



Universidad  
Señor de Sipán

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA  
Y URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas  
de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Cenizas de  
Carbón**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A)  
CIVIL**

**Autores:**

Bach. Ibañez Huancas Keilly Kasandra  
<https://orcid.org/0000-0001-5618-2665>  
Bach. Mera Livaque Jhan Edinson  
<https://orcid.org/0000-0003-1104-2399>

**Asesor(a):**

**Mag. Patazca Rojas Pedro Ramón**  
<https://orcid.org/0000-0001-9630-79366>

**Línea de Investigación:**

**Tecnología e Innovación en el Desarrollo de la Construcción y la  
Industria en un Contexto de Sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Innovación y Tecnificación en Ciencia de los Materiales, Diseño e  
Infraestructura**

**Pimentel – Perú**

**2023**

## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quienes suscriben la **DECLARACIÓN JURADA**, somos egresados del Programa de Estudios de la Escuela Profesional de ingeniería civil de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaramos bajo juramento que somos autores del trabajo titulado

### **ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán (CIEI USS) conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación a las citas y referencias bibliográficas, respetando al derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

|                                |               |   |
|--------------------------------|---------------|---|
| Ibañez Huancas Keilly Kasandra | DNI: 73336166 |  |
| Mera Livaque Jhan Edinson      | DNI: 71919100 |  |

Pimentel, 20 de octubre de 2023

# REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Cenizas**

AUTOR

**Keilly Kasandra - Jhan Edins Ibañez Huancas - Mera Livaque**

RECuento DE PALABRAS

**9372 Words**

RECuento DE CARACTERES

**45596 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**44 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**820.3KB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 30, 2023 5:13 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 30, 2023 5:13 PM GMT-5**

## ● 20% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 19% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 12% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

## ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)
- Material citado

Resumen

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS  
SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN**

**Aprobación del jurado**

---

Mag. SALINAS VÁSQUEZ NÉSTOR RAÚL  
**Presidente del Jurado de Tesis**

---

Mag. VILLEGAS GRANADOS LUIS MARIANO  
**Secretario del Jurado de Tesis**

---

Mag. CASAS LÓPEZ ARTURO ELMER  
**Vocal del Jurado de Tesis**

## **Dedicatoria**

Dedicamos esta tesis a nuestros padres, por formarnos con muchos valores logrando con nosotros formar personas de bien, por ser nuestra motivación principal para poder alcanzar este logro muy importante en nuestras vidas.

**Ibañez Huancas, Keilly Kasandra**

**Mera Livaque, Jhan Edinson**

## **Agradecimientos**

Primero y, antes que nada, dar gracias a Dios, por estar con nosotros en cada paso que damos, por fortalecer nuestros corazones e iluminar nuestra mente y por haber puesto en nuestro camino a aquellas personas que han sido nuestro soporte y compañía durante todo el periodo de estudio.

Agradecer hoy y siempre a nuestra familia por el esfuerzo realizado por ellos. El apoyo en nuestros estudios, de ser así no hubiese sido posible. A nuestros padres y familiares ya que nos brindaron el apoyo, la alegría y nos dan la fortaleza necesaria para seguir adelante. Un agradecimiento especial al Ing. Patazca Rojas Pedro Ramon, por la colaboración, por la paciencia, apoyo y sobre todo por sus enseñanzas.

**Ibañez Huancas, Keilly Kasandra**

**Mera Livaque, Jhan Edinson**

## ÍNDICE

|   |      |
|---|------|
| Dedicatoria.....  | V    |
| Agradecimientos .....   | VI   |
| Índice de tablas.....   | VIII |
| Índice de figuras.....  | IX   |
| Resumen .....   | XI   |
| Abstract.....   | XII  |
| I. INTRODUCCIÓN .....   | 13   |
| 1.1 Realidad problemática .....   | 13   |
| 1.2 Formulación del problema.....   | 19   |
| 1.3 Hipótesis.....  | 19   |
| 1.4 Objetivos.....  | 20   |
| 1.5 Teoría relacionada.....   | 20   |
| II. MATERIALES Y MÉTODO .....   | 26   |
| 2.1 Tipo y Diseño de Investigación .....  | 26   |
| 2.2 Variables, Operacionalización.....  | 27   |
| 2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección.....         | 30   |
| 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad..... | 32   |
| 2.5 Procedimiento de análisis de datos.....                                       | 32   |
| 2.6 Criterios éticos .....  | 38   |
| III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....   | 39   |
| 3.1 Resultados.....   | 39   |
| 3.2 Discusiones .....   | 55   |
| IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....   | 59   |
| 4.1 Conclusiones .....  | 59   |
| 4.2 Recomendaciones .....   | 60   |
| REFERENCIAS .....   | 61   |
| ANEXOS.....   | 65   |

## Índice de tablas

|              |  |    |
|--------------|--|----|
| Tabla I .    | Propiedades del suelo .....                                  | 21 |
| Tabla II .   | Propiedades químicas de la ceniza .....                      | 25 |
| Tabla III .  | Operacionalización de variable Dependiente.....              | 28 |
| Tabla IV .   | Operacionalización de variable Independiente .....           | 29 |
| Tabla V .    | Ensayos mecánica de suelos .....                             | 31 |
| Tabla VI .   | Propiedades físicas de la ceniza de carbón.....              | 40 |
| Tabla VII .  | Composiciones químicas del carbón según su temperatura ..... | 42 |
| Tabla VIII . | Compactación de suelos.....                                  | 43 |
| Tabla IX .   | Resumen en muestra patrón .....                              | 48 |

## Índice de figuras

|                 |  |    |
|-----------------|--|----|
| <b>Fig. 1.</b>  | Tipo y clasificación del suelo. [26] .....                     | 20 |
| <b>Fig. 2.</b>  | Tipos de suelos. [28] .....                                    | 21 |
| <b>Fig. 3.</b>  | Suelos cohesivos. [30] .....                                   | 22 |
| <b>Fig. 4.</b>  | Suelos arenosos. [32] .....                                    | 22 |
| <b>Fig. 5.</b>  | Suelos arcillosos. [33] .....                                  | 23 |
| <b>Fig. 6.</b>  | Estabilización de suelos. [34] .....                           | 23 |
| <b>Fig. 7.</b>  | Carbón. [36] .....   | 24 |
| <b>Fig. 8.</b>  | Cenizas de carbón. [38] .....                                  | 24 |
| <b>Fig. 9.</b>  | Finura de Ceniza. [40] .....                                   | 25 |
| <b>Fig. 10.</b> | Diseño de investigación .....                                  | 26 |
| <b>Fig. 11.</b> | Procedimiento de las variables de estudio .....                | 33 |
| <b>Fig. 12.</b> | Quemado de carbón en ladrillera .....                          | 34 |
| <b>Fig. 13.</b> | Medición de temperatura de quemado con el pirómetro .....      | 34 |
| <b>Fig. 14.</b> | Contenido de humedad .....                                     | 35 |
| <b>Fig. 15.</b> | Lavado de muestra .....  | 35 |
| <b>Fig. 16.</b> | Sumergida la muestra .....                                     | 36 |
| <b>Fig. 17.</b> | Secado de muestras en horno .....                              | 36 |
| <b>Fig. 18.</b> | Análisis granulométrico por tamizado .....                     | 36 |
| <b>Fig. 19.</b> | Límite líquido - límite plástico e índice de plasticidad ..... | 37 |
| <b>Fig. 20.</b> | Índice de plasticidad .....                                    | 37 |
| <b>Fig. 21.</b> | Ensayo de Proctor modificado .....                             | 37 |
| <b>Fig. 22.</b> | Ensayo de CBR .....  | 38 |
| <b>Fig. 23.</b> | Calcinación de ceniza de carbón .....                          | 39 |
| <b>Fig. 24.</b> | Diferentes temperaturas de la ceniza de carbón .....           | 40 |
| <b>Fig. 25.</b> | Proceso químico en ensayos a la CC .....                       | 41 |
| <b>Fig. 26.</b> | Resumen de resultados de las diferentes temperaturas .....     | 43 |
| <b>Fig. 27.</b> | Ensayo de máxima densidad seca .....                           | 44 |
| <b>Fig. 28.</b> | Muestra de calicata con fines de evaluación .....              | 45 |
| <b>Fig. 29.</b> | Ensayo en arcilla y limo .....                                 | 45 |
| <b>Fig. 30.</b> | Ensayo contenido de humedad .....                              | 46 |
| <b>Fig. 31.</b> | Ensayo Límite de Atterberg .....                               | 46 |
| <b>Fig. 32.</b> | Ensayo de suelo natural .....                                  | 47 |
| <b>Fig. 33.</b> | Calicata 01 – CBR al 95 % .....                                | 49 |

|                 |   |    |
|-----------------|---|----|
| <b>Fig. 34.</b> | Resultado calicata 02 – CBR AL 95 % .....                 | 49 |
| <b>Fig. 35.</b> | Resultado calicata 03 – CBR AL 95 % .....                 | 50 |
| <b>Fig. 36.</b> | Resultado calicata 04 – CBR AL 95 % .....                 | 50 |
| <b>Fig. 37.</b> | Resultado calicata 05 – CBR AL 95 % .....                 | 51 |
| <b>Fig. 38.</b> | Resultado calicata 06 – CBR AL 95 % .....                 | 51 |
| <b>Fig. 39.</b> | Resultado en porcentaje óptimo en suelos arcillosos ..... | 52 |
| <b>Fig. 40.</b> | Resultado en porcentaje óptimo en suelos arenosos.....    | 53 |
| <b>Fig. 41.</b> | Comparación de resultados de suelo con CC.....            | 54 |

# **Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Cenizas de Carbón**

## **Resumen**

En la actualidad se viene suscitando el desperdicio de ceniza de carbón, en las plantas industriales y hornos artesanales, esta investigación en su objetivo realizó una comparación de resultados incluyendo ceniza de carbón como aglomerante al diseño de mezcla de los suelos arenosos y arcilloso, parte de una metodología de enfoque experimental tipo cuantitativa aplicada, ya que a través de estos ensayos se determinó el grado de comparación de ambos tipos de suelos mezclado con ceniza de carbón en porcentaje al 5 %, 10%, 15%, 20% en relación del peso total de la muestra, se realizó 6 calicatas a cielo abierto para procesos de evaluación de muestras, donde se desarrolló 54 muestras en Proctor y 54 CBR, en sus resultados mostró para suelos arenosos arrojando para calicata 01 al 5 % de ceniza de carbón dando un valor del 5.70% a diferencias de las demás muestras analizadas y para suelos arcillosos calicata 05 al 5 % de ceniza de carbón, donde arrojó un valor del 6.20% mejor porcentaje para arcilla de baja plasticidad con arena , concluyendo que el suelo arcilloso demostró más efectividad en cuanto en resistencia, demostrando así que si llego a cumplir la hipótesis planteada, generando un gran aporte en temas constructivos.

**Palabras Clave:** Suelos arenosos, suelos arcillosos, ceniza de carbón

## **Abstract**

At present, coal ash is being wasted in industrial plants and artisan ovens, this research in its objective made a comparison of results including coal ash as a binder to the design of mixture of sandy and clay soils, part of a methodology of applied quantitative type experimental approach, since through these tests it was determined the degree of comparison of both types of soils mixed with coal ash in percentage at 5%, 10%, 15%, 20% in relation to the total weight of the sample, 6 open pit pits were made for sample evaluation processes, where 54 samples were developed in Proctor and 54 CBR, in their results showed for sandy soils yielding for pit 01 to 5% coal ash giving a value of 5.70% to differences of the other analyzed samples and for clayey soils calcicata 05 to 5 % of coal ash, where it threw a value of 6.20 % better percentage for clay of low plasticity with sand, concluding that the clayey soil demonstrated more effectiveness as for resistance, demonstrating this way that if I come to fulfill the raised hypothesis, generating a great contribution in constructive subjects.

**Keywords:** Sandy soils, clayey soils, coal ash

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Realidad problemática

En el mundo se viene realizando estudios geotecnia, según Modak y Baleshwar., [1], manifiesta sobre el comportamiento de enormes balsas aplicadas sobre la muestra arcilla analizando la carga en flector y carga axial, el asentamiento que se produce en el suelo por el gran número de pilotes y espaciamientos de reducción longitudinal, por otro estudio podemos mencionar que según Modak y Baleshwar., [2], refieren que las tensiones que se produce en el suelo por balsa y los pilotes se superponen en asentamiento y capacidad de carga originando factores que aumenta en sus propiedades de interacción al 0.950 a 1.100 consecutivamente, dentro del rango esta los elementos finitos. Cabe mencionar que estos suelos en su variedad de características ofrecen una estructura sólida. Referente a lo que acontece a nivel mundial según los estudios de Mohammed et al., [3], describen que el suelo es un tipo de estructura solida dependiendo sus propiedades que lo posee, ya que la carga axial induce a cualquier tipo de pilote, tendiendo un desplazamiento relativo del 10% de longitud, teniendo un aumento del 2.5 y 3.0 el asentamiento. Es por ello si analizamos los estudios de Jamaluddin., [4], menciona los materiales alternativos ideales para la construcción de un edificio, recalcando primeramente la estabilización del suelo generando sostenibilidad y resistencia, esta problemática esta direccionada al tratamiento del suelo, tienden a perjudicar originado un desastre en el futuro por fallas del suelo.

En temas constructivos el análisis de las propiedades que ejerce el suelo dependerá el cómo se encuentra el material ya que hay agentes químicos que dañan originando su baja resistencia al ejercer una carga sobre ella, según las investigaciones de Rivera et al., [5], mencionan que el suelo seco en adiciones del 20 % y 30 % con aglomerante ceniza volantes con un grado muy alto en carbono, mostrando una expansión del 0.59 % y contracción del 0.68 % en la diseño del suelo/cemento como demanda la normativa colombiana. Si analizamos lo que acontece den el país de los Estados Unidos donde existen una mayor parte de suelos limosos, según los estudios de Odion y Khattak [6], describen que en los años

anteriores los residuos cenizos volantes en la mezcla del suelo bajo activación alcalina, tiene forma geo polímeros y tiene la resistencia igual o mayor al del suelo estabilizado con cemento y otros estabilizadores químicos en suelos arenosos y arcillosos. Kumar y Neera., [7], hacen mención que al agregar residuo en el suelo genera un comportamiento de absorción donde aumenta según la adición que se proporciona, esto quiere decir que el efecto de la ceniza 0.2% en suelos arenosos genera un aumento en 144% al 188% Dando un efecto significativo en el diseño de mezcla.

En territorio peruano, los tipos de suelos varían sus propiedades, según las investigaciones de Labajos y Goñas., [8], menciona que el residuo de carbón vegetal, mejoran el comportamiento del suelo, se hizo una excavación de calicatas con el fin de sacar muestras para ser analizadas en el laboratorio, donde las muestras incluidas de ceniza de carbón son al 15% 20% y 25% otorgando una mejora del suelo estabilizado con fines de pavimentación. Cabe mencionar que Azzaz et al., [9], menciona que utilizar residuos como aditivo aglomerante al suelo brinda propiedades únicas, mientras que el PH tiene un contienen de ceniza de carbón otorgando rendimiento y disponibilidad del suelo. Por último, contexto Gupta et al., [10], menciona como aporte en lo que acontece en la realidad, que el carbón tiene una sustancia beneficiable al volverse ceniza arrojando un alto valor en sílice mejorando la estabilidad del suelo.

Silva et al., [11], en su investigación “Efecto de la adición de residuos de construcción y demolición (RCD) sobre las propiedades hidromecánicas de un suelo arenoso-arcilloso”, plantearon como objetivo evaluar el efecto que tiene los agregados reciclados sobre las propiedades del suelo arcilloso y arenosos, mostraron una metodología experimental donde se aplicó una dosificación del 10%, 20%, 30% para corte directo, en sus principales resultados muestra que el suelo utilizado adicionando agregado reciclado reduce fracciones finas y plasticidad, concluyendo que el peso específico disminuye, también la humedad óptima hasta un 2 % con baja variación de peso específico, pero se mantiene en el rango de los parámetros de resistencia.

Aishwarya y Priya., [12], en su investigación “Estudio comparativo sobre el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima de un suelo arcilloso arenoso con un suelo arcilloso arenoso reforzado con basalto”, plantearon como objetivo analizar la estabilidad del suelo arenoso adicionando fibra de basalto en suelos arcilloso arenosos y suelos arcillosos, mostró una metodología donde se empleó la adición de basalto en fibras para un suelo arcilloso arenoso, donde se realizó 36 muestras distribuidas en 18 suelos arcillosos arenosos, 18 suelos arcillosos arenosos reforzado con residuo de basalto, en sus resultados utilizaron un software estadístico obteniendo  $0.0001 < 0.05$ , concluyeron que el suelo arcilloso arenoso reduce el C.H óptimo y aumenta la MDS

Mahmoud et al [13], en su investigación “Evaluación y comparación de la eliminación de APH de tres tipos de suelos (arenosos, franco limosos y arcillosos) mediante extracción con fluidos supercríticos”, plantearon como objetivo el análisis de la eliminación del APH de 3 tipos de suelos, mostraron una metodología de enfoque experimental donde muestra diferentes clases de suelo en ensayos en diferente durante el lapso de 3 ciclos en 60 minutos, en sus resultados hay una presión de 33 MPa con temperatura 75°C determinando la textura del suelo, concluyeron que el PHC F<sub>3</sub> y para los diferentes tipos de suelo no dieron buenos resultados, respecto al suelo tipo arena donde mostró buenas resistencia en su determinación.

Hania et al., [14], en su investigación “Estabilización de suelos arcillosos utilizando cenizas y escorias volcánicas activadas con álcalis”, plantearon como objetivo evaluar el efecto que produce adicionando residuos en ceniza en el suelo arcilloso con fines de estabilización, mostrando una metodología de enfoque experimental ya que busco interpretar el efecto que produce estos tipos de aglomerante a la mezcla de suelo en adiciones del 7, 14, 28 y 90 días, los resultados demostraron una coexistencia de GGBS y una baja efectividad de las mezclas activadas con álcalis, concluyeron que el GGBS/VA brinda un buen aporte para estabilización de los suelos arcillosos.

Aishwarya y Rachel., [15] en su investigación “Estudio comparativo sobre el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima de un suelo arcilloso arenoso con un suelo arcilloso arenoso reforzado con basalto”, plantearon como objetivo analizar la estabilidad del suelo arcilloso arenoso agregando fibra de basalto con fin de comparar contenido de humedad óptimo y densidad seca del suelo, mostró una metodología experimental se realizó porcentajes de 0.50% de residuo para luego incluirlas al suelo, con un total de 36 muestras, en sus resultados muestra 0.001 valor medio del MDS para suelos arcillosos y volumen aumenta en  $1.270\text{kg/m}^3$ , concluyeron que agregando estos residuos si aumenta su resistencia en contenido de humedad y MDS en su determinación.

Durán et al., [16], en su investigación “Estudio experimental del comportamiento del suelo arenosos con cenizas de carbón”, plantearon en objetivo evaluar los diferentes residuos antes de aglomerar al suelo, mostraron en su metodología experimental, tipo cuantitativa aplicada la cual evaluaron la eficaz del suelo con la arena, se realizaron características físicas en Proctor, corte directo en dosificaciones del 20%. 30%, 40% de ceniza en relación al peso seco de la muestra del suelo, en sus resultaos mostraron efecto positivo en el comportamiento mediante los ensayos correspondiente, concluyeron que al agregar dosificaciones mínimas ejerce una buena resistencia mediante este residuo ceniza de carbón.

Viera., [17], en su investigación “Aplicación de cenizas de carbón para mejorar la estabilidad de suelos arenosos, Mz. I Las Gardenias, Ancón, 2019”, planteó como objetivo determinar la dosifican de la ceniza de carbón mejorando la estabilidad de suelos arenosos, en su metodología de enfoque experimental tipo cuantitativa, ya que busca analizar que la ceniza de carbón proporcione un aumento de resistencia y trabajabilidad de la muestra, luego la muestra de suelo se añade 7 %, 14 % y 21 %, en sus resultados si llego a cumplir los resultados tomados a cada ensayo, concluyendo que al agregar 3% a la mezcla brinda su resistencia requerida

Aponte et al., [18], en su investigación “Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelos arenosos con madera y cenizas de carbón procedentes de hornos ladrilleros artesanales”, plantearon como objetivo el impacto que ocasionan al agregar residuo

de madera y ceniza de carbón al suelo arcilloso, mostrando una metodología experimental de enfoque cuantitativa, ya que busco demostrar las propiedades que ejerce el suelo en dosificaciones al 0.00%, 10.00%, 20.00%. 30.00%, 40.00% de ceniza en relación al peso seco del suelo, siendo sus resultados al 10 % de ceniza logrando una buena resistencia elevada, concluyeron que al agregar dosificaciones exactas logra un aumento de la prueba triaxial

Cañar., [19], en su investigación “Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”, planteó un objetivo de evaluar 2 tipos de suelo en diferentes propiedades adicionando CCA, mostraron una metodología experimental, tipo descriptiva, raíz de ensayos determinados se puede saber los valores reales de la muestra trabajado al 20.00 %, 23.00 %, 25.00 % de ceniza de carbón, en sus resultados una resistencia en el CBR y corte de 2 suelos diferentes, concluyendo que la CC brinda resistencias únicas ricas en sílice, determinando mejoras en la subrasante con fines de pavimentación.

Gálvez et al., [20], en su investigación “Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelo arenoso mejorado con ceniza proveniente de la quema de madera y carbón de las ladrilleras artesanales del distrito de Lurigancho, lima”, plantearon como objetivo determinar el efecto que produce al agregar este aditivo como aglomerante al diseño de muestra de suelo arcilloso, mostraron una metodología de enfoque experimental donde se realizó especímenes de 10.00%, 20.00%, 30.00% y 40.00% de CC, en sus resultados al agregar 10 % de CC alcanza buena resistencia, concluyeron que el ensayo axial CU indica una resistencia al corte y trabajabilidad mucho mayor que al resto de ensayos determinados de suelos puros.

Aponte et al., [21] en su investigación “Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelos arenosos con cenizas de madera y carbón procedentes de hornos de ladrillos artesanales”, plantearon como objetivo evaluar el efecto que causa en agregar ceniza de madera y ceniza de carbón de los hornos de ladrillera artesanales, mostró una metodología de enfoque experimental, se desarrolló propiedades físicas standard Proctor, en realización de probetas en dosificaciones al 0%, 10%, 20%, 30%, 40% en relación al total del peso del

suelo, en sus resultados mostró un 10.00% de ceniza de carbón alcanzando un mayor resistencia en comparación de la resistencia del suelo puro, concluyó que agregando estos residuos de ceniza de carbón brinda una buena resistencia al diseño de mezcla del suelo.

Gonzales., [22], en su investigación “Estudio de la influencia de la ceniza de carbón en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso con fines de pavimentación”, planteó como objetivo verificar la efectividad que produce la ceniza del carbón para una futura pavimentación, mostró una metodología de enfoque experimental la influencia que brinda estos residuos antes de ser añadido al suelo en porcentajes del 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, tratado a 600°C, en sus resultados muestra una plasticidad que redujo un 43.94%, un óptimo C.H redujo 22.65%, aumentando la MDS, concluyendo que si llego a estabilizarse mejorando la subrasante con un 20 % de ceniza de carbón.

Collantes., [23] en su investigación “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos”, plantearon como objetivo aquí la evaluación de la ceniza de carbón para dar una buena estabilización a los suelos arcillosos, mostró una metodología de enfoque experimental, ya que busca interpretar los efectos que ofrece este residuo de ceniza de carbón, con ensayo de curado, en sus resultados mostró un suelo estabilizado mediante el método Naasra, concluyó que la viabilidad empleando ceniza de carbón ejerce una buena estabilización de suelos incorporando ceniza de carbón.

Torres., [24], en su investigación “Correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos, La Victoria – Lambayeque 2019”, planteó como objetivo evaluar la actividad comportamiento del suelo arcilloso, parte de una metodología experimental donde se analizó 3 hectáreas, logrando realizar 9 calicatas para 29 muestras para análisis de estudio, en sus resultados mostró un 10% de resistencia, sobre bajo de lo normal a diferencia de los mayores del 20%, concluyeron que la categoría inactiva en el suelo puede ser tratado para fines en cimentación y pavimentación ya que se encuentra en un rango activo.

Gálvez., [25], en su investigación “Efecto de la Adición de Vidrio Pulverizado para la Estabilización de Suelos Arenosos en Subrasante”, planteó como objetivo evaluar el vidrio en texturas finas para los suelos arenosos con fines de estabilización, en su metodología de enfoque experimental se utilizó agregar 5%, 7% 9%, 11% en suelos arenosos, donde se evaluó la extracción de 6 calcitas para procesos de estudio, en sus resultados encontrados mostró un C.H de 7.54 %, 0.180 de sales, una MDS 1.90g/cm<sup>3</sup> un buen CBR al 100 % de efectividad arrojando un valor de 12.85 %, concluyendo que se logró buenos resultados para procesos de la subrasante adicionando este aditivo vidrio pulverizado.

Esta investigación está direccionada al uso del residuo ceniza de carbón para luego ser interactuado en las propiedades del suelo arenosos y arcillosos en porcentajes del 5%, 10%, 15%, 20% en la relación al peso del muestra como aditivo aglomerante, se extrajo 6 muestras de calicatas, para proceso de estudio del suelo en el laboratorio mecánica de suelos, es por ello que se viene realizando esta forma de incluir este tipo de residuo al diseño de la mezcla del suelo, muy beneficioso en el aspecto social ya que no se será arrojado al intemperie, este estudio garantiza la legitimidad del proceso con el fin de nuevos procesos constructivos con fines de pavimentación beneficiar a la región del norte.

## **1.2 Formulación del problema**

¿De qué forma beneficiará la incorporación de ceniza de carbón en porcentajes del 5%, 10%, 15%, 20% en la relación al peso de la muestra, en las propiedades mecánicas de los suelos arenosos y arcillosos?

## **1.3 Hipótesis**

El uso de la ceniza de carbón en porcentajes del 5%, 10%, 15%, 20% en la relación al peso de la muestra, brinda un efecto positivo para el mejoramiento de los suelos arenosos y arcillosos

## 1.4 Objetivos

### Objetivo general

Evaluar el comportamiento de las propiedades mecánicas de los suelos arenosos y arcillosos con ceniza de carbón

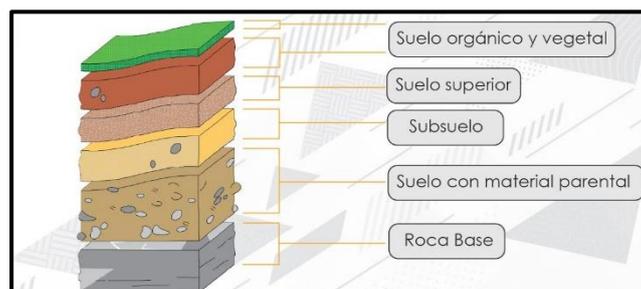
### Objetivo específico

- Analizar la mejor temperatura del proceso de quemado del carbón
- Evaluar mediante ensayos físicos químicos las propiedades que ofrece la ceniza de carbón
- Determinar las propiedades mecánicas del suelo patrón
- Evaluar las propiedades mecánicas del suelo patrón con adiciones de ceniza de carbón al 5%, 10%, 15%, 20% en la relación al peso de la muestra para los suelos arenosos y arcillosos.
- Determinar el porcentaje óptimo que arrojo mejor resultado de los suelos arenosos y arcillosos en fusión del contenido ceniza de carbón
- Comparar las características del suelo convencional versus suelo que arrojos mejores resultados con adición de ceniza de carbón.

## 1.5 Teoría relacionada

### Suelo

Es un material natural que contiene en sus propiedades microorganismo muy parental tipo estructura, ya que tiene en su biología corporal resistencia por naturaleza, la cual el suelo en combinación con otro aglomerante aumenta su presión y capacidad neta, según los estudios de Hadi et al., [26]



**Fig. 1.** Tipo y clasificación del suelo. [26]

Nota: En la figura 1 se muestra cómo se divide las capas o secciones del suelo, ya que cada textura tiene un contenido parental según su composición química que sufre el suelo, según de Hadi et al., [26].

**Tabla I .**

Propiedades del suelo

| Propiedades del suelo |               |                 |              |
|-----------------------|---------------|-----------------|--------------|
| Propiedades del suelo | Suelo arenoso | Suelo arcilloso | Suelo franco |
| Permeabilidad         | Alta          | Nula            | Media        |
| Retención de agua     | Poca          | Mucha           | Media        |
| Aireación             | Buena         | Mala            | Buena        |
| Nutrientes            | Pocos         | Muchos          | Medio - Alto |
| Tamaño partículas     | Medio         | Muy fina        | Finas        |

Nota: Se puede apreciar en la tabla 1 las propiedades según el suelo evaluado arrojando en cada una composición de rango favorable y desfavorable como se muestra en su determinación, según Siddique et al., [27].



**Fig. 2.** Tipos de suelos. [28]

Nota: Existen un fin de diferentes tipos de suelo la cual tiene las condiciones diferentes y resistencias diferentes según las propiedades que ejercen se encuentra como suelos grava, arcillosos, arenosos, suelo común, limoso según Suelos cohesivos

Es llamado así por sus propiedades en finos y limo, por su textura uniforme y tamaño en arcilla amas del 50 % en granos muy fino. Baja la resistencia y tiende a deformarse en partículas adherente, según las investigaciones de Waheed et al., [29].



**Fig. 3.** Suelos cohesivos. [30]

#### Suelos arenosos

Son suelos de textura granular con diámetro de 50cm de profundidad y retienen poco nutriente gracias a su retención  $H_2O$ , tiende a tener un dimensionamiento del 0.4250 mm para suelos arenosos, según los estudios de Khattak y Odion., [31]



**Fig. 4.** Suelos arenosos. [32]

#### Suelos arcillosos

Los suelos arcillosos presentan una estructura con partículas de dimensión muy pequeñas, pero un elevado grado en masa arcilla en 45.00%, en masa limo un 30.00%, y arena un 25.00%, por ende, podemos mencionar que tienen en sus propiedades factores de aireación catalogados como suelos de baja trabajabilidad por su viscosidad alcanzando la resistencia adecuada, según los estudios de (Singh y Modak., [33].



**Fig. 5.** Suelos arcillosos. [33]

#### Estabilización de suelos

El proceso indica la resistencia que transcurre en el tiempo a largo plazo, garantizando incrementar la capacidad del corte y carga a la resistencia, la estabilidad tiene un proceso de resistencia a deformación con el objetivo de disminuir gradualmente provocado por el agua, cambios bruscos en volumen rotundamente, según las investigaciones de Modak y Baleshwar., [34].



**Fig. 6.** Estabilización de suelos. [34]

Nota: Según la normativa ASTM D 6276, se determina la cantidad de material para que se utiliza al suelo y hacer una correcta compactación para que en el transcurso del tiempo no bajo su resistencia en su determinación, según Modak y Baleshwar., [34].

Carbón

Virendra et al., [35], refiere que el carbón es una muestra organogenia de color único negro por su derivado del planta vegetal o mineral en lo que caso requiera, cabe mencionar que en gran parte del mundo su necesidad es del 41% para procesos de generar electricidad, gracias a sus propiedades del hidrogeno, azufre y nitrógeno.



**Fig. 7.** Carbón. [36]

#### Cenizas de carbón

Hongxu et al., [37], refiere que la derivación del carbón en altas temperaturas ejercen una composición llamada ceniza, la cual según la norma peruana tiene de tener una dimensión de 0.075mm la cual al ser procesada tendría que pasar por la malla 200 para su respectiva evaluación química, es por ello que estas ceniza ejercen un propiedad única en material puzolánica que beneficia como aglomerante al diseño de cualquier mezcla tanto en concreto, mortero o fines correspondiente.

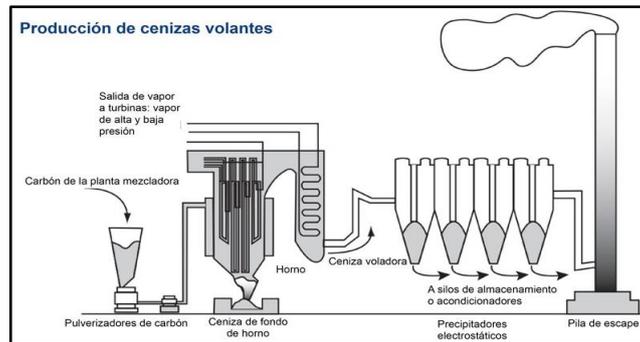


**Fig. 8.** Cenizas de carbón. [38]

#### Finura de Ceniza

Mohammadi et al., [39], refiere que el carbón tiene a parecerse al cemento por sus propiedades que o ejerce en finura, los átomos de dimensionamiento muy pequeños que tiene

como características proporcionar a la mezcla residencias únicas que ayudan en su desempeño.



**Fig. 9.** Finura de Ceniza. [40]

### Materiales puzolánicos

Li et al., [41], nos menciona según la norma y grupos estipulados, referente a las propiedades que ejerce estos materiales puzolánicos como se demuestra a continuación:

**Tabla II .**

#### Propiedades químicas de la ceniza

| Composición Química         | Grupos |     |     |
|-----------------------------|--------|-----|-----|
|                             | N      | F   | C   |
| Silicio + Aluminio + Hierro | 70     | 70  | 50  |
| Trióxido de azufre          | 4.0    | 5.0 | 5.0 |
| Contenido humedad           | 3.0    | 3.0 | 3.0 |
| Perdida calcinación         | 10.0   | 6.0 | 6.0 |

Nota: Las composiciones químicas se dividen por grupos según la norma estipulada, según Wos et al., [42].

### Según la norma definen 3 diferentes tipos de ceniza y su clasificación

Clase N: Puzolanas naturales cruda o calcinadas a temperaturas elevadas.

Clase F: CBA A temperaturas diferentes antártico o bituminoso esta clase de ceniza tiende a tener puzolánas rica en sílice que puede incluir como aglomerante ya que su aspecto, textura y propiedades tipo cementantes ayudan como aditivo.

Clase C: Este tipo de ceniza tipo cementicos posee propiedades puzolanas.

## II. MATERIALES Y MÉTODO

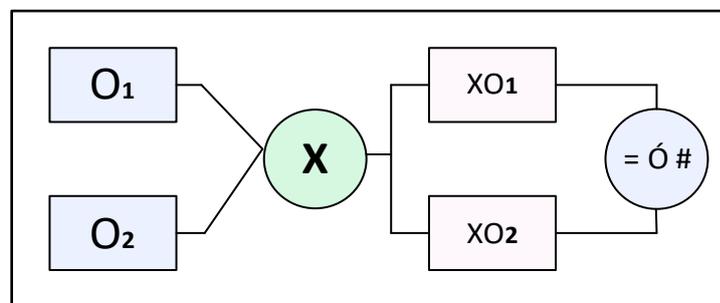
### 2.1 Tipo y Diseño de Investigación

#### Tipo de investigación

Hernández., [43], menciona en su investigación de enfoque cuantitativa tipo aplicada que a través de ello se puede describir de forma específica los resultados obtenidos. Es por ello que esta investigación se ve reflejado en un enfoque cuantitativa – Aplicativa ya que a través de ensayos correspondiente determina resultados categóricos, aplicado en la tecnología que busca conocimientos novedosos al interactuar las variables de estudio que emplea en la hipótesis plasmada.

#### Diseño de investigación

Hernández., [43], da mención de tipo experimental, ya que interactúa con las variables de estudio, por ende, esta investigación es de enfoque experimental donde mediante ensayos de mecánica de suelo intenta llegar a un resultado, con el cual está relacionado con la variable para poder llegar a la hipótesis planteada en el estudio.



**Fig. 10.** Diseño de investigación

Donde:

O<sub>1</sub>: suelos arenosos

O<sub>2</sub>: suelos arcillosos

X: aplicación de cenizas de carbón

XO: Muestra en combinación

= Ó #: análisis comparativo experimental

## **2.2 Variables, Operacionalización**

Dependiente:

Suelos arenosos y arcillosos

Independiente:

Ceniza de carbón

**Tabla III .**

Operacionalización de variable Dependiente

| Variable de estudio                                   | Definición conceptual  | Definición operacional  | Dimensiones                                  | Indicadores   | Ítems                | Instrumentos                             | Tipo de variable | Escalade medición |
|---|--|---|--|---|----------------------|--|------------------|-------------------|
| Propiedad mecánica de los suelos arenosos y arcilloso | El suelo es una parte superficial de la corteza terrestre, constituida por la desintegración física y químicas de las rocas. | El suelo es una estructura uniforme, según la muestra en suelo arenoso o suelo arcilloso cumpliendo su función como estructura con fines de pavimentación | Ensayos físicos de las propiedades del suelo | Extracción de muestras                              | kg                   | Guías de análisis documento / plantillas | Dependiente      | Razón             |
|   |  |   |  | Dimensionamiento                                    | kg/cm <sup>2</sup>   |  |                  |                   |
|   |  |   |  | Análisis granulométrico                             | mm                   |  |                  |                   |
|   |  |   |  | Contenido de humedad                                | %                    |  |                  |                   |
|   |  |   |  | Ensayos mecánicos de los suelos arenoso y arcilloso | Límites de atterberg |  |                  |                   |
| Proctor modificado                                    | CBR  |   |  |   |                      |  |                  |                   |

**Tabla IV .**

Operacionalización de variable Independiente

| Variable de estudio               | Definición conceptual   | Dimensiones operacionales   | Dimensiones  | Indicadores   | Ítems  | Instrumentos                                     | Tipo de variable             | Escala de medición |
|-----------------------------------|---|---|--|---|--|--|------------------------------|--------------------|
| Evaluación de la ceniza de carbón | La ceniza de carbón es un desperdicio que resulta de la quema del carbón a niveles muy tóxicos en su descomposición | La ceniza de carbón, es un residuo que brinda una dosificación rica en sílice que al momento de interactuar con el suelo proporciona una resistencia requerida. | Hornos   | 850<br>900<br>950<br>1000   |  |  |                              | Ordinal            |
|                                   |   |   | Análisis químico del carbón                              | Analítica de caliza   | SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Observación y Análisis de documentos/ plantillas | Independiente / experimental | Variable numérica  |
|                                   |   |   | Porcentajes de ceniza de carbón                          | 5<br>10<br>15<br>20   | %  |  |                              |                    |
|                                   |   |   | Ensayos mecánicos del suelo adicionando ceniza de carbón | Contenido de humedad<br>Límites de atterberg<br>Proctor modificado<br>CBR | cm   |  |                              | Razón              |

## **2.3 Población de estudio, muestra, muestreo y criterios de selección**

### **Población**

Comprende los ensayos involucrados en el proceso de mecánicas de suelo, desde la extracción de la muestra de 6 calicatas, un total de 3 kilómetros, con el propósito de estudiar sus propiedades antes de incluir la CC como aditivo en porcentajes 5%, 10%, 15%, 20%, realizando 54 Proctor modificado y 54 CBR, según la norma vigente.

### **Muestra**

Se extrajo muestra de cada calicata de profundidad 1.50 mts encontrando variedad de características y propiedades en arena y arcilla. Se realizó ensayos en contenido de humedad de humedad con 6, Análisis granulométrico 6, límites de Atterberg 18, contenido de sales 6, clasificación de suelos SUCS 6, Clasificación de suelos AASHTO 6, Proctor modificado 54, CBR 54, para determinar cada resistencia determinada.

**Tabla V .**  
Ensayos mecánica de suelos

| Ensayo                         | Uso                 | Norma técnica       | Descripción de ensayos                           | Muestras |
|--------------------------------|---------------------|---------------------|--|----------|
| Contenido de humedad           | Clasificación       | 339.127 ASTM D 2216 | Hallar la humedad del suelo                      | 6        |
| Análisis Granulométrico        | Clasificación       | 339.128 ASTM D 422  | Tamaño de las partículas del suelo               | 6        |
| límite líquido                 | Clasificación       | 339.129 ASTM D 4318 | Contenido entre los estados líquido y plásticos. | 6        |
| límite plástico                | Clasificación       | 339.129 ASTM D 4318 | Contenido en estados plásticos y semi sólidos.   | 6        |
| Contenido de sales solubles    | Clasificación       | 339.152 ASTM D 1888 | Mezcla de elementos Químicos                     | 6        |
| Clasificación de Suelos SUCS   | Clasificación       | 339.134 ASTM D 2487 | Clasificación de suelos                          | 6        |
| Clasificación de Suelos AASHTO | Clasificación       | 339.135 ASTM M 145  | Divide los suelos inorgánicos en grupos          | 6        |
| Proctor Modificado             | Compactación        | 339.141 ASTM D 1557 | Determina un óptimo contenido de humedad         | 54       |
| California Bearing Ratio CBR   | Diseño de espesores | 339.145 ASTM D 1883 | Determina la capacidad de soporte del suelo      | 54       |

Nota: En la tabla 5 se muestra los ensayos determinados para suelos patrón y con adiciones de ceniza de carbón en porcentajes al 5%, 10%, 15%, 20% en relación del peso total de la muestra experimental.

## **2.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

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

Permite describir proceso inductivo, inicia desde la observación y nos permite registrar la toma de datos de cada muestra analizada tanto sea en el aspecto biológico como en resistencia mecánica, según Hernández [43], menciona que el orden riguroso para poder definir o concluir parte de un objetivo y poder determinar con exactitud los estudios.

### **Instrumento de recolección de datos**

Son formatos estipulados por normativa de cada ensayo que se realiza, donde se utilizó los programas Microsoft Excel necesarios para poder determinar mediante tablas, figuras con exactitud los datos obtenidos, con ello garantiza resultados muy confiables que van a ser útil para mi sustentación al final de mi investigación.

## **2.5 Procedimiento de análisis de datos**

Cabe recalcar el procedimiento de mis variables en el proceso de investigación, mediante un flujograma detallado en la siguiente figura:

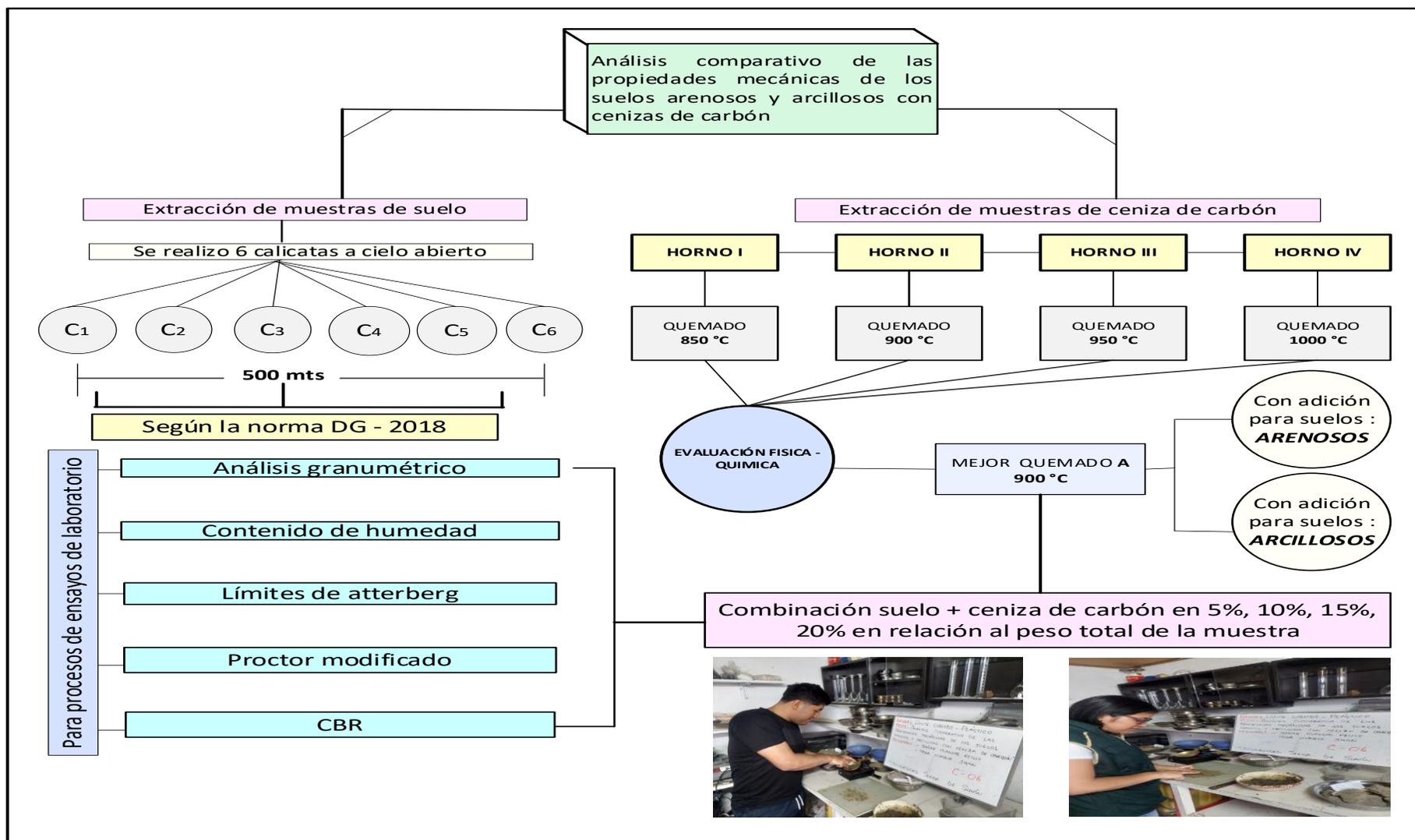


Fig. 11. Procedimiento de las variables de estudio

## Descripción del proceso

### Proceso de recolección de muestra de ceniza de carbón



**Fig. 12.** Quemado de carbón en ladrillera



**Fig. 13.** Medición de temperatura de quemado con el pirómetro

El procedimiento de las muestras y ensayos que se utilizan, se tiene los siguientes:

Clasificación de suelo:



Fig. 14. Contenido de humedad



Fig. 15. Lavado de muestra



Fig. 16. Sumergida la muestra

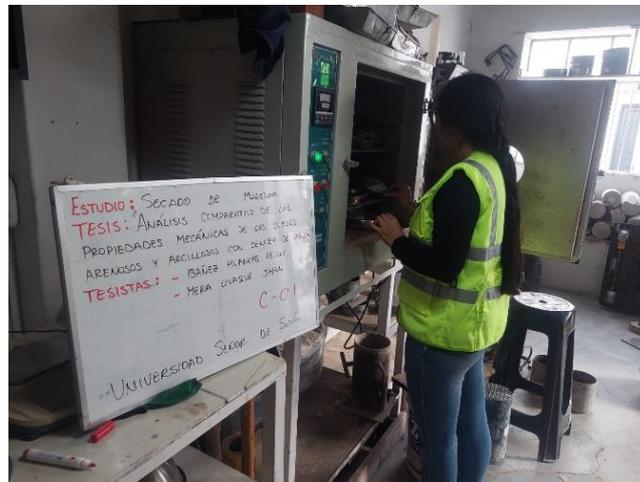


Fig. 17. Secado de muestras en horno



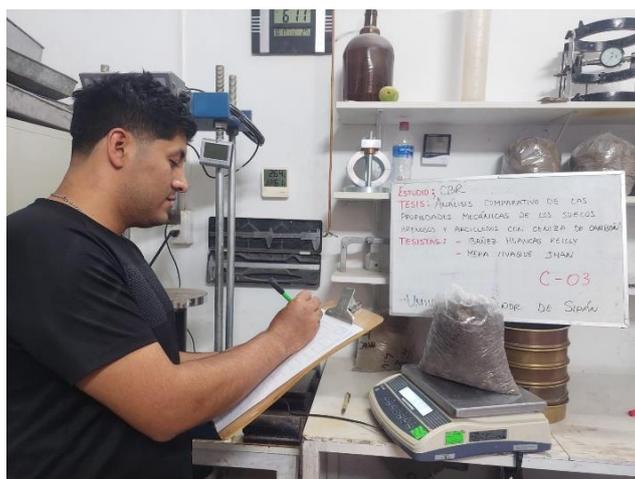
Fig. 18. Análisis granulométrico por tamizado



**Fig. 19.** Limite líquido - limite plástico e índice de plasticidad



**Fig. 20.** índice de plasticidad



**Fig. 21.** Ensayo de Proctor modificado



**Fig. 22.** Ensayo de CBR

## 2.6 Criterios éticos

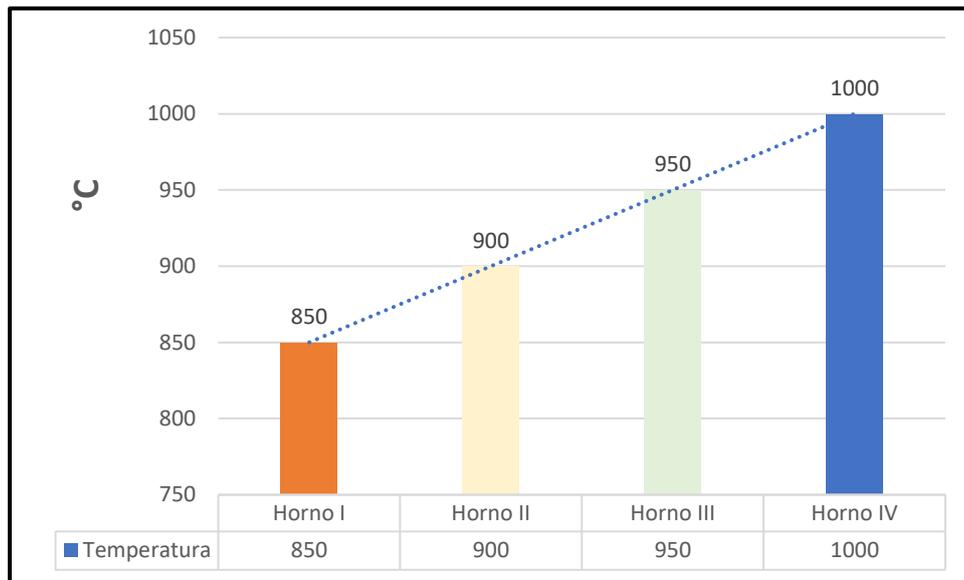
El consejo universitario., [44], haciendo uso de su atribución prescrita en los incisos 3, 5 y 19 del artículo 28° del Estatuto de la USS, acuerda aprobar la propuesta actualización del código de ética en investigación de la Universidad Señor de Sipán s.a.c. versión 8, el cual a partir de la fecha se le denominó código de ética en investigación de la Universidad Señor de Sipán s.a.c. versión 9.

**Artículo 9°:** Del Comité Institucional de Ética en Investigación El Comité Institucional de Ética en Investigación (CIEI) es una instancia institucional interdisciplinaria, con autonomía de decisión y tiene el propósito de velar por el respeto a la vida, a la naturaleza y salud de los seres vivos que participen en el proceso de investigación, de conformidad con los principios éticos acogidos por la normativa nacional e internacional, y los acuerdos suscritos por el Perú en la materia. Asimismo, investiga las denuncias de malas conductas científicas que afecten la adhesión a valores y buenas prácticas para conducir y aplicar los resultados del quehacer científico.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Resultados

Referente al primer punto objetivo específico en evaluar la mejor temperatura del proceso de quemado del carbón



**Fig. 23.** Calcinación de ceniza de carbón

Nota: Se muestra en figura 21 se aprecia los diferentes procesos de quemado de carbón comenzando de temperatura 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, con el propósito de obtener el quemado indicado para luego mandas analizar químicamente para su uso en el estudio.

**Correspondiente al segundo punto objetivo específico en evaluar mediante ensayos físicos mecánicos las propiedades que ofrece la ceniza de carbón**

En lo que respecta la parte física se tiene:

**Tabla VI .**

Propiedades físicas de la ceniza de carbón

| Muestra | Temperatura | Tamiz N° | Peso específico | Humedad | Calcinación | Color         |
|---------|-------------|----------|-----------------|---------|-------------|---------------|
| M - 1   | 850° C      | 200      | 2,2 y 2,8       | 2.14    | 3.8         | Negro oscuro  |
| M - 2   | 900° C      | 200      | 2,2 y 2,8       | 1.59    | 3           | gris claro    |
| M - 3   | 950° C      | 200      | 2,2 y 2,8       | 1.61    | 2.05        | blanco oscuro |
| M - 4   | 1000° C     | 200      | 2,2 y 2,8       | 1.55    | 1.89        | blanco claro  |

Nota: Como se evidencia en la tabla 6 los cambios de propiedades que tiende a tener la CC temperaturas de 850°C con un peso específico de 2.2 a 2.8 g/cm<sup>3</sup> con una humedad del 2.14 % y una pérdida de calcinación del 3.8, color negro oscuro, y así elevando su temperatura tiende a bajar los niveles en humedad y nivel de calcinación, posteriormente el color del material se evidenciará más su textura y uniformidad.

**Correspondiente al segundo punto objetivo específico en evaluar mediante ensayos físicos químicos las propiedades que ofrece la ceniza de carbón**

En lo que respecta la parte química en sus propiedades se tiene:



**Fig. 24.** Diferentes temperaturas de la ceniza de carbón

Nota: Para ello en la figura 22 se aprecia el nivel de temperatura en proceso de análisis con la finalidad de saber sus propiedades en  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$  para clasificar el mejor resultado en material puzolánico como demanda la norma.

**Proceso de ensayo químico CC**

con el fin de obtener el mejor  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$



**Fig. 25.** Proceso químico en ensayos a la CC

Nota: Figura 23 se evidencia procedimiento químico que se hace a la CC con el propósito saber cada uno de sus propiedades que ejercen este material.

**Tabla VII .**

Composiciones químicas del carbón según su temperatura

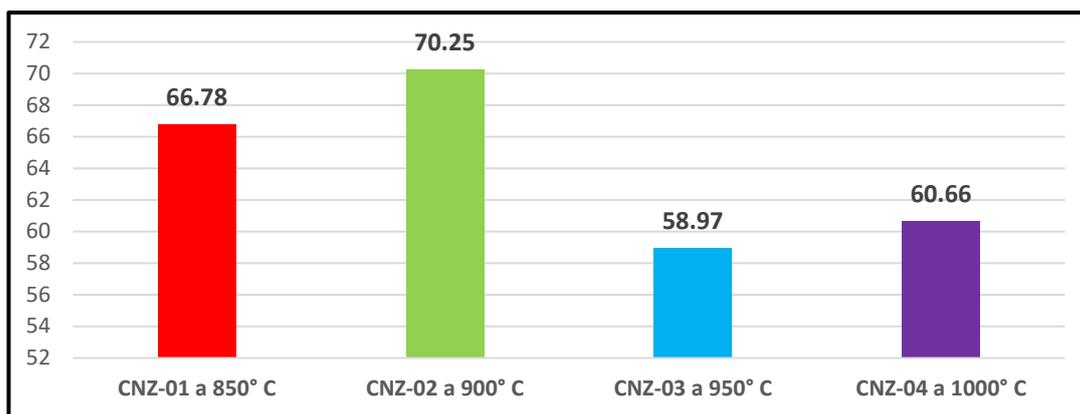
| Temperatura 850°C  | Unidades | Resultados |
|--|----------|------------|
| Humedad  | &        | 2.14       |
| Perdida por calcinación  | %        | 3.8        |
| SiO <sub>2</sub>   | %        | 47.68      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 14.95      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 4.15       |
| CaO  | %        | 11.61      |
| MgO  | ---      | 1.2        |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ---      | 66.78      |

| Temperatura 900°C  | Unidades | Resultados |
|--|----------|------------|
| Humedad  | &        | 1.59       |
| Perdida por calcinación  | %        | 3          |
| SiO <sub>2</sub>   | %        | 50.33      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 16.12      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 3.8        |
| CaO  | %        | 12.1       |
| MgO  | ---      | 1.13       |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ---      | 70.25      |

| Temperatura 950°C  | Unidades | Resultados   |
|--|----------|--------------|
| Humedad  | &        | 1.61         |
| Perdida por calcinación  | %        | <b>2.05</b>  |
| SiO <sub>2</sub>   | %        | <b>40.18</b> |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | <b>14.2</b>  |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | <b>4.59</b>  |
| CaO  | %        | <b>15.77</b> |
| MgO  | ---      | <b>1.25</b>  |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ---      | <b>58.97</b> |

| Temperatura 1000°C   | Unidades | Resultados |
|--|----------|------------|
| Humedad  | &        | 1.55       |
| Perdida por calcinación  | %        | 1.89       |
| SiO <sub>2</sub>   | %        | 41.27      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 15.38      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 4.01       |
| CaO  | %        | 14.63      |
| MgO  | ---      | 1.39       |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ---      | 60.66      |

Nota: Como se aprecia en la tabla los diferentes valores arrojados químicamente por el ensayo en determinación por caliza, muestra resultados muy categóricos describiendo en cada uno en sus componentes de **SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**, donde arrojé mejor resultado la temperatura 900°C en su determinación.



**Fig. 26.** Resumen de resultados de las diferentes temperaturas

Nota: La figura 24 muestra las temperaturas ya realizadas químicamente, donde dedujo que la temperatura de 900C es la mejor temperatura de quemado donde arrojó un valor elevado de 70.25% en  $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ , mejor composición puzolánica rica en sílice, con este resultado categórico se puede adicionar al suelo para uso como aditivo.

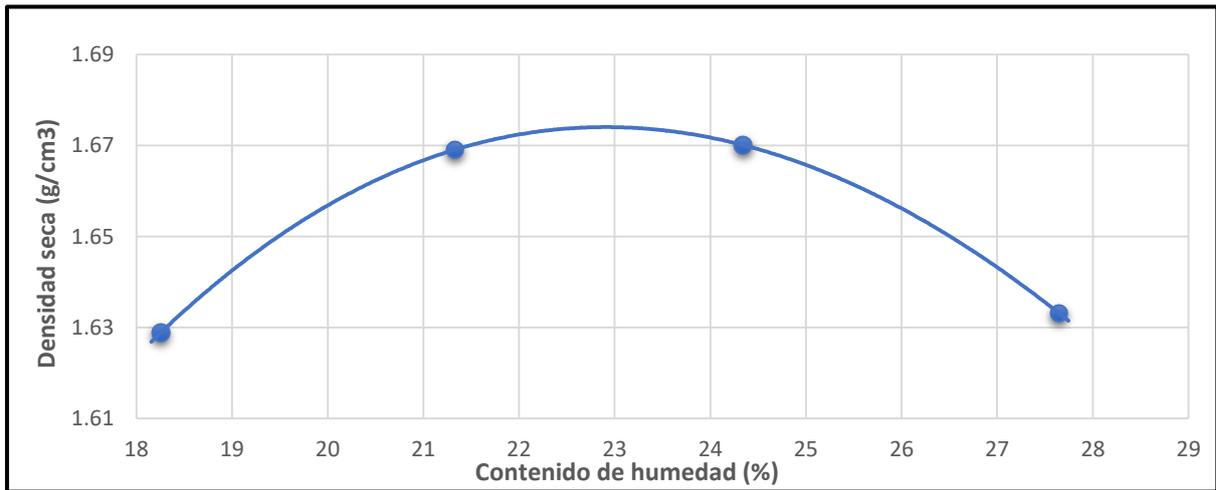
**Referente al tercer punto objetivo específico en evaluar el suelo patrón.**

**Tabla VIII .**

Compactación de suelos

|   |                      |              |              |              |              |
|---|----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1.- Peso de la muestra compactada + molde | (g)                  | 10422        | 10631        | 10740        | 10757        |
| 2.- Peso del molde                        | (g)                  | 6350         | 6350         | 6350         | 6350         |
| 3.- Volumen del molde                     | (cm <sup>3</sup> )   | 2114         | 2114         | 2114         | 2114         |
| 4.- Densidad húmeda                       | (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.926        | 2.025        | 2.077        | 2.085        |
| 5.- N.º de la tara                        |                      | 1            | 2            | 3            | 4            |
| 6.- Peso de la tara + suelo húmedo        | (g)                  | 435.5        | 432.8        | 389.2        | 426.3        |
| 7.- Peso de la tara + suelo seco          | (g)                  | 379.9        | 371.5        | 319.9        | 344.5        |
| 8.- Peso del agua                         | (g)                  | 55.6         | 61.3         | 69.3         | 81.8         |
| 9.- Peso de la tara                       | (g)                  | 75.3         | 84.1         | 35.2         | 48.6         |
| 10.- Peso de suelo seco                   | (g)                  | 304.6        | 287.4        | 284.7        | 295.9        |
| 11.- Contenido de humedad                 | (%)                  | <b>18.25</b> | <b>21.33</b> | <b>24.34</b> | <b>27.64</b> |
| 12.- Densidad seca                        | (g/cm <sup>3</sup> ) | <b>1.629</b> | <b>1.669</b> | <b>1.670</b> | <b>1.633</b> |

Nota: En la tabla 8 se realizaron excavaciones manuales realizadas con pico y pala, una excavación de 6 calicatas a 1.50 mts de altura, para procesos de análisis en laboratorio mecánica de suelos.



**Fig. 27.** Ensayo de máxima densidad seca

Nota: En la figura 25 un resultado en MDS 1.674 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad al 22.7 %.

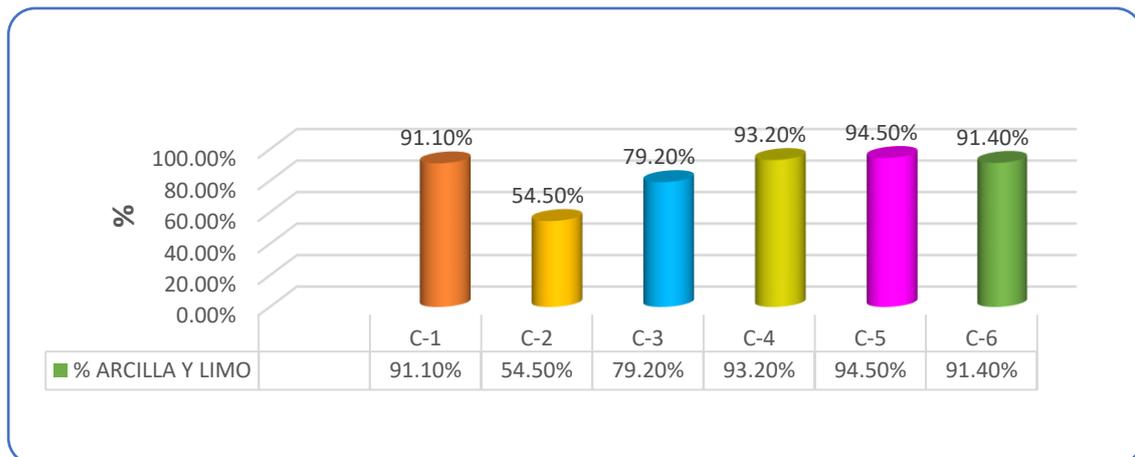
**Análisis para calicata 01 a 06**





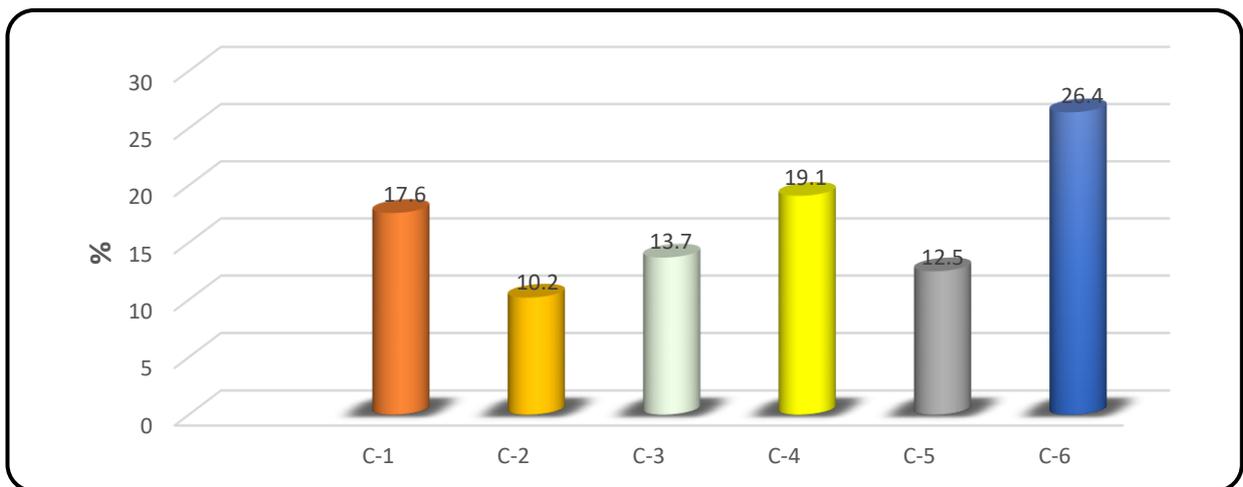
**Fig. 28.** Muestra de calicata con fines de evaluación

Nota: En las figuras 26 nos muestra las muestras de cada calicata que se ha desarrollado, según la exploración efectuada en la calicata C-02 a la C 06 muestra una misma profundidad de 1.50mts de altura, superficialmente se ha encontrado desde 1.50- 165m se encontró una capa de relleno con material parte arenosa y gran parte de arcillosa no controlado, no se encuentra saturado por lo que no presento el nivel freático.



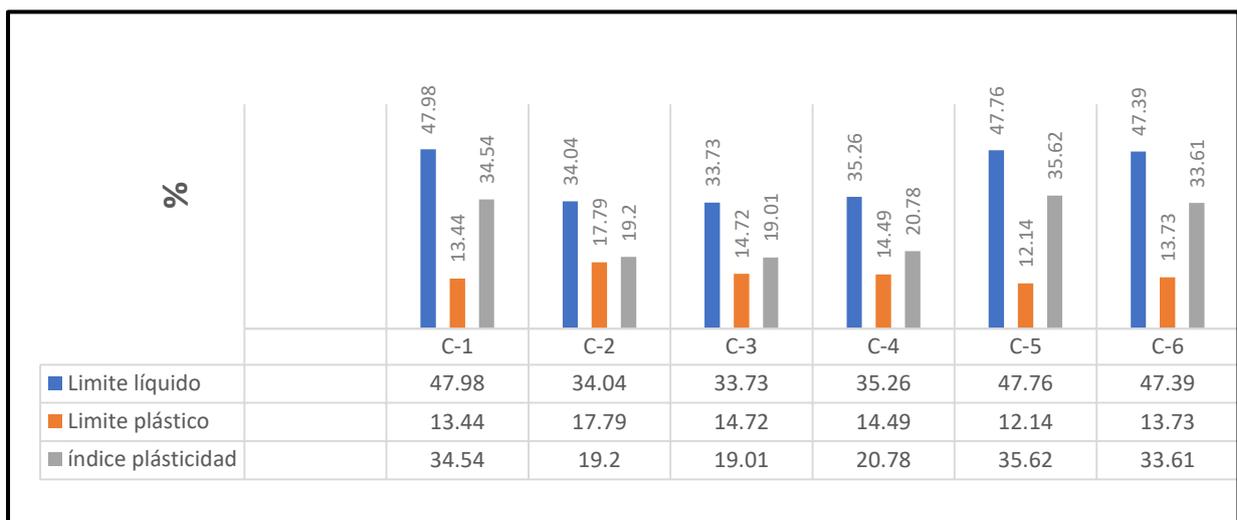
**Fig. 29.** Ensayo en arcilla y limo

Nota: En la figura 27 se observa que en calicata 1 arroja un gran porcentaje en arcilla y limo, con un valor de 91.10%, a diferencia de los demás ensayos demostrados.



**Fig. 30.** Ensayo contenido de humedad

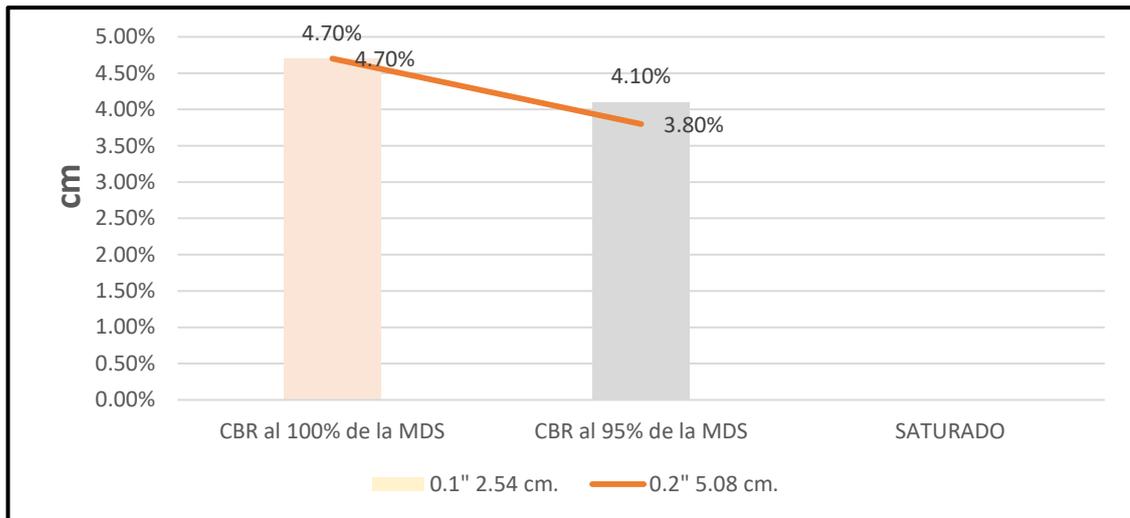
Nota: Figura 28 se visualiza un gran contenido de humedad que proporciona la calicata 6, con un porcentaje elevado de 26.4 %, mejor resultado.



**Fig. 31.** Ensayo Límite de Atterberg

Nota: En la figura 29 se visualiza los porcentajes de límite de atterberg en calicata 1 un valor más elevado en límite liquido al 47.98%, límite plástico 13.44%, y un índice de plasticidad 34.54 % dando como resultados categóricos.

**En lo que respecta a suelo natural sin adiciones de ceniza de carbón, se tiene**



**Fig. 32.** Ensayo de suelo natural

Nota: En la figura 30 muestra un valor en suelo natural al 95 % del CBR arrojando un valor del 4.10 % al 0.1" 2.54cm, siendo uno de los resultados en estado convencional del suelo.

**Tabla IX .**  
Resumen en muestra patrón

| Calicatas | % Arcilla y limo | Contenido de humedad | Curva de fluidez |       | Límite de Atterberg |                 |                 | Clasificación |            | Descripción del suelo                 |
|-----------|------------------|----------------------|------------------|-------|---------------------|-----------------|-----------------|---------------|------------|---------------------------------------|
|           |                  |                      | Nº de golpes 25  |       | Límite líquido      | Límite plástico | índice plástico | SUCS          | AASHTO     |                                       |
| C-1       | 91.1             | 17.6                 | 48.21            | 50.46 | 47.98               | 13.44           | 34.54           | CL            | A-7-6 (13) | Arcilla de baja plasticidad con arena |
| C-2       | 54.5             | 10.2                 | 32.34            | 36.41 | 34.04               | 17.79           | 19.2            | CL            | A-6 (8)    | Arcilla de baja plasticidad           |
| C-3       | 79.2             | 13.7                 | 32.01            | 36.01 | 33.73               | 14.72           | 19.01           | CL            | A-6 (12)   | Arcilla de baja plasticidad           |
| C-4       | 93.2             | 19.1                 | 33.06            | 37.07 | 35.26               | 14.49           | 20.78           | CL            | A-6 (13)   | Arcilla de baja plasticidad con arena |
| C-5       | 94.5             | 12.5                 | 46.02            | 50    | 47.76               | 12.14           | 35.62           | CL            | A-7-6 (13) | Arcilla de baja plasticidad           |
| C-6       | 91.4             | 26.4                 | 45.89            | 49.86 | 47.39               | 13.73           | 33.61           | CL            | A-7-6 (13) | Arcilla de baja plasticidad con arena |

Nota: En la tabla 9 la muestra suelo patrón para calicata 05 donde muestra resultados categóricos comenzando desde arcilla y limo con 64.5 %, contenido de humedad 12.5 %, curva de fluidez 50, en LL 47.76 %, LP 12.14 %, IP 35.62, descripción del suelo arcilla baja plasticidad.

Referente al cuarto punto objetivo específico en evaluar el suelo patrón con adiciones de CC 5.0%, 10.0%, 15.0%, 20.0% para los suelos arenosos y arcillosos.

Se tiene para suelos arenosos en porcentajes al 5%, 10%, 15%, 20% en relación al peso de la muestra

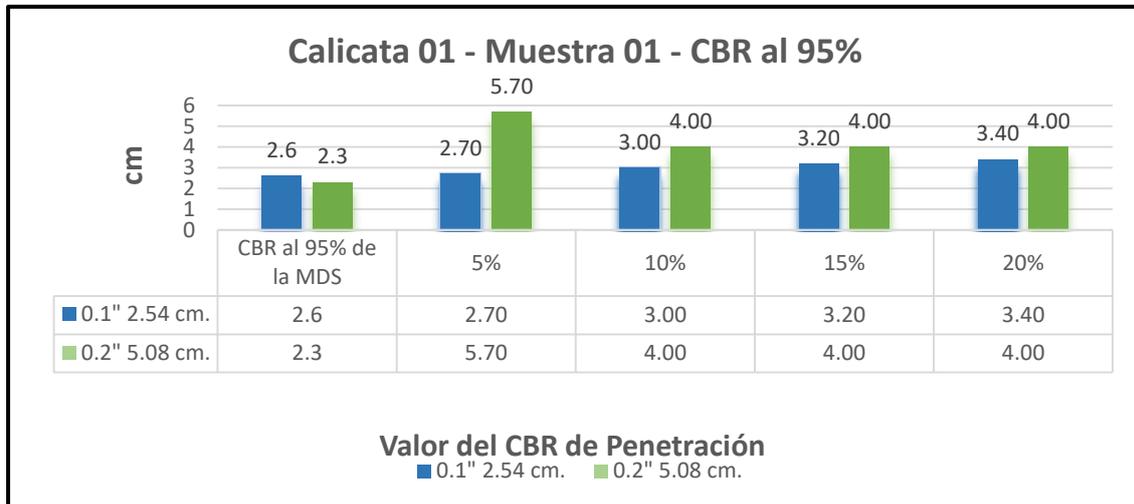


Fig. 33. Calicata 01 – CBR al 95 %

Nota: Se muestra la calicata 01 al 5 % de adición de CC, arroja un valor del 5.70 %, al CBR 95 %, mejor porcentaje en su composición a diferencia de los demás ensayos determinados.

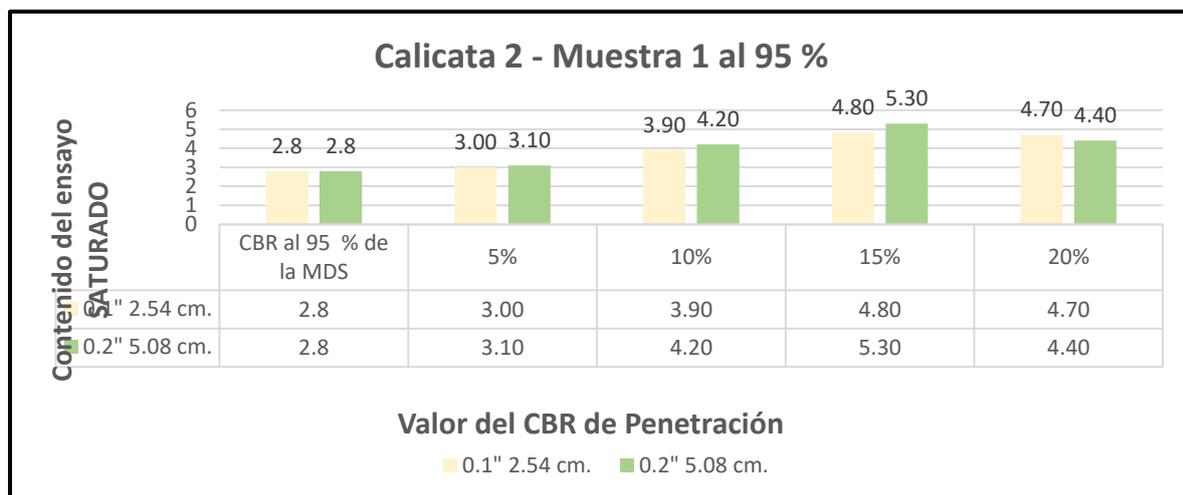
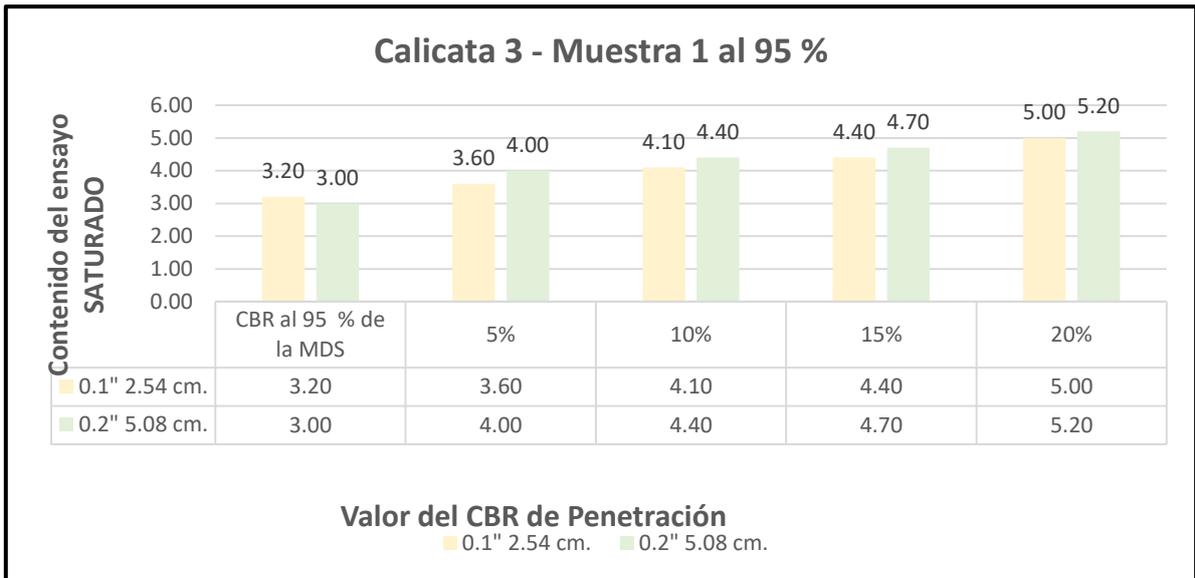


Fig. 34. Resultado calicata 02 – CBR AL 95 %

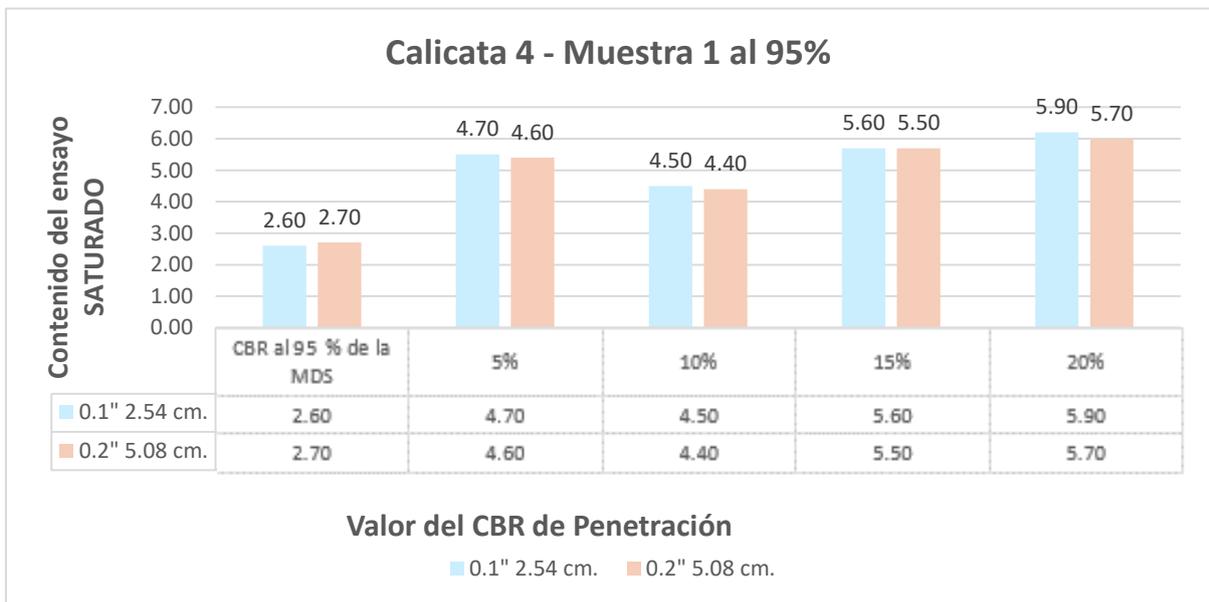
Nota: Se muestra la calicata 02 al 15 % de ceniza de carbón arrojando el valor de 5.30% un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR.



**Fig. 35.** Resultado calicata 03 – CBR AL 95 %

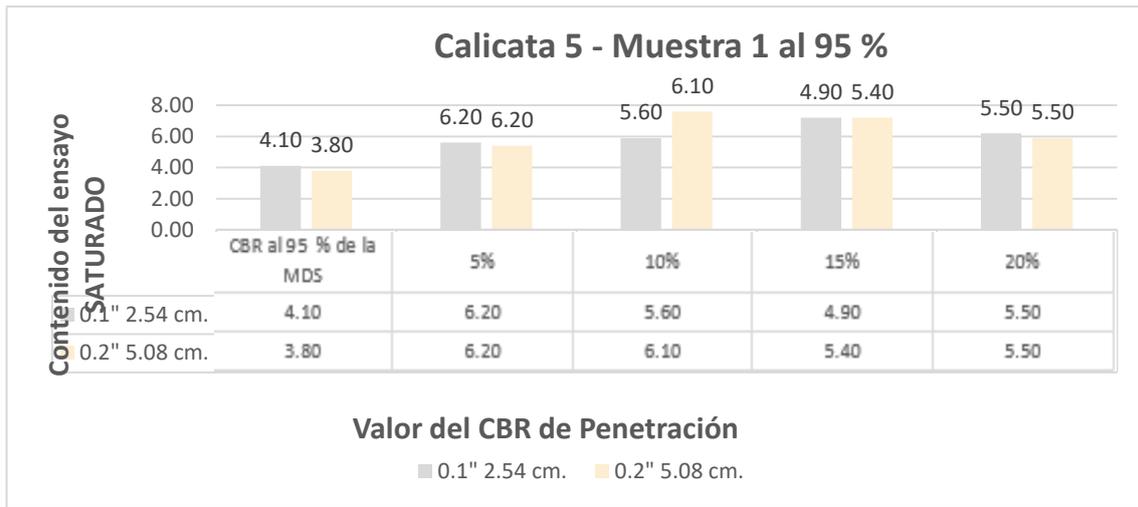
Nota: Se muestra la calicata 03 adicionando un 20 % de ceniza de carbón, arroja un el 5.20 % un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR.

**Se tiene para suelos arcilloso en porcentajes al 5.0%, 10.0%, 15.0%, 20.0%**



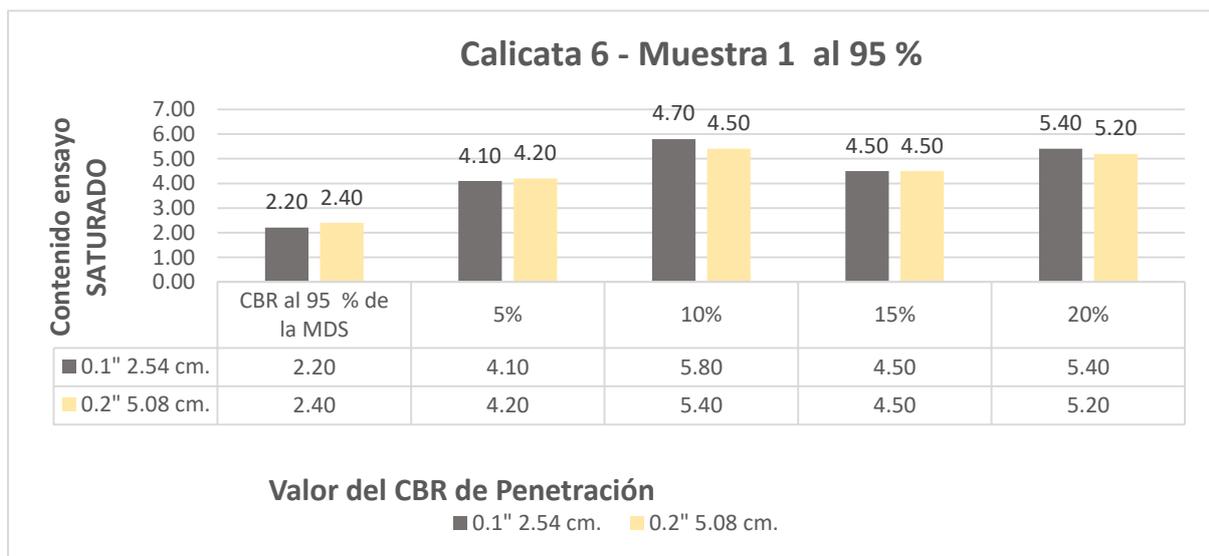
**Fig. 36.** Resultado calicata 04 – CBR AL 95 %

Nota: Se muestra la calicata 04 al 20 % de adición de ceniza de carbón arroja un 5.70% un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR.



**Fig. 37.** Resultado calicata 05 – CBR AL 95 %

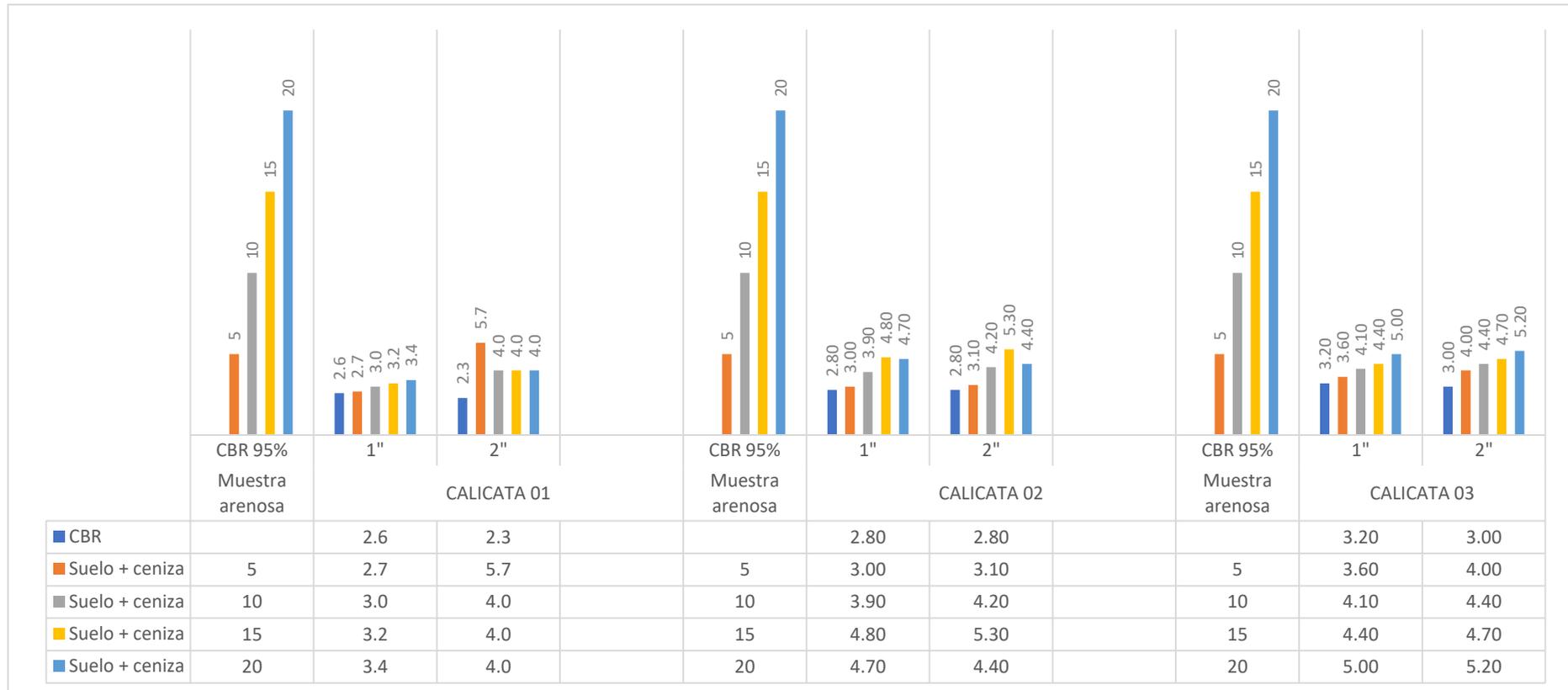
Nota: Se muestra la calicata 05 al 05 % de adición de ceniza de carbón arroja un 6.20% un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR.



**Fig. 38.** Resultado calicata 06 – CBR AL 95 %

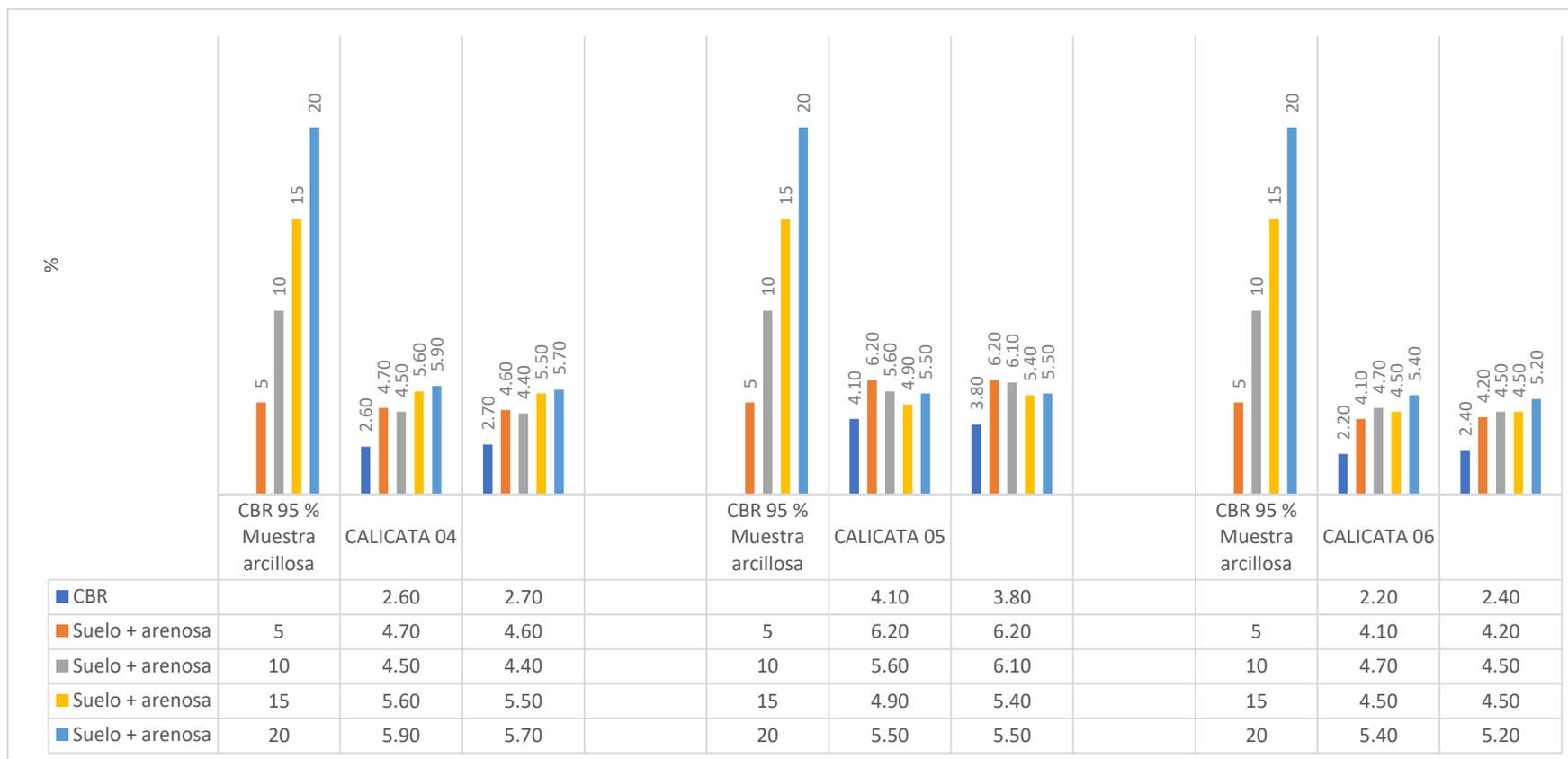
Nota: Se muestra la calicata 06 al 20 % de adición de ceniza de carbón arroja un 5.20 % un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR.

**Referente al quinto objetivo específico se determina el porcentaje óptimo que arroja mejor resultado a suelos arenosos y arcillosos en fusión del contenido ceniza de carbón**



**Fig. 39.** Resultado en porcentaje óptimo en suelos arcillosos

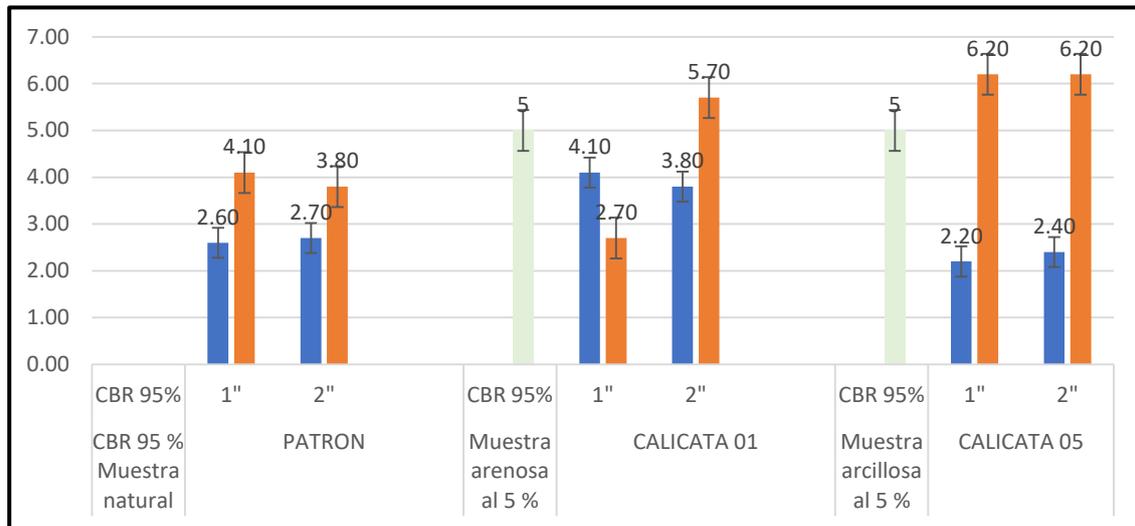
Nota: Se muestra resultados categóricos del suelo arenoso analizado de 3 calicatas a muestras, arrojando el mejor óptimo en la calicata 01 al 5 % de ceniza de carbón dando un valor del 5.70% a diferencias de las demás muestras analizadas.



**Fig. 40.** Resultado en porcentaje óptimo en suelos arenosos

Nota: Se muestra resultados categóricos del suelo arcilloso analizado de 3 calicatas a muestras, arrojando el mejor óptimo en la calicata 05 al 5 % de ceniza de carbón dando un valor del 6.20% a diferencias de las demás muestras analizadas

**Referente al sexto punto objetivo al comparar las características del suelo convencional versus suelo que arrojos mejores resultados con adición de CC**



**Fig. 41.** Comparación de resultados de suelo con CC

Nota: Los resultados para suelo convencional arrojando un valor al 95 % en CBR 4.10%, para suelo arenoso arrojando un valor en penetración al 95 % del CBR, para calicata 01 con adición de ceniza de carbón 5.70 % mejor resultado en su categoría y para suelos arcilloso al 95% del CBR, con adición al 5 % para calicata 5, nos da un valor de 6.20 % mejor resultado en su categoría, determinando que el suelo arcilloso cumple con la resistencia.

## 3.2 Discusiones

Referente a la mejor temperatura del proceso de quemado del carbón se tiene la evaluación de 4 temperaturas diferentes partiendo desde los 850°C, 900°C, 950°C, 1000°C, clasificando según sus propiedades en los 850°C con un peso específico de 2.2 a 2.8 g/cm<sup>3</sup> con una humedad del 2.14 % y una pérdida de calcinación del 3.8, color negro oscuro, y así elevando su temperatura tiende a bajar los niveles en humedad y nivel de calcinación, posteriormente la color del material se evidenciará más su textura y uniformidad. Cabe recalcar si analizamos los estudios de Gonzales., [22] menciona que la influencia que brinda estos residuos antes de ser añadido al suelo en porcentajes del 0%, 10%, 15%, 20%, 25%, a 600°C, en sus resultados muestra una plasticidad que redujo un 43.94%, un óptimo C.H redujo 22.65%, aumentando la MDS, concluyendo que si llego a estabilizarse mejorando la subrasante con un 20 % de ceniza de carbón, es por ello que está de acuerdo con el estudio demostrado por su parentesco en el procedimiento de los procesos químicos que se hacen al carbón y las evaluaciones del suelo, por otro lado podemos mencionar otras estudios referidos, según Pardo., [45], refuerza lo dicho por Gonzales párrafos arriba, cabe recalcar que se trabajó con otro residuo pero las mismas aplicaciones en evaluación, la cual demuestro en mi estudio que la mezcla de suelo se incorporó dosis al 0.5%, 0.75%, 1%, 1.25%, en sus resultados una cohesión en la muestra bajo de 86.67%, en ángulo fricción elevo a 87.06%, concluyendo que si da una mejor estabilidad logrando alcanzar un MDS de 1.92%, C.H óptimo 3.89 % en su determinación según los ensayos analizados, generando así la efectividad del residuo al ser interactuado en suelos arcillosos.

Correspondiente a los ensayos físicos químicos que ofrece la CC, se tiene temperatura de 900C es la mejor temperatura de quemado donde arrojé un valor elevado de 70.25% en SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mejor composición puzolánica rica en sílice, si comparamos los resultados según las investigaciones de Gálvez., [25], refiere que al trabajar con temperaturas ideales fortalecen al suelo en el proceso de resultado arrojando un C.H de 7.54 %, 0.180 de sales, una MDS 1.90g/cm<sup>3</sup> un buen CBR al 100 % de efectividad arrojando un valor de 12.85 %, concluyendo que se logró buenos resultados para procesos de la

subrasante adicionando este aditivo vidrio pulverizado, respaldando la investigación dada, si analizamos los estudios de Viera., [17], donde describe su estudio la ceniza de carbón proporcione un aumento de resistencia y trabajabilidad de la muestra, luego la muestra de suelo se añade 7 %, 14 % y 21 %, en sus resultados si llego a cumplir los resultados tomados a cada ensayo, concluyendo que al agregar 3% a la mezcla brinda su resistencia requerida, indicando realizar los ensayos químicos correspondiente, respaldando la investigación demostrada.

Referente al suelo patrón, se tiene un resultado en MDS  $1.674 \text{ g/cm}^3$  y un óptimo C.H al 22.7 %, en arcilla y limo en la calicata 5 la cual dio un 94.50 % a diferencia de las otras calicatas en estudio, en C.H para la calicata 6 en adición del 26.4 %, por ultimo a lo 95 % del CBR arrojando un valor del 4.10 % al 0.1" 2.54cm, cabe recalcar que los estudios de Yasser et al., [46], refiere para suelos arcillosos, mostraron una metodología de enfoque experimental donde la dosificación fue 10 %, 15 % 20 % del peso del suelo seco, siendo los resultados que aumenta la resistencia en suelo blando al 3, 14 y 28 días, siendo las conclusiones que la ceniza de lodo beneficio al diseño de mezcla del suelo mejora las propiedades geotécnicas del suelo arcilloso, respaldando la investigación demostrada, por último comparación en resultados se tiene los estudios de Aishwarya y Priya., [12], respalda lo mencionado por Adhamii, por lo que el suelo arenoso y arcilloso adicionando fibra de basalto arroja una efectividad única que mediante procesos de software estadístico obteniendo  $0.0001 < 0.05$ , dando que el suelo arcilloso arenoso reduce el C.H óptimo y aumenta la MDS, queda demostrado que si brinda una resistencia adecuada al interactuar estos tipos de aditivos aglomerante al suelo.

La Evaluación del suelo patrón con CC al 5%, 10%, 15%, 20%, para suelos arenosos y arcillosos, se tiene que la calicata 01 al 5 % de adición de ceniza de carbón, arroja un valor del 5.70 %, al CBR 95 %, calicata 02 al 15 % de ceniza de carbón arrojando el valor de 5.30 % un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR, la calicata 03 adicionando un 20 % de ceniza de carbón, arroja un el 5.20 % un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR, la calicata 04 al 5 % de adición

de ceniza de carbón arroja un 5.40 % un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR, la calicata 05 al 10 % de adición de ceniza de carbón arroja un 7.60 % un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR, la calicata 06 al 10 % de adición de ceniza de carbón arroja un 5.40 % un aumento elevado en sus propiedades como diseño de mezcla al 95% del CBR, es por ello que si analizamos los estudios de Viera., [17], donde aporta en su estudio un aumento de resistencia y trabajabilidad de la muestra, luego la muestra de suelo se añade 7 %, 14 % y 21 %, en sus resultados si llego a cumplir los resultados tomados a cada ensayo, concluyendo que al agregar 3% a la mezcla brinda su resistencia requerida, este estudio respalda la investigación demostrada, por ultimo aporte podemos mencionar que Aponte et al., [18], y colaboradores apoyan, ya que nos mencionan que al agregar residuo de madera y ceniza de carbón al suelo arcilloso en dosificaciones al 0.0%, 10.0%, 20.0%. 30.0%, 40.0% de CC, muestra un resultado al 10 % de CC aumenta su resistencia, concluyeron que al agregar dosificaciones exactas logra un aumento de la prueba triaxial, demostrando su efectividad a trabajar con esta clase de residuo.

Referente al porcentaje óptimo que arrojo mejor resultado se tiene para suelos arenosos analizado de 3 calicatas a muestras, arrojando el mejor óptimo en la calicata 01 al 5 % de ceniza de carbón dando un valor del 5.70% a diferencias de las demás muestras analizadas y para suelo arcilloso analizado de 3 calicatas a muestras, arrojando el mejor óptimo en la calicata 05 al 5 % de ceniza de carbón dando un valor del 6.20% a diferencias de las demás muestras analizadas, es por ello que se comparan los estudios de Cañar., [19], nos menciona que la estabilización del suelo en porcentajes de 20 %, 23 % y 25 % de CC, una resistencia en el CBR y corte de 2 suelos diferentes, concluyendo que la ceniza de carbón brinda propiedades únicas ricas en sílice, determinando mejoras en la subrasante con fines de pavimentación, respaldando la investigación efectuada. Por otro contexto podemos mencionar, según la investigación de Gálvez et al., [20], y compañía mencionan su proceso de estudio en proporcionar especímenes de 10.0%, 20.0%, 30.0% y 40.0% de CC, en sus resultados mostraron que al agregar 10 % de CC aumenta su resistencia de elevación,

concluyeron que el ensayo axial CU indica una resistencia al corte y trabajabilidad mucho mayor que al resto de ensayos determinados de suelos puros, queda demostrado que si brinda gran resistencia y consistencia utilizar estos tipos de residuo al diseño de mezcla, apoyando la investigación demostrada en el proceso de estudio del suelo.

Para el proceso de Comparar las características del suelo convencional versus suelo que arrojos buenos resultados en CC, se tiene que los resultados para suelo convencional arrojando un valor al 95 % en CBR 4.10 %, para suelo arenoso arrojando un valor en penetración al 95 % del CBR, para calicata 01 con adición de ceniza de carbón 5.70 % mejor resultado en su categoría y para suelos arcilloso al 95% del CBR, con adición al 5 % para calicata 5, nos da un valor de 6.20 % mejor resultado en su categoría, determinando que el suelo arcilloso cumple con la resistencia, es por ello que si analizamos las investigaciones de Yilmaz et al., [47], y colaboradores donde mencionan que el rendimiento que tiene al agregar estos residuos como aditivo estabilizador al suelo en porcentajes al 15%, 20%, 50 %, en sus resultados se remplazó 15% de cal mejorando su resistencia en peso unitario y C.H óptimo, concluyeron que adicionando pequeñas dosificaciones al diseño de mezcla del suelo brindan una resistencia y consistencia muy beneficiable, respaldando la investigación demostrada, por ultimo aporte podemos mencionar los estudios de Silva et al., [11], refiere que se aplicó una dosificación del 10%, 20%, 30% para corte directo, en sus principales resultados muestra que el suelo utilizado adicionando agregado reciclado reduce fracciones finas y plasticidad, concluyendo que el peso específico disminuye, también la humedad óptima hasta un 2 % con baja variación de peso específico, pero se mantiene en el rango de los parámetros de resistencia, queda demostrado que al utilizar este tipo de residuo al suelo brinda una resistencia ya que por no tratarse de ceniza de carbón arroja resultados diferentes, en términos generales no respalda con lo investigado por este estudio, recalcando que los residuos si brindan efectos positivos en el ámbito de la pavimentación.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Que mediante evaluación de calcinación de CC a temperatura 850°C, brinda un específico de 2.2 a 2.8 g/cm<sup>3</sup> con una humedad del 2.14 % y una pérdida de calcinación del 3.8, color negro oscuro, ejerciendo propiedades de textura y uniformidad.

Que la temperatura 900°C en sus propiedades químicas arrojó un valor elevado de 70.25% en SiO<sub>2</sub> + Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, mejor composición puzolánica rica en sílice. Determinando que se encuentra en el grupo F según la norma ASTM C 618.

Que el suelo patrón muestra un MDS 1.674 g/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad al 22.7 %, en arcilla y limo presente en la calicata numero 5 la cual dio un 94.50 %, y para calicata 6 muestra 26.4 % con presencia de bajo contenido de humedad, descripción del suelo arcilla de baja plasticidad.

Que el suelo patrón para calicata 01 al 5 % de adición de CC, arroja un valor del 5.70 %, calicata 02 al 15 % de CC con valor de 5.30 %, para calicata 03 adicionando un 20 % de CC arroja 5.20 %, para calicata 04 al 5 % de adición de CC arroja un 5.40 %, para calicata 05 al 10 % de adición de CC arroja un 7.60 %, por último, la calicata 06 al 10 % de adición de ceniza de carbón arroja un 5.40 %. Demostrando cada uno de los resultados obtenidos en sus ensayos correspondientes.

Que el mejor porcentaje óptimo en suelos arenosos arrojando, para calicata 01 al 5 % de ceniza de carbón dando un valor del 5.70% a diferencias de las demás muestras analizadas y para suelos arcillosos calicata 05 al 5 % de ceniza de carbón dando un valor del 6.20% a diferencias de las demás muestras analizadas.

Que la comparación de resultados para suelo convencional arrojando un valor 4.10 %, para suelo arenoso en calicata 01 con adición de CC arrojó 5.70 % mejor resultado en su categoría y por otro contexto para suelos arcilloso con adición al 5 % para calicata 5 nos da un valor de 6.20 % mejor resultado en su categoría, determinando que el suelo arcilloso cumple con la resistencia.

## 4.2 Recomendaciones

Utilizar otras temperaturas de quemado de CC, para poder determinar otros resultados que ayuden a mejorar el diseño de mezcla del suelo y dar una buena estabilización con fines de cimentación o pavimentación.

Realzar el ensayo químico de espectrometría fluorescencia de rayos x de energía dispersa, ya que son ensayos cuantitativos y muy especificados para determinar todo lo referente a la muestra CC.

Realizar otros estudios de suelos, con las mismas adiciones, esto dependerá si logra aumentar la resistencia en comparación a estos resultados demostrados.

Proporcionar la cantidad exacta de ceniza de carbón en lo que se va emplear, ya que esto dependerá el aumento a la resistencia óptimo, requerida para un buen diseño de mezcla del suelo.

Realizar más investigaciones referentes a estos temas y en dosificaciones, con el único fin de determinar su comportamiento en base a resistencia para una buena estabilización y poder obtener resultados categóricos en Proctor modificados y CBR.

Adecuar bien las muestras que están en proceso de evaluación, mantener en lugares apropiados, lejos de que pueda ser interactuado por cualquier agente químico o manipulado por terceros, ya que esto perjudicaría su resistencia requerida al final.

## REFERENCIAS

- [1] R. Modak and B. Singh, "Un estudio paramétrico de cimentaciones de grandes balsas sobre suelo arcilloso.," *Ocean Engineering*, vol. 262, p. 112251, 2022.
- [2] Modak, Rajib; Singh, Baleshwar, "Estudio numérico sobre la variación dependiente del asentamiento de las interacciones balsa-suelo-montón para grandes balsas apiladas en suelo arcilloso," *Ocean Engineering*, vol. 281, p. 115011, 2023.
- [3] M. Y. Fattah, M. Q. Waheed and D. H. Hadi, "Efecto de la configuración de pilotes sobre el comportamiento de cimentaciones de balsas apiladas en suelos arenosos," *Revista de pruebas y evaluación*, vol. 52, no. 1, p. 00903973, 2023.
- [4] K. Jamaluddin, "Mejora de las propiedades geotécnicas de suelos arcillosos con estabilización con cenizas de aserrín.," *Web de conferencias E3S*, vol. 340, p. 25550403, 2022.
- [5] R. J.F, O. A, M. D. G. R and C. N, "Estabilización de suelos arcillosos utilizando materiales cementosos activados con álcalis.," *Materiales de Construcción*, vol. 70, p. 04652746, 2020.
- [6] D. Odion and M. J. Khattak, "Estabilización de suelos arenosos y limosos con geopolímero RCA a base de cenizas volantes en capas de base de pavimento," *TRANSET 2020 - Actas de la Conferencia Tran-SET 2020*, pp. 76 - 86, 2021.
- [7] A. Kumar and N. Singh, "Efecto de las cenizas de residuos de cultivos sobre el comportamiento de sorción de los herbicidas utilizados en el cultivo siguiente en suelos de la India," *Journal of Environmental Science and Health - Parte B Pesticidas, contaminantes alimentarios y desechos agrícolas*, vol. 55, no. 7, pp. 630 - 645, 2020.
- [8] O. G. Labajos, "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA USO COMO SUBRASANTE MEJORADA," *CHACHAPOYAS*, 2019.
- [9] A. Alazzaz, A. R. Usman, M. Ahmad, H. M. Ibrahim and J. Elfaki, "Posibles efectos negativos versus positivos a corto plazo del biocarbón procedente de almazaras sobre la disponibilidad de nutrientes en un suelo franco-arenoso calcáreo," *PLoS ONE*, vol. 15, no. 7, p. 0232811, 2020.
- [10] G. R.K, A. Hussain, Yadvinder-Singh, K. J.S, S. Sharma and D. G.S, "El biocarbón de paja de arroz mejora la fertilidad del suelo, el crecimiento y el rendimiento del sistema arroz-trigo en un suelo franco arenoso," *Agricultura Experimental*, 2019.
- [11] A. C. F. S. S. da Silva and S. R. d. M. Ferreira, "Efecto de la adición de residuos de construcción y demolición (RCD) sobre las propiedades hidromecánicas de un suelo arenoso-arcilloso," *Revista Materia*, vol. 24, no. 2, p. 12355, 2019.
- [12] A. R and P. Raquel, "Estudio comparativo sobre el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima de un suelo arcilloso arenoso con un suelo arcilloso arenoso reforzado con basalto," *Materials Today: Actas*, vol. 77, pp. 557 - 562, 2022.
- [13] M. Meskar, M. Sartaj and J. A. Infante Sedano, "Evaluación y comparación de la eliminación de APH de tres tipos de suelos (arenosos, franco limosos y arcillosos)

mediante extracción con fluidos supercríticos," *Environmental Technology* (Reino Unido), vol. 40, no. 23, pp. 3040 - 3053, 2019.

- [14] H. Miraki, N. Shariatmadari, P. Ghadir, S. Jahandari, Z. Tao and R. Siddique, "Estabilización de suelos arcillosos utilizando cenizas y escorias volcánicas activadas con álcalis.," *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 14, no. 2, pp. 576 - 591, 2022.
- [15] A. R and P. Rachel, "Estudio comparativo sobre el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima de un suelo arcilloso arenoso con un suelo arcilloso arenoso reforzado con basalto," *Materials Today: Actas*, vol. 77, pp. 557 - 562, 2022.
- [16] G. Durán, J. Aponte and J. Gálvez, "Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelos arenosos con cenizas de madera y carbón procedentes de hornos de ladrillos artesanales," *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, vol. 2019, no. 7, p. 24146390, 2019.
- [17] D. Q. Viera, "Aplicación de cenizas de carbón para mejorar la estabilidad de suelos arenosos,Mz. I Las Gardenias, Ancón, 2019," Lima, 2019.
- [18] J. Aponte, J. Gálvez and G. Durán, "Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelos arenosos con madera y cenizas de carbón procedentes de hornos ladrilleros artesanales.," *Actas de la multiconferencia internacional de LACCEI para ingeniería, educación y tecnología*, p. 152362, 2019.
- [19] C. T. E. Santiago, "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADAS CON CENIZA DE CARBÓN.," Ecuador, 2017.
- [20] J. M. Gálvez Cano and J. F. Aponte Castello, "ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUELO ARENOSO MEJORADO CON CENIZA PROVENIENTE DE LA QUEMA DE MADERA Y CARBÓN DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES DEL DISTRITO DE LURIGANCHO, LIMA," Lima, 2019.
- [21] J. Aponte, J. Gálvez and G. Durán, "Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelos arenosos con cenizas de madera y carbón procedentes de hornos de ladrillos artesanales," *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, vol. 2019, p. 24146390, 2019.
- [22] Y. M. Gonzales Perez, "Estudio de la influencia de la ceniza de carbón en las propiedades mecánicas de un suelo arcilloso con fines de pavimentación," Pimentel, 2022.
- [23] R. d. C. Pérez Collantes, "Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos," Lima, 2019.
- [24] L. A. Torres Lora, "Correlación del límite de contracción y la actividad coloidal en suelos arcillosos, La Victoria – Lambayeque 2019," 2019.
- [25] M. R. Gálvez Tirado, "Efecto de la Adición de Vidrio Pulverizado para la Estabilización de Suelos Arenosos en Subrasante," 2023.

- [26] D. H. Hadi, M. Y. Fattah and M. Q. Waheed, "Efecto de la configuración de pilotes sobre el comportamiento de cimentaciones de balsas apiladas en suelos arenosos," *Revista de pruebas y evaluación*, vol. 52, no. 1, p. 00903973, 2023.
- [27] R. Siddique, H. Miraki, N. Shariatmadari and P. Ghadir, "Estabilización de suelos arcillosos utilizando cenizas y escorias volcánicas activadas con álcalis," *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 14, no. 2, pp. 576 - 591, 2022.
- [28] P. Ghadir, H. Miraki and N. Shariatmadari, "Estabilización de suelos arcillosos utilizando cenizas y escorias volcánicas activadas con álcalis.," *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol. 14, no. 2, pp. 576 - 591, 2022.
- [29] M. Q. Waheed, M. Y. Fattah and D. H. Hadi, "Efecto de la configuración de pilotes sobre el comportamiento de cimentaciones de balsas apiladas en suelos arenosos," *Revista de pruebas y evaluación*, vol. 52, no. 1, p. 00903973, 2023.
- [30] K. J. Guerrero Santisteban, "Estabilización de suelo cohesivo incorporando aditivo Sika Dust Seal en la trocha carrozable Yencala Boggiano - Lambayeque," *Pimentel*, 2022.
- [31] M. J. Khattak and D. Odion, "Estabilización de suelos arenosos y limosos con geopolímero RCA a base de cenizas volantes en capas de base de pavimento," *TRANSET 2020 - Actas de la Conferencia Tran-SET 2020*, pp. 76 - 86, 2021.
- [32] R. C. R. Sahir, "Estabilización de suelos arenosos utilizando *Oryza Sativa* (arroz), pueblo joven Las Dunas – Lambayeque- Perú 2019," *Pimentel*, 2020.
- [33] B. Singh and R. Modak, "Estudio numérico sobre la variación dependiente del asentamiento de las interacciones balsa-suelo-montón para grandes balsas apiladas en suelo arcilloso," *Ocean Engineering*, vol. 281, p. 115011, 2023.
- [34] Modak, Rajib; Singh, Baleshwar, "Un estudio paramétrico de cimentaciones de grandes balsas sobre suelo arcilloso.," *Ocean Engineering*, vol. 262, p. 112251, 2022.
- [35] A. Javed, K. Y. Virendra, K. Y. Kumar, C.-P. Marina MS, N. Tavker, C. Nisha, K. S. Arun, A. A. Fekri Abdulraque, A. Mansour and A. H. Ali, "Avances recientes en los métodos de recuperación de nanominerales de carbono e hidrocarburos poliaromáticos a partir de cenizas volantes de carbón y sus aplicaciones emergentes," *Crystals*, vol. 11, no. 2, pp. 1-24, 2021.
- [36] K. C. Onyelowe, A. M. Ebid, M. E. Onyia and E. C. Amanamba, "Estimación del potencial de hinchazón de suelos arcillosos tratados con aglutinantes sin carbono (NCBB) para una subrasante verde sostenible utilizando técnicas de IA (GP, ANN y EPR)," *Revista internacional de tecnologías bajas en carbono*, vol. 17, pp. 807 - 815, 2022.
- [37] Z. Hongxu, R. Bhattarai, Y. Li, B. Si, X. Dong, T. Wang and Z. Yao, "Hacia una industria del carbón sostenible: Convertir las cenizas de carbón en riqueza," *Science of the Total Environment*, vol. 804, p. 149985, 2022.
- [38] R. P. Munirwan and K. Jamaluddin, "Mejora de las propiedades geotécnicas de suelos arcillosos con estabilización con cenizas de aserrín.," *Web de conferencias E3S*, vol. 340, p. 185656, 2022.

- [39] E. Lal Mohammadi, E. Khaksar Najafi, P. Zanganeh Ranjbar, M. Payan and R. Jamshidi Chenari, "Reciclaje de soluciones alcalinas industriales para la estabilización de suelos mediante cementos alcalinos de baja concentración a base de cenizas volantes," *Materiales de Construcción y Construcción*, vol. 393, p. 132083, 2023.
- [40] Durán, Gary; Aponte, José; Gálvez, Julio, "Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelos arenosos con cenizas de madera y carbón procedentes de hornos de ladrillos artesanales," *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology*, p. 152362, 2019.
- [41] X. Li, T. Wang, S. X. Chang and X. Jiang, "El biocarbón aumenta la biomasa microbiana del suelo pero tiene efectos variables sobre la diversidad microbiana: un metanálisis," *Ciencia del Medio Ambiente Total*, vol. 749, p. 141593, 2020.
- [42] B. Woś, A. Smoliński, J. Likus-Cieślik and M. Pietrzykowski, "El impacto de la hojarasca de aliso en la química de los tecnosoles desarrollados a partir de residuos de combustión de lignito y sustrato arenoso natural: un experimento de laboratorio," *Revista Internacional de Fitorremediación*, vol. 23, no. 4, pp. 415 - 425, 2021.
- [43] R. Hernández Sampieri, "Metodología de la investigación," Sexta edición, Mexico, 2018.
- [44] C. universitario, "RESOLUCIÓN DE DIRECTORIO N° 053-2023/PD-USS," Pimentel, 2023.
- [45] T. E. Pardo Muñoz, "Comportamiento Mecánico de Suelos Arcillosos Tratados con Lignosulfonato, Para Fines de Cimentación," 2023.
- [46] Y. M. Kadhim, R. A. Al-Adhamii and M. Y. Fattah, "Propiedades geotécnicas del suelo arcilloso mejoradas por cenizas de lodos de depuradora," *Revista de la Asociación de Gestión del Aire y Residuos*, vol. 72, no. 1, pp. 34 - 47, 2022.
- [47] Seyhan, G. Yılmaz, J. M. Khatib, K. Öntürk and Firat, "Utilización de residuos para mejorar el rendimiento del relleno de la subbase de la carretera," *Revista de Ingeniería, Diseño y Tecnología*, vol. 20, pp. 455-474, 2022.

## **ANEXOS**

**INSTRUMENTOS DE VALIDACION ESTADISTICA CON CRITERIO JUECES  
EXPERTOS Y CRITERIO MUESTRA PILOTO**

Colegiatura N° 213351

Ficha de validación según AIKEN

I. Datos generales

| Apellidos y nombres del informante   | Cargo o Institución donde labora | Nombre del instrumento de evaluación                                 | Autor del Instrumento  |
|--|----------------------------------|--|--|
| GARCIA PEÑA<br>ALEXANDER   | RESPONSABLE<br>TECNICO DE OBRA   | Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR | - IBÁÑEZ<br>HUANCAS KEILLY<br>KASANDRA<br>- MERA LIVAQUE<br>JHAN EDINSON |
| <b>Título de la Investigación:</b><br>Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Cenizas de Carbón. |                                  |  |  |

II. Aspectos de validación de cada ítem

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

| ITEMS                | ACUERDO O DESACUERDO | MODIFICACIÓN Y OPINIÓN |
|----------------------|----------------------|------------------------|
| Contenido de Humedad | A                    | CONFORME               |
| Límites de Atterberg | A                    | CONFORME               |
| Proctor Modificado   | A                    | CONFORME               |
| CBR                  | A                    | CONFORME               |

III. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento

|   | Dimensiones/Ítems        | Claridad |        | Contexto |        | Congruencia |        | Dominio del constructo |        |
|---|--------------------------|----------|--------|----------|--------|-------------|--------|------------------------|--------|
|   |                          | Si       | No     | Si       | No     | Si          | No     | Si                     | No     |
|   | <b>SUELOS ARENOSOS</b>   |          |        |          |        |             |        |                        |        |
| 1 | Contenido de Humedad     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 2 | Límites de Atterberg     |          | X      | X        |        | X           |        |                        | X      |
| 3 | Proctor Modificado       | X        |        | X        |        |             | X      | X                      |        |
| 4 | CBR                      |          | X      | X        |        | X           |        | X                      |        |
|   | <b>SUELOS ARCILLOSOS</b> | S<br>i   | N<br>o | S<br>i   | N<br>o | S<br>i      | N<br>o | S<br>i                 | N<br>o |
| 1 | Contenido de Humedad     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 2 | Límites de Atterberg     | X        |        |          | X      | X           |        |                        | X      |
| 3 | Proctor Modificado       | X        |        | X        |        |             | X      | X                      |        |
| 4 | CBR                      | X        |        | X        |        | X           |        |                        | X      |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):  
.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )  
) Apellidos y nombres del juez validador: .....

Especialidad: Ing. Civil

  
-----  
Alexander García Peña  
INGENIERO CIVIL  
Reg. C.O.P. N° 24751

**Colegiatura N° 298432**

**Ficha de validación según AIKEN**

**IV. Datos generales**

| Apellidos y nombres del informante   | Cargo o Institución donde labora | Nombre del instrumento de evaluación                                 | Autor del Instrumento  |
|--|----------------------------------|--|--|
| TORRES MARTINEZ<br>KAREN MILAGROS  | ASISTENTE<br>TECNICO DE OBRA     | Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR | - IBÁÑEZ<br>HUANCAS KEILLY<br>KASANDRA<br>- MERA LIVAQUE<br>JHAN EDINSON |
| <b>Título de la Investigación:</b><br>Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Cenizas de Carbón. |                                  |  |  |

**V. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

| ITEMS                | ACUERDO O DESACUERDO | MODIFICACIÓN Y OPINIÓN |
|----------------------|----------------------|------------------------|
| Contenido de Humedad | A                    | CONFORME               |
| Límites de Atterberg | A                    | CONFORME               |
| Proctor Modificado   | A                    | CONFORME               |
| CBR                  | A                    | CONFORME               |

**VI. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

|   | Dimensiones/Ítems        | Claridad |        | Contexto |        | Congruencia |        | Dominio del constructo |        |
|---|--------------------------|----------|--------|----------|--------|-------------|--------|------------------------|--------|
|   |                          | Si       | No     | Si       | No     | Si          | No     | Si                     | No     |
|   | <b>SUELOS ARENOSOS</b>   |          |        |          |        |             |        |                        |        |
| 1 | Contenido de Humedad     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 2 | Límites de Atterberg     | X        |        |          | X      | X           |        |                        | X      |
| 3 | Proctor Modificado       | X        |        | X        |        | X           |        |                        | X      |
| 4 | CBR                      | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
|   | <b>SUELOS ARCILLOSOS</b> | S<br>i   | N<br>o | S<br>i   | N<br>o | S<br>i      | N<br>o | S<br>i                 | N<br>o |
| 1 | Contenido de Humedad     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 2 | Límites de Atterberg     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 3 | Proctor Modificado       |          | X      |          |        |             | X      | X                      |        |
| 4 | CBR                      | X        |        | X        |        | X           |        |                        | X      |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):  
.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: .....

Especialidad: Ing. Civil



-----  
KAREN MILAGROS  
TORRES MARTINEZ  
Ingeniera Civil  
CIP N°298432

**Colegiatura N° 194701**

**Ficha de validación según AIKEN**

**VII. Datos generales**

| Apellidos y nombres del informante   | Cargo o Institución donde labora | Nombre del instrumento de evaluación                                 | Autor del Instrumento  |
|--|----------------------------------|--|--|
| CHAHUA LEON<br>LILIANA PILAR   | RESIDENTE DE OBRA                | Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR | - IBÁÑEZ<br>HUANCAS KEILLY<br>KASANDRA<br>- MERA LIVAQUE<br>JHAN EDINSON |
| <b>Título de la Investigación:</b><br>Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Cenizas de Carbón. |                                  |  |  |

**VIII. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

| ITEMS                | ACUERDO O DESACUERDO | MODIFICACIÓN Y OPINIÓN |
|----------------------|----------------------|------------------------|
| Contenido de Humedad | A                    | CONFORME               |
| Límites de Atterberg | A                    | CONFORME               |
| Proctor Modificado   | A                    | CONFORME               |
| CBR                  | A                    | CONFORME               |

**IX. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

|   | Dimensiones/Ítems        | Claridad |          | Contexto |          | Congruencia |          | Dominio del constructo |          |
|---|--------------------------|----------|----------|----------|----------|-------------|----------|------------------------|----------|
|   |                          | Si       | No       | Si       | No       | Si          | No       | Si                     | No       |
|   | <b>SUELOS ARENOSOS</b>   |          |          |          |          |             |          |                        |          |
| 1 | Contenido de Humedad     |          | X        | X        |          | X           |          | X                      |          |
| 2 | Límites de Atterberg     | X        |          |          | X        | X           |          | X                      |          |
| 3 | Proctor Modificado       | X        |          | X        |          | X           |          |                        | X        |
| 4 | CBR                      | X        |          | X        |          |             | X        | X                      |          |
|   | <b>SUELOS ARCILLOSOS</b> | <b>S</b> | <b>N</b> | <b>S</b> | <b>N</b> | <b>S</b>    | <b>N</b> | <b>S</b>               | <b>N</b> |
|   |                          | <b>i</b> | <b>o</b> | <b>i</b> | <b>o</b> | <b>i</b>    | <b>o</b> | <b>i</b>               | <b>o</b> |
| 1 | Contenido de Humedad     | X        |          | X        |          | X           |          | X                      |          |
| 2 | Límites de Atterberg     | X        |          | X        |          | X           |          | X                      |          |
| 3 | Proctor Modificado       | X        |          | X        |          | X           |          | X                      |          |
| 4 | CBR                      |          | X        | X        |          | X           |          | X                      |          |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )  
Apellidos y nombres del juez validador: .....

Especialidad: Ing. Civil

  
Ing. Lilianda Pilar Chahua León  
REG. CIP N° 194701  
RESIDENTE DE OBRAS

**Colegiatura N° 65924**

**Ficha de validación según AIKEN**

**X. Datos generales**

| Apellidos y nombres del informante   | Cargo o Institución donde labora | Nombre del instrumento de evaluación                                 | Autor del Instrumento  |
|--|----------------------------------|--|--|
| ZELADA ZELADA<br>RYMMELL   | SUPERVISOR DE OBRA               | Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR | - IBAÑEZ<br>HUANCAS KEILLY<br>KASANDRA<br>- MERA LIVAQUE<br>JHAN EDINSON |
| <b>Título de la Investigación:</b><br>Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Cenizas de Carbón. |                                  |  |  |

**XI. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

| ITEMS                | ACUERDO O DESACUERDO | MODIFICACIÓN Y OPINIÓN |
|----------------------|----------------------|------------------------|
| Contenido de Humedad | A                    | CONFORME               |
| Límites de Atterberg | A                    | CONFORME               |
| Proctor Modificado   | A                    | CONFORME               |
| CBR                  | A                    | CONFORME               |

**XII. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

|   | Dimensiones/Ítems        | Claridad |        | Contexto |        | Congruencia |        | Dominio del constructo |        |
|---|--------------------------|----------|--------|----------|--------|-------------|--------|------------------------|--------|
|   |                          | Si       | No     | Si       | No     | Si          | No     | Si                     | No     |
|   | <b>SUELOS ARENOSOS</b>   |          |        |          |        |             |        |                        |        |
| 1 | Contenido de Humedad     |          | X      | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 2 | Límites de Atterberg     | X        |        |          | X      | X           |        |                        | X      |
| 3 | Proctor Modificado       | X        |        |          | X      |             | X      | X                      |        |
| 4 | CBR                      | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
|   | <b>SUELOS ARCILLOSOS</b> | S<br>i   | N<br>o | S<br>i   | N<br>o | S<br>i      | N<br>o | S<br>i                 | N<br>o |
| 1 | Contenido de Humedad     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 2 | Límites de Atterberg     |          | X      |          | X      | X           |        |                        | X      |
| 3 | Proctor Modificado       |          | X      | X        |        |             | X      | X                      |        |
| 4 | CBR                      | X        |        | X        |        | X           |        |                        | X      |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):  
.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )

Apellidos y nombres del juez validador: .....

Especialidad: Ing. Civil

  
Rymnell Zelada Zelada  
REG. CIP N° 40524  
SUPERVISOR DEL PROYECTO

**Colegiatura N° 163439**

**Ficha de validación según AIKEN**

**XIII. Datos generales**

| Apellidos y nombres del informante   | Cargo o Institución donde labora | Nombre del instrumento de evaluación                                 | Autor del Instrumento  |
|--|----------------------------------|--|--|
| ALVARADO GARCIA<br>EDWIN KENYO   | ASISTENTE<br>TECNICO DE OBRA     | Contenido de Humedad, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR | - IBÁÑEZ<br>- HUANCAS KEILLY<br>- KASANDRA<br>- MERA LIVAQUE<br>- JHAN EDINSON |
| <b>Título de la Investigación:</b><br>Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Cenizas de Carbón. |                                  |  |  |

**XIV. Aspectos de validación de cada ítem**

Estimado complete la siguiente tabla después de haber observado y evaluado el instrumento adjunto. Escriba (A) acuerdo o (D) desacuerdo en la segunda columna. Asimismo, si tiene alguna opción o propuesta de modificación, escriba en la columna correspondiente.

| ITEMS                | ACUERDO O DESACUERDO | MODIFICACIÓN Y OPINIÓN |
|----------------------|----------------------|------------------------|
| Contenido de Humedad | A                    | CONFORME               |
| Límites de Atterberg | A                    | CONFORME               |
| Proctor Modificado   | A                    | CONFORME               |
| CBR                  | A                    | CONFORME               |

**xv. Opinión de aplicabilidad del instrumento certificado de validez de contenido del instrumento**

|   | Dimensiones/Ítems        | Claridad |        | Contexto |        | Congruencia |        | Dominio del constructo |        |
|---|--------------------------|----------|--------|----------|--------|-------------|--------|------------------------|--------|
|   |                          | Si       | No     | Si       | No     | Si          | No     | Si                     | No     |
|   | <b>SUELOS ARENOSOS</b>   |          |        |          |        |             |        |                        |        |
| 1 | Contenido de Humedad     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 2 | Límites de Atterberg     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 3 | Proctor Modificado       | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 4 | CBR                      | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
|   | <b>SUELOS ARCILLOSOS</b> | S<br>i   | N<br>o | S<br>i   | N<br>o | S<br>i      | N<br>o | S<br>i                 | N<br>o |
| 1 | Contenido de Humedad     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 2 | Límites de Atterberg     | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 3 | Proctor Modificado       | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |
| 4 | CBR                      | X        |        | X        |        | X           |        | X                      |        |

Observaciones (precisar si hay suficiencia):  
.....

Opinión de aplicabilidad: Aplicable ( X ) Aplicable después de corregir ( ) No aplicable ( )  
) Apellidos y nombres del juez validador: .....

Especialidad: Ing. Civil

  
.....  
Edwin Kenyo Alvarado Garcia  
ING° CIVIL  
CIP 163439

VALIDEZ Y CONFIABILIDAD POR 5 JUECES EXPERTOS

INSTRUMENTO SOBRE MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN.

|                         |  | Claridad             |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
|-------------------------|--|----------------------|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|-----|
|                         |  | Suelos Arenosos      |                      |                    |     |                      | Suelos Arcillosos    |                    |     |                      |                      |                    |     |
|                         |  | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR |
| JUEZ 1                  |  | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 0                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 2                  |  | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 3                  |  | 0                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 0   |
| JUEZ 4                  |  | 0                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 5                  |  | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| s                       |  | 3                    | 4                    | 5                  | 4   | 4                    | 5                    | 5                  | 4   | 4                    | 4                    | 4                  | 3   |
| n                       |  | 5                    |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
| c                       |  | 2                    | 1                    | 0                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 2   |
| V de Alken por pregunta |  | 0.6                  | 0.8                  | 1                  | 1   | 0.8                  | 1                    | 0.8                | 1   | 1                    | 0.8                  | 0.8                | 0.6 |
| V de Aiken por criterio |  | 0.8                  |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |

| Contexto                |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|-----|
| Suelos Arcillosos       |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
| Suelos Arenosos         |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
| Contexto                |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
|                         | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR |
| JUEZ 1                  | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 2                  | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 3                  | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 4                  | 1                    | 0                    | 0                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 5                  | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| s                       | 5                    | 2                    | 4                  | 5   | 5                    | 3                    | 5                  | 5   | 5                    | 5                    | 5                  | 5   |
| n                       | 5                    |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
| c                       | 0                    | 3                    | 1                  | 0   | 0                    | 2                    | 0                  | 0   | 0                    | 2                    | 0                  | 0   |
| V de Aiken por pregunta | 1                    | 1                    | 0.4                | 0.8 | 1                    | 1                    | 0.6                | 1   | 1                    | 1                    | 0.6                | 1   |
| V de Aiken por criterio | 0.85                 |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |

  
**Luis Mauro Montenegro Cas**  
 LIC. ESTADÍSTICA  
 MG. INVESTIGACIÓN  
 DR. EDUCACIÓN  
 COESPE 262

| Congruencia             |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|-----|
|                         | Suelos Arenosos      |                      |                    |     |                      | Suelos Arcillosos    |                    |     |                      |                      |                    |     |
|                         | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR |
| JUEZ 1                  | 1                    | 1                    | 0                  | 1   | 1                    | 1                    | 0                  | 1   | 1                    | 1                    | 0                  | 1   |
| JUEZ 2                  | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 0                  | 1   |
| JUEZ 3                  | 1                    | 1                    | 1                  | 0   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 4                  | 1                    | 1                    | 0                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 0                  | 1   |
| JUEZ 5                  | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| s                       | 5                    | 5                    | 3                  | 4   | 5                    | 5                    | 2                  | 5   | 5                    | 5                    | 2                  | 5   |
| n                       | 5                    |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
| c                       | 0                    | 0                    | 2                  | 1   | 0                    | 0                    | 3                  | 0   | 0                    | 0                    | 3                  | 0   |
| V de Aiken por pregunta | 0.8                  | 1                    | 1                  | 0.6 | 0.8                  | 1                    | 1                  | 0.6 | 0.8                  | 1                    | 1                  | 0.4 |
| V de Aiken por criterio | 0.85                 |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |

  
 Luis Arturo Montenegro  
 LIC. ESTADÍSTICA  
 M.G. INVESTIGACIÓN  
 DR. EDUCACIÓN  
 COESPE 262

| Dominio del constructo  |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
|-------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|-----|----------------------|----------------------|--------------------|-----|
|                         | Suelos Arenosos      |                      |                    |     |                      | Suelos Arcillosos    |                    |     |                      |                      |                    |     |
|                         | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR | Contenido de Humedad | Límites de Atterberg | Proctor Modificado | CBR |
| JUEZ 1                  | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 2                  | 1                    | 0                    | 0                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 0   |
| JUEZ 3                  | 1                    | 1                    | 0                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| JUEZ 4                  | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 1   | 1                    | 0                    | 1                  | 0   |
| JUEZ 5                  | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   | 1                    | 1                    | 1                  | 1   |
| s                       | 5                    | 2                    | 3                  | 5   | 5                    | 3                    | 5                  | 5   | 5                    | 3                    | 5                  | 3   |
| n                       | 5                    |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |
| c                       | 0                    | 0                    | 3                  | 2   | 0                    | 3                    | 2                  | 0   | 0                    | 0                    | 2                  | 0   |
| V de Aiken por pregunta | 0.6                  | 1                    | 1                  | 0.4 | 0.6                  | 1                    | 1                  | 0.6 | 1                    | 1                    | 1                  | 0.6 |
| V de Aiken por criterio | 0.775                |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |                      |                      |                    |     |

V de Aiken del instrumento por jueces expertos = **0.818**



VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO SOBRE EL ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN.

**Estadísticas de fiabilidad**

| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| ,818             | 8              |

| Suelos               |            | Correlación total de elementos corregida | Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido |
|----------------------|------------|--|---|
| Contenido de Humedad | Arenosos   | ,852                                     | ,732  |
| Limite de Atterberg  |            | ,874                                     | ,761  |
| Proctor Modificado   |            | ,857                                     | ,746  |
| CBR                  |            | ,708                                     | ,737  |
| Contenido de Humedad | Arcillosos | ,544                                     | ,836  |
| Limite de Atterberg  |            | ,687                                     | ,843  |
| Proctor Modificado   |            | ,676                                     | ,845  |
| CBR                  |            | ,583                                     | ,848  |

**ANOVA**

|               |                 | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F         | Sig  |
|---------------|-----------------|-------------------|----|------------------|-----------|------|
| Inter sujetos |                 | 744,592           | 8  | 93,156           |           |      |
| Intra sujetos | Entre elementos | 1555936,276       | 7  | 222276,125       | 14056,865 | ,000 |
|               | Residuo         | 843,115           | 50 | 13,540           |           |      |
|               | Total           | 1557714,480       | 65 | 24822,354        |           |      |
| Total         |                 | 1557551,394       | 79 | 21767,258        |           |      |

En las tablas se observa que, el instrumento es sobre el análisis comparativo de las propiedades mecánicas de los suelos arenoso y arcillosos con ceniza de carbón es válido (correlaciones de Pearson superan al valor de 0.30 y el valor de la prueba del análisis de varianza es altamente significativo  $p < 0.01$ ) y confiable (el valor de consistencia alfa de cronbach es mayor a 0.80).

*Luis Arturo Montenegro C.R.*  
 LIC. ESTADÍSTICA  
 MG. INVESTIGACIÓN  
 DR. EDUCACIÓN  
 COESPE 262

**INFORME DE ENSAYO N°3863**

Pag.: 01 de 02

**Expediente N°** : 1849 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C.  
**Solicitantes** : IBAÑEZ HUANCAS KELLY KASANDRA  
 MERA LIVAQUE JHAN EDINSON  
**Proyecto** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENDSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZA DE CARBÓN"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 02 de Junio del 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA DE ARCILLA**

Muestra : M-01 Ceniza 1 + Patron 5%  
 Calicata : C-01

| DATOS DEL ENSAYO                     |              |            | COMPACTACIÓN                    |                  |                 |                               |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------------------------------|------------------|-----------------|-------------------------------|-------|------------------|-------|-------------------------------|-----------------|------------------|-------|-------------------------------|-----|
| Nº Molde                             | 4            |            | 5                               |                  | 6               |                               |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Nº Capa                              | 5            |            | 5                               |                  | 5               |                               |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Nº Golpes por capa                   | 55           |            | 26                              |                  | 12              |                               |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| CONDICION DE LA MUESTRA              | Sin Saturado | Saturado   | Sin Saturado                    | Saturado         | Sin Saturado    | Saturado                      |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Peso molde + Suelo húmedo (g)        | 12768        | 12990      | 11835                           | 12485            | 11591           | 12099                         |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Peso de molde (g)                    | 8473         | 8473       | 8281                            | 8281             | 8029            | 8029                          |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Peso del suelo húmedo (g)            | 4295         | 4517       | 3554                            | 4204             | 3562            | 4070                          |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) | 2119         | 2119       | 2115                            | 2115             | 2144            | 2144                          |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.027        | 2.132      | 1.680                           | 1.988            | 1.661           | 1.898                         |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )   | 1.692        | 1.692      | 1.397                           | 1.397            | 1.374           | 1.374                         |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| DATOS DEL ENSAYO                     |              |            | HUMEDAD                         |                  |                 |                               |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Nº Tara                              | -            |            | -                               |                  | -               |                               |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Tara + Suelo húmedo (g)              | 315.5        | 4517.0     | 384.5                           | 4204.0           | 289.5           | 4070.0                        |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Tara + Suelo seco (g)                | 268.9        | 4295.0     | 330.5                           | 3554.0           | 245.0           | 3562.0                        |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Peso del Agua (g)                    | 46.6         | 222        | 54                              | 650              | 44.5            | 508                           |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Peso del tara (g)                    | 33.7         | 0.0        | 63.8                            | 0.0              | 32.4            | 0.0                           |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Peso del suelo seco (g)              | 235.2        | 3584.8     | 266.7                           | 2955.6           | 212.6           | 2945.5                        |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| Porcentaje de humedad (%)            | 19.8         | 26.0       | 20.2                            | 42.2             | 20.9            | 38.2                          |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
| FECHA                                | HORA         | TIEMPO Hr. | EXPANSIÓN                       |                  |                 |                               |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
|                                      |              |            | DIAL                            |                  | EXPANSIÓN Pulg. |                               | %     |                  | DIAL  |                               | EXPANSIÓN Pulg. |                  | %     |                               |     |
| 16/02/2022                           | 11.3         | 0          | 0.0                             | 0.000            | 0               | 0.0                           | 0.000 | 0                | 0.0   | 0.000                         | 0               | 0.0              | 0.000 | 0                             |     |
| 17/02/2022                           | 11.3         | 24         | 30.0                            | 0.010            |                 | 10.0                          | 0.010 |                  | 10.0  | 0.010                         |                 | 10.0             | 0.010 |                               |     |
| 18/02/2022                           | 11.3         | 48         | 256.0                           | 0.256            |                 | 296.0                         | 0.286 |                  | 245.0 | 0.245                         |                 | 245.0            | 0.245 |                               |     |
| 19/02/2022                           | 11.3         | 72         | 321.0                           | 0.321            |                 | 336.0                         | 0.336 |                  | 286.0 | 0.286                         |                 | 286.0            | 0.286 |                               |     |
| 20/02/2022                           | 11.3         | 96         | 336.0                           | 0.336            |                 | 360.0                         | 0.360 |                  | 325.0 | 0.325                         |                 | 325.0            | 0.325 |                               |     |
|                                      |              |            | 11.66                           | total            | 2.20            | 11.61                         | total | 2.46             | 11.63 | total                         | 2.11            | 11.63            | total | 2.11                          |     |
| TIEMPO                               | PENETRACIÓN  |            | CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup> | PENETRACIÓN      |                 |                               |       |                  |       |                               |                 |                  |       |                               |     |
|                                      | Mm.          | Pulg.      |                                 | MOLDE Nº 4       |                 |                               |       | MOLDE Nº 5       |       |                               |                 | MOLDE Nº 6       |       |                               |     |
|                                      |              |            |                                 | CARGA L. Digital | kgf             | CORRECCIÓN Kg/cm <sup>2</sup> | %     | CARGA L. Digital | kgf   | CORRECCIÓN Kg/cm <sup>2</sup> | %               | CARGA L. Digital | kgf   | CORRECCIÓN Kg/cm <sup>2</sup> | %   |
| 0'00"                                | 0.000        | 0.000      | 0                               | 0                |                 |                               | 0     | 0                |       |                               | 0               | 0                |       |                               |     |
| 0'30"                                | 0.640        | 0.025      | 6                               | 6                |                 |                               | 5     | 5                |       |                               | 2               | 2                |       |                               |     |
| 1'00"                                | 1.270        | 0.050      | 16                              | 16               |                 |                               | 10    | 10               |       |                               | 9               | 9                |       |                               |     |
| 1'30"                                | 1.910        | 0.075      | 42                              | 42               |                 |                               | 18    | 18               |       |                               | 10              | 10               |       |                               |     |
| 2'00"                                | 2.540        | 0.100      | 70.31                           | 52               | 52              | 2.6                           | 3.1   | 30               | 30    | 1.0                           | 1.4             | 25               | 25    | 0.9                           | 1.3 |
| 2'30"                                | 3.170        | 0.125      |                                 | 56               | 56              |                               |       | 35               | 35    |                               |                 | 26               | 26    |                               |     |
| 3'00"                                | 3.810        | 0.150      |                                 | 60               | 60              |                               |       | 38               | 38    |                               |                 | 30               | 30    |                               |     |
| 4'00"                                | 5.080        | 0.200      | 105.46                          | 62               | 62              | 3.2                           | 3.7   | 45               | 45    | 2.6                           | 2.5             | 36               | 36    | 2.2                           | 2.1 |
| 6'00"                                | 7.620        | 0.300      |                                 | 104              | 104             |                               |       | 96               | 96    |                               |                 | 80               | 80    |                               |     |
| 8'00"                                | 10.160       | 0.400      |                                 | 138              | 138             |                               |       | 130              | 130   |                               |                 | 110              | 110   |                               |     |
| 10'00"                               | 12.700       | 0.500      |                                 | 157              | 157             |                               |       | 148              | 148   |                               |                 | 142              | 142   |                               |     |

**OBSERVACIONES :**

- Muestreo realizados por el testista.
- Ensayo realizados por el testista con supervisión del técnico de laboratorio.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N°3863**

Pag.: 01 de 02

**Expediente N°** : 1849 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C.  
**Solicitantes** : IBAÑEZ HUANCAS KEILY KASANDRA  
 MERA LINAQUE JHAN EDISON  
**Proyecto** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENZAS DE CARBÓN"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 02 de Junio del 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1553 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA DE ARCILLA**

Muestra : M-01 Cenzas I + Patron 10%  
 Calicata : C-01

| DATOS DEL ENSAYO                     |  |  | COMPACTACIÓN |          |                                 |             |              |            |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
|--------------------------------------|--|--|--------------|----------|---------------------------------|-------------|--------------|------------|--------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-----------|------------|--------------------|--|-----------|--|------------|--|------|--|--------------------|--|----|--|-----|--|-----|--|
| Nº Molde                             |  |  | 4            |          | 5                               |             | 6            |            |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Nº Capa                              |  |  | 5            |          | 5                               |             | 5            |            |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Nº Golpes por capa                   |  |  | 55           |          | 26                              |             | 12           |            |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA              |  |  | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado                    | Saturado    | Sin Saturado | Saturado   |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Peso molde + Suelo húmedo (g)        |  |  | 12435        | 12690    | 11995                           | 12225       | 11681        | 11959      |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Peso de molde (g)                    |  |  | 8473         | 8473     | 8281                            | 8281        | 8029         | 8029       |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Peso del suelo húmedo (g)            |  |  | 3962         | 4217     | 3714                            | 3944        | 3652         | 3930       |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) |  |  | 2119         | 2119     | 2115                            | 2115        | 2144         | 2144       |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ) |  |  | 1.870        | 1.990    | 1.756                           | 1.865       | 1.703        | 1.833      |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )   |  |  | 1.618        | 1.618    | 1.495                           | 1.495       | 1.441        | 1.441      |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| DATOS DEL ENSAYO                     |  |  | HUMEDAD      |          |                                 |             |              |            |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Nº Tara                              |  |  | -            | -        | -                               | -           | -            | -          |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Tara + Suelo húmedo (g)              |  |  | 384.4        | 4217.0   | 256.0                           | 3944.0      | 312.0        | 3930.0     |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Tara + Suelo seco (g)                |  |  | 337.8        | 3962.0   | 227.4                           | 3714.0      | 269.0        | 3652.0     |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Peso del Agua (g)                    |  |  | 46.6         | 255      | 28.6                            | 230         | 43           | 278        |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Peso del tara (g)                    |  |  | 37.7         | 0.0      | 63.8                            | 0.0         | 32.4         | 0.0        |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Peso del suelo seco (g)              |  |  | 300.1        | 3429.5   | 163.6                           | 3161.3      | 236.6        | 3090.4     |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| Porcentaje de humedad (%)            |  |  | 15.5         | 23.0     | 17.5                            | 24.8        | 18.2         | 27.2       |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| FECHA                                |  |  | HORA         |          |                                 | TIEMPO Hr.  |              |            | EXPANSIÓN          |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |                                 |             |              |            | DIAL               |            | EXPANSIÓN |            | DIAL       |            | EXPANSIÓN |            | DIAL               |  | EXPANSIÓN |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |                                 |             |              |            | Pulg.              |            | %         |            | Pulg.      |            | %         |            | Pulg.              |  | %         |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 16/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |                                 | 0           |              |            | 0.0                |            | 0.000     |            | 0          |            | 0.0       |            | 0.000              |  | 0         |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 17/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |                                 | 24          |              |            | 10.0               |            | 0.010     |            | 10.0       |            | 0.010     |            | 10.0               |  | 0.010     |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 18/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |                                 | 48          |              |            | 261.0              |            | 0.261     |            | 279.0      |            | 0.279     |            | 286.0              |  | 0.286     |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 19/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |                                 | 72          |              |            | 342.0              |            | 0.342     |            | 325.0      |            | 0.325     |            | 310.0              |  | 0.310     |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 20/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |                                 | 96          |              |            | 362.0              |            | 0.362     |            | 340.0      |            | 0.340     |            | 336.0              |  | 0.336     |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |                                 | 11.66       |              |            | total              |            | 2.24      |            | 11.61      |            | total     |            | 2.40               |  | 11.63     |  | total      |  | 2.46 |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| TIEMPO                               |  |  | PENETRACIÓN  |          | CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup> | PENETRACIÓN |              |            |                    |            |           |            |            |            |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  | Mm.          |          |                                 | MOLDE Nº 4  |              |            |                    | MOLDE Nº 5 |           |            |            | MOLDE Nº 6 |           |            |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  | Pulg.        |          |                                 | CARGA       |              | CORRECCIÓN |                    | CARGA      |           | CORRECCIÓN |            | CARGA      |           | CORRECCIÓN |                    |  |           |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          | L. Digital                      |             | kgf          |            | Kg/cm <sup>2</sup> |            | %         |            | L. Digital |            | kgf       |            | Kg/cm <sup>2</sup> |  | %         |  | L. Digital |  | kgf  |  | Kg/cm <sup>2</sup> |  | %  |  |     |  |     |  |
| 0'00"                                |  |  | 0.000        |          | 0.000                           |             | 0            |            | 0                  |            | 0         |            | 0          |            | 0         |            | 0                  |  | 0         |  | 0          |  | 0    |  | 0                  |  | 0  |  |     |  |     |  |
| 0'30"                                |  |  | 0.640        |          | 0.025                           |             | 9            |            | 9                  |            |           |            | 6          |            | 6         |            | 2                  |  | 2         |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 1'00"                                |  |  | 1.270        |          | 0.050                           |             | 13           |            | 13                 |            |           |            | 10         |            | 10        |            | 9                  |  | 9         |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 1'30"                                |  |  | 1.910        |          | 0.075                           |             | 25           |            | 25                 |            |           |            | 21         |            | 21        |            | 12                 |  | 12        |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 2'00"                                |  |  | 2.540        |          | 0.100                           |             | 70.31        |            | 42                 |            | 42        |            | 2.1        |            | 3.1       |            | 34                 |  | 34        |  | 1.7        |  | 2.5  |  | 26                 |  | 26 |  | 1.2 |  | 1.7 |  |
| 2'30"                                |  |  | 3.170        |          | 0.125                           |             | 53           |            | 53                 |            |           |            | 46         |            | 46        |            | 30                 |  | 30        |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 3'00"                                |  |  | 3.810        |          | 0.150                           |             | 69           |            | 69                 |            |           |            | 53         |            | 53        |            | 35                 |  | 35        |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 4'00"                                |  |  | 5.080        |          | 0.200                           |             | 105.46       |            | 78                 |            | 78        |            | 4.0        |            | 4.1       |            | 61                 |  | 61        |  | 3.5        |  | 3.3  |  | 42                 |  | 42 |  | 2.5 |  | 2.4 |  |
| 6'00"                                |  |  | 7.620        |          | 0.300                           |             | 124          |            | 124                |            |           |            | 94         |            | 94        |            | 75                 |  | 75        |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 8'00"                                |  |  | 10.160       |          | 0.400                           |             | 165          |            | 165                |            |           |            | 124        |            | 124       |            | 90                 |  | 90        |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |
| 10'00"                               |  |  | 12.700       |          | 0.500                           |             | 198          |            | 198                |            |           |            | 130        |            | 130       |            | 112                |  | 112       |  |            |  |      |  |                    |  |    |  |     |  |     |  |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo realizado por el tecnico.
- Ensayo realizado por el tecnico con supervisión del tecnico de laboratorio.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

  
**German Oscar Gastelo Chirinos**  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



  
**Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**Expediente N°** : 1849 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C.  
**Solicitantes** : IBÁÑEZ HUANCAS KELLY KASANDRA  
 MERA LIVAQUE JHAN EDINSON  
**Proyecto** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENZAS DE CARBÓN"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 02 de junio del 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA DE ARCILLA**  
 Muestra : M-01 Cenza 1 + Patrón 15%  
 Caloría : 7.03

| DATOS DEL ENSAYO                     |              |          | COMPACTACIÓN |          |                                 |            |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
|--------------------------------------|--------------|----------|--------------|----------|---------------------------------|------------|-------------|------|--------------------|-------|------------|-------|--------------------|-----|------------|-------|--------------------|-------|-----------|---|
| Nº Molde                             | 7            |          | 8            |          | 9                               |            |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Nº Capa                              | 5            |          | 5            |          | 5                               |            |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Nº Golpes por capa                   | 55           |          | 26           |          | 12                              |            |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA              | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado | Saturado | Sin Saturado                    | Saturado   |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Peso molde + Suelo húmedo (g)        | 11791        | 12150    | 12130        | 12510    | 11950                           | 12280      |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Peso de molde (g)                    | 7936         | 7936     | 8558         | 8558     | 8669                            | 8669       |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Peso del suelo húmedo (g)            | 3855         | 4214     | 3572         | 3952     | 3281                            | 3611       |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) | 2122         | 2122     | 2122         | 2122     | 2115                            | 2115       |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.817        | 1.986    | 1.683        | 1.862    | 1.551                           | 1.707      |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )   | 1.608        | 1.608    | 1.476        | 1.476    | 1.354                           | 1.354      |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| DATOS DEL ENSAYO                     |              |          | HUMEDAD      |          |                                 |            |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Nº Tara                              | -            |          | -            |          | -                               |            | -           |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Tara + Suelo húmedo (g)              | 337.9        | 4214.0   | 245.5        | 3952.0   | 292.0                           | 3611.0     |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Tara + Suelo seco (g)                | 303.3        | 3855.0   | 223.1        | 3572.0   | 258.9                           | 3281.0     |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Peso del Agua (g)                    | 34.6         | 359      | 22.4         | 380      | 33.1                            | 330        |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Peso del tara (g)                    | 36.8         | 0.0      | 63.8         | 0.0      | 32.4                            | 0.0        |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Peso del suelo seco (g)              | 266.5        | 3412.0   | 159.3        | 3131.6   | 226.5                           | 2862.7     |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| Porcentaje de humedad (%)            | 13.0         | 23.5     | 14.1         | 26.2     | 14.6                            | 26.1       |             |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| FECHA                                |              |          | HORA         |          |                                 | TIEMPO Hr. |             |      | EXPANSIÓN          |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
|                                      |              |          |              |          |                                 |            |             |      | DIAL               |       | EXPANSIÓN  |       | DIAL               |     | EXPANSIÓN  |       | DIAL               |       | EXPANSIÓN |   |
|                                      |              |          |              |          |                                 |            |             |      | Pulg.              |       | %          |       | Pulg.              |     | %          |       | Pulg.              |       | %         |   |
| 16/02/2022                           | 11.3         | 0        | 0.0          | 0.000    | 0                               | 0.0        | 0.000       | 0    | 0.0                | 0.000 | 0          | 0.0   | 0.000              | 0   | 0.0        | 0.000 | 0                  | 0.0   | 0.000     | 0 |
| 17/02/2022                           | 11.3         | 24       | 10.0         | 0.010    |                                 | 10.0       | 0.010       |      | 10.0               | 0.010 |            | 10.0  | 0.010              |     | 10.0       | 0.010 |                    | 10.0  | 0.010     |   |
| 18/02/2022                           | 11.3         | 48       | 256.0        | 0.256    |                                 | 265.0      | 0.265       |      | 278.0              | 0.278 |            | 278.0 | 0.278              |     | 278.0      | 0.278 |                    | 278.0 | 0.278     |   |
| 19/02/2022                           | 11.3         | 72       | 321.0        | 0.321    |                                 | 331.0      | 0.331       |      | 321.0              | 0.321 |            | 321.0 | 0.321              |     | 321.0      | 0.321 |                    | 321.0 | 0.321     |   |
| 20/02/2022                           | 11.3         | 96       | 362.0        | 0.362    |                                 | 350.0      | 0.350       |      | 336.0              | 0.336 |            | 336.0 | 0.336              |     | 336.0      | 0.336 |                    | 336.0 | 0.336     |   |
|                                      |              |          | 11.63        | total    | 2.20                            | 11.65      | total       | 2.27 | 11.63              | total | 2.39       |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
| TIEMPO                               |              |          | PENETRACIÓN  |          | CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup> |            | PENETRACIÓN |      |                    |       |            |       |                    |     |            |       |                    |       |           |   |
|                                      |              |          |              |          |                                 |            | MOLDE Nº 7  |      |                    |       | MOLDE Nº 8 |       |                    |     | MOLDE Nº 9 |       |                    |       |           |   |
|                                      |              |          |              |          |                                 |            | CARGA       |      | CORRECCIÓN         |       | CARGA      |       | CORRECCIÓN         |     | CARGA      |       | CORRECCIÓN         |       |           |   |
|                                      |              |          |              |          |                                 |            | L. Digital  | kgf  | Kg/cm <sup>2</sup> | %     | L. Digital | kgf   | Kg/cm <sup>2</sup> | %   | L. Digital | kgf   | Kg/cm <sup>2</sup> | %     |           |   |
| 0'00"                                | 0.000        | 0.000    | 0            | 0        |                                 | 0          | 0           |      |                    | 0     | 0          |       |                    | 0   | 0          |       |                    |       |           |   |
| 0'30"                                | 0.640        | 0.025    | 9            | 9        |                                 | 8          | 8           |      |                    | 2     | 2          |       |                    | 2   | 2          |       |                    |       |           |   |
| 1'00"                                | 1.270        | 0.050    | 15           | 15       |                                 | 12         | 12          |      |                    | 10    | 10         |       |                    | 10  | 10         |       |                    |       |           |   |
| 1'30"                                | 1.910        | 0.075    | 24           | 24       |                                 | 21         | 21          |      |                    | 16    | 16         |       |                    | 16  | 16         |       |                    |       |           |   |
| 2'00"                                | 2.540        | 0.100    | 70.31        | 36       | 36                              | 1.8        | 3.3         |      |                    | 32    | 32         | 2.1   | 3.0                | 26  | 26         | 1.8   | 2.5                |       |           |   |
| 2'30"                                | 3.170        | 0.125    |              | 62       | 62                              |            |             |      |                    | 58    | 58         |       |                    | 42  | 42         |       |                    |       |           |   |
| 3'00"                                | 3.810        | 0.150    |              | 75       | 75                              |            |             |      |                    | 64    | 64         |       |                    | 51  | 51         |       |                    |       |           |   |
| 4'00"                                | 5.080        | 0.200    | 105.46       | 86       | 86                              | 4.4        | 4.5         |      |                    | 76    | 76         | 3.9   | 3.7                | 62  | 62         | 3.3   | 3.1                |       |           |   |
| 6'00"                                | 7.620        | 0.300    |              | 132      | 132                             |            |             |      |                    | 95    | 95         |       |                    | 86  | 86         |       |                    |       |           |   |
| 8'00"                                | 10.160       | 0.400    |              | 175      | 175                             |            |             |      |                    | 145   | 145        |       |                    | 101 | 101        |       |                    |       |           |   |
| 10'00"                               | 12.700       | 0.500    |              | 210      | 210                             |            |             |      |                    | 176   | 176        |       |                    | 125 | 125        |       |                    |       |           |   |

**OBSERVACIONES:**  
 - Muestra realizada por el testista.  
 - Ensayo realizado por el testista con supervisión del técnico de laboratorio.  
 - El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

*German Oscar Gastelo Chirinos*  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



*Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta*  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N°3863**

Pag. 05 de 1

**Expediente N°** : 1849 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C.  
**Solicitantes** : BAÑEZ HUANCAS KELLY KASANDRA  
 MERA LIVAQUE JHAN EDINSON  
**Proyecto** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 02 de Junio del 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1583 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA DE ARCILLA**  
 Muestra : M-01 Ceniza 1 + Patron 20%  
 Calicata : C-01

| DATOS DEL ENSAYO                     |              |            | COMPACTACIÓN                    |             |                    |             |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
|--------------------------------------|--------------|------------|---------------------------------|-------------|--------------------|-------------|------------|-------------|--------------------|------------|------------|-------------|--------------------|------------|-----|
| Nº Molde                             | 10           |            | 11                              |             |                    |             | 12         |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Nº Capa                              | 5            |            | 5                               |             |                    |             | 5          |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Nº Golpes por capa                   | 55           |            | 26                              |             |                    |             | 12         |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| CONDICION DE LA MUESTRA              | Sin Saturado |            | Saturado                        |             | Sin Saturado       |             | Saturado   |             | Sin Saturado       |            | Saturado   |             |                    |            |     |
| Peso molde + Suelo húmedo (g)        | 11791        | 12150      | 11020                           | 11540       | 11220              | 11560       |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Peso de molde (g)                    | 7792         | 7792       | 7646                            | 7646        | 7973               | 7973        |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Peso del suelo húmedo (g)            | 3999         | 4358       | 3374                            | 3894        | 3247               | 3587        |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) | 2161         | 2161       | 2106                            | 2106        | 2100               | 2100        |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.851        | 2.017      | 1.602                           | 1.849       | 1.547              | 1.708       |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )   | 1.603        | 1.603      | 1.386                           | 1.386       | 1.336              | 1.336       |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| DATOS DEL ENSAYO                     |              |            | HUMEDAD                         |             |                    |             |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Nº Tara                              | -            |            | -                               |             |                    |             | -          |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Tara + Suelo húmedo (g)              | 359.2        | 4358.0     | 312.5                           | 3894.0      | 304.0              | 3587.0      |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Tara + Suelo seco (g)                | 316.0        | 3999.0     | 279.0                           | 3374.0      | 267.0              | 3247.0      |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Peso del Agua (g)                    | 43.2         | 359        | 33.5                            | 520         | 37                 | 340         |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Peso del tara (g)                    | 36.1         | 0.0        | 63.8                            | 0.0         | 32.4               | 0.0         |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Peso del suelo seco (g)              | 279.9        | 3464.3     | 215.2                           | 2919.5      | 234.6              | 2804.7      |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| Porcentaje de humedad (%)            | 15.4         | 25.8       | 15.6                            | 33.4        | 15.8               | 27.9        |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
| FECHA                                | HORA         | TIEMPO Hr. | EXPANSIÓN                       |             |                    |             |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
|                                      |              |            | MOLDE Nº 10                     |             |                    | MOLDE Nº 11 |            |             | MOLDE Nº 12        |            |            |             |                    |            |     |
|                                      |              |            | DIAL                            | EXPANSIÓN   |                    | DIAL        | EXPANSIÓN  |             | DIAL               | EXPANSIÓN  |            |             |                    |            |     |
|                                      |              |            |                                 | Pulg.       | %                  |             | Pulg.      | %           |                    | Pulg.      | %          |             |                    |            |     |
| 16/02/2022                           | 11.3         | 0          | 0.0                             | 0.000       | 0                  | 0.0         | 0.000      | 0           | 0.0                | 0.000      | 0          |             |                    |            |     |
| 17/02/2022                           | 11.3         | 24         | 10.0                            | 0.010       |                    | 10.0        | 0.010      |             | 10.0               | 0.010      |            |             |                    |            |     |
| 18/02/2022                           | 11.3         | 48         | 256.0                           | 0.256       |                    | 265.0       | 0.265      |             | 278.0              | 0.278      |            |             |                    |            |     |
| 19/02/2022                           | 11.3         | 72         | 321.0                           | 0.321       |                    | 331.0       | 0.331      |             | 321.0              | 0.321      |            |             |                    |            |     |
| 20/02/2022                           | 11.3         | 96         | 362.0                           | 0.362       |                    | 350.0       | 0.350      |             | 336.0              | 0.336      |            |             |                    |            |     |
|                                      |              |            | 11.51                           | total       | 2.22               | 11.59       | total      | 2.29        | 11.54              | total      | 2.41       |             |                    |            |     |
| TIEMPO                               | PENETRACIÓN  |            | CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup> | PENETRACIÓN |                    |             |            |             |                    |            |            |             |                    |            |     |
|                                      | Mm.          | Pulg.      |                                 | MOLDE Nº 10 |                    |             |            | MOLDE Nº 11 |                    |            |            | MOLDE Nº 12 |                    |            |     |
|                                      |              |            |                                 | CARGA       |                    | CORRECCIÓN  |            | CARGA       |                    | CORRECCIÓN |            | CARGA       |                    | CORRECCIÓN |     |
|                                      |              |            | L. Digital                      | kgf         | Kg/cm <sup>2</sup> | %           | L. Digital | kgf         | Kg/cm <sup>2</sup> | %          | L. Digital | kgf         | Kg/cm <sup>2</sup> | %          |     |
| 0'00"                                | 0.000        | 0.000      | 0                               | 0           |                    |             | 0          | 0           |                    |            | 0          | 0           |                    |            |     |
| 0'30"                                | 0.640        | 0.025      | 10                              | 10          |                    |             | 8          | 8           |                    |            | 2          | 2           |                    |            |     |
| 1'00"                                | 1.270        | 0.050      | 14                              | 14          |                    |             | 11         | 11          |                    |            | 8          | 8           |                    |            |     |
| 1'30"                                | 1.910        | 0.075      | 18                              | 18          |                    |             | 16         | 16          |                    |            | 12         | 12          |                    |            |     |
| 2'00"                                | 2.540        | 0.100      | 70.31                           | 38          | 38                 | 1.9         | 3.0        | 28          | 28                 | 1.8        | 2.5        | 21          | 21                 | 1.5        | 2.2 |
| 2'30"                                | 3.170        | 0.125      |                                 | 56          | 56                 |             |            | 42          | 42                 |            |            | 36          | 36                 |            |     |
| 3'00"                                | 3.810        | 0.150      |                                 | 65          | 65                 |             |            | 53          | 53                 |            |            | 48          | 48                 |            |     |
| 4'00"                                | 5.080        | 0.200      | 105.46                          | 82          | 82                 | 4.2         | 4.1        | 68          | 68                 | 3.3        | 3.1        | 56          | 56                 | 2.9        | 2.8 |
| 6'00"                                | 7.620        | 0.300      |                                 | 124         | 124                |             |            | 84          | 84                 |            |            | 75          | 75                 |            |     |
| 8'00"                                | 10.160       | 0.400      |                                 | 165         | 165                |             |            | 124         | 124                |            |            | 98          | 98                 |            |     |
| 10'00"                               | 12.700       | 0.500      |                                 | 190         | 190                |             |            | 163         | 163                |            |            | 114         | 114                |            |     |

**OBSERVACIONES:**  
 - Muestreo realizados por el testista.  
 - Ensayo realizados por el testista con supervisión del técnico de laboratorio.  
 - El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N°3863**

Pag.: 01 de 02

**Expediente N°** : 1849-2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
**Solicitantes** : RAÑEZ HUANCAS KELLY KAGANDRA  
 MERA LIVAQUE IHAN EDROON  
**Proyecto** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 02 de Junio del 2022.

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**

NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1553 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA DE ARCILLA**

Muestra : M-01  
 Calibrada : P-019

| DATOS DEL ENSAYO                     |              |  | COMPACTACIÓN |          |  |                                 |              |  |             |          |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
|--------------------------------------|--------------|--|--------------|----------|--|---------------------------------|--------------|--|-------------|----------|-----------------|--|--------------------|--|------------|--|-----------------|--|------------|--|--------------------|--|-----------------|--|------------|--|-----|--|--------------------|--|-----|--|-----|--|
| Nº Molde                             | 1            |  |              | 2        |  |                                 | 3            |  |             |          |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Nº Capa                              | 5            |  |              | 5        |  |                                 | 5            |  |             |          |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Nº Golpes por capa                   | 55           |  |              | 26       |  |                                 | 12           |  |             |          |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA              | Sin Saturado |  |              | Saturado |  |                                 | Sin Saturado |  |             | Saturado |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Peso molde + Suelo húmedo (g)        | 12551        |  |              | 12704    |  |                                 | 12415        |  |             | 12690    |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Peso de molde (g)                    | 8292         |  |              | 8292     |  |                                 | 8412         |  |             | 8412     |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Peso del suelo húmedo (g)            | 4259         |  |              | 4412     |  |                                 | 4003         |  |             | 4278     |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) | 2105         |  |              | 2105     |  |                                 | 2105         |  |             | 2105     |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ) | 2.023        |  |              | 2.096    |  |                                 | 1.902        |  |             | 2.032    |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )   | 1.731        |  |              | 1.731    |  |                                 | 1.618        |  |             | 1.502    |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| DATOS DEL ENSAYO                     |              |  | HUMEDAD      |          |  |                                 |              |  |             |          |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Nº Tara                              | -            |  |              | -        |  |                                 | -            |  |             | -        |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Tara + Suelo húmedo (g)              | 100.6        |  |              | 4412.0   |  |                                 | 145.5        |  |             | 4278.0   |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Tara + Suelo seco (g)                | 87.1         |  |              | 4259.0   |  |                                 | 129.3        |  |             | 4003.0   |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Peso del Agua (g)                    | 13.5         |  |              | 153      |  |                                 | 16.2         |  |             | 275      |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Peso del tara (g)                    | 7.0          |  |              | 0.0      |  |                                 | 36.8         |  |             | 0.0      |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Peso del suelo seco (g)              | 80.1         |  |              | 3644.7   |  |                                 | 92.5         |  |             | 3406.4   |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| Porcentaje de humedad (%)            | 16.9         |  |              | 21.1     |  |                                 | 17.5         |  |             | 25.6     |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| FECHA                                |              |  | HORA         |          |  | TIEMPO Hr.                      |              |  | EXPANSIÓN   |          |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
|                                      |              |  |              |          |  |                                 |              |  | DIAL        |          | EXPANSIÓN Pulg. |  | %                  |  | DIAL       |  | EXPANSIÓN Pulg. |  | %          |  | DIAL               |  | EXPANSIÓN Pulg. |  | %          |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 16/02/2022                           |              |  | 11.3         |          |  | 0                               |              |  | 0.0         |          | 0.000           |  | 0                  |  | 0.0        |  | 0.000           |  | 0          |  | 0.0                |  | 0.000           |  | 0          |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 17/02/2022                           |              |  | 11.3         |          |  | 24                              |              |  | 10.0        |          | 0.010           |  |                    |  | 10.0       |  | 0.010           |  |            |  | 10.0               |  | 0.010           |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 18/02/2022                           |              |  | 11.3         |          |  | 48                              |              |  | 245.0       |          | 0.245           |  |                    |  | 290.0      |  | 0.290           |  |            |  | 236.0              |  | 0.236           |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 19/02/2022                           |              |  | 11.3         |          |  | 72                              |              |  | 310.0       |          | 0.310           |  |                    |  | 325.0      |  | 0.325           |  |            |  | 278.0              |  | 0.278           |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 20/02/2022                           |              |  | 11.3         |          |  | 96                              |              |  | 326.0       |          | 0.326           |  |                    |  | 360.0      |  | 0.360           |  |            |  | 325.0              |  | 0.325           |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
|                                      |              |  |              |          |  |                                 |              |  | 11.64       |          | total           |  | 2.11               |  | 11.67      |  | total           |  | 2.49       |  | 11.62              |  | total           |  | 2.03       |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| TIEMPO                               |              |  | PENETRACIÓN  |          |  | CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup> |              |  | PENETRACIÓN |          |                 |  |                    |  |            |  |                 |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
|                                      |              |  |              |          |  |                                 |              |  | MOLDE Nº 1  |          |                 |  | MOLDE Nº 2         |  |            |  | MOLDE Nº 3      |  |            |  |                    |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
|                                      |              |  |              |          |  |                                 |              |  | CARGA       |          | CORRECCIÓN      |  | CARGA              |  | CORRECCIÓN |  | CARGA           |  | CORRECCIÓN |  | CARGA              |  | CORRECCIÓN      |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
|                                      |              |  |              |          |  |                                 |              |  | L. Digital  |          | kgf             |  | Kg/cm <sup>2</sup> |  | %          |  | L. Digital      |  | kgf        |  | Kg/cm <sup>2</sup> |  | %               |  | L. Digital |  | kgf |  | Kg/cm <sup>2</sup> |  | %   |  |     |  |
| 0'00"                                |              |  | 0.000        |          |  | 0.000                           |              |  | 0           |          | 0               |  |                    |  | 0          |  | 0               |  | 0          |  | 0                  |  | 0               |  | 0          |  | 0   |  | 0                  |  |     |  |     |  |
| 0'30"                                |              |  | 0.640        |          |  | 0.025                           |              |  | 17          |          | 17              |  |                    |  | 10         |  | 10              |  | 5          |  | 5                  |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 1'00"                                |              |  | 1.270        |          |  | 0.050                           |              |  | 45          |          | 45              |  |                    |  | 36         |  | 36              |  | 16         |  | 16                 |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 1'30"                                |              |  | 1.910        |          |  | 0.075                           |              |  | 62          |          | 62              |  |                    |  | 48         |  | 48              |  | 32         |  | 32                 |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 2'00"                                |              |  | 2.540        |          |  | 0.100                           |              |  | 70.31       |          | 69              |  | 69                 |  | 3.5        |  | 4.7             |  | 53         |  | 53                 |  | 2.9             |  | 4.2        |  | 35  |  | 35                 |  | 1.8 |  | 2.5 |  |
| 2'30"                                |              |  | 3.170        |          |  | 0.125                           |              |  | 75          |          | 75              |  |                    |  | 64         |  | 64              |  | 36         |  | 36                 |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 3'00"                                |              |  | 3.810        |          |  | 0.150                           |              |  | 82          |          | 82              |  |                    |  | 75         |  | 75              |  | 45         |  | 45                 |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 4'00"                                |              |  | 5.080        |          |  | 0.200                           |              |  | 105.46      |          | 93              |  | 93                 |  | 4.7        |  | 4.8             |  | 86         |  | 86                 |  | 4.4             |  | 4.1        |  | 56  |  | 56                 |  | 2.8 |  | 2.6 |  |
| 6'00"                                |              |  | 7.620        |          |  | 0.300                           |              |  | 118         |          | 118             |  |                    |  | 97         |  | 97              |  | 62         |  | 62                 |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 8'00"                                |              |  | 10.160       |          |  | 0.400                           |              |  | 144         |          | 144             |  |                    |  | 104        |  | 104             |  | 74         |  | 74                 |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |
| 10'00"                               |              |  | 12.700       |          |  | 0.500                           |              |  | 176         |          | 176             |  |                    |  | 124        |  | 124             |  | 86         |  | 86                 |  |                 |  |            |  |     |  |                    |  |     |  |     |  |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo realizado por el tesisista.
- Ensayo realizado por el tesisista con supervisión del técnico de laboratorio.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.



German Oscar Castelo Chirinos  
 REC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES




Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

964423859 - 943011231

Ca. José Galvez N° 120

fermaisac@gmail.com

www.fermaisac.cf

**INFORME DE ENSAYO N°3863**

Pag. 01 de

**Expediente N°** : 1849 - 2022 / L.E.M. FERMATI S.A.C  
**Solicitantes** : IBAÑEZ HUANCAS KELLY KASANDRA  
 MERA LIVAQUE JHAN EDINSON  
**Proyecto** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 02 de Junio del 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA DE ARCILLA**  
 Muestra : M-01  
 Calicata : C-02

| DATOS DEL ENSAYO                     |             |            | COMPACTACIÓN                    |             |                    |          |              |            |                    |           |            |            |                    |     |     |
|--------------------------------------|-------------|------------|---------------------------------|-------------|--------------------|----------|--------------|------------|--------------------|-----------|------------|------------|--------------------|-----|-----|
| Nº Molde                             |             |            | 1                               |             | 2                  |          | 3            |            |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Nº Capa                              |             |            | 5                               |             | 5                  |          | 5            |            |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Nº Golpes por capa                   |             |            | 55                              |             | 26                 |          | 12           |            |                    |           |            |            |                    |     |     |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA              |             |            | Sin Saturado                    | Saturado    | Sin Saturado       | Saturado | Sin Saturado | Saturado   |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Peso molde + Suelo húmedo (g)        |             |            | 12244                           | 12574       | 12085              | 12490    | 11957        | 12321      |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Peso de molde (g)                    |             |            | 8292                            | 8292        | 8412               | 8412     | 8396         | 8396       |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Peso del suelo húmedo (g)            |             |            | 3952                            | 4282        | 3673               | 4078     | 3561         | 3925       |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) |             |            | 2105                            | 2105        | 2105               | 2105     | 2105         | 2105       |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ) |             |            | 1.877                           | 2.034       | 1.745              | 1.937    | 1.692        | 1.865      |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )   |             |            | 1.665                           | 1.665       | 1.538              | 1.538    | 1.497        | 1.497      |                    |           |            |            |                    |     |     |
| DATOS DEL ENSAYO                     |             |            | HUMEDAD                         |             |                    |          |              |            |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Nº Tara                              |             |            | -                               | -           | -                  | -        | -            | -          |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Tara + Suelo húmedo (g)              |             |            | 103.5                           | 4282.0      | 142.5              | 4078.0   | 107.0        | 3925.0     |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Tara + Suelo seco (g)                |             |            | 92.7                            | 3952.0      | 130.0              | 3673.0   | 95.7         | 3561.0     |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Peso del Agua (g)                    |             |            | 10.75                           | 330         | 12.55              | 405      | 11.33        | 364        |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Peso del tara (g)                    |             |            | 8.5                             | 0.0         | 36.8               | 0.0      | 8.7          | 0.0        |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Peso del suelo seco (g)              |             |            | 84.2                            | 3504.6      | 93.2               | 3236.9   | 87.0         | 3150.6     |                    |           |            |            |                    |     |     |
| Porcentaje de humedad (%)            |             |            | 12.8                            | 22.2        | 13.5               | 26.0     | 13.0         | 24.6       |                    |           |            |            |                    |     |     |
| FECHA                                | HORA        | TIEMPO Hr. | EXPANSIÓN                       |             |                    |          |              |            |                    |           |            |            |                    |     |     |
|                                      |             |            | DIAL                            |             | EXPANSIÓN          |          |              | DIAL       |                    | EXPANSIÓN |            |            |                    |     |     |
|                                      |             |            |                                 | Pulg.       | %                  |          | Pulg.        | %          |                    | Pulg.     | %          |            |                    |     |     |
| 16/02/2022                           | 11.3        | 0          | 0.0                             | 0.000       | 0                  | 0.0      | 0.000        | 0          | 0.0                | 0.000     | 0          |            |                    |     |     |
| 17/02/2022                           | 11.3        | 24         | 10.0                            | 0.010       |                    | 10.0     | 0.010        |            | 10.0               | 0.010     |            |            |                    |     |     |
| 18/02/2022                           | 11.3        | 48         | 234.0                           | 0.234       |                    | 224.0    | 0.224        |            | 236.0              | 0.236     |            |            |                    |     |     |
| 19/02/2022                           | 11.3        | 72         | 290.0                           | 0.290       |                    | 286.0    | 0.286        |            | 278.0              | 0.278     |            |            |                    |     |     |
| 20/02/2022                           | 11.3        | 96         | 321.0                           | 0.321       |                    | 312.0    | 0.312        |            | 325.0              | 0.325     |            |            |                    |     |     |
|                                      |             |            | 11.64                           | total       | 2.01               | 11.67    | total        | 1.92       | 11.62              | total     | 2.03       |            |                    |     |     |
| TIEMPO                               | PENETRACIÓN |            | CARGA STAND. Kg/cm <sup>2</sup> | PENETRACIÓN |                    |          |              |            |                    |           |            |            |                    |     |     |
|                                      | Mm.         | Pulg.      |                                 | MOLDE Nº 1  |                    |          |              | MOLDE Nº 2 |                    |           |            | MOLDE Nº 3 |                    |     |     |
|                                      |             |            |                                 | CARGA       | CORRECCIÓN         |          |              | CARGA      | CORRECCIÓN         |           |            | CARGA      | CORRECCIÓN         |     |     |
|                                      |             |            | L. Digital                      | kgf         | Kg/cm <sup>2</sup> | %        | L. Digital   | kgf        | Kg/cm <sup>2</sup> | %         | L. Digital | kgf        | Kg/cm <sup>2</sup> | %   |     |
| 0'00"                                | 0.000       | 0.000      |                                 | 0           | 0                  |          | 0            | 0          |                    | 0         | 0          |            | 0                  | 0   |     |
| 0'30"                                | 0.640       | 0.025      |                                 | 14          | 14                 |          | 10           | 10         |                    | 5         | 5          |            |                    |     |     |
| 1'00"                                | 1.270       | 0.050      |                                 | 37          | 37                 |          | 21           | 21         |                    | 18        | 18         |            |                    |     |     |
| 1'30"                                | 1.910       | 0.075      |                                 | 56          | 56                 |          | 42           | 42         |                    | 23        | 23         |            |                    |     |     |
| 2'00"                                | 2.540       | 0.100      | 70.31                           | 62          | 62                 | 3.2      | 4.4          | 56         | 56                 | 2.6       | 3.6        | 34         | 34                 | 2.0 | 2.8 |
| 2'30"                                | 3.170       | 0.125      |                                 | 69          | 69                 |          |              | 61         | 61                 |           |            | 42         | 42                 |     |     |
| 3'00"                                | 3.810       | 0.150      |                                 | 75          | 75                 |          |              | 68         | 68                 |           |            | 56         | 56                 |     |     |
| 4'00"                                | 5.080       | 0.200      | 105.46                          | 85          | 85                 | 4.3      | 4.4          | 75         | 75                 | 4.1       | 3.9        | 64         | 64                 | 3.3 | 3.1 |
| 6'00"                                | 7.620       | 0.300      |                                 | 114         | 114                |          |              | 95         | 95                 |           |            | 82         | 82                 |     |     |
| 8'00"                                | 10.160      | 0.400      |                                 | 141         | 141                |          |              | 124        | 124                |           |            | 94         | 94                 |     |     |
| 10'00"                               | 12.700      | 0.500      |                                 | 204         | 204                |          |              | 136        | 136                |           |            | 124        | 124                |     |     |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo realizados por el testista.
- Ensayo realizado por el testista con supervisión del técnico de laboratorio.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Juan Carlos Firma Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N°3863**

Pag.: 01

**Expediente N°** : 1849 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
**Solicitantes** : IBAÑEZ HUANCAS KEILY KASANDRA  
 MERA LIVAGUE JHAN EDINSON  
**Proyecto** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 02 de Junio del 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA DE ARCILLA**

Muestra : M-01  
 Calicata : C-02

| DATOS DEL ENSAYO                     |  |  | COMPACTACIÓN |          |              |                                  |              |          |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|--------------------------------------|--|--|--------------|----------|--------------|----------------------------------|--------------|----------|-------------|-----|--------------------|---|------------|-----|--------------------|---|------------|-----|--------------------|---|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|-----|--|
| Nº Molde                             |  |  | 1            |          | 2            |                                  | 3            |          |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Nº Capa                              |  |  | 5            |          | 5            |                                  | 5            |          |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Nº Golpes por capa                   |  |  | 55           |          | 26           |                                  | 12           |          |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| CONDICIÓN DE LA MUESTRA              |  |  | sin Saturado | Saturado | sin Saturado | Saturado                         | sin Saturado | Saturado |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Peso molde + Suelo húmedo (g)        |  |  | 12284        | 12484    | 12135        | 12290                            | 12057        | 12261    |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Peso de molde (g)                    |  |  | 8292         | 8292     | 8412         | 8412                             | 8396         | 8396     |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Peso del suelo húmedo (g)            |  |  | 3992         | 4192     | 3723         | 3878                             | 3661         | 3865     |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) |  |  | 2105         | 2105     | 2105         | 2105                             | 2105         | 2105     |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ) |  |  | 1.896        | 1.991    | 1.769        | 1.842                            | 1.739        | 1.836    |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )   |  |  | 1.626        | 1.626    | 1.510        | 1.510                            | 1.483        | 1.483    |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| DATOS DEL ENSAYO                     |  |  | HUMEDAD      |          |              |                                  |              |          |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Nº Tara                              |  |  | -            | -        | -            | -                                | -            | -        |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Tara + Suelo húmedo (g)              |  |  | 99.5         | 4192.0   | 125.0        | 3878.0                           | 124.0        | 3865.0   |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Tara + Suelo seco (g)                |  |  | 86.5         | 3992.0   | 112.1        | 3723.0                           | 107.0        | 3661.0   |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Peso del Agua (g)                    |  |  | 13           | 200      | 12.9         | 155                              | 17           | 204      |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Peso del tara (g)                    |  |  | 8.5          | 0.0      | 36.8         | 0.0                              | 8.7          | 0.0      |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Peso del suelo seco (g)              |  |  | 78.0         | 3421.7   | 75.3         | 3178.5                           | 98.3         | 3121.2   |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| Porcentaje de humedad (%)            |  |  | 16.7         | 22.5     | 17.1         | 22.0                             | 17.3         | 23.8     |             |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| FECHA                                |  |  | HORA         |          |              | TIEMPO Hr.                       |              |          | EXPANSIÓN   |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |              |                                  |              |          | DIAL        |     | EXPANSIÓN          |   | DIAL       |     | EXPANSIÓN          |   | DIAL       |     | EXPANSIÓN          |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |              |                                  |              |          | Pulg.       |     | %                  |   | Pulg.      |     | %                  |   | Pulg.      |     | %                  |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 16/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |              | 0                                |              |          | 0.0         |     | 0.000              |   | 0          |     | 0.0                |   | 0.000      |     | 0                  |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 17/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |              | 24                               |              |          | 10.0        |     | 0.010              |   | 10.0       |     | 0.010              |   | 10.0       |     | 0.010              |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 18/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |              | 48                               |              |          | 241.0       |     | 0.241              |   | 245.0      |     | 0.245              |   | 245.0      |     | 0.245              |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 19/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |              | 72                               |              |          | 314.0       |     | 0.314              |   | 296.0      |     | 0.296              |   | 284.0      |     | 0.284              |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 20/02/2022                           |  |  | 11.3         |          |              | 96                               |              |          | 335.0       |     | 0.335              |   | 324.0      |     | 0.324              |   | 325.0      |     | 0.325              |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |              |                                  |              |          | 11.64       |     | total 2.07         |   | 11.67      |     | total 2.10         |   | 11.62      |     | total 2.11         |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| TIEMPO                               |  |  | PENETRACIÓN  |          |              | CARGA STAND. Kg./cm <sup>2</sup> |              |          | PENETRACIÓN |     |                    |   |            |     |                    |   |            |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |              |                                  |              |          | MOLDE Nº 1  |     |                    |   | MOLDE Nº 2 |     |                    |   | MOLDE Nº 3 |     |                    |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |              |                                  |              |          | CARGA       |     | CORRECCIÓN         |   | CARGA      |     | CORRECCIÓN         |   | CARGA      |     | CORRECCIÓN         |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
|                                      |  |  |              |          |              |                                  |              |          | L. Digital  | kgf | Kg/cm <sup>2</sup> | % | L. Digital | kgf | Kg/cm <sup>2</sup> | % | L. Digital | kgf | Kg/cm <sup>2</sup> | % |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 0'00"                                |  |  | 0.000        |          |              | 0.000                            |              |          | 0           |     | 0                  |   | 0          |     | 0                  |   | 0          |     | 0                  |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 0'30"                                |  |  | 0.640        |          |              | 0.025                            |              |          | 14          |     | 14                 |   | 10         |     | 10                 |   | 5          |     | 5                  |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 1'00"                                |  |  | 1.270        |          |              | 0.050                            |              |          | 48          |     | 48                 |   | 32         |     | 32                 |   | 21         |     | 21                 |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 1'30"                                |  |  | 1.910        |          |              | 0.075                            |              |          | 65          |     | 65                 |   | 48         |     | 48                 |   | 32         |     | 32                 |   |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 2'00"                                |  |  | 2.540        |          |              | 0.100                            |              |          | 74          |     | 74                 |   | 3.8        |     | 4.8                |   | 61         |     | 61                 |   | 2.8 |  | 4.0 |  | 4.2 |  | 2.5 |  | 3.5 |  |     |  |     |  |
| 2'30"                                |  |  | 3.170        |          |              | 0.125                            |              |          | 80          |     | 80                 |   |            |     | 68                 |   | 68         |     | 56                 |   | 56  |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 3'00"                                |  |  | 3.810        |          |              | 0.150                            |              |          | 89          |     | 89                 |   |            |     | 74                 |   | 74         |     | 69                 |   | 69  |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 4'00"                                |  |  | 5.080        |          |              | 0.200                            |              |          | 105.46      |     | 92                 |   | 92         |     | 4.7                |   | 5.0        |     | 86                 |   | 86  |  | 4.7 |  | 4.4 |  | 75  |  | 75  |  | 4.0 |  | 3.8 |  |
| 6'00"                                |  |  | 7.620        |          |              | 0.300                            |              |          |             |     | 124                |   | 124        |     |                    |   | 110        |     | 110                |   | 95  |  | 95  |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 8'00"                                |  |  | 10.160       |          |              | 0.400                            |              |          |             |     | 176                |   | 176        |     |                    |   | 136        |     | 136                |   | 110 |  | 110 |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |
| 10'00"                               |  |  | 12.700       |          |              | 0.500                            |              |          |             |     | 215                |   | 215        |     |                    |   | 142        |     | 142                |   | 132 |  | 132 |  |     |  |     |  |     |  |     |  |     |  |

**OBSERVACIONES:**

- Muestro realizado por el tesista.
- Ensayo realizado por el tesista con supervisión del técnico de laboratorio.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

**German Oscar Gastelo Chirinos**  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



**Juan Carlos Firma Ojeda Ayesta**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**Expediente N°** : 1849 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
**Solicitantes** : IBÁÑEZ HUANCAS KELLY KASANDRA  
 MERA LVAQUE JHAN EDINSON  
**Proyecto** : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN"  
**Ubicación** : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
**Fecha de emisión** : Chiclayo, 02 de Junio del 2022

**CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO.**  
 NORMA: MTC E 132, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

**REFERENCIA DE LA MUESTRA DE ARCILLA**  
 Muestra M-01  
 Calicata C-02

| DATOS DEL ENSAYO                     |              |            | COMPACTACIÓN                     |             |              |                    |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
|--------------------------------------|--------------|------------|----------------------------------|-------------|--------------|--------------------|----------|------------|--------------|--------------------|----------|------------|-----|--------------------|-----|
| Nº Molde                             | 1            |            | 2                                |             |              |                    | 3        |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Nº Capa                              | 5            |            | 5                                |             |              |                    | 5        |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Nº Golpes por capa                   | 55           |            | 26                               |             |              |                    | 12       |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| CONDICION DE LA MUESTRA              | Sin Saturado |            | Saturado                         |             | Sin Saturado |                    | Saturado |            | Sin Saturado |                    | Saturado |            |     |                    |     |
| Peso molde + Suelo húmedo (g)        | 12294        | 12484      | 12190                            | 12210       | 12097        | 12261              |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Peso de molde (g)                    | 8292         | 8292       | 8412                             | 8412        | 8396         | 8396               |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Peso del suelo húmedo (g)            | 4002         | 4192       | 3778                             | 3798        | 3701         | 3865               |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ) | 2105         | 2105       | 2105                             | 2105        | 2105         | 2105               |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.901        | 1.991      | 1.795                            | 1.804       | 1.758        | 1.836              |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )   | 1.638        | 1.638      | 1.541                            | 1.541       | 1.510        | 1.510              |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| DATOS DEL ENSAYO                     |              |            | HUMEDAD                          |             |              |                    |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Nº Tara                              | -            |            | -                                |             | -            |                    | -        |            | -            |                    | -        |            |     |                    |     |
| Tara + Suelo húmedo (g)              | 105.9        | 4192.0     | 136.0                            | 3798.0      | 136.0        | 3865.0             |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Tara + Suelo seco (g)                | 92.4         | 4002.0     | 122.0                            | 3778.0      | 118.0        | 3701.0             |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Peso del Agua (g)                    | 13.5         | 190        | 14                               | 20          | 18           | 164                |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Peso del tara (g)                    | 8.5          | 0.0        | 36.8                             | 0.0         | 8.7          | 0.0                |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Peso del suelo seco (g)              | 83.9         | 3447.3     | 85.2                             | 3244.8      | 109.3        | 3177.7             |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| Porcentaje de humedad (%)            | 16.1         | 21.6       | 16.4                             | 17.0        | 16.5         | 21.6               |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
| FECHA                                | HORA         | TIEMPO Hr. | EXPANSIÓN                        |             |              |                    |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
|                                      |              |            | DIAL                             |             |              | EXPANSIÓN          |          |            | DIAL         |                    |          | EXPANSIÓN  |     |                    |     |
|                                      |              |            | Pulg.                            | %           |              | Pulg.              | %        |            | Pulg.        | %                  | Pulg.    | %          |     |                    |     |
| 16/02/2022                           | 11.3         | 0          | 0.0                              | 0.000       | 0            | 0.0                | 0.000    | 0          | 0.0          | 0.000              | 0        | 0          |     |                    |     |
| 17/02/2022                           | 11.3         | 24         | 10.0                             | 0.010       |              | 10.0               | 0.010    |            | 10.0         | 0.010              |          |            |     |                    |     |
| 18/02/2022                           | 11.3         | 48         | 241.0                            | 0.241       |              | 245.0              | 0.245    |            | 245.0        | 0.245              |          |            |     |                    |     |
| 19/02/2022                           | 11.3         | 72         | 314.0                            | 0.314       |              | 296.0              | 0.296    |            | 284.0        | 0.284              |          |            |     |                    |     |
| 20/02/2022                           | 11.3         | 96         | 335.0                            | 0.335       |              | 324.0              | 0.324    |            | 325.0        | 0.325              |          |            |     |                    |     |
|                                      |              |            | 11.64                            | total       | 2.07         | 11.67              | total    | 2.10       | 11.62        | total              | 2.11     |            |     |                    |     |
| TIEMPO                               | PENETRACIÓN  |            | CARGA STAND. Kg./cm <sup>2</sup> | PENETRACIÓN |              |                    |          |            |              |                    |          |            |     |                    |     |
|                                      | Mm.          | Pulg.      |                                  | MOLDE Nº 1  |              |                    |          | MOLDE Nº 2 |              |                    |          | MOLDE Nº 3 |     |                    |     |
|                                      |              |            |                                  | CARGA       |              | CORRECCIÓN         |          | CARGA      |              | CORRECCIÓN         |          | CARGA      |     | CORRECCIÓN         |     |
|                                      |              |            |                                  | L. Digital  | kgf          | Kg/cm <sup>2</sup> | %        | L. Digital | kgf          | Kg/cm <sup>2</sup> | %        | L. Digital | kgf | Kg/cm <sup>2</sup> | %   |
| 0'00"                                | 0.000        | 0.000      | 0                                | 0           |              |                    | 0        | 0          |              |                    | 0        | 0          |     |                    |     |
| 0'30"                                | 0.640        | 0.025      | 12                               | 12          |              |                    | 11       | 11         |              |                    | 8        | 8          |     |                    |     |
| 1'00"                                | 1.270        | 0.050      | 36                               | 36          |              |                    | 34       | 34         |              |                    | 15       | 15         |     |                    |     |
| 1'30"                                | 1.910        | 0.075      | 62                               | 62          |              |                    | 50       | 50         |              |                    | 29       | 29         |     |                    |     |
| 2'00"                                | 2.540        | 0.100      | 70.31                            | 73          | 73           | 3.7                | 5.1      | 52         | 52           | 2.9                | 4.2      | 32         | 32  | 1.9                | 2.8 |
| 2'30"                                | 3.170        | 0.125      |                                  | 84          | 84           |                    |          | 68         | 68           |                    |          | 46         | 46  |                    |     |
| 3'00"                                | 3.810        | 0.150      |                                  | 96          | 96           |                    |          | 72         | 72           |                    |          | 55         | 55  |                    |     |
| 4'00"                                | 5.080        | 0.200      | 105.46                           | 98          | 98           | 5.0                | 5.1      | 86         | 86           | 4.3                | 4.1      | 65         | 65  | 3.4                | 3.2 |
| 6'00"                                | 7.620        | 0.300      |                                  | 115         | 115          |                    |          | 95         | 95           |                    |          | 88         | 88  |                    |     |
| 8'00"                                | 10.160       | 0.400      |                                  | 165         | 165          |                    |          | 104        | 104          |                    |          | 94         | 94  |                    |     |
| 10'00"                               | 12.700       | 0.500      |                                  | 198         | 198          |                    |          | 125        | 125          |                    |          | 101        | 101 |                    |     |

**OBSERVACIONES:**

- Muestreo realizados por el testista.
- Ensayo realizados por el testista con supervisión del técnico de laboratorio.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N°3863**

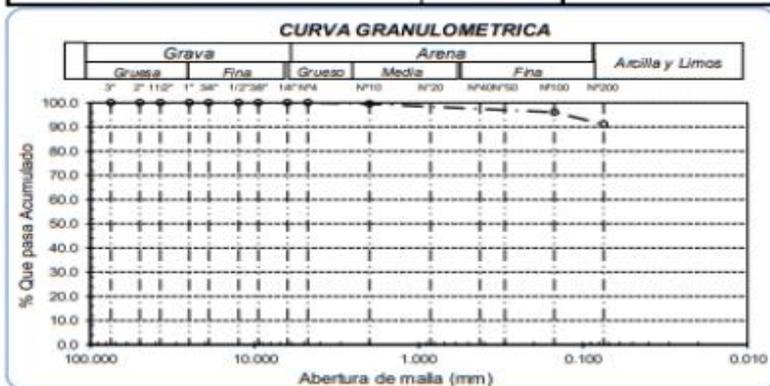
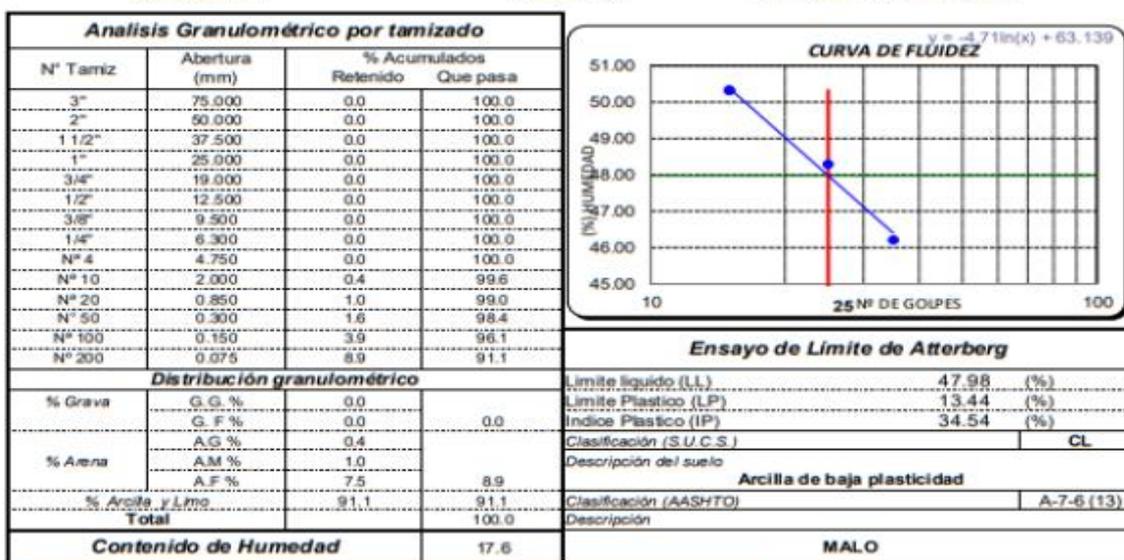
Expediente : 1849 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C  
 Solicitantes : IBAÑEZ HUANCAS KELLY KASANDRA  
 MERA LVAQUE JHAN EDINSON  
 Proyecto : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENZAS DE CARBÓN"  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 02 de Junio del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127: 1998

Calicata - C-1

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.


**OBSERVACIONES:**

- Muestra realizada por el asistente.
- Ensayo realizado por el asistente con supervisión del técnico de laboratorio.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

German Oscar Castelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



Juan Carlos Firme Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N°3863**

Expediente : 1849 - 2022 L.E.M. FERMATI S.A.C.  
 Solicitantes : IBÁÑEZ HUANCAS KELLY KASANDRA  
 MERA LIVAQUE JHAN EDINSON  
 Proyecto : "ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS ARENOSOS Y ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN"  
 Lugar : Dist. Chiclayo, Prov. Chiclayo, Reg. Lambayeque.  
 Fecha de emisión : Chiclayo, 02 de Junio del 2022

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico  
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo  
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1.a. ed.  
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 399.128 : 1999  
 : N.T.P. 399.131  
 : N.T.P. 399.127 : 1998

Calicata - C-2

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

| Análisis Granulométrico por tamizado |               |                       |          |
|--------------------------------------|---------------|-----------------------|----------|
| N° Tamiz                             | Abertura (mm) | % Acumulados Retenido | Que pasa |
| 3"                                   | 75.000        | 0.0                   | 100.0    |
| 2"                                   | 50.000        | 0.0                   | 100.0    |
| 1 1/2"                               | 37.500        | 0.0                   | 100.0    |
| 1"                                   | 25.000        | 0.0                   | 100.0    |
| 3/4"                                 | 19.000        | 0.0                   | 100.0    |
| 1/2"                                 | 12.500        | 0.0                   | 100.0    |
| 3/8"                                 | 9.500         | 0.0                   | 100.0    |
| 1/4"                                 | 6.300         | 0.0                   | 100.0    |
| N° 4                                 | 4.750         | 0.0                   | 100.0    |
| N° 10                                | 2.000         | 1.6                   | 98.4     |
| N° 20                                | 0.850         | 4.7                   | 95.3     |
| N° 50                                | 0.300         | 15.3                  | 84.7     |
| N° 100                               | 0.150         | 39.1                  | 60.9     |
| N° 200                               | 0.075         | 45.5                  | 54.5     |

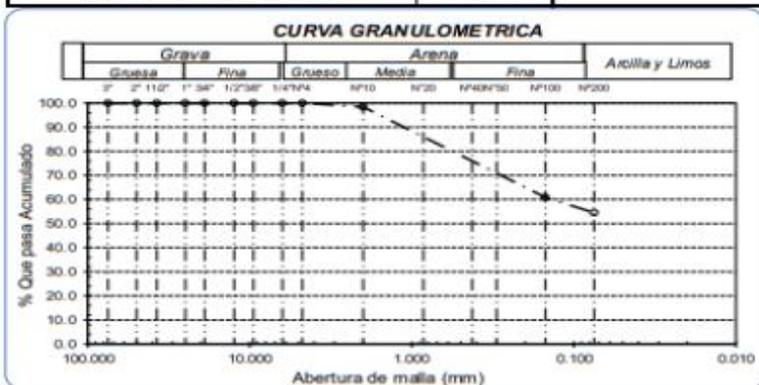
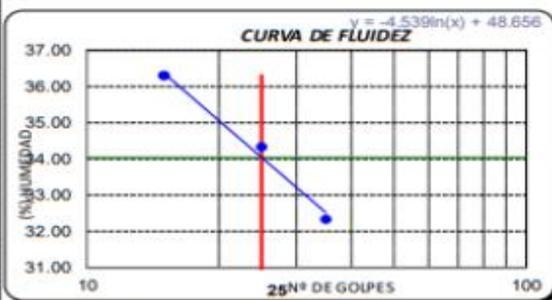
| Distribución granulométrica |        |       |      |
|-----------------------------|--------|-------|------|
| % Grava                     | G.G. % | 0.0   | 0.0  |
|                             | G.F. % | 0.0   | 0.0  |
|                             | A.G. % | 1.6   |      |
| % Arena                     | A.M. % | 8.9   |      |
|                             | A.F. % | 35.0  | 45.5 |
| % Arcilla y Limo            |        | 54.5  |      |
| Total                       |        | 100.0 |      |

| Ensayo de Límite de Atterberg       |           |
|-------------------------------------|-----------|
| Límite líquido (L.L.)               | 34.04 (%) |
| Límite Plástico (LP)                | 14.79 (%) |
| Índice Plástico (IP)                | 19.26 (%) |
| Clasificación (S.U.C.S.)            | CL        |
| Descripción del suelo               |           |
| Arcilla arenosa de baja plasticidad |           |
| Clasificación (AASHTO)              | A-6 (B)   |
| Descripción                         |           |
| MALO                                |           |

| Contenido de Humedad |      |
|----------------------|------|
|                      | 10.2 |


**OBSERVACIONES:**

- Muestras realizadas por el testista.
- Ensayo realizado por el testista con supervisión del técnico de laboratorio.
- El presente documento no deberá ser reproducido sin la autorización escrita del laboratorio.

German Oscar Gastelo Chirinos  
 TEC. LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES



Juan Carlos Firma Ojeda Ayesta  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. 123351

**INFORME DE ENSAYO N°635-2023 RIVELAB**

Emitido en Trujillo, 18 de abril del 2022

Pág. 1 de 1

|                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| OLICITUD DE SERVICIO                  | : | 100522CNZ  |
| RESISTAS                              | : | Ibañez Huancas Keilly Kasandra<br>Mera Livaque Jhan Edinson  |
| TÍTULO DE LA TESIS                    | : | "Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Ceniza de Carbón" |
| PROVENIENCIA DE LA MUESTRA            | : | Muestra proporcionada por el cliente   |
| PROPÓSITO DEL SERVICIO                | : | Análisis físicoquímicos  |
| PRODUCTO DECLARADO                    | : | Ceniza de carbón   |
| CÓDIGO DE MUESTRA                     | : | CNZ-01   |
| CANTIDAD DE MUESTRA                   | : | 01 bolsa sellada herméticamente con 200 g de muestra   |
| LUGAR DE TOMA DE MUESTRA              | : | La Victoria - Chiclayo - Lambayeque  |
| LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA | : | Laboratorio-Trujillo / 11-04-2022  |
| FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS          | : | 12/04/2022   |
| FECHA DE TÉRMINO DE LOS ENSAYOS       | : | 18/04/2022   |

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (FQ)**

| DETERMINACIONES  | UNIDADES | RESULTADOS |
|--|----------|------------|
| HUMEDAD  | %        | 2.14       |
| PERDIDA POR CALCINACIÓN  | %        | 3.80       |
| SiO <sub>2</sub>   | %        | 47.68      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 14.95      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 4.15       |
| CaO  | %        | 11.61      |
| MgO  | %        | 1.20       |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | ---      | 66.78      |

| ENSAYO                         | NORMA O REFERENCIA                     |
|--------------------------------|--|
| HUMEDAD                        | NTP 339.127:1998 (revisada el 2019)    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Cálculos a partir de óxidos combinados |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Gravimetría                            |
| SiO <sub>2</sub>               | Gravimetría                            |
| CaO y MgO                      | Volumetría                             |


Dr. JOSÉ RIVERO CORCUERA

 Ingeniero Químico  
 R. CIP. 130519

**INFORME DE ENSAYO N°636-2023 RIVELAB**

Emitido en Trujillo, 18 de abril de 2022

Pág. 1 de 1

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| SOLICITUD DE SERVICIO                 | : 10052 2CNZ   |
| TESISTAS                              | : Ibañez Huancas Kelly Kasandra<br>Mera Livaque Jhan Edinson   |
| TITULO DE LA TESIS                    | : "Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Ceniza de Carbón" |
| PROCEDENCIA DE LA MUESTRA             | : Muestra proporcionada por el cliente   |
| PROPOSITO DEL SERVICIO                | : Análisis físico químicos   |
| PRODUCTO DECLARADO                    | : Ceniza de carbón   |
| CODIGO DE MUESTRA                     | : CNZ-02   |
| CANTIDAD DE MUESTRA                   | : 01 bolsa sellada herméticamente con 200 g de muestra   |
| LUGAR DE TOMA DE MUESTRA              | : La Victoria - Chidayo - Lambayeque   |
| LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA | : Laboratorio-Trujillo / 11-04-2022  |
| FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS          | : 12/04/2022   |
| FECHA DE TERMINO DE LOS ENSAYOS       | : 18/04/2022   |

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (FQ)**

| DETERMINACIONES  | UNIDADES | RESULTADOS |
|--|----------|------------|
| HUMEDAD  | %        | 1.59       |
| PERDIDA POR CALCINACIÓN  | %        | 3.0        |
| SiO <sub>2</sub>   | %        | 80.33      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 16.12      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 3.80       |
| CaO  | %        | 12.10      |
| MgO  |          | 1.13       |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | --       | 70.25      |

| ENSAYO                         | NORMA O REFERENCIA                     |
|--------------------------------|--|
| HUMEDAD                        | NTP 338.127.1998 (revisada el 2019)    |
| PERDIDA POR CALCINACIÓN        | Cálculos a partir de óxidos combinados |
| SiO <sub>2</sub>               | Gravimetría                            |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Gravimetría                            |
| CaO y MgO                      | Volumetría                             |



 Dr. JOSE RIVERO CORCUERA  
 Ingeniero Químico  
 R. CIP. 130519

**INFORME DE ENSAYO N°637-2023 RIVELAB**

Emitido en Trujillo, 18 de abril de 2022

Pág. 1 de 1

|                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| SOLICITUD DE SERVICIO                 | : | 100522CNZ  |
| TESISTAS                              | : | Ibañez Huanca Kelly Kasandra<br>Mera Livaque Jhan Edinson  |
| TITULO DE LA TESIS                    | : | "Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Ceniza de Carbón" |
| PROCEDENCIA DE LA MUESTRA             | : | Muestra proporcionada por el cliente   |
| PROPOSITO DEL SERVICIO                | : | Análisis fisicoquímicos  |
| PRODUCTO DECLARADO                    | : | Ceniza de carbón   |
| CODIGO DE MUESTRA                     | : | CNZ-03   |
| CANTIDAD DE MUESTRA                   | : | 01 bolsa sellada herméticamente con 200 g de muestra   |
| LUGAR DE TOMA DE MUESTRA              | : | La Victoria - Chidayo - Lambayeque   |
| LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA | : | Laboratorio-Trujillo/ 11-04-2022   |
| FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS          | : | 12/04/2022   |
| FECHA DE TERMINO DE LOS ENSAYOS       | : | 18/04/2022   |

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (FQ)**

| DETERMINACIONES  | UNIDADES | RESULTADOS |
|--|----------|------------|
| HUMEDAD  | g        | 1.61       |
| PERDIDA POR CALCINACION  | %        | 2.05       |
| SiO <sub>2</sub>   | %        | 40.18      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 14.20      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 4.59       |
| CaO  | %        | 15.77      |
| MgO  |          | 1.25       |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | --       | 58.97      |

| ENSAYO                         | NORMA O REFERENCIA                     |
|--------------------------------|--|
| HUMEDAD                        | NTP 338.127.1398 (Ensayo 01 2019)      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Cálculos a partir de óxidos combinados |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Gravimetría                            |
| SiO <sub>2</sub>               | Gravimetría                            |
| CaO y MgO                      | Volumetría                             |



 Dr. JOSE RIVERO CORCUERA  
 Ingeniero Químico  
 R. CIP. 130519

**INFORME DE ENSAYO N°638-2023 RIVELAB**

Emitido en Trujillo, 18 de abril de 2022

Pág. 1 de 1

|                                       |   |  |
|---------------------------------------|---|--|
| SOLICITUD DE SERVICIO                 | : | 100522CNZ  |
| TESISTAS                              | : | Ibañez Huanca Kelly Kasandra<br>Mera Livaque Jhan Edinson  |
| TÍTULO DE LA TESIS                    | : | "Análisis Comparativo de las Propiedades Mecánicas de los Suelos Arenosos y Arcillosos con Ceniza de Carbón" |
| PROCEDENCIA DE LA MUESTRA             | : | Muestra proporcionada por el cliente   |
| PROPOSITO DEL SERVICIO                | : | Análisis físicoquímicos  |
| PRODUCTO DECLARADO                    | : | Ceniza de carbón   |
| CODIGO DE MUESTRA                     | : | CNZ-04   |
| CANTIDAD DE MUESTRA                   | : | 01 bolsa sellada herméticamente con 200 g de muestra   |
| LUGAR DE TOMA DE MUESTRA              | : | La Victoria - Chidayo - Lambayeque   |
| LUGAR Y FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRA | : | Laboratorio-Trujillo / 11-04-2022  |
| FECHA DE INICIO DEL ANÁLISIS          | : | 12/04/2022   |
| FECHA DE TERMINACIÓN DE LOS ENSAYOS   | : | 18/04/2022   |

**ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS (FQ)**

| DETERMINACIONES  | UNIDADES | RESULTADOS |
|--|----------|------------|
| HUMEDAD  | %        | 1.55       |
| PERDIDA POR CALCINACIÓN  | %        | 1.89       |
| SiO <sub>2</sub>   | %        | 41.27      |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 15.38      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>   | %        | 4.01       |
| CaO  | %        | 14.63      |
| MgO  |          | 1.39       |
| SiO <sub>2</sub> + Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | --       | 60.66      |

| ENSAYO                         | NORMA O REFERENCIA                     |
|--------------------------------|--|
| HUMEDAD                        | NTP 389.127-1998 (revisada el 2018)    |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Cálculos a partir de óxidos combinados |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Gravimetría                            |
| SiO <sub>2</sub>               | Gravimetría                            |
| CaO y MgO                      | Volumetría                             |



Dr. JOSE RIVERO CORCUERA  
 Ingeniero Químico  
 R. CIP. 130519



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Informe de Calibración

### LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 1 de 5

|  |   |  |
|--|---|--|
| Expediente                             | <b>1045739</b>  | <p>Este informe de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> |
| Solicitante                            | <b>LABORATORIO RIVERO S.A.C. - RIVELAB S.A.C.</b>                         |  |
| Dirección                              | <b>Av. Isabel de Bobadilla N° 524 Urb. Monserrate IV Etapa - Trujillo</b> |  |
| Instrumento de Medición                | <b>BALANZA</b>  |  |
| Marca                                  | <b>FAITHFUL</b>   |  |
| Modelo                                 | <b>FA2104N</b>  |  |
| Número de Serie                        | <b>1012011035</b>   |  |
| Intervalo de Indicaciones              | <b>0 g a 210 g</b>  |  |
| División de escala real (d)            | <b>0,0001 g</b>   |  |
| División de verificación de escala (e) | <b>1 mg</b>   |  |
| Procedencia                            | <b>NO INDICA</b>  |  |
| Tipo                                   | <b>ELECTRONICA</b>  |  |
| Clasificación                          | <b>NO AUTOMATICA</b>  |  |
| Fecha de Calibración                   | <b>2022-03-23</b>   |  |

Este informe de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Informes sin firma digital y sello carecen de validez.

Responsable del área

Responsable del laboratorio



Firmado digitalmente por DE LA CRUZ GARCIA Leonardo F. AU 202203290815.pdf Fecha: 2022-03-29 10:4 258



Firmado digitalmente por TAÍPE ARAÚJO Donny Nimer FAU 206002830 15 soft Fecha: 2022-03-29 08:16:52

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

**Instituto Nacional de Calidad - INACAL**  
**Dirección de Metrología**  
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú  
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501  
Email: [metrologia@inacal.gob.pe](mailto:metrologia@inacal.gob.pe)  
Web: [www.inacal.gob.pe](http://www.inacal.gob.pe)



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 2 de 5

### Método de Calibración

Norma Metrología Peruana NMP 003:2009 "Instrumento de pesar de funcionamiento no automático"

### Lugar de Calibración

Laboratorio Rivero S.A.C (área de ensayos)  
Av. Isabel de Bobadilla N° 524, Urb. Monserrate - Trujillo

### Condiciones Ambientales

|                     | INICIAL    | FINAL      |
|---------------------|------------|------------|
| Temperatura         | 23,6 °C    | 23,4 °C    |
| Humedad Relativa    | 70 %       | 72 %       |
| Presión Atmosférica | 1 006 mbar | 1 006 mbar |

### Patrones de referencia

| Trazabilidad metrología  | Patrón de medición                           | Documento de calibración                                  |
|--|--|---|
| Patrones de referencia de la Dirección de Metrología (INACAL - PERÚ) | Pesas<br>LM-04-001<br>Clase de exactitud: E2 | INACAL DM/ LM-C-062-2021<br>Del: 2021-03-03 al 2021-03-04 |



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 3 de 5

### Resultados de Medición

|                              |  |
|------------------------------|--|
| FECHA DE CALIBRACION         | 2022-03-23   |
| IDENTIFICACION DE LA BALANZA | BA01   |
| UBICACION DE LA BALANZA      | Laboratorio Rivero S.A.C (área de ensayos)<br>Av. Isabel de Bobadilla N° 524, Urb. Monserrate - Trujillo |

#### INSPECCION VISUAL

|                    |         |            |         |
|--------------------|---------|------------|---------|
| AJUSTE DE CERO     | TIENE   | ESCALA     | NOTIENE |
| OSCILACION LIBRE   | TIENE   | CURSOR     | NOTIENE |
| PLATAFORMA         | TIENE   | NIVELACION | TIENE   |
| SISTEMA DE TRABAJO | NOTIENE |            |         |

#### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| CARGA = 100,0000 g |        | CARGA = 200,0002 g |        |
|--------------------|--------|--------------------|--------|
| I (g)              | E (mg) | I (g)              | E (mg) |
| 99,9996            | -0,4   | 199,9993           | -0,9   |
| 99,9997            | -0,3   | 199,9996           | -0,6   |
| 99,9996            | -0,4   | 199,9997           | -0,5   |
| 99,9996            | -0,4   | 199,9995           | -0,7   |
| 99,9996            | -0,4   | 199,9995           | -0,7   |
| 99,9997            | -0,3   | 200,0000           | -0,2   |
| 99,9996            | -0,4   | 199,9996           | -0,6   |
| 99,9996            | -0,4   | 199,9994           | -0,8   |
| 99,9996            | -0,4   | 199,9999           | -0,3   |
| 99,9995            | -0,5   | 199,9993           | -0,9   |

| CARGA (g) | E <sub>max</sub> - E <sub>min</sub> (mg) | e.m.p. (mg) |
|-----------|--|-------------|
| 100,0000  | 0,2                                      | 2,0         |
| 200,0002  | 0,7                                      | 3,0         |

#### ENSAYO DE PESAJE

| CARGA (g) | CARGA CRECIENTE (↓) |          |                     | CARGA DECRECIENTE (↑) |        |                     | e.m.p. ± (mg) |
|-----------|---------------------|----------|---------------------|-----------------------|--------|---------------------|---------------|
|           | I (g)               | E (mg)   | E <sub>c</sub> (mg) | I (g)                 | E (mg) | E <sub>c</sub> (mg) |               |
| 0,0010    | 0,0009              | -0,1 (*) |                     |                       |        |                     |               |
| 0,0100    | 0,0101              | 0,1      | 0,2                 | 0,0084                | -1,6   | -1,5                | 1,0           |
| 20,0000   | 20,0000             | 0,0      | 0,1                 | 19,9986               | -1,4   | -1,3                | 1,0           |
| 40,0000   | 40,0004             | 0,4      | 0,5                 | 39,9988               | -1,2   | -1,1                | 1,0           |
| 50,0000   | 50,0003             | 0,3      | 0,4                 | 49,9990               | -1,0   | -0,9                | 1,0           |
| 80,0000   | 80,0004             | 0,4      | 0,5                 | 79,9989               | -1,1   | -1,0                | 2,0           |
| 100,0000  | 100,0003            | 0,3      | 0,4                 | 99,9995               | -0,5   | -0,4                | 2,0           |
| 150,0000  | 150,0010            | 1,0      | 1,1                 | 149,9998              | -0,2   | -0,1                | 2,0           |
| 180,0000  | 180,0008            | 0,8      | 0,9                 | 180,0003              | 0,3    | 0,4                 | 2,0           |
| 200,0002  | 200,0002            | 0,0      | 0,1                 | 200,0001              | -0,1   | 0,0                 | 3,0           |
| 210,0002  | 210,0001            | -0,1     | 0,0                 | 210,0001              | -0,1   | 0,0                 | 3,0           |



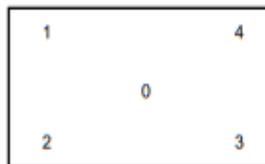
**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

## Informe de Calibración LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 4 de 5

### ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

| POSICION | DETERMINACION DE Eo |          |            | DETERMINACION DEL ERROR CORREGIDO Ec |          |           |            | e.m.p.<br>± (mg) |
|----------|---------------------|----------|------------|--------------------------------------|----------|-----------|------------|------------------|
|          | CARGA<br>(g)        | I<br>(g) | Eo<br>(mg) | CARGA<br>(g)                         | I<br>(g) | E<br>(mg) | Ec<br>(mg) |                  |
| 0        | 0,0010              | 0,0009   | -0,1       | 70,0000                              | 69,9996  | -0,4      | -0,3       | 2,0              |
| 1        | 0,0010              | 0,0010   | 0,0        | 70,0000                              | 69,9995  | -0,5      | -0,5       | 2,0              |
| 2        | 0,0010              | 0,0010   | 0,0        | 70,0000                              | 69,9994  | -0,6      | -0,6       | 2,0              |
| 3        | 0,0010              | 0,0009   | -0,1       | 70,0000                              | 69,9999  | -0,1      | 0,0        | 2,0              |
| 4        | 0,0010              | 0,0010   | 0,0        | 70,0000                              | 70,0002  | 0,2       | 0,2        | 2,0              |

e.m.p. Error máximo permitido considerado para balanzas en uso de funcionamiento  
No Automático de clase de exactitud I  
I Lectura de la balanza (g)  
E Error encontrado  
Eo Error en cero ( \* )  
Ec Error corregido (E - Eo)  
ΔL Carga incrementada

### LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

|                        |   |  |
|------------------------|---|--|
| Lectura corregida      | = | $R - 4,156 \times 10^{-6} \times R$                                    |
| Incetidumbre expandida | = | $2 \sqrt{2,960 \times 10^{-7} g^2 + 4,766 \times 10^{-12} \times R^2}$ |

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración ( g )



**INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Metrología

# Informe de Calibración

## LM - LI1 - 001 - 2022

Laboratorio Itinerante 1

Página 5 de 5

### Incertidumbre

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  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

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

### Recalibración

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

### DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

### SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.