	3.2	3.5						
RESISTENCIA FC	kg/cm2	8.1	8.0	8.7						
RESISTENCIA PROM	kg/cm2	8.2								
RESISTENCIA PROM	MPa	0.8								

KENNY HUAMANI GAMARRA  
INGENIERO CIVIL  
CIP 130037  
AREA OPERATIVA Y CONCRETO

## Anexo 11. Panel fotográfico



**Foto 1** Plantaciones de Hoja de Coca



**Foto 2** Muestra de hoja de coca



**Foto 3** Quemado de hoja de coca



**Foto 4** Ceniza de hoja de coca



**Foto 5** Tamizado de la Ceniza de hoja de coca

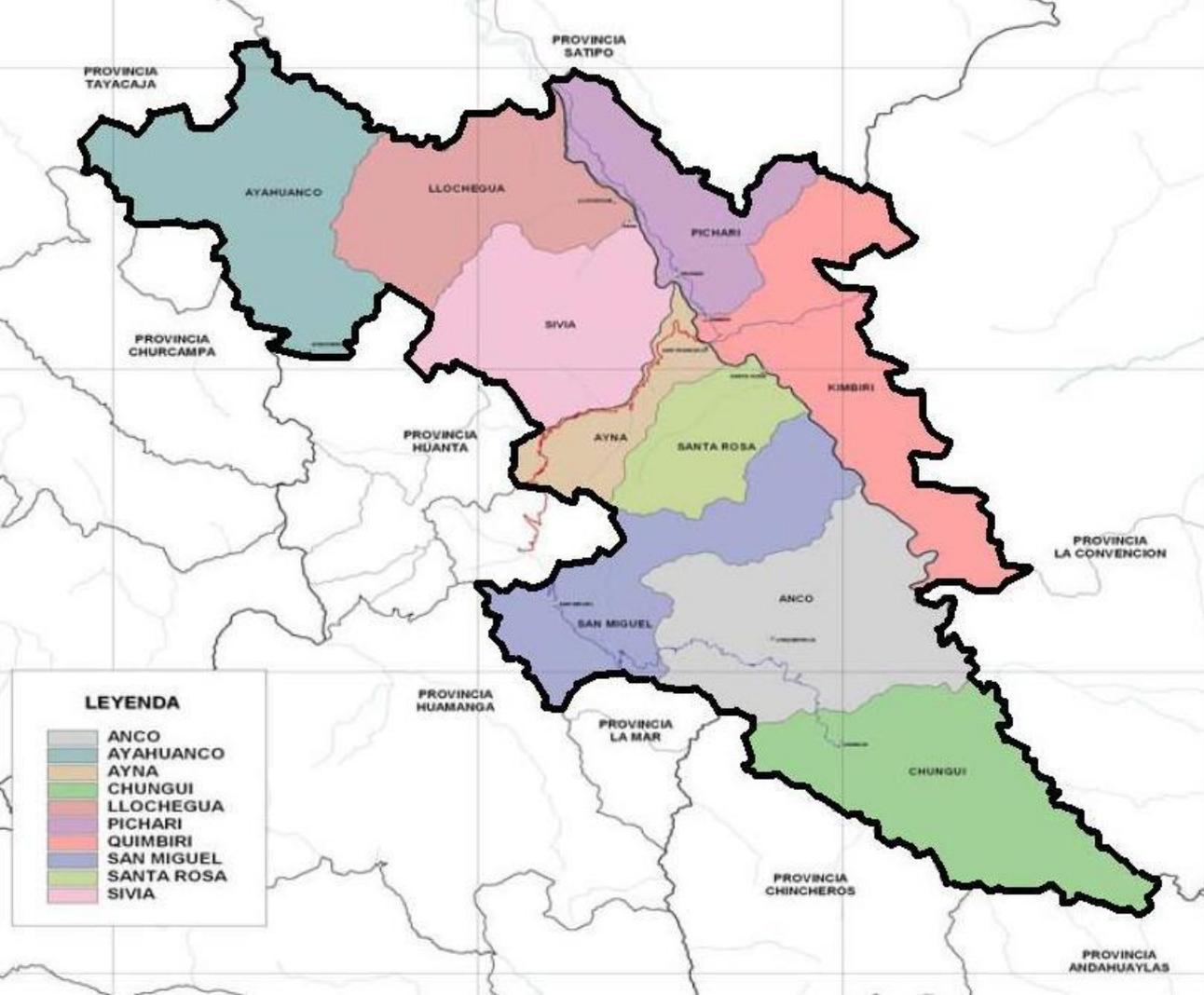


**Foto 6** Ensayo de Proctor modificado a las pruebas de control



**Foto 7** Ensayo de CBR a las pruebas de control

# PLANOS DE UBICACION Y ACCESO





Trocha carrozable  
Lorccolla  
Long= 19.4 Km



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad de los asesores**

Nosotros, VILDOSO FLORES ALEJANDRO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesores de Tesis titulada: "INFLUENCIA DE CENIZA DE HOJA DE COCA PARA MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE TIPO ARCILLOSO DE LA TROCHA CARROZABLE LORCOLLA,2022", cuyo autor es CAZORLA PAREDES BRUNO ELOY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de %, 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, asumimos 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, 27 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
VILDOSO FLORES ALEJANDRO : 10712728 <b>ORCID:</b> 0000-0003-3998-5671	Firmado electrónicamente por: AVILDOSOFL el 27- 07-2022 18:08:46

Código documento Trilce: INV - 0875587