



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## **FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estabilización de subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de madera proveniente de las ladrilleras artesanales, Puno 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Adco Calsin, Ovaldo Elmer (orcid.org/0000-0002-1792-6075)

**ASESOR:**

M.Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy (orcid.org/0000-0002-0250-4363)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

A Dios, por ser mi fortaleza y mi guía de conduce  
mi camino, por darme sabiduría, por  
permitirme alcanzar esta meta.

A mis padres, Juana & Silverio por su sacrificio,  
esfuerzo día en día y su amor incondicional, por  
ser el pilar, el soporte de mi familia, por su  
motivación, consejos y valores inculcados, soy la  
persona más afortunado por tenerlos a mi lado.

*Ovaldo Elmer*

## **Agradecimientos**

Agradezco a mi familia, a mis hermanos David, Irene, Adolfo y Reyna por la confianza y apoyo que siempre me brindaron en todo momento, por sus consejos y palabras que están grabadas en mi mente.

A mi institución de formación profesional a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

A mi asesor de tesis, Luis Jimmy Clemente Condori, por sus enseñanzas y consejos en el desarrollo de esta tesis.

Además, expreso mi agradecimiento a la Universidad César Vallejo por permitirme obtener este logro.

A mis amigos, por su ayuda y por compartir sus conocimientos y experiencias.

Ovaldo Elmer

## Índice de contenidos

|   |     |
|---|-----|
| Dedicatoria .....   | ii  |
| Agradecimientos.....  | iii |
| Índice de contenidos.....                                   | iv  |
| Índice de tablas .....                                      | vi  |
| Índice de figuras .....                                     | vii |
| Resumen.....  | ix  |
| Abstract.....   | x   |
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 1   |
| 1.1 Formulación del problema .....                          | 3   |
| 1.2 Justificación.....                                      | 3   |
| 1.3 Objetivos .....   | 4   |
| 1.4 Hipótesis.....  | 4   |
| 1.5 Delimitación de la investigación.....                   | 5   |
| II. MARCO TEÓRICO.....                                      | 6   |
| 2.1 Antecedentes.....                                       | 6   |
| 2.2 Bases Teóricas.....                                     | 11  |
| 2.3 Marco Conceptual .....                                  | 27  |
| III. METODOLOGÍA.....                                       | 29  |
| 3.1 Tipo y diseño de investigación.....                     | 29  |
| 3.2 Variables y operacionalización .....                    | 30  |
| 3.3 Población, muestra, muestreo, unidades de análisis..... | 32  |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....   | 33  |
| 3.5 Validez y confiabilidad .....                           | 33  |
| 3.6 Procedimientos.....                                     | 35  |
| 3.7 Métodos de análisis de datos .....                      | 40  |

|   |     |
|---|-----|
| 3.8 Aspectos éticos .....   | 40  |
| IV. RESULTADOS .....  | 42  |
| V. DISCUSIÓN.....   | 57  |
| VI. CONCLUSIONES.....   | 60  |
| VII. RECOMENDACIONES .....  | 61  |
| RERERENCIAS .....   | 62  |
| ANEXOS .....  | 71  |
| Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables.....                   | 71  |
| Anexo 2. Matriz de consistencia.....                                      | 72  |
| Anexo 3. Matriz de validación de instrumentos de obtención de datos ..... | 73  |
| Anexo 4. Validación de expertos .....                                     | 76  |
| Anexo 5. Panel fotográfico .....  | 79  |
| Anexo 6. Certificado de análisis de cenizas de madera. ....               | 86  |
| Anexo 7. Certificados de laboratorio .....                                | 12  |
| Anexo 8. Certificados de calibración de equipos.....                      | 123 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1.</b> Agrupación de suelos según la norma ASTM D422 .....                 | 13 |
| <b>Tabla 2.</b> Propiedades fundamentales de los minerales arcillosos.....          | 15 |
| <b>Tabla 3.</b> Clasificación de suelos según el Índice de plasticidad.....         | 18 |
| <b>Tabla 4.</b> Composición química de cenizas de madera.....                       | 26 |
| <b>Tabla 5.</b> Análisis químico de cenizas de madera. ....                         | 26 |
| <b>Tabla 6.</b> Diseño cuasi-experimental de la investigación .....                 | 30 |
| <b>Tabla 7.</b> Coeficiente de confiabilidad de alfa de cronbach .....              | 34 |
| <b>Tabla 8.</b> Datos de resultados obtenidos de la aplicación del instrumento..... | 34 |
| <b>Tabla 9.</b> Valor de alfa de cronbach obtenido.....                             | 35 |
| <b>Tabla 10.</b> Características físicas-químicas de ceniza .....                   | 42 |
| <b>Tabla 11.</b> Clasificación de las muestras del suelo. ....                      | 43 |
| <b>Tabla 12.</b> Características iniciales de los suelos CH y CL .....              | 43 |
| <b>Tabla 13.</b> Valores de LL, LP y IP para diferentes % de CMF para CH .....      | 44 |
| <b>Tabla 14.</b> Valores de LL, LP y IP para diferentes % de CMF para CL .....      | 45 |
| <b>Tabla 15.</b> Porcentaje de CMF y valores de MDS. ....                           | 46 |
| <b>Tabla 16.</b> Porcentaje de CMF y resultados de OCH. ....                        | 48 |
| <b>Tabla 17.</b> Porcentajes de CMF y valores de prueba CBR para CH .....           | 49 |
| <b>Tabla 18.</b> % de cenizas de madera y valores de prueba CBR para CL. ....       | 50 |
| <b>Tabla 19.</b> Estadísticos de grupos para el índice de plasticidad.....          | 52 |
| <b>Tabla 20.</b> Prueba T de student para el índice de plasticidad. ....            | 52 |
| <b>Tabla 21.</b> Estadísticos de grupos para la máxima densidad seca. ....          | 54 |
| <b>Tabla 22.</b> Prueba T de student para la máxima densidad seca. ....             | 54 |
| <b>Tabla 23.</b> Estadísticos de grupos para capacidad de soporte .....             | 56 |
| <b>Tabla 24.</b> Prueba T de student para la capacidad de soporte.....              | 56 |

## Índice de figuras

|   |    |
|---|----|
| <i>Figura 1.</i> Proceso de formación del suelo .....                                     | 11 |
| <i>Figura 2.</i> Suelo arcilloso .....  | 12 |
| <i>Figura 3.</i> Suelo arcilloso en capa subrasante.....                                  | 13 |
| <i>Figura 4.</i> Representación esquemática de minerales de arcilla .....                 | 14 |
| <i>Figura 5.</i> Disposición estructural del cristal de caolinita .....                   | 15 |
| <i>Figura 6.</i> Disposición de lámina (alúmina y sílice).....                            | 16 |
| <i>Figura 7.</i> Abundancia relativa de especies de minerales arcillosos. ....            | 17 |
| <i>Figura 8.</i> Aparato de Casagrande para prueba de LL. ....                            | 18 |
| <i>Figura 9.</i> Curva de principio de compactación de suelos .....                       | 19 |
| <i>Figura 10.</i> Levantamiento de pavimento flexible debido al suelo expansivo. ....     | 20 |
| <i>Figura 11.</i> Falla de la pendiente del terraplén causado por suelo expansivo. ....   | 20 |
| <i>Figura 12.</i> Defecto del pavimento en la carretera.....                              | 21 |
| <i>Figura 13.</i> Grieta longitudinal típica en pavimentos sobre arcillas expansivas..... | 21 |
| <i>Figura 14.</i> Diferentes tipos de compactación. ....                                  | 22 |
| <i>Figura 15.</i> Proceso de estabilización química en la construcción de vías.....       | 24 |
| <i>Figura 16.</i> Distribución del contenido de humedad en una vía no pavimentada. .      | 24 |
| <i>Figura 17.</i> Máquina de ensayo CBR .....   | 25 |
| <i>Figura 18.</i> Procedimiento de la investigación .....                                 | 36 |
| <i>Figura 19.</i> Extracción de cenizas de madera de ladrilleras artesanales.....         | 36 |
| <i>Figura 20.</i> Obtención de muestras de suelo arcilloso.....                           | 37 |
| <i>Figura 21.</i> Ensayo del análisis granulométrico.....                                 | 37 |
| <i>Figura 22.</i> Ensayo de límite líquido .....  | 38 |
| <i>Figura 23.</i> Ensayo del límite plástico.....   | 39 |
| <i>Figura 24.</i> Ensayo proctor modificado.....  | 39 |
| <i>Figura 25.</i> Ensayo de capacidad de soporte CBR.....                                 | 40 |

|  |    |
|--|----|
| <i>Figura 26.</i> Ceniza de madera extraída de ladrilleras artesanales ..... | 42 |
| <i>Figura 27.</i> Gráfico de barras de IP para suelo CH .....                | 44 |
| <i>Figura 28.</i> Gráfico de barras del IP para suelo CL .....               | 45 |
| <i>Figura 29.</i> Valores de MDS no tratado y tratado con CMF para CH. ....  | 46 |
| <i>Figura 30.</i> Valores de MDS no tratado y tratado con CMF para CL .....  | 47 |
| <i>Figura 31.</i> Valores de OCH para suelo CH y CL .....                    | 48 |
| <i>Figura 32.</i> Variación de los valores de CBR (95%-MDS) para CH.....     | 49 |
| <i>Figura 33.</i> Variación de los valores de CBR (95%-MDS) para CL .....    | 50 |

## Resumen

Esta investigación consiste en estabilizar la subrasante en suelos arcillosos a través de la aplicación de cenizas de madera de fondo extraída de ladrilleras artesanales. La metodología empleada para el desarrollo de este estudio es de tipo aplicada, el nivel es explicativo y el diseño es cuasi-experimental. Resultados, de acuerdo a las pruebas de laboratorio de los suelos arcillosos en condiciones iniciales y con los porcentajes de 15%, 20% y 25% fueron los siguientes; el IP del suelo CH tuvo un valor de 43% en su estado inicial, mientras que al agregar cenizas de madera sus valores fueron de 28%, 21% y 18% respectivamente. Por otro lado, en suelo CL el IP fue de 27% en su estado natural, mientras al agregar cenizas de madera sus valores redujeron a 21%, 16% y 13% respectivamente. Con respecto a la densificación, el valor de la MDS fue de 1.718 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que al agregar cenizas de madera al suelo CH sus valores fueron de 1.722, 1.729 y 1.719 en gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, y en el suelo CL la MDS fue de 1.911 gr/cm<sup>3</sup> en su estado natural, mientras al agregar cenizas de madera sus valores fueron de 1.929, 1.937 y 1.912 en gr/cm<sup>3</sup> respectivamente. En la capacidad de soporte el porcentaje que resaltó fue del 20% en ambos suelos, donde el 2.30% incremento a 14.40% en suelo CH, mientras en suelo CL en valor de 2.80% incremento a 11.80%. En conclusión, el empleo de cenizas de madera mejora las características de suelos arcillosos sobre la estabilidad de subrasante.

**Palabras Clave:** Estabilización de Subrasante, Cenizas de madera, ladrilleras artesanales, Suelo arcilloso.

## **Abstract**

This research consists of stabilizing the subgrade in clayey soils through the application of bottom wood ashes extracted from artisanal brickyards. The methodology used for the development of this study is applied, the level is explanatory and the design is quasi-experimental. Results, according to the laboratory tests of the clayey soils in initial conditions and with the percentages of 15%, 20% and 25% were the following; the IP of the CH soil had a value of 43% in its initial state, while when adding wood ashes its values were 28%, 21% and 18%, respectively. On the other hand, in CL soil the IP was 27% in its natural state, while adding wood ashes reduced its values to 21%, 16% and 13%, respectively. Regarding densification, the value of the MDS was 1,718 gr/cm<sup>3</sup>, while when adding wood ashes to the CH soil, its values were 1,722, 1,729 and 1,719 gr/cm<sup>3</sup>, respectively, and in the CL soil the MDS it was 1,911 gr/cm<sup>3</sup> in its natural state, while when adding wood ashes its values were 1,929, 1,937 and 1,912 in gr/cm<sup>3</sup>, respectively. In the support capacity, the percentage that stood out was 20% in both soils, where 2.30% increased to 14.40% in CH soil, while in CL soil in value of 2.80% increased to 11.80%. In conclusion, the use of wood ashes improves the characteristics of clay soils on the stability of the subgrade.

**Keywords:** Subgrade Stabilization, Wood Ash, Artisanal Bricks, Clay Soil.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, el crecimiento de la producción industrial de ladrillos artesanales ha generado un exceso de residuos producto de la incineración de madera, haciendo que el manejo y la disposición final sean cada vez más difíciles y ambientalmente insostenibles. Por esta razón, existe un creciente interés a nivel mundial en el uso de diversos residuos en diferentes regiones. Particularmente en pavimentos se ha hecho un esfuerzo por utilizar los residuos como estabilizador para suelos de subrasante.

La CMF (ceniza de madera de fondo) es el mayor remanente resultante de la producción industrial de ladrillos artesanales y su disposición final es uno de los problemas. Durán en el año 2016 menciona que existen aproximadamente 2000 hornos artesanales en el Perú, que producen 53,500 de cenizas de fondo toneladas al año.

La disposición final de una cantidad tan grande de cenizas de madera de fondo es un problema real que no tiene una solución definitiva. Estas cenizas se dividen en cenizas de fondo y volantes, la primera es más pesada y la última es la más fina que queda en el aire. La ceniza de madera se considera actualmente un residuo y/o material de desecho. Los estudios han demostrado que la ceniza de madera tiene propiedades similares al cemento, por lo que puede usarse como material estabilizador.

Un suelo expansivo es cualquier suelo que tiene el potencial de hincharse cuando está húmedo y encogerse cuando está seco. Los minerales arcillosos que se encuentran en suelos expansivos generalmente exhiben un cambio de volumen evidente con cambios en el contenido de humedad, lo que genera importantes desafíos estructurales y también geotécnicos en todo el mundo. Las estructuras construidas sobre suelos expansivos desarrollan defectos debido a las actividades de expansión y contracción que causan fisuras en la estructura Abbey *et al.* (2019).

Los suelos arcillosos muchas veces no presentan propiedades adecuadas para la subrasante en pavimentos. Sin embargo, la evaluación de la estabilidad de subrasante en suelos de características arcillosos con incorporación de CMF de las ladrilleras artesanales es una alternativa de interés.

El uso de cenizas como método de estabilización es alternativa para mejoramiento de suelos susceptibles, al igual que la arcilla, se sabe que la presencia del suelo arcilloso en las estructuras de pavimento causa problemas importantes como deformación, grietas, estabilidad de volumen, pérdida de resistencia.

Al modificar el suelo ha permitido que se generen métodos innovadores convencionales. Siguiendo esta tendencia, se presenta esta investigación donde se estudia cómo se comporta el suelo arcilloso en su estado natural adicionándole las cenizas de madera de fondo como un agente estabilizador para la mejora de los parámetros mecánicas y físicas.

Por ello, cuando surgen tales problemas, se deben considerar algunas soluciones, generalmente el método más común es drenar todo el material inadecuado y reemplazarlo con otro suelo adecuado para la construcción de carreteras y otros. Una mejor opción para solucionar este problema es tratar los suelos arcillosos mediante estabilización de los mismos, mayormente esto se define como una operación que son sometido los suelos que son impermeables y plásticos para aumentar o perfeccionar sus características, la resistencia, reducen su contenido de humedad y aumentan la estabilización en suelos de subrasante, esta es una de las soluciones más utilizadas para evitar la deformación de los pavimentos.

En este estudio de investigación pretende, mejorar las cualidades al problema de la estabilidad en suelos arcillosos a través de la incorporar de diferentes porcentajes de CMF proveniente de las ladrilleras artesanales de la ciudad de Juliaca para su uso como subrasante.

## **1.1 Formulación del problema**

### **1.1.1 Problema General**

¿Cómo el empleo de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales podría estabilizar la subrasante en suelos arcillosos de la vía urbana Jirón La victoria, Puno 2022?

### **1.1.2 Problemas Específicos**

- ¿Cuál de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales podría reducir el índice de plasticidad de suelos arcillosos de la vía urbana?
- ¿Cómo el empleo de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales podría incrementar la máxima densidad seca de suelos arcillosos de la vía urbana?
- ¿Cuál de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales podría incrementar la capacidad de soporte de suelos arcillosos de la vía urbana?

## **1.2 Justificación**

### **1.2.1 Justificación teórica**

El objetivo a lograr fue estabilizar la subrasante utilizando cenizas de madera de fondo originado por las ladrilleras artesanales. Los resultados obtenidos deben compararse para determinar cuál alternativa es la indicada para que la subrasante se mantenga en un estado óptimo para su transitabilidad.

### **1.2.2 Justificación metodológica**

La investigación que se realizó es de carácter experimental ya que incluyó la aplicación de CMF y la observación de cómo mejora las propiedades de plasticidad, resistencia y compactación.

### **1.2.3 Justificación ambiental**

En la investigación se promueve generar un impacto significativo en la sociedad, por lo que el propósito fue evaluar si la adición de cenizas de madera en suelo de fundación-subrasante mejora la estabilidad y también aprovechar la gran cantidad

de cenizas de madera de fondo desechado por las ladrilleras artesanales en la ciudad de Juliaca.

#### **1.2.4 Justificación técnica**

El objetivo fue mejorar las características de suelos arcillosos sobre la subrasante, para que los resultados sean técnicamente favorables y acordes a los parámetros establecidos.

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Estabilizar la subrasante en suelos arcillosos por medio del empleo de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Reducir el índice de plasticidad de suelos arcillosos de la vía urbana a través de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales.
- Incrementar la máxima densidad seca de suelos arcillosos de la vía urbana mediante el empleo de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales.
- Incrementar la capacidad de soporte de suelos arcillosos de la vía urbana por medio de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales.

### **1.4 Hipótesis**

#### **1.4.1 Hipótesis General**

El empleo de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales estabiliza la subrasante en suelos arcillosos.

#### **1.4.2 Hipótesis Específicas**

- Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera reduce significativamente el índice de plasticidad en suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

- Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera incrementa la máxima densidad seca en suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.
- Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera incrementa significativamente la capacidad de soporte en suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

## **1.5 Delimitación de la investigación**

### **1.5.1 Espacial**

Esta investigación se realizó en suelos que tiene característica de ser suelo arcilloso, en una vía urbana Jirón La victoria del distrito de San Miguel. La capacidad de soporte de este suelo arcilloso no es muy adecuada para la utilización en carreteras como capa estructural de subrasante.

### **1.5.2 Temporal**

Esta investigación se desarrolló en un tiempo de seis meses, dando inicio en marzo y culminado en agosto de 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Internacionales

Hussain y Khan (2017) “Sustainability of using crumb rubber and quarry dust for stabilization of expansive soils in road subgrade: a review” En este artículo se tuvo como objetivo investigar y comparar la viabilidad de la utilización de componentes estabilizadores como los granos de caucho y polvo de cantera para suelos expansivos en la sub rasante de las carreteras, se tuvo una metodología experimental, según la información reunida en este artículo se tuvo que se hizo la incorporación de partículas de caucho en cantidades de (2,4,6,8 y 10%) por cantidad del espécimen adquirido, el cual han sido sometidas a pruebas de laboratorio tales como el CBR, cantidad de humedad, ensayos de compactación triaxial además de la máxima densidad seca, los cuales fueron positivos, se concluyó que la utilización de los componentes estabilizadores suelen tener una gran eficacia al lograr estabilizar los suelos expansivos a nivel de sub rasante, teniendo como efecto principal reducir la tasa de contaminación ambiental y aumentar la vida útil de las vías.

Parra (2018), realizó el estudio de la “Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante”, en donde su objetivo fue conocer los parámetros tanto físicas como mecánicas del suelo tipo caolín, además evaluar tracción y la resistencia a compresión del mismo con incorporación de ceniza volante y cal, el mejoramiento del suelo a través de la incorporación de ceniza volante y cal al (2, 4, 6 y 8) %. Como resultado de la comparación de estabilizantes, la cal viva mejora la acción de una fuerza a compresión, la ceniza volante no muestra un comportamiento satisfactorio, ya que es el material que presenta mayor deformación unitaria, alcanzando el 9.8%, si comparamos con la cal, su máxima deformación fue 5.7%. Por lo tanto, la deformación de la ceniza del 9.8% indica que, al agregar ceniza es más dúctil, lo que es un indicador a incrementar la acción de una fuerza a compresión. En cuanto a la tracción, el esfuerzo máximo de cal y ceniza volante es similar.

Camelo y González (2021), En la investigación que lleva por nombre “Propiedades resilientes de subrasantes granulares estabilizadas con ceniza volante para diseño de pavimentos flexibles”, en donde su objetivo fue conocer las propiedades resilientes de la capa subrasante para la estabilización con ceniza volante las deformaciones incidentes en pavimentos flexibles. La metodología inició con la búsqueda de información revisión literaria, organización y procesamiento de parámetros de entrada y las propiedades resilientes de los materiales, modelación numérica con FEM Abaqus. Con el resultado determina que al agregar un porcentaje de 10% de cal y ceniza volante, reduce en un porcentaje de 89.92 la deformación vertical.

Altamirano y Díaz (2015) En la investigación que lleva por nombre “Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí - Rivas”. Para esta investigación se tuvo como propósito primordial mejorar la subrasante de los suelos que contengan alta tasa de cohesividad con una adición de cal hidratada. Al realizar los estudios en la subrasante, se señaló que en el suelo en estado inicial alcanza un CBR de 15.70% utilizando el martillo de Geogauge y 16.28% utilizando el martillo de Clegg.

Posteriormente se fue analizando la adición 3%, 6%, 9% y 12% de cal, a lo que se consiguió que la muestra analizada con 3% de cal alcanza un porcentaje de CBR de 30.31% utilizando el martillo de Geogauge y 35.4% utilizando el martillo de Clegg, la muestra con 6% de cal alcanza un porcentaje de CBR de 54.35% utilizando el martillo de Geogauge y 57.64% utilizando el martillo de Clegg, el suelo con 9% de cal alcanza un CBR de 57.2% utilizando el martillo de Geogauge y 64.04% utilizando el martillo de Clegg y la muestra analizada con 12% de cal alcanza un porcentaje de CBR de 29.48% utilizando el martillo de Geogauge y 36.95% utilizando el martillo de Clegg. Luego de evaluar los resultados se llegó a la conclusión de que las mejores condiciones se obtienen al adicionar 9% cal, puesto que cumple con la mayor parte de las propiedades de límite plástico, límite líquido, CBR, expansión y grado de compactación.

Odar *et al.* (2019). En la investigación que lleva por nombre “Método de estabilización con cal en subrasantes para pavimentos rígidos diseñados por AASHTO 93 en proyectos viales con presencia de bofedales”. Esta investigación está pensada en ofrecer un método para hacer mejor el porcentaje de CBR de los suelos en que presenten la napa freática alta, utilizando como agente estabilizante a la cal, se evaluó la estabilización de los suelos con 2 tipos de cal, en primer lugar Cal Tipo I (empleada comúnmente en construcción), con un PH igual a 12.8 y porcentaje de limpieza de 75% con la que se llevó a cabo una dosificación de cal de 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%; en segundo lugar se tiene Cal Tipo II (cal viva), con un PH igual a 13 y porcentaje de limpieza de 97% con la cual se procedió a añadir porcentajes de 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%, concluyendo que la proporción óptima de cal a usar para estabilizar los suelos con alta plasticidad y alto contenido orgánico es de 10 % del peso seco ya que al utilizar esta dosificación se obtiene que logra incrementar la resistencia del suelo de 5 a 7 veces. , lo cual hace que la sub rasante sea excelente de acuerdo con la categorización normada y establecida.

### **2.1.2 Nacionales**

Alanya (2020), como título “Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal Antarumi – Macachacra, Ayacucho”. El propósito fue señalar el impacto de la ceniza de madera. La investigación fue tipo aplicada, que se diseña como un corte transversal no experimental y cuya técnica es la observación sistemática. En el estudio se utilizaron dosificaciones de 17% ,21% y 25%, que fueron adecuadas en esta investigación para su estudio. De acuerdo con los resultados, la ceniza de madera influye positivamente, es decir, la adición del 25% mejora todas las propiedades del suelo arcilloso, lo que resulta el incremento del 18.53% en la cohesión del suelo y un incremento del 6.20% en la MDS, asimismo la capacidad de soporte fue de 24.35%.

Gálvez y Aponte (2019), “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”, como objetivo se buscó manifestar los cambios de mejoría de las cualidades del suelo arenoso con

la mezcla ceniza-suelo. Además, busca promover la reutilización de este material residual. En cuanto a la metodología, se utilizó cenizas y suelo afirmado, esta última obtenida de cantera, mientras que las cenizas fueron obtenidas de una ladrillera artesanal y extraídas del fondo del horno. Las cenizas volantes no se consideraron en esta investigación. Como resultado, para corte directo, la combinación con 10% de ceniza es la que resaltó en la resistencia al cortante respecto al suelo puro. Además, para la mezcla, los resultados de la prueba triaxial *CU* muestran que su resistencia al cortante y módulo elástico son mayores que los del suelo puro.

Brandan (2020), presentó un trabajo de investigación “Aplicación de ceniza de madera de fondo para estabilizar la subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas 2020”, el objetivo fue estimar el resultado de la aplicación de CMDF como estabilizador de subrasante en suelo arcilloso limoso. La metodología usada fue de tipo aplicada, su diseño fue experimental, con un nivel descriptivo-explicativo, finalmente su enfoque fue cuantitativo. Los resultados mostraron que la humedad óptima del suelo disminuyó, mientras incrementa los esfuerzos a corte, el ángulo de fricción y la cohesión. Finalmente concluye que las cenizas de madera de fondo mejoran el comportamiento físico y mecánico.

Perez (2021), la tesis “Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo para su uso como subrasante mejorada de pavimento, producto de ladrillera cerámica júpiter s.a.c. del departamento de Ucayali”, en la investigación que realizó, en donde su objetivo fue determinar la importancia del empleo de CMF proveniente de ladrillera, en donde se determinó la estabilización del suelo CL para su uso en la subrasante. La metodología usada en su estudio fue de nivel exploratorio de tipo aplicada, para demostrar la hipótesis del estudio, para los ensayos físicos y mecánicos se utilizaron muestras de suelo sin alterar y la mezcla de ceniza con suelo arcilloso con dosificaciones de 10%, 20% y 30%. El resultado de la adición suelo arcilloso-ceniza disminuyó el IP mientras para el suelo CL en su estado inicial el IP fue de 20.30 por ciento, con adición de 10% con CMF se obtuvo 14.90% de IP, con adición de 20% de CMF se obtuvo un 14.49% de IP y para la mezcla con el 30% de CMF se obtuvo un IP de 15.20%. También disminuye la humedad óptima del suelo arcilloso. Asimismo, los resultados de los ensayos de

CBR demuestran que el uso de cenizas de fondo arcilla mejora las propiedades de suelos arcillosos.

Oliveros (2020), como título “Análisis de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso con ceniza de fondo de ladrilleras en la carretera Acovichay – Huaraz 2020” en donde su objetivo fue determinar cómo las cenizas de fondo de las ladrilleras artesanales contribuyen en las cualidades de un suelo tipo arcilloso, como la resistencia del suelo, la plasticidad y la densidad seca. La metodología usada fue de tipo aplicada, su diseño metodológico fue experimental. Como resultado de esta investigación, al agregar cenizas de fondo como estabilizador al suelo arcilloso mejoró las propiedades mecánicas, lo que se traduce en una mejor capacidad de soporte, al añadir el 10%,15% y 20% de cenizas el CBR al 95% de compactación, incrementa al 10.69%,13.13% y 15.43% respectivamente. Por lo tanto, al agregar el 20% de cenizas de fondo se obtuvo el mejor resultado. Finalmente, al añadir mayor porcentaje de incorporación de cenizas de fondo el CBR incrementa su capacidad de soporte.

El autor Espino (2021), en su tesis como título “Adición de ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos y su aplicación a subrasante” en donde su objetivo general fue evaluar si la incorporación de ceniza de madera afectaría la estabilidad de la subrasante, y la metodología usada fue de tipo aplicada, nivel explicativo y con un diseño experimental. Con sus resultados deja en evidencia que el índice de plasticidad disminuye, debido a que obtuvo un valor de 17% de IP del suelo patron, mientras al agregar el 15%, 20% y 25% de ceniza de madera obtuvo valores de 12.5%, 10.30% y 10.50% respectivamente, asimismo, en la capacidad de soporte donde obtuvo un valor de 5.37% del suelo natural, y al agregar el 15%, 20% y 25% sus valores de capacidad de resistencia del suelo tratado fueron 25.22%, 32.35% y 27.17% respectivamente. Concluyendo que la ceniza de madera tuvo un efecto significativo sobre la estabilidad de subrasante en suelo arcilloso.

## 2.2 Bases Teóricas

### 2.2.1 Teoría de la formación del suelo

En la teoría del suelo, se han propuesto los diversos factores necesarios para crear esta estructura natural básica. En la teoría física, el suelo inicia con la descomposición de la roca madre, como se visualiza en la figura 1, la temperatura cambia repentinamente, por lo que la roca se descompone lentamente en fragmentos muy pequeños, y el factor que afecta la formación física del suelo es el sol, agua y la acción de las heladas. En la teoría biológica, el suelo es creado por la acción de microorganismos, hongos y bacterias. En la teoría química, el suelo se origina a partir de la reacción del agua, el dióxido de carbono y el oxígeno para descomponer las rocas, que se introducen al suelo para generar cambios químicos con la oxidación.

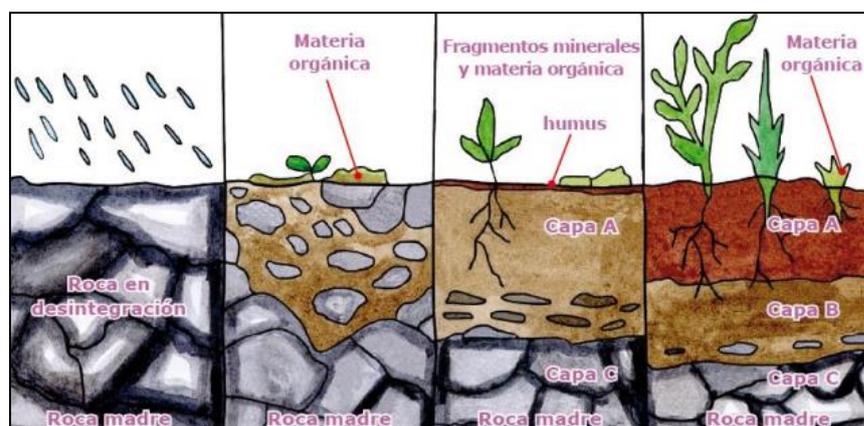


Figura 1. Proceso de formación del suelo

Fuente: <https://bit.ly/3wqrS5M>

El suelo se conforma por la acción del viento, la temperatura, el agua y la desintegración de las rocas en proceso que puede durar hasta cientos de años. Los principales componentes del suelo son los minerales y estas se crean de la descomposición de la roca madre que se caracteriza por su gran dureza que se descompone poco a poco y estos minerales son los que conforman al suelo, junto con la materia orgánica que se crean de la descomposición de plantas y animales que viven y mueren en la tierra.

### 2.2.2 Teoría de la formación de las arcillas

Rajiv y Nirmaladevi (2021) menciona que el suelo arcilloso consiste en ilita, caolinita, montmorillonitas en la que aumenta el mineral montmorillonitas, lo que significa que el suelo tiende a tener más propiedades de contracción e hinchamiento. Esta partícula de suelo es tan pequeña que solo se visualiza o se puede ver con un microscopio electrónico. Además, presenta una permeabilidad lenta que da como resultado una alta capacidad de retención de agua.

### 2.2.3 Suelo Arcilloso

La mecánica de suelos estudia las cualidades o características e identifica en función de su tamaño. Pero la razón para definir los criterios que separan a uno de otro son absolutamente físicos-químicos. Por lo tanto, en ingeniería civil, esta rama de la ciencia de la mecánica de suelos se utiliza para resolver problemas que surgen en construcción de obras civiles.



*Figura 2.* Suelo arcilloso

Fuente: Toma propia

Sus partículas son muy finas, más pequeñas que los granos de arena, son duros, compactos y quebradizo cuando están secos, como se muestra en la figura 2. Se encuentran en lugares con alta precipitación, se caracterizan por un alto contenido de agua, baja resistencia y fácil expansión y refracción cuando experimentan cambios de humedad. Además, los suelos arcillosos están presentes en la capa de subsarante lo cual este suelo arcilloso tiene mucha inestabilidad en suelo o terreno de fundación, tal como se presenta en la figura 3.



Figura 3. Suelo arcilloso en capa subrasante

Fuente: Toma propia

La norma ASTM D422 clasifica a los suelos por su tamaño y variación de sus partículas, tal como se describe en la tabla 1.

**Tabla 1.** Agrupación de suelos según la norma ASTM D422

| Tipo de Material | Tamaño de las partículas  |
|------------------|---------------------------|
| Grava            | 75 - 2 mm                 |
| Arena            | Arena gruesa: 2 - 0.2 mm  |
|                  | Arena fina: 0.2 - 0.05 mm |
| Limo             | 0.05 - 0.005 mm           |
| Arcilla          | Menor a 0.005 mm          |

Fuente: Manual de carreteras (2014)

#### 2.2.4 Estructura de los minerales arcilla

García *et al.*, (2021) sostiene que el término “mineral arcilloso” se refiere a un grupo de minerales (sintéticos o naturales) agrupados como “filosilicatos”. Químicamente hablando, los filosilicatos son minerales de aluminio silicatos hidratados compuestos por óxido de aluminio y silicio que también contienen una alta cantidad de cationes como Mg (magnesio), K (potasio), Ca (calcio), Na (sodio) y Fe (hierro). Estructuralmente hablando, los filosilicatos están formadas por láminas continuas, apiladas tetraédricas y octaédricas. Cada tetraedro consta de cationes Si<sup>4+</sup> agrupados con cuatro átomos de oxígeno orientados en un patrón de malla

hexagonal bidimensional infinito, tal como se ilustra en la figura 4A. El estrato octaédrico está formado por la coordinación de cationes metálicos principalmente de Mg (magnesio), Al (aluminio, Fe (hierro), Li (litio), etc., con átomos de oxígeno, OH – o F – de la lámina tetraédrica. Cada octaedro comparte aristas hexagonal o pseudo-hexagonal, se observa en la figura 4B. Las láminas tetraédricas y octaédricas están asociados y agrupados con el átomo de oxígeno apical de la lámina tetraédrica. Según el tipo de asociación, los filosilicatos se pueden clasificar en 1:1 (también conocido como T: O) o 2:1 (o T: O: T), tal como se ilustra en la figura 4C.

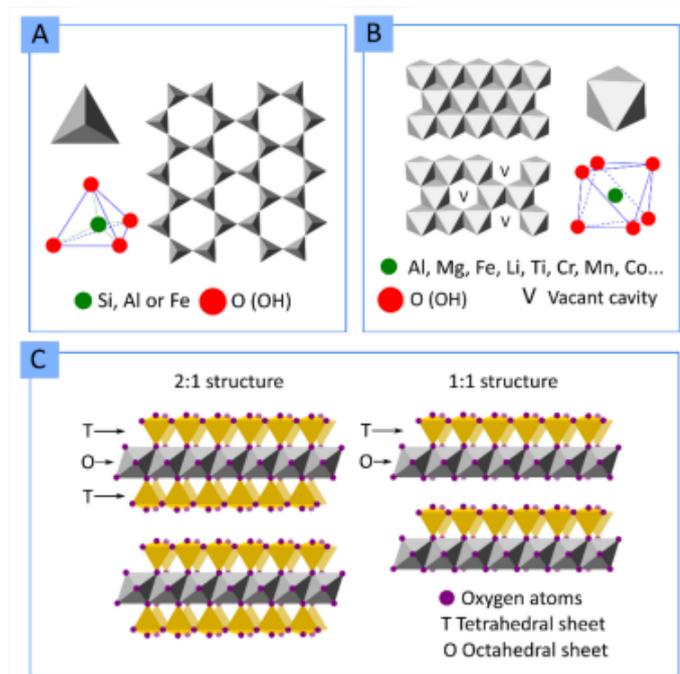


Figura 4. Representación esquemática de minerales de arcilla

Fuente: García *et al.* (2021)

(A) Tetraedro de filosilicato básico y disposición espacial de láminas tetraédricas y

(B) octaedro y disposición espacial de láminas octaédricas.

(C) Estructuras de capas de filosilicatos 2:1 (T:O:T) y 1:1 (T:O).

Zamin *et al.* (2021). Menciona que el cristal de caolinita está hecho de capas de iteración, y cada capa consta de una lámina de sílice y una lámina de alúmina, como se menciona en la figura 5. Se comparte una capa de átomos de oxígeno entre ellas. Las arcillas de caolín y halosita se producen por la meteorización

química de los silicatos de alúmina. Se requiere una relación baja de sílice-alúmina para el establecimiento de minerales similares al caolín. Las características mineralógicas se ilustran en la tabla 2.

**Tabla 2.** *Propiedades fundamentales mineralógicas de los minerales arcillosos*

| Minerales de arcilla                   | Intensidad de enlace      | Sustitución isomorfa | Encogerse e hincharse | CEC (meq/100 g) | LL (%)    | K (m/s)                |
|--|---------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------|------------------------|
| Caolinita (1:1 mineral arcilloso)      | Hidrogeno, Sólido         | Baja                 | Muy baja              | 3 - 15          | 30 – 75   | $10^{-5} \sim 10^{-7}$ |
| Illita (2:1 mineral arcilloso)         | Ion K, moderado           | Moderado             | Baja                  | 10 - 40         | 60 – 120  | $10^{-6} \sim 10^{-8}$ |
| Montmorillonitas 2:1 Mineral de carbón | Muro de maravillas, débil | Alta                 | Muy Alta              | 29 - 150        | Hasta 900 | $10^{-7} \sim 10^{-9}$ |

Fuente: Zamin *et al.* (2021)

El mineral illita está contenido de láminas cíclicas de alúmina y sílice, como se ilustra en la figura 6(a). La illita se hincha y se contrae más que la caolinita debido a su mayor capacidad de absorción de agua. Los minerales de montmorillonitas tienen la disposición de las mismas capas que la illita, como se menciona en la figura 6(b) Zamin *et al.* (2021).



*Figura 5.* Disposición estructural del cristal de caolinita

Fuente: Zamin *et al.* (2021)

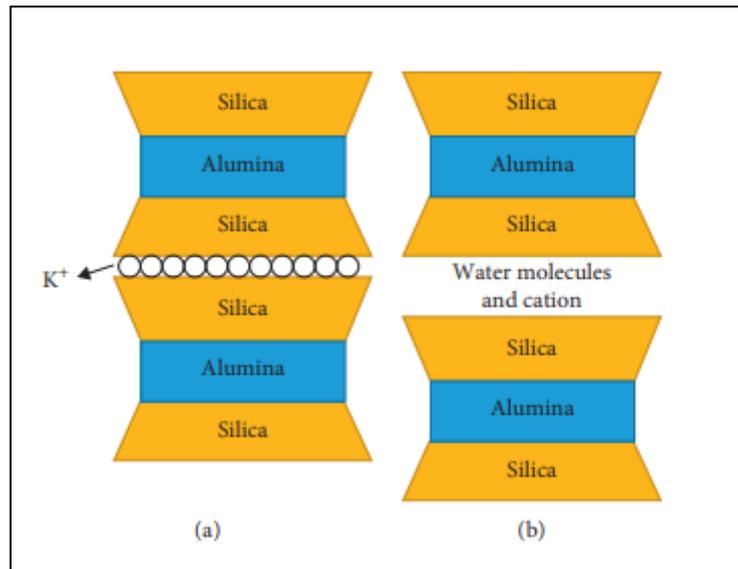


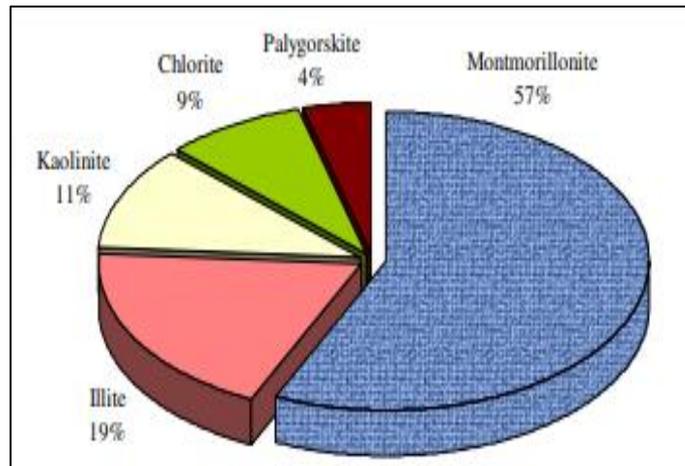
Figura 6. Disposición de lámina (alúmina y sílice).

(a) ilita y (b) montmorillonitas

Fuente: Zamin *et al.* (2021)

Jalal *et al.* (2020) Sostiene que la principal diferencia en la montmorillonitas es que la transposición isomorfa tiene lugar principalmente en la lámina de alúmina, reemplazando los minerales dioctaédricos por magnesio o hierro. Otro mineral de arcilla comúnmente difundido que pertenece a la misma clase en la bentonita, que comúnmente se constituye a partir de residuos volcánicos a través del proceso de meteorización. La bentonita es reconocida por su gran característica de hinchamiento.

Por otro lado, Hakami y Seif (2019) menciona que los minerales arcillosos se caracterizan por tener grandes áreas superficiales debido a su granulometría fina y estructura laminar. Están compuestos de silicatos de red de capas (filosilicatos), excepto el grupo de las paligorskitas, que consisten en una estructura de silicatos de cadena. Los silicatos de red de capas están compuestos por tetraedros de silicio (oxígeno de silicio) y octaedro de aluminio (oxígeno de aluminio), así como se ilustra en la figura 7, Mineralógicamente, las muestras que estudió están compuestas principalmente por montmorillonitas (52.7 – 66.4%), ilita (14.8-20.8%), Caolinitas (6.7-12.7%), clorita (7.5-10.5%) y paligorskita (2.3 – 5.9%).



*Figura 7.* Abundancia relativa de especies de minerales arcillosos (valor medio).

Fuente: Hakami y Seif (2019)

### **2.2.5 Consistencia del suelo arcilloso**

La consistencia es un término usado para indicar qué tan firme son los suelos cohesivos. La consistencia se expresa cualitativamente por términos de blando, muy blando, rígido, muy rígido y duro. Los parámetros de las arcillas con diferente contenido de agua difieren mucho. Los suelos que son muy blandos con un alto contenido de agua pueden volverse muy duro, pero con una disminución contenido de agua. Sin embargo, dos muestras de arcilla con el mismo contenido de humedad de diferentes fuentes pueden tener una consistencia diferente. Una arcilla puede ser relativamente blanda, mientras que la otra puede ser dura. Además, la reducción del contenido de agua puede tener poco efecto, pero puede transformar otras muestras de casi líquidas a muy duras. Por consiguiente, el contenido de humedad no es un indicador adecuado de consistencia para la ingeniería. (Murthy, 2002, p.45).

### **2.2.6 Límites de Consistencia (Atterberg)**

El autor Kumar (2022), sostiene que el L.L. se define que el suelo se comporta como un fluido y a partir de ello comienza a fluir. En el límite plástico (LP) el suelo se deforma sin fisurarse ni romperse, en la figura 8 se muestra el Aparato de Casagrande para la prueba de límite líquido.



Figura 8. Aparato de Casagrande para prueba de LL.

Fuente: Gupta *et al.* (2022).

En la tabla número 3 se muestra el índice elástico, la plasticidad y las características de suelos arcillosos.

**Tabla 3.** Clasificación de suelos según el Índice de plasticidad

| Índice de Plasticidad | Plasticidad      | Características           |
|-----------------------|------------------|---------------------------|
| IP = 0                | No Plástico (NP) | Suelos exentos de arcilla |
| IP < 7                | Baja             | Suelos poco arcillosos    |
| IP > 7<br>IP ≤ 20     | Media            | Suelos arcillosos         |
| IP > 20               | Alta             | Suelos muy arcillosos     |

Fuente: Manual de carreteras (2014)

### 2.2.7 Compactación de suelos

Kumar (2022) menciona que las pruebas de compactación siguen siendo algunas de las guías más valiosas para el comportamiento de ingeniería del suelo. La prueba de compactación estándar se utiliza para determinar la humedad óptima de la densidad seca máxima a la que se pueden compactar varias mezclas con este contenido de humedad. La mejora de la compactación del suelo a una mayor densidad da como resultado una reducción del asentamiento, reducción de la permeabilidad y un aumento de la resistencia al corte.

El autor Zainal (2018) menciona que la compactación se aplica al suelo, con el objeto de encontrar el contenido de agua óptimo para maximizar su densidad seca y, por lo tanto, disminuir la compresibilidad del suelo, aumentar su resistencia al corte y, en algunos casos, reducir su permeabilidad. Una curva de compactación típica presenta diferentes etapas de densificación cuando el suelo se compacta con el mismo aporte de energía aparente, pero con diferentes contenidos de agua. El contenido de agua en el pico de la curva se denomina OCH (óptimo contenido de humedad) y representa el contenido de agua en el que se maximiza la densidad seca para una energía de compactación determinada, así como se presenta en la figura 9.

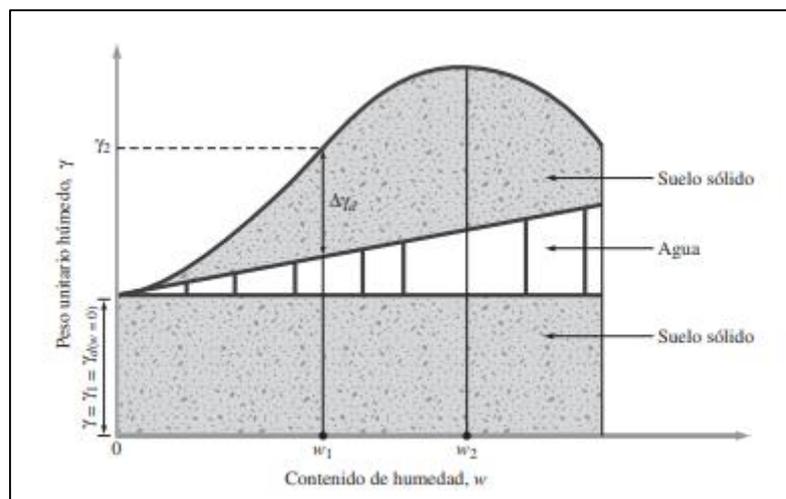


Figura 9. Curva de principio de compactación de suelos

Fuente: Das 2013

Prasanna *et al.* (2017) sostiene que la aplicación de energía mecánica para su densificación mediante la eliminación de vacíos de aire y la reorganización de las partículas. La reducción en la relación de vacíos hace que sea más difícil que el agua fluya a través del suelo. Esto es importante si el suelo se utiliza para retener agua, como es el caso de una presa de tierra. La masa del suelo se compacta para lograr los tres criterios básicos, es decir, la reducción del asentamiento bajo cargas de trabajo, la reducción de la permeabilidad y el incremento en la resistencia al corte.

### 2.2.8 Subrasante en pavimento expansivo

Little *et al.* (2019), sostiene que los comportamientos de contracción e hinchamiento de las subrasante expansivas son las principales causas de los defectos del pavimento que causan movimiento y asentamiento diferencial en la subrasante del pavimento. El comportamiento de contracción-hinchazón de los materiales de subrasante débiles cuando entran en contacto con el agua puede causar surcos, grietas, formación de baches y daños a los pavimentos y estructuras de ingeniería civil con cargas ligeras, en las figuras 10, 11, 12 y 13 muestran una descripción general de los daños en pavimentos y carreteras en países debido a la subrasante expansiva.



*Figura 10.* Levantamiento de pavimento flexible debido al suelo expansivo.

Fuente: Jalal *et al.* (2020)



*Figura 11.* Falla de la pendiente del terraplén causado por suelo expansivo.

Fuente: Jalal *et al.* (2020)



*Figura 12.* Defecto del pavimento en la carretera

Fuente: U.S. Department of Transport



*Figura 13.* Grieta longitudinal típica en pavimentos sobre arcillas expansivas

Fuente: Zornberg & Gupta (2015)

### **2.2.9 Efecto del contenido de humedad en los valores de CBR de la Subrasante**

Katise *et al.* (2019) sostiene que la variación de la humedad en los suelos tiene un gran impacto adverso en la calidad y desempeño de las estructuras construida sobre ellas. Dado que el incremento del contenido de agua en el material de la subestructura disminuye la calidad de ingeniería del suelo; como soporte de carga. La resistencia de la subrasante (valor CBR) puede verse afectada por la saturación de humedad a largo plazo.

### **2.2.10 Soluciones geotécnicas en subrasantes expansivas**

Ikeagwuani *et al.* (2018) sostiene que se han adoptado soluciones geotécnicas como el tratamiento y la modificación del suelo para ayudar a superar los problemas

de los materiales de subrasante en suelo arcillosos expansivos. La utilización de técnicas de estabilización de suelos a través de técnicas mecánicas, químicas y de polímeros para abordar los problemas asociados con el material de subrasante en suelo arcilloso expansible.

### 2.2.11 Estabilización mecánica de Subrasante

La compactación de la subrasante a través de una fuerza mecánica aplicada se denomina estabilización de la subrasante. Este método puede aumentar la resistencia cortante del suelo y/o controlar las características de contracción y expansión del suelo, incrementando así el soporte de carga para soportar la carga de la estructura del pavimento. La estabilización de suelos se utiliza para minimizar la permeabilidad y la compresibilidad del suelo en una estructura y para aumentar su resistencia al corte Afrin (2017).

La estabilización mecánica de la subrasante implica el uso de vibración, equipos mecánicos para expulsar los vacíos de aire presente en una masa de suelo y son expansivos diferenciando con otros métodos de estabilizar la subrasante Nabil *et al.* (2020). En la figura 14 se aprecia diferentes tipos de compactación.



Figura 14. Diferentes tipos de compactación.

(a) Rodillo pata de cabra. (b) Rodillo vibratorio de tambor liso. (c) Compactador vibratorio de operador a pie y (d) Apisonadora saltadora.

Fuente: Mehan *et al.* (2009).

### **2.2.12 Estabilización química de la Subrasante**

El proceso de incorporar productos químicos para aumentar las características del suelo expansivo de subrasante se define como estabilización química de la subrasante Afrin (2017). Saranya *et al.* (2017) menciona que el comportamiento del suelo expansivo se puede mejorar mediante la aplicación de aditivos químicos para la mejoría de las condiciones de la subrasante. Cuando se agregan aditivos químicos para estabilizar las condiciones débiles del subsuelo, tienden a drenar libremente y no son susceptibles a las heladas, en la figura 15 se presenta el proceso de estabilización química en la construcción de carreteras.

Cabezas *et al.* (2019) sostiene que después de la aplicación del método de estabilización química, este reacciona con el contenido de agua disponible dentro de la muestra, agrupando las partículas y que tiende a ser heterogénea. Este proceso lleva a una mejora en la resistencia al corte del suelo al agregar un componente de resistencia cohesiva a la condición inicial del suelo y a un aumento en la rigidez, como se aprecia en la figura 16. Esta reacción ayuda a crear cadenas de tensión desde la superficie de la carretera hasta el suelo basal y reduce el volumen de agua y aditivo necesario para obtener una mejora de la resistencia al corte. Como la mejoría de la resistencia al corte con la estabilización química depende de las reacciones individuales para una mezcla específica de aditivo del suelo, las propiedades del suelo, como la plasticidad y contenido fino, también influyen en la concentración de aditivo de agua requerida para la muestra de suelo *in situ*. Para el investigador Phanikumar *et al.* (2020) la estabilización química de la subrasante es una técnica efectiva para mejorar las características de subrasante expansivo.



Figura 15. Proceso de estabilización química en la construcción de vías.  
Fuente: Saranya *et al.* (2017)

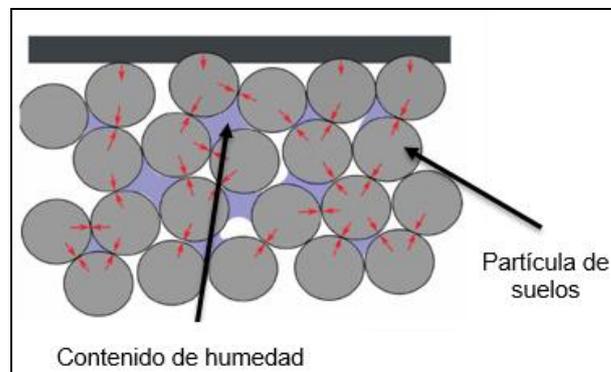


Figura 16. Distribución del contenido de humedad en una vía no pavimentada.

Fuente: Cabezas *et al.* (2019)

### 2.2.13 Relación de soporte california (CBR)

El autor Hema *et al.* (2022) menciona que mide la resistencia del suelo y se emplea como parte integral del diseño del pavimento. Esta prueba implica en muestreo, transporte, preparación, compactación, remojo y penetración con un émbolo de máquina CBR para medir la resistencia del suelo. Por lo tanto, predecir el valor de CBR, la prueba Proctor modificada y explotarlo durante la evaluación del desempeño de las capas del pavimento es una mejor opción que usar procedimientos costosos y que requieren mucho tiempo. Uno de los parámetros de diseño en la construcción de carreteras es la relación de carga de california (CBR). Para determinar la CBR generalmente se requiere tiempo y un programa experimental laborioso.

Fakeye *et al.* (2021) sostiene que la determinación de las propiedades del suelo, para caracterizar el suelo y diseñar los cimientos de proyectos de infraestructura adquiere importancia en la práctica de la ingeniería geotécnica. Sin embargo, la determinación de ciertas propiedades del suelo, como la compactación y la CBR, esta prueba de laboratorio toma de 2 a 4 días para determinar los parámetros de resistencia para el diseño. Como resultado, son costosos y requieren tiempo mayor. También debido a la falta de personal especializado, estas pruebas se evitan muchas veces en muchos programas de investigación de suelo. Por lo tanto, la necesidad de incorporar un enfoque estadístico en la predicción de las propiedades del suelo se vuelve inevitable.

Kumar (2022) comenta que la prueba CBR mide la capacidad de distribución de carga del pavimento a través de la penetración, así como se aprecia en la figura 17, y sólo se justifica en el caso de pavimentos que sean flexibles.



*Figura 17.* Máquina de ensayo CBR

Fuente: Kumar (2022)

#### **2.2.14 Ceniza de madera**

Nath *et al.* (2018) en su investigación, químicamente hablando que la ceniza de madera muestra que contiene aproximadamente un 30% de CaO (Óxido de Calcio), lo que hace que se comporte como un material puzolánico. Además, menciona que, en su investigación que el suelo podrá volverse más liviano con el aumento del

contenido de humedad, la resistencia y la reducción de la compresibilidad debido a la adición del contenido de cenizas. En la tabla 4 se visualizan la composición química de la ceniza de madera.

**Tabla 4.** *Composición química de cenizas de madera*

| Constituyentes                                     | Composición en (%)        |               |
|--|---------------------------|---------------|
|  | Nath <i>et al.</i> (2018) | Sefene (2020) |
| CaO (Óxido de Calcio)                              | 29.80                     | 21.5          |
| MgO (Óxido de Magnesio)                            | 5.25                      | 11            |
| K <sub>2</sub> O (Óxido de Potasio)                | 9.55                      | 6.3           |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de Hierro)   | 0.95                      | 2.7           |
| Na <sub>2</sub> O (Óxido de Sodio)                 | 7.5                       | 7.9           |
| SiO <sub>2</sub> (Dióxido de Silicio)              | 25.8                      | 27            |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Óxido de Aluminio) | 14.72                     | 23.6          |

Fuente: Nath *et al.* (2018), Sefene (2020)

Ekinci *et al.* (2020) en su resultado de investigación de análisis químico (estándar) sostiene que la ceniza de madera se compone principalmente de calcio CaO y sílice SiO<sub>2</sub>, así como se aprecia en la tabla número 5.

**Tabla 5.** *Análisis químico de cenizas de madera.*

| Componentes   | Ceniza de madera (%) |
|---|----------------------|
| Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )              | 18.10                |
| Óxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 3.30                 |
| Óxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )   | 2.80                 |
| Óxido de Calcio (CaO)                               | 44.40                |
| Óxido de Magnesio (MgO)                             | 2.80                 |
| Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)                 | 5.20                 |
| Óxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )                  | 0.90                 |
| Pérdida por ignición                                | 22.10                |

Fuente: Ekinci *et al.* (2020)

## **2.3 Marco Conceptual**

### **2.3.1 Ladrilleras artesanales**

Es una actividad que produce unidades artesanales de la materia prima “arcilla” obtenida de terrenos adyacentes al horno. Las ladrilleras utilizan principalmente de hojas, ramas y troncos de eucaliptos provenientes de bosques cercanos que son utilizados como combustibles.

### **2.3.2 Límites de Atterberg**

Estas pruebas son el índice del grado de plasticidad (la plasticidad define como la característica de los suelos cohesivos con capacidad de cambiar su forma sin romperse).

### **2.3.3 Estabilización de suelos**

Una de las soluciones más comunes para evitar la deformación en estructuras de pavimentos es la estabilización de suelos arcillosos, estas son sometidas a un proceso que consiste en modificar sus propiedades. Con el objetivo de mejorar su resistencia a la flexión, la máxima densidad seca y para reducir su plasticidad. Una de las características no deseables del suelo arcillosos es su índice de plasticidad, que presenta un alto valor de expansión, así también un bajo capacidad de soporte. El suelo arcilloso es capaz de modificar su volumen cuando absorbe o deje de absorber agua.

### **2.3.4 Compactación de suelos**

Es el proceso de la aplicación de energía mecánica a un conjunto del suelo con el fin de conseguir que las partículas se reacomoden de manera conveniente, la compactación tiene como ventaja incrementar el peso unitario del material. Por lo tanto, el suelo es más resistente frente a la rotura por carga y produce menor deformación cuando se aplica una carga. Por otro lado, la porosidad disminuye o relación de vacíos así mismo la permeabilidad del material.

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

Es sus siglas relación de soporte california, es un parámetro que mide la resistencia a corte de los suelos utilizados como parte integral del diseño del pavimento.

### **2.3.6 Ceniza de madera**

Ceniza de madera es el principal desecho de residuo en la industria de la fabricación de ladrillos artesanales para la construcción de viviendas, estas cenizas de madera se dividen en dos formas. La primera forma, en cenizas de fondo que son la fracción gruesa o porción gruesa. En segunda forma, en fracción fina denominado como las cenizas volantes producto del proceso de la incineración de madera que se utiliza en la fabricación de ladrilleras artesanales.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

##### 3.1.1 Tipo de Investigación: Aplicada

Para los autores Arias y Covinos (2021), se basa en un marco teórico, es decir, en la investigación básica, ya que a través de la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se fundamenta en los hallazgos y soluciones que se plantea en el objetivo de la investigación (p. 68).

Por ello, esta investigación corresponde al tipo aplicada, ya que en el presente estudio se desarrolló con conocimientos obtenidos para intervenir en el problema de la estabilización de subrasante con el fin de enriquecer nuevos saberes sobre el empleo de cenizas de madera.

##### 3.1.2 Nivel de investigación: Explicativo

El autor Ramos (2020), plantea que en este nivel de investigación se busca explicar y determinar los fenómenos, para ello se plantea una hipótesis de investigación para el estudio de los elementos de causa y efecto de los fenómenos.

El nivel empleado para la realización de esta investigación es explicativo ya que se explicó cómo influye la incorporación de cenizas de madera en la estabilización de subrasante en suelos arcillosos.

##### 3.1.3 Diseño de investigación: Cuasi-experimental.

De acuerdo al autor Arias (2020, p. 47), el diseño cuasi-experimental se utiliza cuando no hay aleatorización de los sujetos, es decir, que están preelegidos, en este diseño existe la presencia de dos grupos el control y el experimental, además, en este diseño mencionado es viable medir y aplicar instrumentos de medición más de dos veces, es decir, a la variable independiente se puede controlar o manipular en más de dos tiempos diferentes.

El diseño empleado en esta investigación es el cuasi-experimental debido a que se realizó la manipulación de la variable independiente (cenizas de madera) incorporando porcentajes en la variable dependiente (Estabilidad de subrasante en suelos arcillosos) el cual no se seleccionó de manera aleatoria.

**Tabla 6.** *Diseño cuasi-experimental de la investigación*

| Grupos         | Medición de la VD | Aplicación del tratamiento VI | Medición de la variable dependiente |
|----------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| G <sub>C</sub> | Y1                | No se aplica                  | Y2                                  |
| G <sub>E</sub> | Y3                | X+15%CMF                      | Y4                                  |
|                | Y5                | X+20%CMF                      | Y6                                  |
|                | Y7                | X+25%CMF                      | Y8                                  |

Donde:

G<sub>C</sub>: Grupo control, no se aplica el tratamiento, sin incorporación de CMF.

G<sub>E</sub>: Grupo experimental, recibe tratamiento, con incorporación de CMF.

Y1, Y3, Y5, Y7: Pre-test

Y2, Y4, Y6, Y8: Post-test

### 3.2 Variables y operacionalización

a) **Variable Independiente:** Ceniza de madera de fondo.

- **Definición conceptual:** Ceniza de madera es el principal desecho de residuo en la industria de la fabricación de ladrillos artesanales para la construcción de viviendas, estas cenizas de madera se dividen en dos formas. La primera forma, en cenizas de fondo que son la fracción gruesa o porción gruesa. En segunda forma, en fracción fina denominado como las cenizas volantes producto del proceso de la incineración de madera que se utiliza en la fabricación de ladrilleras artesanales.
- **Definición operacional:** Peso de cenizas de madera de fondo medido en porcentaje en relación al peso del suelo. Para esta variable se utilizó la técnica de observación y medición.
- **Dimensiones:** Cantidad en peso de cenizas de madera.
- **Indicadores:** Incorporación en 15%, 20% y 25% de cenizas de madera con respecto a la cantidad de peso del suelo arcilloso.

- **Instrumento:** Ficha de observación
- **Escala de medición:** Razón.

**b) Variable dependiente:** Estabilización de la subrasante.

- **Definición conceptual:** La estabilidad del suelo subrasante es el proceso de mejorar mediante adición de diferentes tipos de aditivos. La estabilización del suelo se puede lograr mezclando mecánicamente el suelo natural y el material estabilizador en una mezcla homogénea o agregando material estabilizador a un depósito de suelo intacto y logrando interacción al dejar que penetre a través de los vacíos del suelo. La estabilidad de suelos se refiere a la modificación de los suelos para la mejoría de las propiedades físicas. La estabilización aumenta la resistencia cortante del suelo y controla las propiedades de contracción y expansión del suelo, encontrando su mejoría en la capacidad de carga de una subrasante Athira y Sini (2019).
- **Definición operacional:** La estabilización de subrasante a través de la aplicación de materiales estabilizadores de variedades tipos para el mejoramiento de suelos con el propósito de la mejoría de las propiedades mecánicas y físicas, estas características se miden con diversas pruebas de laboratorio, por las cuales se conoce las dimensiones de grano (granulometría), la plasticidad (límites de consistencia), la capacidad de soporte de carga (prueba CBR) y la densificación (prueba Proctor Modificado).
- **Dimensiones:** Índice de plasticidad, máxima densidad seca y capacidad de soporte.
- **Indicadores:** Límite líquido, Límite plástico, peso unitario máximo, óptimo contenido de humedad, CBR al 95% de la MDS.
- **Instrumento:** Fichas de observación de los ensayos de laboratorio.
- **Escala de medición:** Razón.

### **3.3 Población, muestra, muestreo, unidades de análisis**

#### **3.3.1 Población**

Los autores Alan y Cortez (2018, p. 103), definen a la población como un universo que comprende la globalidad de objetos o sujetos a los cuales se va a investigar, consideran que su selección está dada en responsabilidad a ciertas características que contribuye en la obtención de datos.

Para el desarrollo de la investigación la población estuvo comprendida de la totalidad de vías urbanas del distrito de San Miguel.

#### **3.3.2 Muestra**

De acuerdo a los autores Pacori y Pacori (2018), definen que la muestra es una fracción del todo, es la parte representativa de un conjunto de una población, la representatividad es la característica principal de la muestra, es decir, que la muestra debe poseer las similares características de la población (p.299).

La muestra que se tomó para la realización de la presente tesis fue la vía urbana Jirón La victoria del distrito de San Miguel.

#### **3.3.3 Muestreo**

Para los autores Sánchez, Reyes y Mejía (2018), el muestreo no probabilístico se basa en el criterio del investigador, por lo que las unidades del muestreo no se seleccionan por procedimientos.

Para la presente investigación el muestreo de la unidad de análisis es no probabilístico, ya que la muestra representativa ha sido seleccionada por el criterio del investigador, para ello el muestreo que se tomó para la realización de la presente tesis fue de 02 calicatas representativas de suelo arcilloso de la vía urbana Jr. La victoria.

#### **3.3.4 Unidad de análisis**

De acuerdo a Reyes (2022), la unidad de análisis corresponde al objeto específico de estudio en una medición, se refiere al objeto de interés en una investigación, debe estar claramente definido, y el investigador debe obtener la información de la unidad de análisis que defina.

En el presente estudio la unidad de análisis corresponde a la subrasante de la vía urbana Jr. La victoria del distrito de San Miguel.

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

#### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos.**

De acuerdo a los autores Arias *et al.* (2022, p. 77), la técnica de observación se caracteriza porque el investigador observa el fenómeno de estudio en su estado natural, vale decir, no participa en el estudio, ya que el investigador obtiene información directamente de la población del estudio.

Para el desarrollo de este estudio se empleó la técnica de observación directa, debido a que se observó la aplicación de cenizas de madera en la estabilización de subrasante de la vía urbana mediante los ensayos de laboratorio.

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

El autor Reyes (2022) define como cualquier recurso del que se basa el investigador con el fin de aproximarse a los fenómenos y obtener de ellos información, se aplican en un momento particular, con el objeto de extraer información que será útil en la investigación.

Para la realización de la investigación se usó fichas de observación de laboratorio, con la finalidad de extraer información de los resultados de las pruebas de capacidad de soporte, proctor modificado y límites de consistencia.

### **3.5 Validez y confiabilidad**

#### **3.5.1 Validez**

Según los autores Hernández y Mendoza (2019), la validez es el grado en que un instrumento o prueba realmente mide la variable que pretende medir y conduce a conclusiones válidas (p. 229).

En este estudio la validez de los instrumentos utilizados se realizó a través de juicio de expertos el cual está anexado en la presente investigación.

### 3.5.2 Confiabilidad

La confiabilidad define al grado en que la práctica de una o más veces a la misma los resultados deben ser coherentes. Es decir, si aplicamos una o varias veces al sujeto o individuo debería a conducir a resultados iguales (Hernández, *et al.* 2017).

De acuerdo al autor Herrera (1998), estableció intervalos o rangos de confiabilidad para interpretar los valores del coeficiente de alfa de cronbach, en la tabla 7 se describe los siguientes rangos.

**Tabla 7.** *Coeficiente de confiabilidad de alfa de cronbach*

| Índice | Interpretación          | Valor de alfa de cronbach |
|--------|-------------------------|---------------------------|
| 1      | Confiabilidad perfecta  | 1.00                      |
| 2      | Confiabilidad excelente | 0.72 a 0.99               |
| 3      | Muy confiable           | 0.66 a 0.71               |
| 4      | Confiable               | 0.60 a 0.65               |
| 5      | Confiabilidad baja      | 0.54 a 0.59               |
| 6      | Confiabilidad nula      | 0.00 a 0.53               |

Fuente: Herrera (1998).

En la tabla 8 se detalla y se presenta los valores conseguidos de la aplicación del instrumento, en la parte superior se halla la fila de ítems y en la parte lateral izquierda la cantidad de expertos.

**Tabla 8.** *Datos de resultados obtenidos de la aplicación del instrumento.*

| OBJETO                | ÍTEMS  |       |       |       |       |       |       |       |       |       | TOTAL |
|-----------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                       | 1      | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |       |
| 1                     | 4      | 4     | 5     | 3     | 4     | 5     | 5     | 5     | 4     | 5     | 44    |
| 2                     | 5      | 3     | 4     | 4     | 3     | 3     | 4     | 5     | 4     | 4     | 39    |
| 3                     | 3      | 3     | 4     | 3     | 4     | 4     | 3     | 4     | 3     | 4     | 35    |
| Varianza              | 0.667  | 0.222 | 0.222 | 0.222 | 0.222 | 0.667 | 0.667 | 0.222 | 0.222 | 0.222 |       |
| $\sum$ Varianza       | 3.556  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Varianza $\sum$ Ítems | 13.556 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Fuente: Elaboración propia

La confiabilidad en el presente estudio se realizó con el el coeficiente de alfa de cronbach. La ecuación para determinar el coeficiente  $\alpha$  está representada de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{K}{K - 1} \left[ 1 - \frac{\sum Vi}{Vt} \right]$$

Dónde:

$\alpha$  : Coeficiente de alfa de cronbach.

$K$  : Número de ítems

$\sum Vi$  : Sumatoria de varianzas de los ítems.

$Vt$  : Varianza de la suma de los ítems.

De acuerdo a la tabla 9 se presenta el coeficiente alfa de cronbach donde se obtuvo un valor de 0.8197, según la interpretación del autor Herrera se deduce que los instrumentos utilizados poseen una confiabilidad “muy buena” debido a que se encuentra en el rango de 0.71 a 0.90 descrito en la tabla número 7.

**Tabla 9.** Valor de alfa de cronbach obtenido.

| Número de ítems | Sumatoria de varianzas de los ítems | Varianza de la suma de los ítems | Alfa de cronbach |
|-----------------|-------------------------------------|----------------------------------|------------------|
| $K$             | $\sum Vi$                           | $Vt$                             | $\alpha$         |
| 10              | 3.556                               | 13.556                           | 0.8197           |

Fuente: Elaboración propia

### 3.6 Procedimientos

De acuerdo a la figura 18 se muestra el procedimiento para el desarrollo de la investigación que está constituido en dos formas, en primer lugar, en la etapa de campo y en segundo lugar en la etapa de laboratorio.

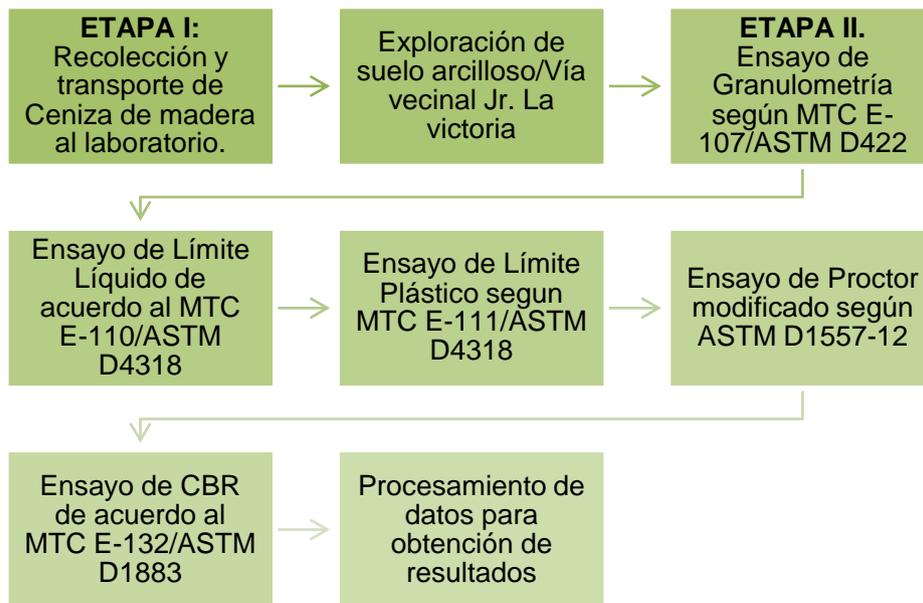


Figura 18. Procedimiento de la investigación

### ETAPA I: Recolección de muestras.

En la figura 19 se aprecia la obtención de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales ubicado en las zonas aledañas de la ciudad de Juliaca.

En la figura 20 se muestra la exploración de las muestras de suelo arcilloso de la vía urbana Jr. La victoria, se ha explorado hasta una profundidad de 1.50 metros.



Figura 19. Extracción de cenizas de madera de ladrilleras artesanales.

Fuente: Toma propia



*Figura 20.* Obtención de muestras del Jirón La victoria.

Fuente: Toma propia.

## **ETAPA II: Pruebas de laboratorio.**

Para la clasificación y caracterización se cuarteo para seleccionar la muestra, luego peso de la tara y para después se registró el peso total de la muestra del suelo, seguidamente se lavó la muestra representativa del suelo arcilloso a través del tamiz N° 200, se realizó el lavado de la muestra hasta que el agua se observe completamente transparente, para después secar 18 horas en el horno a una temperatura de 105 °C, luego se organizó los tamices que se dispone en forma de columna uno encima del otro de mayor a menor abertura, seguidamente se inició el proceso de tamizado, finalmente se pesó los porcentajes retenidos de cada tamiz esta prueba se hizo según la MTC E-107, en la figura 21 se muestra el procedimiento realizado del análisis granulométrico.



*Figura 21.* Ensayo del análisis granulométrico.

Para la prueba de LL se obtuvo una muestra seca aproximada de 500 gramos a través del tamiz N° 40, luego se adicionó agua y se mezcla amasándola con la espátula en forma alternada y repetida hasta alcanzar una mezcla homogénea y consistencia de una pasta, seguidamente se saturó la muestra durante 24 horas. Curado la mezcla se colocó el material en la Cuchara de Casagrande hasta obtener una superficie plana, utilizando el acanalador se dividió la muestra con una firme pasada a lo largo del diámetro y a través de la línea central de modo que se forma una ranura limpia. Finalmente, la formación de ranura se logró con el número de pasadas, que se golpeó la manija a una velocidad de dos revoluciones por un segundo hasta que ambas mitades de la pasta entren en fricción en el base de la ranura a una distancia de 13mm, anotando los golpes necesarios para cerrar la ranura, seguidamente se obtuvo una tajada del suelo, se pesó y se registró el valor para luego secar en el horno a una temperatura de 105 °C, en la figura 22 se aprecia el procedimiento realizado del límite líquido.



Figura 22. Ensayo de límite líquido

Fuente: Toma propia.

Para la prueba de límite plástico se trabajó con el material del ensayo de límite líquido, se tomó aproximadamente 6 gramos, observando una consistencia tal que se pueda ser rolando con los dedos de la mano sobre una superficie lisa para que pierda humedad, seguidamente se registró el peso para luego determinar la humedad esta prueba se realizó con propósito de encontrar el contenido de humedad de acuerdo a lo estipulado por la MTC E-111, en la figura de muestra el procedimiento realizado.



Figura 23. Ensayo del límite plástico.

Fuente: Toma propia

La prueba de proctor modificado se realizó con la finalidad de encontrar la cantidad óptima de agua, se tomó una muestra del suelo de 2600 gramos, la muestra húmeda se procedió a secarla. Se tamizó el material por la malla N° 4, para nuestro ensayo se seleccionó el método A, luego se homogenizo la muestra para después saturarla 24 horas, se compacto en molde en 5 capas con 25 golpes, seguidamente se tomó dos muestras representativas de uno 100 gramos, una entendida de un nivel cercano al superior y otra de una parte próxima al fondo, pesamos y secamos en el horno por un tiempo de 12 horas, luego se procedió a graficar los resultados obtenidos, esta prueba se realizó de acuerdo a la norma MTC E-115, el procedimiento realizado se presenta en la figura 24.



Figura 24. Ensayo proctor modificado.

Fuente: Toma propia.

Para la prueba de CBR, en este ensayo mecánico el objetivo es determinar la capacidad del suelo para resistir esfuerzo cortante, en condiciones de humedad y densidad controlada, el ensayo se realizó según la guía y el procedimiento establecido por la norma MTC E-132, se realizó con variaciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera en relación al peso del suelo arcilloso inicial, en la figura 25 se muestra el ensayo realizado del CBR.



*Figura 25.* Ensayo de capacidad de soporte CBR.

Fuente: Toma propia

### **3.7 Métodos de análisis de datos**

Para los investigadores Hernández y Mendoza (2019), la finalidad de la estadística inferencial va más allá de describir las distribuciones de las variables, con ello se pretende probar las hipótesis planteadas y generalizar los resultados obtenidos en la muestra a la población o universo, ya sea con pruebas paramétricas y no paramétricas (p.338).

En esta investigación para los análisis de datos se usó el estadístico inferencial, ya que en la prueba de hipótesis se realizó con el test T de student que corresponde a análisis paramétrico.

### **3.8 Aspectos éticos**

El estudio desarrollado tiene un valor de credibilidad y confiabilidad, además, los derechos de autor de cada uno de los textos utilizados son citados de acuerdo al ISO 690, para ello este trabajo de investigación se evaluó con el programa Turnitin de acuerdo con lo mencionado en los Artículos 15° y 16°, los siguientes principios éticos, tales como: amabilidad, no malicioso, autónomo y justo de acuerdo con lo

establecido en el artículo número 9 del código de ética en investigación con la Resolución de consejo universitario N° 0126-2017/UCV.

#### IV. RESULTADOS

En este capítulo se presentan resultados conseguidos mediante las pruebas de laboratorio las cuales son la granulometría, límites de consistencia (líquido y plástico), el proctor modificado y el CBR, ensayadas en sus condiciones iniciales y con la incorporación de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera.

##### **Análisis Físico Químico de cenizas de madera.**

En la tabla número 10 se presenta el análisis químico de cenizas de madera, donde el potencial de hidrógeno tiene un valor de 11.03 la cual se considera como una sustancia básica o alcalina.

**Tabla 10.** *Características físicas-químicas de ceniza*

| <b>Parámetros físicos y químicos</b> | <b>Unidad</b>    | <b>Resultados</b> |
|--------------------------------------|------------------|-------------------|
| Potencial de Hidrógeno               | pH               | 11.03             |
| Conductividad Eléctrica              | $\mu\text{S/cm}$ | 733.00            |
| Cloruros como $\text{Cl}^-$          | ppm              | 1019.68           |
| Sulfatos como $\text{SO}_4^{=}$      | ppm              | 112.00            |
| Sales solubles Totales               | ppm              | 469.87            |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 26.* Ceniza de madera extraída de ladrilleras artesanales

Fuente: Toma propia.

### **Caracterización del suelo arcilloso en su estado natural.**

Como se observa en la tabla número 11 el suelo extraído de la C-1 es clasificado como CH (arcilla de alta plasticidad) según la SUCS (sistema de clasificación de suelos). Así mismo el suelo extraído de la C-2 es clasificado como arcilla media plasticidad arenosa (CL).

**Tabla 11.** *Clasificación de las muestras del suelo.*

| <b>Calicata</b> | <b>Grava</b> | <b>Arena</b> | <b>Finos &lt; N° 200</b> | <b>Clasificación SUCS</b> |
|-----------------|--------------|--------------|--------------------------|---------------------------|
| C-1             | 0.00%        | 3.20%        | 96.80%                   | CH                        |
| C-2             | 0.00%        | 31.30%       | 68.70%                   | CL                        |

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla número 12 se aprecia las características iniciales de las muestras del suelo, el suelo de alta plasticidad (CH) presenta un IP de 43%, mientras la arcilla media plasticidad arenosa (CL) presenta un IP de 26%.

**Tabla 12.** *Características iniciales de los suelos CH y CL*

| <b>Calicata</b> | <b>SUCS</b> | <b>Límite Líquido</b> | <b>Límite Plástico</b> | <b>Índice de Plasticidad</b> |
|-----------------|-------------|-----------------------|------------------------|------------------------------|
| C-1             | CH          | 67%                   | 24%                    | 43%                          |
| C-2             | CL          | 47%                   | 20%                    | 27%                          |

Fuente: Elaboración propia.

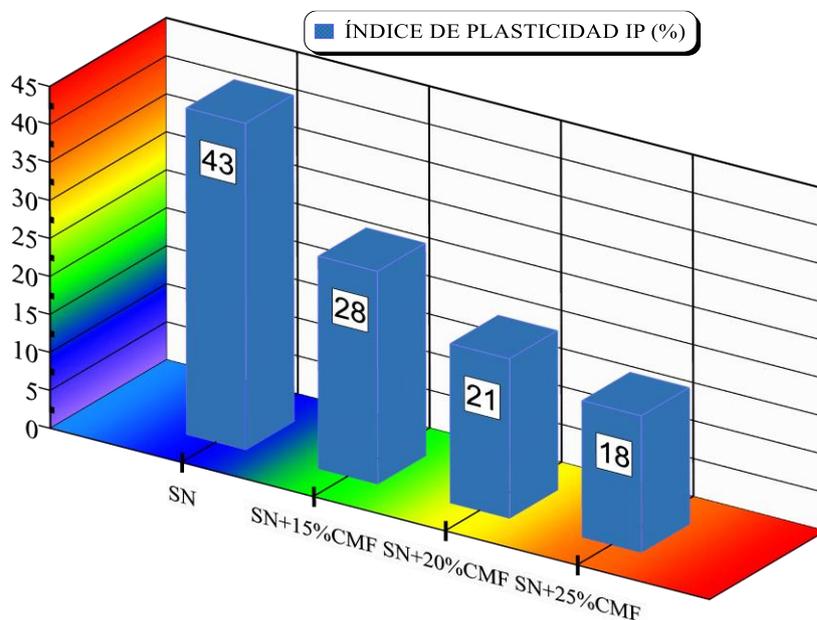
## Índice de Plasticidad

Según a los resultados descritos en la tabla número 13 y figura 27, el índice de plasticidad del suelo (CH) en su condición inicial tuvo un valor del 43.00%, sin embargo, con la incorporación de cenizas de madera al suelo CH con variaciones de 15%, 20% y 25% tiene un efecto positivo en la reducción de plasticidad, con 15% disminuye a 28% el IP, con 20% reduce su plasticidad a 21% y con 25% disminuye a 18% respectivamente.

**Tabla 13.** Valores de LL, LP y IP para diferentes % de CMF para CH

| Incorporación | Límites de consistencia |        |        | %Variación IP |
|---------------|-------------------------|--------|--------|---------------|
|               | L.L                     | L.P    | I.P.   |               |
| SN            | 67.00%                  | 24.00% | 43.00% | -             |
| SN+15%CMF     | 43.00%                  | 15.00% | 28.00% | 15.00%        |
| SP+20%CMF     | 46.00%                  | 25.00% | 21.00% | 7.00%         |
| SP+25%CMF     | 47.00%                  | 29.00% | 18.00% | 3.00%         |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 27.* Gráfico de barras de IP para suelo CH

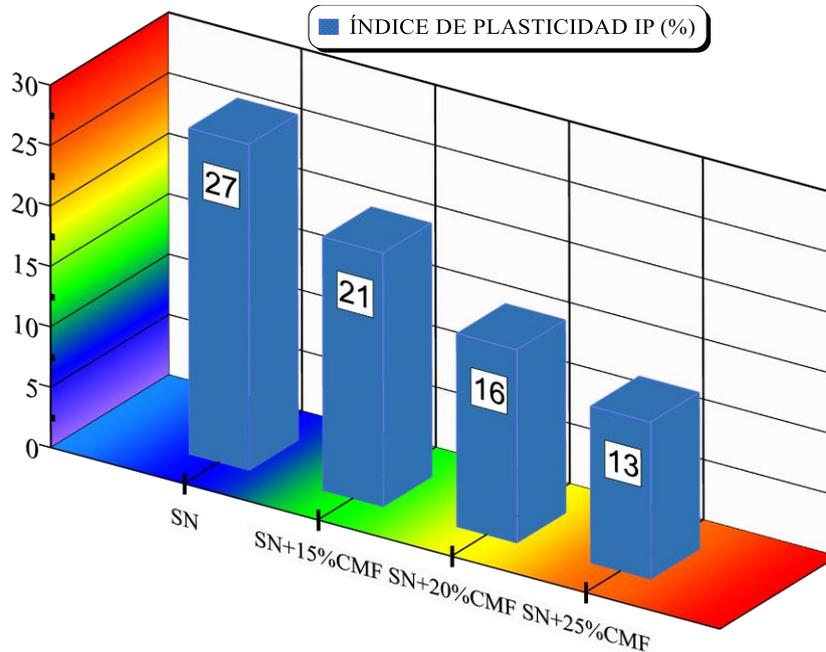
Fuente: Elaboración propia.

Según a los resultados descritos en la tabla número 14 y figura 28, el IP (índice de plasticidad) del suelo CL en su estado inicial tuvo un valor de 27.00%, sin embargo, con la incorporación de cenizas de madera con respecto al suelo CL con variaciones de 15%, 20% y 25% tiene un efecto positivo en la reducción de plasticidad, con 15% disminuye a 21% el IP, con 20% reduce su plasticidad a 16% y con 25% disminuye a 13% respectivamente.

**Tabla 14.** Valores de LL, LP y IP para diferentes % de CMF para CL

| Incorporación | Límites de consistencia |        |        | %Variación IP |
|---------------|-------------------------|--------|--------|---------------|
|               | L.L.                    | L.P.   | I.P.   |               |
| SN            | 47.00%                  | 20.00% | 27.00% | -             |
| SN+15%CMF     | 37.00%                  | 16.00% | 21.00% | 6.00%         |
| SP+20%CMF     | 38.00%                  | 22.00% | 16.00% | 11.00%        |
| SP+25%CMF     | 39.00%                  | 26.00% | 13.00% | 14.00%        |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 28.* Gráfico de barras del IP para suelo CL

Fuente: Elaboración propia.

## Proctor Modificado MDS y OCH

El objetivo de esta prueba fue encontrar la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad para la muestra del suelo original y suelo tratado con ceniza de madera como agente estabilizador con variaciones o porcentajes de 15%, 20% y 25%.

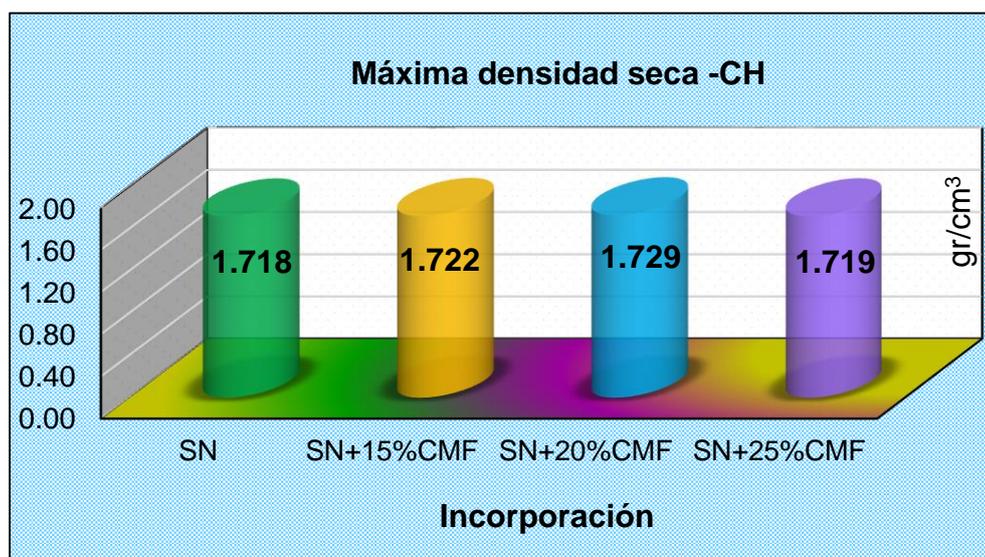
### MDS (Máxima Densidad Seca).

Los resultados de la MDS conseguidos mediante los ensayos de laboratorio se presenta en la tabla 15 y figura 29 para el suelo CH, el valor de la MDS del suelo en su condición natural fue 1.718 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que con la incorporación de 15% y 20% de cenizas de madera la MDS fueron 1.722 y 1.729 en gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, y con la incorporación del 25% de ceniza de madera el valor que se obtuvo de la MDS fue de 1.719 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 15.** Porcentaje de CMF y valores de MDS.

| Suelos | Máxima densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> ) |           |           |           |
|--------|--|-----------|-----------|-----------|
|        | SN   | SN+15%CMF | SN+20%CMF | SN+25%CMF |
| CH     | 1.718                                      | 1.722     | 1.729     | 1.719     |
| CL     | 1.911                                      | 1.929     | 1.937     | 1.912     |

Fuente: Elaboración propia.



**Figura 29.** Valores de MDS no tratado y tratado con CMF para CH.

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla número 14 y figura 30 se presentan los valores conseguidos de la MDS para suelo CL, el valor de la MDS del suelo en su condición inicial fue 1.911 gr/cm<sup>3</sup>, sin embargo, con la incorporación de 15% y 20% de cenizas de madera los valores de MDS fue de 1.929 y 1.937 en gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, y con la incorporación del 25% de ceniza de madera el valor que se obtuvo de la MDS fue 1.912 gr/cm<sup>3</sup>.

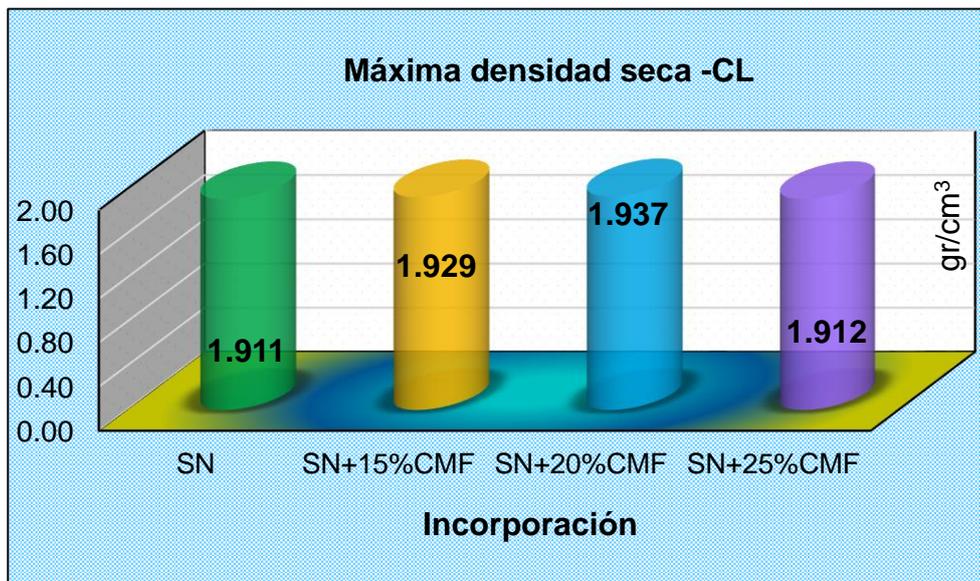


Figura 30. Valores de MDS no tratado y tratado con CMF para CL

Fuente: Elaboración propia.

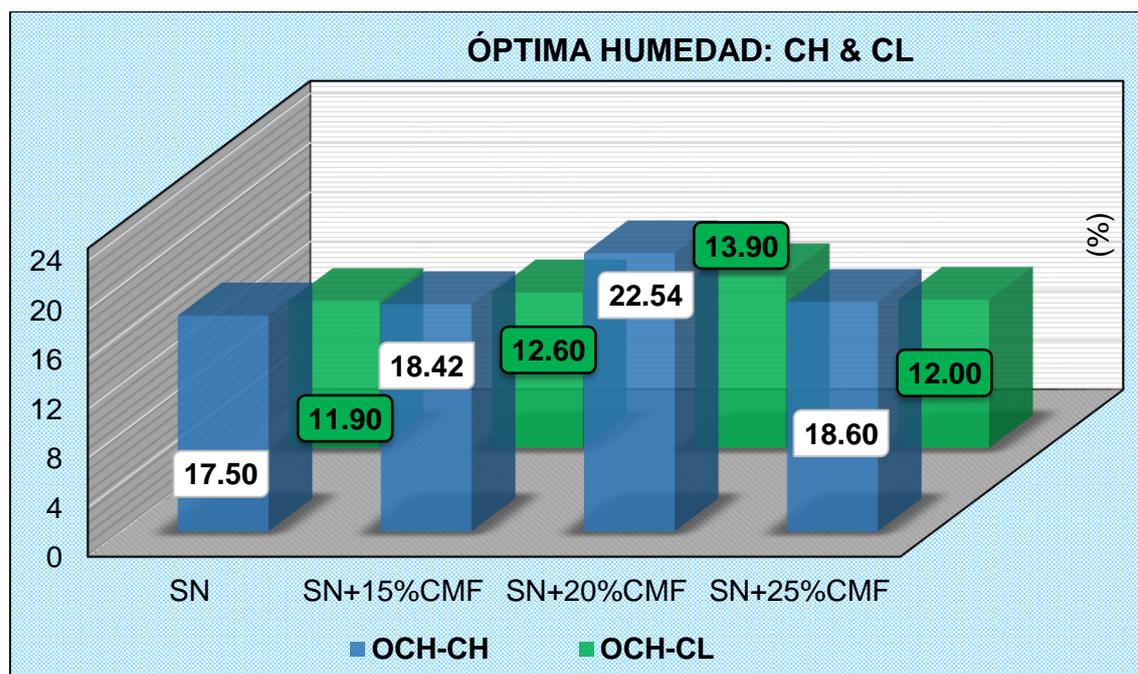
### OCH (Óptimo contenido de humedad)

De acuerdo a la tabla 16 y la figura número 31, se muestra la variación de los valores de OCH para varios porcentajes de CMF, en donde la muestra en su condición inicial tuvo el valor de 17.50%, y al incorporar el porcentaje de 15% y 20% respecto al peso del suelo CH incrementa a un 18.42% y 22.54% respectivamente, sin embargo, al agregar el 25% de ceniza el óptimo contenido de humedad empieza a disminuir a un 18.60%. Por otro lado, para el suelo CL el valor de OCH en su estado inicial fue 11.90%, y con incorporación de 15%, 20% y 25% los valores son 12.60%, 13.90% y 12.00% respectivamente.

**Tabla 16.** Porcentaje de CMF y resultados de OCH.

| Muestra | Óptimo contenido de humedad (%) |           |           |           |
|---------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|         | SN                              | SN+15%CMF | SN+20%CMF | SN+25%CMF |
| CH      | 17.50%                          | 18.42%    | 22.54%    | 18.60%    |
| CL      | 11.90%                          | 12.60%    | 13.90%    | 12.00%    |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 31.* Valores de OCH para suelo CH y CL

Fuente: Elaboración propia.

### **CBR (relación de soporte califonia)**

La prueba CBR se realizó en muestra de suelo incorporando porcentaje variable de ceniza de madera que se trabajó con una longitud de las cenizas de 4.75mm.

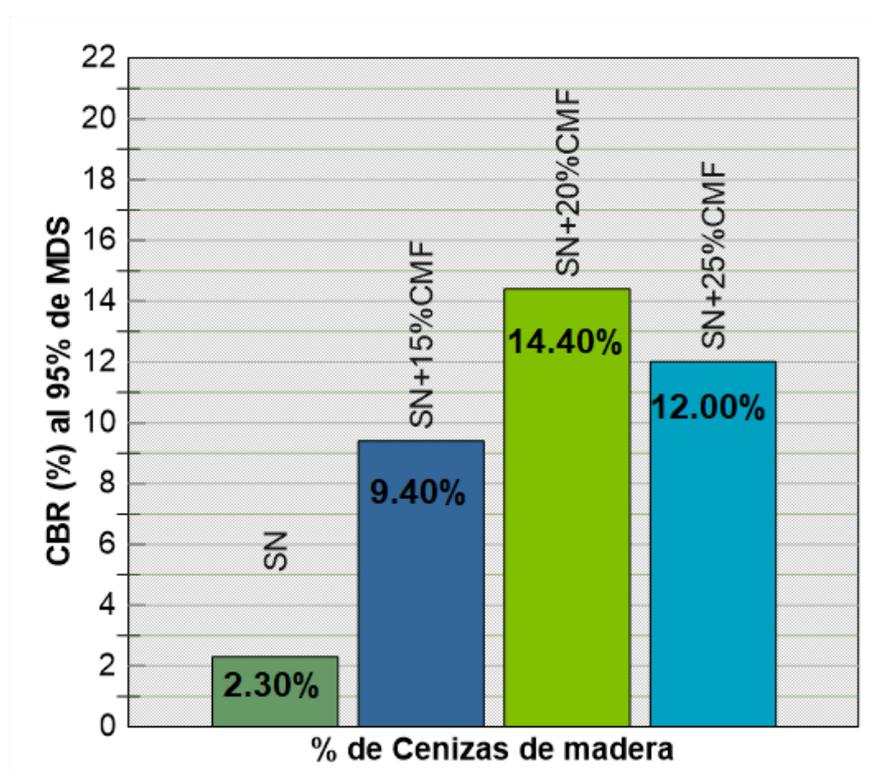
### **CBR para suelo CH (arcilla de alta plasticidad).**

De acuerdo a los resultados descritos en la tabla 17 y en la figura 32, se aprecia que el valor de CBR del suelo CH original es de 2.30% al 95% de la MDS, sin embargo, al agregar los porcentajes de 15%, 20% y 25% la capacidad de soporte aumenta a 9.40%, 14.40% y 12.00% respectivamente, cabe mencionar que al agregar en 25% de ceniza de madera el CBR empieza a disminuir a un valor de 12.00%.

**Tabla 17.** Porcentajes de CMF y valores de prueba CBR para CH

| Incorporación | CBR (95%-MDS) | CBR (100%-MDS) | %Variación (CBR-95%MDS) |
|---------------|---------------|----------------|-------------------------|
| SN            | 2.30%         | 4.40%          | -                       |
| SN+15%CMF     | 9.40%         | 17.60%         | 7.10%                   |
| SN+20%CMF     | 14.40%        | 21.10%         | 12.10%                  |
| SN+25%CMF     | 12.00%        | 25.30%         | 9.70%                   |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 32.* Variación de los valores de CBR (95%-MDS) para CH.

Fuente: Elaboración propia.

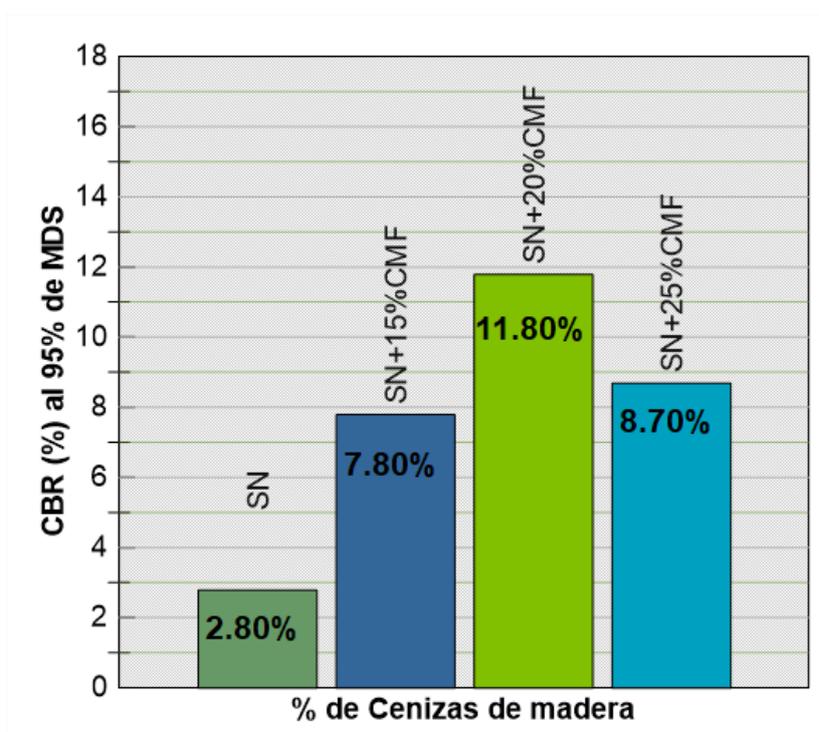
### CBR para suelo CL (arcilla de media plasticidad arenosa)

Los resultados de las pruebas de medida de resistencia al corte del suelo CBR del suelo arcilloso con clasificación CL en este estudio tratado con ceniza de madera se muestran representadas en la tabla 18 y en la figura 33, se aprecia que el valor de CBR del suelo CL original es de 2.80% al 95% de MDS, sin embargo, al agregar el 15%, 20% y 25% la capacidad de soporte del suelo aumenta a 7.80%, 11.80% y 8.70% respectivamente, cabe mencionar que al agregar el 25% de ceniza de madera el CBR empieza a disminuir a un valor de 8.70%

**Tabla 18.** Porcentajes de cenizas de madera y valores de prueba CBR para CL.

| Incorporación | CBR (95% - MDS). | CBR (100% - MDS). | %Variación CBR (95% - MDS) |
|---------------|------------------|-------------------|----------------------------|
| SN            | 2.80%            | 4.00%             | -                          |
| SN+15%CMF     | 7.80%            | 13.20%            | 5.00%                      |
| SN+20%CMF     | 11.80%           | 16.40%            | 9.00%                      |
| SN+25%CMF     | 8.70%            | 14.80%            | 5.90%                      |

Fuente: Elaboración propia.



*Figura 33.* Variación de los valores de CBR (95%-MDS) para CL

Fuente: Elaboración propia.

## CONTRASTACIÓN DE HIPOTESIS.

### Prueba para hipótesis específico 1:

a). Planteamiento de la hipótesis nula y alterna.

#### Hipótesis nula ( $H_0$ ):

- Si  $\bar{x} = 35\%$ : Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera no reduce el índice de plasticidad de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

#### Hipótesis alterna ( $H_1$ ):

- Si  $\bar{x} < 35\%$ : Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera reduce el índice de plasticidad de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

b). Nivel de significancia ( $\alpha$ ).

El margen de error empleado en el análisis de la hipótesis es de 5%, es decir que el nivel de confianza es de 95%.

c). Test estadístico.

Para la realización del contraste estadístico se usó una prueba paramétrica, llamado el t de student, se usa en variables cuantitativas, hipótesis sobre media y para muestras pequeñas menores a treinta, esta prueba esta expresado de la siguiente forma:

$$t = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

$t$ : distribución t de student.

$\bar{x}$ : media muestral.

$u$ : media poblacional.

$s$ : desviación estándar.

$n$ : tamaño muestral.

**Tabla 19.** Estadísticos de grupos para el índice de plasticidad.

| <b>% de Cenizas de madera</b> | <b>CH</b> | <b>CL</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> |
|-------------------------------|-----------|-----------|--------------|----------------------------|
| SN                            | 43.00     | 27.00     | 35.00        | -                          |
| SN+15%CMF                     | 28.00     | 21.00     | 24.50        | 4.950                      |
| SN+20%CMF                     | 21.00     | 16.00     | 18.50        | 3.536                      |
| SN+25%CMF                     | 18.00     | 13.00     | 15.50        | 3.536                      |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla número 19 de los estadísticos de grupos, observamos que las muestras en relación al índice de plasticidad son diferentes, también se aprecia los valores obtenidos de media y la desviación estándar, dichos valores fueron necesario calcular para el análisis estadístico del test T de student.

**Tabla 20.** Prueba T de student para el índice de plasticidad.

| <b>% de Cenizas de madera</b> | <b>gl</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>T(tabla)</b> | <b>T(exp.)</b> |
|-------------------------------|-----------|--------------|----------------------------|-----------------|----------------|
| SN+15%CMF                     | 2         | 24.50        | 4.950                      | -2.92           | -3.674         |
| SN+20%CMF                     | 2         | 18.50        | 3.536                      | -2.92           | -8.082         |
| SN+25%CMF                     | 2         | 15.50        | 3.536                      | -2.92           | -9.552         |

Fuente: Elaboración propia.

d). Decisión y conclusión.

De acuerdo a la tabla 20, el T experimental calculado está ubicado en la región de rechazo, por tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), lo que demuestra que las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera reduce el índice de plasticidad de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

## Prueba para hipótesis específicos 2:

a). Planteamiento de la hipótesis nula y alterna.

### Hipótesis nula ( $H_0$ ):

- Si  $\bar{x} = 1.815$ : Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera no incrementa la máxima densidad seca de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

### Hipótesis nula ( $H_1$ ):

- Si  $\bar{x} > 1.815$ : Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera incrementa la máxima densidad seca de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

b). Nivel de significancia ( $\alpha$ ).

El margen de error empleado en el análisis de la hipótesis es de 5%, es decir que el nivel de confianza es de 95%.

c). Test estadístico

Para la realización del contraste estadístico se usó una prueba paramétrica, llamado el t de student, se usa en variables cuantitativas, hipótesis sobre media y para muestras pequeñas menores a treinta, esta prueba esta expresado de la siguiente forma:

$$t = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

$t$ : distribución t de student.

$\bar{x}$ : media muestral.

$u$ : media poblacional.

$s$ : desviación estándar.

$n$ : tamaño muestral.

**Tabla 21.** Estadísticos de grupos para la máxima densidad seca.

| <b>% de Cenizas de madera</b> | <b>CH</b> | <b>CL</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> |
|-------------------------------|-----------|-----------|--------------|----------------------------|
| SN                            | 1.718     | 1.911     | 1.815        | -                          |
| SN+15%CMF                     | 1.722     | 1.929     | 1.826        | 0.146                      |
| SN+20%CMF                     | 1.729     | 1.937     | 1.833        | 0.147                      |
| SN+25%CMF                     | 1.719     | 1.912     | 1.816        | 0.130                      |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla número 21 de los estadísticos de grupos, observamos que las muestras en relación a la máxima densidad seca son diferentes, también se aprecia los valores obtenidos de media y la desviación estándar, dichos valores fueron necesario calcular para el análisis estadístico del test T de student.

**Tabla 22.** Prueba T de student para la máxima densidad seca.

| <b>% de Cenizas de madera</b> | <b>gl</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>T(<math>\alpha</math>)</b> | <b>T(exp.)</b> |
|-------------------------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|
| SN+15%CMF                     | 2         | 1.826        | 0.146                      | 2.920                         | 0.131          |
| SN+20%CMF                     | 2         | 1.833        | 0.147                      | 2.920                         | 0.212          |
| SN+25%CMF                     | 2         | 1.816        | 0.130                      | 2.920                         | 0.013          |

Fuente: Elaboración propia.

d). Decisión y conclusión.

De acuerdo a la tabla 22, el T experimental calculado está ubicado en la región de no rechazo, por tanto, se rechaza la hipótesis alterna ( $H_1$ ) y se acepta la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo que indica que las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera no incrementa la máxima densidad seca de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

### Prueba para hipótesis específicos 3:

a). Planteamiento de la hipótesis nula y alterna.

#### Hipótesis nula ( $H_0$ ):

- Si  $\bar{x} = 2.55$ : Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera no incrementa la capacidad de soporte de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

#### Hipótesis nula ( $H_1$ ):

- Si  $\bar{x} > 2.55$ : Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera incrementa la capacidad de soporte de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

b). Nivel de significancia ( $\alpha$ ).

El margen de error empleado en el análisis de la hipótesis es de 5%, es decir que el nivel de confianza es de 95%.

c). Test estadístico

Para la realización del contraste estadístico se usó una prueba paramétrica, llamado el t de student, se usa en variables cuantitativas, hipótesis sobre media y para muestras pequeñas menores a treinta, esta prueba esta expresado de la siguiente forma:

$$t = \frac{\bar{x} - u}{\frac{s}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

$t$ : distribución t de student.

$\bar{x}$ : media muestral.

$u$ : media poblacional.

$s$ : desviación estándar.

$n$ : tamaño muestral.

**Tabla 23.** Estadísticos de grupos para capacidad de soporte

| <b>% de Cenizas de madera</b> | <b>CH</b> | <b>CL</b> | <b>Media</b> | <b>Desv. Est.</b> |
|-------------------------------|-----------|-----------|--------------|-------------------|
| SN                            | 2.30      | 2.80      | 2.55         | -                 |
| SN+15%CMF                     | 9.40      | 7.80      | 8.60         | 1.131             |
| SN+20%CMF                     | 14.40     | 11.80     | 13.10        | 1.839             |
| SN+25%CMF                     | 12.00     | 8.70      | 10.35        | 2.333             |

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a la tabla número 23 de los estadísticos de grupos, observamos que las muestras en relación a la capacidad de soporte son diferentes, también se aprecia los valores obtenidos de media y la desviación estándar, dichos valores fueron necesario calcular para el análisis estadístico del test T de student.

**Tabla 24.** Prueba T de student para la capacidad de soporte.

| <b>% de Cenizas de madera</b> | <b>gl</b> | <b>Media</b> | <b>Desviación estándar</b> | <b>T(<math>\alpha</math>)</b> | <b>T(exp.)</b> |
|-------------------------------|-----------|--------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|
| SN+15%CMF                     | 2         | 8.60         | 1.131                      | 2.92                          | 9.265          |
| SN+20%CMF                     | 2         | 13.10        | 1.839                      | 2.92                          | 9.936          |
| SN+25%CMF                     | 2         | 10.35        | 2.333                      | 2.92                          | 5.791          |

Fuente: Elaboración propia.

d). Decisión y conclusión.

De acuerdo a la tabla 24, el T experimental calculado está ubicado en la región de rechazo, por tanto, se acepta la hipótesis alterna ( $H_1$ ), lo que demuestra que las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera incrementa la capacidad de soporte de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.

## V. DISCUSIÓN

**Discusión general:** Los resultados conseguidos en esta investigación en cuanto a la estabilización de subrasante en suelos arcillosos por medio de la aplicación de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales que de acuerdo a lo detallado en las discusiones específicas muestran que en general la incorporación de cenizas de madera si influye en el comportamiento del suelo estudiado, por lo que los resultados de CBR incrementaron, resaltando el porcentaje del 20% que logro alcanzar hasta 14.40% de un 2.30% de CBR en suelo arcilloso CH, y el suelo arcilloso CL logro alcanzar hasta 11.80% de un 2.80% de CBR.

Además, el IP ha disminuido del 43% a 18% en suelo CH, y el suelo arcilloso CL redujo del 27% a 13%, ambos con la incorporación del 25% de ceniza de madera.

De acuerdo a la norma de pavimentos urbanos la CE. 010, los suelos CH y CL de este estudio es categorizada como una subrasante “pobre” debido a que se obtuvo valores menores al 3% de CBR. Mientras tanto con el porcentaje de participación del 20% de ceniza de madera el CBR se categoriza como una subrasante “buena” tras alcanzar valores mayores al 8% de CBR.

**Discusión 1:** La intención de reducir la plasticidad de los suelos arcillosos de la vía urbana a través de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales motivó la presente investigación, se demostró que, de acuerdo a los resultados conseguidos se pudo determinar que las cenizas de madera como agente estabilizador si influye en el IP, donde su valor en estado inicial fue del 27%, mientras al agregar el 15%, 20% y 25% los valores de índice de plasticidad fueron 21%, 16% y 13% respectivamente.

Estos resultados guardan relación con el hallazgo del autor Espino (2021), de acuerdo a sus resultados de clasificación de suelos obtuvo el tipo de suelo CL arcilla media plasticidad arenosa, donde incorporó cenizas de madera de fondo sobre la estabilidad de subrasante, obtuvo un valor de 17% de índice de plasticidad del suelo patron, mientras que al agregar el 15%, 20% y 25% de ceniza de madera obtuvo valores del índice de plasticidad de 12.5%, 10.30% y 10.50% respectivamente.

Del mismo modo, Perez (2021) donde estabilizó la subrasante del suelo arcilloso tipo CL incorporado cenizas de madera, en la cual obtuvo el valor del IP de 20.30% del suelo natural, y al agregar el 10%, 20% y 30% de cenizas, en donde sus valores de IP fueron de 14.90%, 14.90% y 15.20% respectivamente, siguiendo una tendencia de reducción.

La variación en los valores encontrados en esta tesis con los resultados de estudios anteriores se debería a la diferencia de los tamices usados, el autor Espino (2021), usó cenizas de madera pasante a la malla N° 6, mientras en este estudio se usó cenizas de madera pasante al tamiz N° 4, asimismo los valores del IP del suelo en estado inicial no son iguales.

**Discusión 2:** Como objetivo específico 2 planteado incrementar la máxima densidad seca de suelos arcillosos de la vía urbana mediante el empleo de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales, se demostró que, de acuerdo a los resultados conseguidos se pudo determinar que las cenizas de madera como agente estabilizador no influye en la MDS donde se obtuvo el valor de 1.911 gr/cm<sup>3</sup> del suelo natural, mientras con la incorporación del 15%, 20% y 25% los valores de MDS fueron de 1.929, 1.937 y 1.912 en gr/cm<sup>3</sup> respectivamente.

Estos resultados guardan relación con los hallazgos por el autor Perez (2021) donde estabilizó la subrasante del suelo arcilloso tipo CL aplicando ceniza de madera, donde consiguió el valor de la máxima densidad seca de un 1.806 gr/cm<sup>3</sup> del suelo CL en su condición inicial, y aplicando los porcentajes de participación de 10%, 20% y 30% de ceniza consiguió resultados de 1.817, 1.834 y 1.844 en gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, presentando una tendencia de incremento.

Del mismo modo Espino (2021), quien de acuerdo a sus resultados de clasificación del suelo fue CL arcilla media plasticidad arenosa, que adicione cenizas de madera pasante de la malla N° 6 donde obtuvo un valor promedio de 1.614 gr/cm<sup>3</sup> de MDS del suelo natural, y con el reemplazo del 15%, 20% y 25% sus valores MDS fueron de 1.544, 1.525 y 1.531 en gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, donde en la adición del 20% y 25% ya presenta una tendencia de reducción.

Las variaciones en los resultados de estudio y con los resultados de estudios mencionados se debería en el uso de tamices, el autor Espino (2021) usó cenizas de madera pasante a la malla N° 6, mientras en este estudio se usó cenizas de madera pasante al tamiz N° 4. Asimismo, los valores del suelo arcillosos en su estado inicial son diferentes.

**Discusión 3:** Como objetivo específico 3 planteado incrementar la capacidad de soporte de suelos arcillosos de la vía urbana por medio de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales, se demostró que, de acuerdo a los resultados conseguidos se pudo determinar que las cenizas de madera como agente estabilizador si influye en la capacidad de soporte donde se obtuvo el valor de 2.8% del suelo natural, mientras con la incorporación del 15%, 20% y 25% los valores de capacidad de soporte fueron de 7.8%, 11.8% y 8.7% respectivamente.

Estos resultados guardan relación con los hallazgos del autor Espino (2021), en suelo CL de acuerdo a sus resultados de clasificación de suelos, quien adiciono cenizas de madera pasante a la malla N° 6 donde en el suelo natural obtuvo un valor de capacidad de resistencia del suelo en su estado inicial de 5.37% al 95% de MDS, y al agregar el 15%, 20% y 25% sus valores de capacidad de resistencia del suelo tratado fueron 25.22%, 32.35% y 27.17% respectivamente, en donde al agregar el 25% de ceniza de madera empieza a disminuir el CBR.

Del mismo modo Perez (2021), donde estabilizó la subrasante del suelo arcilloso tipo CL aplicando ceniza de madera, de acuerdo a sus resultados obtuvo un valor de capacidad de soporte CBR de 4.20% del suelo patron, mientras que al agregar los porcentajes de participación de 10%, 20% y 30% de ceniza de madera de fondo con ello logró una capacidad de soporte CBR de 13.50%, 29.10% y 53.30% respectivamente, poseyendo una tendencia de incremento.

Las variaciones de los estudios guardan relación con los resultados encontrados en este estudio, donde el autor Espino (2021) señala que la incorporación del 25% el valor de la capacidad de soporte empieza a disminuir, lo mismo pasa en este estudio que al incorporar el 25% el valor de capacidad de soporte empieza a disminuir a un valor de 8.7%.

## VI. CONCLUSIONES

En respuesta al objetivo general, se concluye que el empleo de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales si estabiliza la subrasante de suelos arcillosos en la vía urbana calle Jr. La victoria, debido a las mejoras obtenidas del IP y CBR, logrando una categoría de subrasante “buena” de ser categorizada como subrasante “pobre”.

En respuesta a los objetivos específicos se concluye que:

OE1, el empleo de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales si reduce el índice de plasticidad de suelos arcillosos, debido a que en suelo arcilloso CH con la incorporación del 15%, 20% y 25% el índice de plasticidad redujo a valores de 28%, 21% y 18% respectivamente, mientras en el suelo arcilloso CL los valores de IP fueron de 21%, 16% y 13% respectivamente.

OE2, el empleo de ceniza de madera proveniente de ladrilleras artesanales no influye en el incremento de la MDS de los suelos arcillosos, debido a que en suelo arcilloso CH con los porcentajes de 15%, 20% y 25% los valores alcanzados con ello fueron 1.722, 1.729 y 1.719 en  $\text{gr/cm}^3$  respectivamente, mientras en el suelo arcilloso CL los valores de MDS fueron de 1.929, 1.937 y 1.912 en  $\text{gr/cm}^3$  respectivamente.

OE3, el empleo de ceniza de madera proveniente de ladrilleras artesanales si incrementa la capacidad de soporte, debido a que en suelo arcilloso CH con la incorporación del 15%, 20% y 25% los valores fueron de 9.4%, 14.4% y 12.0% respectivamente, mientras en el suelo arcilloso CL los valores de capacidad de soporte fue de 7.8%, 11.8% y 8.7% respectivamente.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda seguir con la investigación del empleo de cenizas de madera sobre la estabilización de subrasante en suelos MH (limos de alta plasticidad) para conocer si tiene influencia en las características físicas y mecánicas.

Se sugiere que para futuras investigaciones comparar ceniza de madera de fondo y ceniza volante para conocer cuál de ellos ofrece mejores resultados sobre las propiedades del suelo.

Para futuras investigaciones en la extracción del material de ceniza de madera de ladrilleras artesanales se recomienda tener cuidado de otros materiales contaminantes.

## **RERERENCIAS**

### **Trabajos de investigación**

ALANYA, Cesar. Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal Antarumi-Macachacra, Ayacucho. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Lima Norte: Universidad César Vallejo, 2020. Disponible en: <https://bit.ly/3tYmp6d>

ÁLVEZ, Julio y APONTE, José. 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. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. Disponible en: <https://bit.ly/3wVcikj>

ALTAMIRANO, Genaro y DÍAS, Axell. Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí – Rivas. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2015. Disponible en: <https://bit.ly/37o47Co>

BRANDAN, Yoselin. Aplicación de ceniza de fondo para estabilizar la subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas 2020. Tesis (Titulo en Ingeniera Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2020. Disponible en: <https://bit.ly/3JY0JwB>

CAMELO, Alex y GONZÁLEZ, Hector. Propiedades resilientes de subrasantes granulares estabilizadas con ceniza volante para diseño de pavimentos flexible. Tesis (Tesis trabajo de grado). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2021. Disponible en: <https://bit.ly/3DxdKun>

DOROTEO, Carlos. Mejoramiento de suelo por sustitución de material. Tesina (Titulo en ingeniería civil). Puebla: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2014. Disponible en: <https://bit.ly/3NR0pku>

ESPINO, Yhon. Adición de ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos y su aplicación a subrasante. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil).

Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2021. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12848/3571>

FEBRES, Thanud. Alternativa de solución a la problemática ambiental producida por las ladrilleras artesanales en Arequipa. Tesis (Titulo en Grado de maestra). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2017. Disponible en: <https://bit.ly/3jzHIFd>

MEEHAN, Christopher y TEHRANI, F. Sadeghi. An Investigation of Continuous Compaction Control Systems. Master's Thesis. Delaware Center for Transportation. University of Delaware, 2009. Disponible en: <https://bit.ly/3xE6rOX>

OLIVEROS, Cesar. Análisis de las propiedades mecánicas del suelo arcilloso con ceniza de fondo de ladrilleras en la carretera Acovichay – Huaraz 2020. Tesis (Titulo en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2020. Disponible en: <https://bit.ly/3Kh6wxt>

PARRA, Manuel. Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante. Tesis de trabajo de grado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018. Disponible en: <https://bit.ly/3LwEVsf>

PEREZ, Rudy. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo para su uso como subrasante mejorada de pavimento, producto de ladrillera cerámica júpiter s.a.c. del departamento de Ucayali. Tesis (Titulo en ingeniería civil). Pucallpa: Universidad Nacional de Ucayali, 2021. Disponible en: <https://bit.ly/372iGvo>.

### **Artículos Científicos**

ABBEY, S.J., Eyo, E.U.Ng' ambi, S. Swell and microstructural characteristics of high-plasticity clay blended with cement. Bulletin of Engineering Geology and the Environment [en línea]. December 2019., 12 pages. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10064-019-01621-z>.

AFRIN, Habiba. A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques [online]. International Journal of Transportation Engineering and Technology. Volume 3, Issue 2, June 2017, pp. 19-24. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.11648/j.ijtet.20170302.12>

ATHIRA, T., SINI, T. Effect of Bagasse Ash on Strength Characteristics and Index Properties of Kaolinite Clay [en línea]. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), Vol. 8 Issue 06, June-2019. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.ijert.org/effect-of-bagasse-ash-on-strength-characteristics-and-index-properties-of-kaolinite-clay>. ISSN: 2278-0181

CABEZAS, R. CATALDO, C. Influence of chemical stabilization method and its effective additive concentration (EAC) in non-pavement roads. A study in andesite-based soils [online]. Cogent Engineering, April 2019. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23311916.2019.1592658>

EKINCI, Abdullah, Mohammad HANAFI a Ertug AYDIN. Strength, Stiffness, and Microstructure of Wood-Ash Stabilized Marine Clay. Minerals [online]. September 2020 10(9), 796. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en: [doi:10.3390/min10090796](https://doi.org/10.3390/min10090796). ISSN 2075-163X.

FAKEYE, Attah, IGE, Olusegun, OGUNSANWO, Olufemi. Principal Component Analysis of California Bearing Ratio with Some Geotechnical Properties of Soils along Ilorin-Lokoja Highway [en línea]. Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS), Vol. 7 Issue 4, April 2021. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://jmess.org/index.php/vol-7-issue-4-april-2021/>. ISSN: 2458-925X

GARCÍA Villén, F.; Ruiz-Alonso, S.; Lafuente-Merchan, M.; gallego, I.; Sainz-Ramos, M.; Saenz-del-Burgo, L.; Pedraz, J.L. Clay Minerals as Bioink Ingredients for 3D Printing and 3D Bioprinting [en línea]. Application in Tissue Engineering and Regenerative Medicine. *Pharmaceutics* 2021, 13, 1806. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics13111806>

GUPTA, Tushar, AGRAHARI, Shivam, RAI, Nitin, AKHTER, Zuhaid, KUMAR, Arum. Experimental Study of Soil Stabilization by Adding Cement, Rice Husk Ash and Bagasse Ash [en línea]. International journal of engineering research & technology (IJERT), Volume 11, Issue 05 May 2022. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2022]. Disponible en: DOI: 10.17577/IJERTV11IS050069. ISSN: 2278-0181

HAKAMI y Seif. Expansive potentiality of sabkha soils of Rabigh Lagoon, Saudi Arabia: a case study. Saudi Society for Geosciences [en línea]. January 2019., 15 pages. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4271-x>

HEMA, Nellore, NAGENDRA, Kota y RAJESH, Peelam. An Empirical Model to Assess the California Bearing Ratio Value for Cohesive Soils [en línea]. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). Vol. 11 Issue Mayo 2022. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.ijert.org/an-empirical-model-to-assess-the-california-bearing-ratio-value-for-cohesive-soils>. ISSN: 2278-0181

HUSSAIN, Farhat y KHAN, Amanullah. Sustainability of using crumb rubber and quarry dust for stabilization of expansive soils in road subgrade: a review. International Journal of Civil Engineering and Technology [en línea]. Diciembre 2017, 8 (12): 837-842 [Fecha de consulta: 25 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/38J6Yqi>. ISSN: 0976-6308

IKEAGWUANI, Chijioke y NWONU, Donald. Emerging trends in expansive soil stabilization: A review. [en línea]. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. Agosto 2018, 18 pages. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2018.08.013>.

JALAL, E., Fazal, Xu Yongfu, Jamhiri Babak & Ali Memon Shazim (2020). On the Recent Trends in Expansive Soil Stabilization Using Calcium-Based Stabilizer Materials (CSMs): A Comprehensive Review [en línea]. Advances in Materials Science and Engineering, vol. 2020, Article ID 1510969, 23 pages. [Fecha de

consulta: 03 de junio de 2022]. Disponible en:  
<https://www.hindawi.com/journals/amse/2020/1510969/>

KATISE, DEFARU Y KUMER R. Geotechnical Investigation and Effect of Moisture Content on Subgrade CBR Values; Arbaminch-Chencha Existing Road; Ethiopia [en línea]. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*. Vol. 8 Issue March 2019. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.17577/IJERTV8IS030256>. ISSN: 2278-0181

KUMAR, Prem. Improvement of Black Cotton Soil for Pavement Sub Grade Using Calcium Carbide Residue and Flyash [en línea]. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, Vol. 11 Issue 04, April-2022. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.ijert.org/improvement-of-black-cotton-soil-for-pavement-sub-grade-using-calcium-carbide-residue-and-flyash>. ISSN: 2278-0181

NABIL, Maafi, MUSTAPHA, Akchiche, RIOS, Sara. Impact of wetting - drying cycles on the mechanical properties of lime-stabilized soils[online]. *Int. J. Pavement Res. Technol*, January 2020. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s42947-019-0088-y>. ISSN: 1996-6814

NATH, Bayshakhi Deb, Sarkar Grytan, Siddiqua Sumi, Md. Rokunuzzaman and Md. Rafiqul Islam. Geotechnical Properties of Wood Ash-Based Composite Fine-Grained Soil [en línea]. *Advances in Civil Engineering*, April 2018. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2018/9456019>

ODAR, Gabriela, CHAVEZ, Diego y SILVERA. Manuel. Método de estabilización con cal en subrasantes para pavimentos rígidos diseñados por AASHTO 93 en proyectos viales con presencia de bofedales. Disponible en: <https://bit.ly/3xiPnzC>  
ISSN: 2414-6390

PHANIKUMAR, B, RAJU, Ramanjaneya. Compaction and strength characteristics of an expansive clay stabilised with lime sludge and cement [online]. *Soils and*

Foundations, February 2020. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sandf.2020.01.007>. ISSN: 0038-0806

PRASANNA, Harshitha D, Krishna Singh D, Suhruth S. Correlation of Compaction Characteristics of Fine-Grained Soils using Atterberg Limits [en línea]. International journal of engineering research & technology (ijert) Volume 06, Issue 06, June 2017. [Fecha de consulta: 20 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3c1gc2O>

RAJIV, T y Nirmaladevi T. Stabilization of Clay Soil by MICP using Ureolytic / Non-Ureolytic Bacteria [en línea]. International journal of engineering research & technology (ijert), volume 10, issue 05, may 2021. [Fecha de consulta: 21 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3ACrrcm>. ISSN: 2278-0181

SARANYA, K., JEEVITHA J., VARSHINI, T. A Review on Application of Chemical Additives in Soil Stabilization [online]. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Volume: 04 Issue: 03 Mar -2017. [Fecha de consulta: 23 de junio de 2022]. Disponible en: <https://irjet.net/archives/V4/i3/IRJET-V4I3420.pdf>. ISSN: e-ISSN: 2395 -0056, p-ISSN: 2395-0072

SEFENE, Sinodos. Determination of Effective Wood Ash Proportion for Black Cotton Soil Improvement [en línea]. Geotechnical and Geological Engineering, agosto 2020. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2022]. Disponible en: <https://ur.booksc.eu/book/83597094/febe12>

ZAINAL, Abdul. Mathematical Modeling of Compaction Curve Using Normal Distribution Functions [en línea]. University of Baghdad Engineering Journal - May 2018. [Fecha de consulta: 18 de junio de 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/325229666>

ZAMIN, Bakht, HASSAN, Nasir, KHALID, Mehmood, QAISER, Iqbal, ASIM, Farooq & MOHAMMAD, Tufail. An Experimental study on the geotechnical, Mineralogical, and swelling Behavior of KPK Expansive Soils [en línea]. Advances in Civil Engineering, vol. 2021, Article ID 8493091, 13 pages, 2021. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/8493091>

ZORNBERG, Jorge, GUPTA, Ranjiv. Reinforcement of pavements over expansive clay subgrades [en línea]. Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2015. [Fecha de consulta: 16 de junio de 2022]. Disponible en: doi:10.3233/978-1-60750-031-5-765

## **Normas**

Manual de carreteras (2014). Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección: Suelos y pavimentos. Disponible en: <https://bit.ly/3aiG89t>.

Manual de ensayo de materiales Edición mayo de 2016. Disponible en: <https://bit.ly/3bSct2D>.

Reglamento nacional de edificaciones: Norma técnica CE. 010 Pavimentos urbanos. Disponible en: <https://bit.ly/3zyhBpp>

## **Libros**

HERNÁNDEZ, Roberto y MENDOZA, Christian. Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: Mcgraw-hill interamericana editores, s.a. de c.v, 2019.714 pp. ISBN: 9781456260965

PACORI, Edwerson y PACORI, Angélica. Metodología y Diseño de la Investigación Científica. Lima-Perú: FFECAAT E.I.R.L, 2018. 412 pp. ISBN: 9786124768125

## **Libros en Línea**

ALAN, David, CORTEZ, Liliana. Procesos y Fundamentos de la Investigación Científica [en línea]. 1ª ed. Editorial UTMACH, 2018. [Fecha de consulta: 01 de junio de 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12498>. ISBN: 9789942240934

ARIAS, José. Proyecto de tesis: guía para la elaboración [en línea]. 1ª ed. Editorial José Luis Arias Gonzales, 2020. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3Pn5hz5>, ISBN: 9786120054161

ARIAS, José, HOLGADO, Julio, TAFUR, Tania, VASQUEZ, Mario. Metodología de la investigación: El método ARIAS para realizar un proyecto de tesis [en línea]. Editorial Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú S.A.C., 2022. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.016>. ISBN: 9786125069047

ARIAS, José, COVINOS, Mitsuo. Diseño y metodología de la investigación [en línea]. 1ª ed. Editorial Enfoques consulting EIRL, 2021. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12390/2260>. ISBN: 9786124844423

BRAJA M, Das. Fundamentos de ingeniería geotécnica [en línea]. 4.<sup>a</sup> ed. Cengage Learning, 2013 [Fecha de consulta: 13 de abril de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3jxvUmR>. ISBN: 9786075193731.

DURAN, Gary. Mejoramiento de un suelo arcilloso con ceniza de madera: agregando valor a los residuos de la industria de ladrillos, Lima 2016. Disponible en: <https://bit.ly/3z8H4Ye>.

HERRERA, A. N. Notas sobre Psicometría. Universidad Nacional de Colombia, 1–26. (1998). Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/nc0svex>

MURTHY, V.N,S. Geotechnical engineering: Principles and Practices of Soil Mechanics and Foundation Engineering [en línea] 1ª ed. CRC Pres, 2002 [Fecha de consulta: 14 de abril de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/36hqppi>. ISBN: 9780824708733.

RAMOS, Carlos. Los alcances de una investigación [en línea]. CienciAmérica Vol. 9(3). 2020. Fecha de consulta: 12 de mayo de 2022]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>. ISSN: 1390-9592 ISSN-L 1390-681X

REYES, Eufemia. Metodología de la investigación científica [en línea]. 1ª ed. Editorial Inc. Page Publishing, 2022. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3nTffwe>. ISBN: 9781643346014

SÁNCHEZ, Hugo, REYES, Carlos, MEJÍA, Katia. Manual de términos en investigación científica, tecnología y humanística [en línea] 1ª ed. Editorial Universidad Ricardo Palma, 2018. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/1480>. ISBN: 9786124735141.

U.S. Department of transportation. Federal Highway administration. Geotechnical Aspects of Pavements Reference manual/ Participant Workbook [en línea]. Publication No. FHWA NHI-05-037, May 2006. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.fhwa.dot.gov/engineering/geotech/pubs/05037/>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

| Variables   | Definición conceptual  | Definición operacional   | Dimensiones   | Indicadores   | Escala de medición |
|---|--|--|---|---|--------------------|
| <p><b>Variable Independiente:</b><br/>Cenizas de madera de fondo.</p> | <p>Ceniza de madera es el principal desecho de residuo en la industria de la fabricación de ladrillos artesanales para la construcción de viviendas, estas cenizas de madera se dividen en dos formas. La primera forma, en cenizas de fondo que son la fracción gruesa o porción gruesa. En segunda forma, en fracción fina denominado como las cenizas volantes producto del proceso de la incineración de madera que se utiliza en la fabricación de ladrilleras artesanales.</p>   | <p>Peso de cenizas de madera de fondo medido en porcentaje con respecto al peso del suelo. Para esta variable se utilizó la técnica de observación y medición</p>  | <p>Porcentaje en peso de cenizas de madera</p>  | <p>Incorporación en 15%, 20% y 25% con respecto al peso del suelo subrasante</p>                      | <p>Razón</p>       |
| <p><b>Variable Dependiente:</b><br/>Estabilización de subrasante</p>  | <p>La estabilidad del suelo subrasante es el proceso de mejorar mediante adición de diferentes tipos de aditivos. La estabilización del suelo se puede lograr mezclando mecánicamente el suelo natural y el material estabilizador en una mezcla homogénea o agregando material estabilizador a un depósito de suelo intacto y logrando interacción al dejar que penetre a través de los vacíos del suelo. La estabilización de suelos es la alteración de los suelos para mejorar sus propiedades físicas. La estabilización puede aumentar la resistencia al corte de un suelo y/o controlar las propiedades de expansión y contracción de un suelo, mejorando así la capacidad de carga de una subrasante para soportar pavimentos y cimientos. Athira y Sini (2019).</p> | <p>La estabilización de subrasante mediante la aplicación de agentes estabilizadores de variedades tipos para el mejoramiento de suelos con el propósito de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, estas características se miden con diversos ensayos de laboratorio las cuales nos permiten ver su tamaño de grano (granulometría), su plasticidad (límites de consistencia), la capacidad de soporte (CBR) y su densificación (proctor modificado).</p> | <p>Índice de plasticidad (%)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Límite líquido (%)</li> <li>• Límite plástico (%)</li> </ul> | <p>Razón</p>       |
|   |  | <p>Máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>)</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso unitario (gr/cm<sup>3</sup>)</li> <li>• Óptimo contenido de humedad (%).</li> </ul> |   |                    |
|   |  | <p>Capacidad de soporte (%).</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CBR al 95% de la MDS.</li> </ul>   |   |                    |

## Anexo 2. Matriz de consistencia

Título: “Estabilización de subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de madera proveniente de las ladrilleras artesanales, Puno 2022”

| PROBLEMAS   | OBJETIVOS  | HIPÓTESIS  | VARIABLES  | DIMENSIONES  | INDICADORES   | METODOLOGÍA  |
|---|--|--|--|--|---|--|
| <p><b>PROBLEMA GENERAL</b></p> <p>¿Cómo el empleo de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales podría estabilizar la subrasante en suelos arcillosos de la vía urbana Jirón La victoria , Puno 2022?</p>  | <p><b>OBJETIVO GENERAL</b></p> <p>Estabilizar la subrasante en suelos arcillosos por medio del empleo de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales.</p>  | <p><b>HIPÓTESIS GENERAL</b></p> <p>El empleo de cenizas de madera extraída de ladrilleras artesanales estabiliza la subrasante en suelos arcillosos.</p>                                       | <p>Variable Independiente:</p> <p>Cenizas de madera</p>          | <p>Porcentaje en peso de cenizas de madera</p>     | <p>Incorporación en 15%, 20% y 25% con respecto al peso del suelo subrasante</p>  | <p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>NIVEL DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Explicativo</p> <p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN:</b></p> <p>Cuasi-experimental</p> <p>Gc (a): <math>Y1 \rightarrow X \rightarrow Y2</math></p> <p>Ge (a): <math>Y3 \rightarrow X' \rightarrow Y4</math></p> <p>Gc: sin adición de CMF</p> <p>Ge: con adición de CMF</p> <p><b>POBLACIÓN:</b></p> <p>Vías urbanas del Distrito de San Miguel</p> <p><b>MUESTRA:</b></p> <p>Vía urbana Jirón La victoria</p> <p><b>MUESTREO:</b></p> <p>No probabilístico: 02 calicatas</p> <p><b>TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE DATOS:</b></p> <p>Observación directa</p> <p><b>TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS:</b></p> <p>Fichas de observación de laboratorio de mecánica de suelos.</p> |
| <p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO N° 1</b></p> <p>¿Cuál de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales podría reducir el índice de plasticidad de suelos arcillosos de la vía urbana?</p>    | <p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO N° 1</b></p> <p>Reducir el índice de plasticidad de suelos arcillosos de la vía urbana a través de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales</p>      | <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICO N° 1</b></p> <p>Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera reduce el índice de plasticidad de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.</p>    | <p>Variable Dependiente:</p> <p>Estabilización de subrasante</p> | <p>Índice de plasticidad (%)</p>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Límite líquido (%)</li> <li>• Límite plástico (%)</li> </ul>                               |  |
| <p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO N° 2</b></p> <p>¿Cómo el empleo de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales podría incrementar la máxima densidad seca de suelos arcillosos de la vía urbana?</p>           | <p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO N° 2</b></p> <p>Incrementar la máxima densidad seca de suelos arcillosos de la vía urbana mediante el empleo de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales.</p>            | <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICO N° 2</b></p> <p>Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera incrementa la máxima densidad seca de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.</p> |  | <p>Máxima densidad seca (<math>gr/cm^3</math>)</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Peso unitario (<math>gr/cm^3</math>)</li> <li>• Óptimo contenido de humedad (%)</li> </ul> |  |
| <p><b>PROBLEMA ESPECÍFICO N° 3</b></p> <p>¿Cuál de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales podría incrementar la capacidad de soporte de suelos arcillosos de la vía urbana?</p> | <p><b>OBJETIVO ESPECÍFICO N° 3</b></p> <p>Incrementar la capacidad de soporte de suelos arcillosos de la vía urbana por medio de las proporciones de cenizas de madera proveniente de ladrilleras artesanales.</p> | <p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICO N° 3</b></p> <p>Las proporciones de 15%, 20% y 25% de cenizas de madera incrementa la capacidad de soporte de suelos arcillosos de subrasante de la vía urbana.</p> |  | <p>Capacidad de soporte (%)</p>                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• CBR al 95% de la MDS.</li> </ul>   |  |

### Anexo 3. Matriz de validación de instrumentos de obtención de datos

#### MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS

**Título de investigación:** "Estabilización de subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de madera proveniente de las ladrilleras artesanales, Puno 2022.

**Apellidos y Nombres del Investigador:** Adco Calsin, Ovaldo Elmer

**Apellidos y Nombres del Experto:** Raúl Miranda Quintanilla

| ASPECTOS POR EVALUAR   |                       |                      |                      | OPINION DEL EXPERTO |           |               |
|--|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------|---------------|
| VARIABLES  | DIMENSIONES           | INDICADORES          | INSTRUMENTO          | SI CUMPLE           | NO CUMPLE | OBSERVACIONES |
| <b>Variable Independiente:</b><br>Ceniza de madera           | %                     | 15%                  | Ficha de observación |                     |           |               |
|  |                       | 20%                  |                      | X                   |           |               |
|  |                       | 25%                  |                      |                     |           |               |
|  | Tamaño                | Granulometría        | MTC E-107/ASTM D422  | X                   |           |               |
| <b>Variable dependiente:</b><br>Estabilización de subrasante | Índice de plasticidad | Límite líquido       | MTC E-110/ASTM D4318 | X                   |           |               |
|  |                       | Límite plástico      | MTC E 111-ASTM D4318 | X                   |           |               |
|  | Densidad seca máxima  | Peso unitario máximo | MTC E 115-ASTM D1557 | X                   |           |               |
|  |                       | Densidad Seca Máxima | MTC E 115-ASTM D1557 | X                   |           |               |
|  | Capacidad de soporte  | CBR al 95% de la MDS | MTC E 132-ASTM D1883 | X                   |           |               |




Raúl Miranda Quintanilla  
INGENIERO CIVIL  
Colegio de Ingenieros del Perú, No. 131485

**MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS**

**Título de investigación:** "Estabilización de subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de madera proveniente de las ladrilleras artesanales, Puno 2022.

**Apellidos y Nombres del Investigador:** Adco Calsin, Ovaldo Elmer

**Apellidos y Nombres del Experto:** Ismael Jhon Castillo Mamani

| ASPECTOS POR EVALUAR   |                       |                      |                      | OPINION DEL EXPERTO |           |               |
|--|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------|---------------|
| VARIABLES  | DIMENSIONES           | INDICADORES          | INSTRUMENTO          | SI CUMPLE           | NO CUMPLE | OBSERVACIONES |
| <b>Variable Independiente:</b><br>Ceniza de madera           | %                     | 15%                  | Ficha de observación | X                   |           |               |
|  |                       | 20%                  |                      | X                   |           |               |
|  |                       | 25%                  |                      | X                   |           |               |
|  | Tamaño                | Granulometría        | MTC E-107/ASTM D422  | X                   |           |               |
| <b>Variable dependiente:</b><br>Estabilización de subrasante | Índice de plasticidad | Límite líquido       | MTC E-110/ASTM D4318 | X                   |           |               |
|  |                       | Límite plástico      | MTC E 111-ASTM D4318 | X                   |           |               |
|  | Densidad seca máxima  | Peso unitario máximo | MTC E 115-ASTM D1557 | X                   |           |               |
|  |                       | Densidad Seca Máxima | MTC E 115-ASTM D1557 | X                   |           |               |
|  | Capacidad de soporte  | CBR al 95% de la MDS | MTC E 132-ASTM D1883 | X                   |           |               |




 Ismael Jhon Castillo Mamani  
 INGENIERO CIVIL  
 Colegio de Ingenieros del Perú N° 18028

**MATRIZ DE VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE OBTENCIÓN DE DATOS**

**Título de investigación:** "Estabilización de subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de madera proveniente de las ladrilleras artesanales, Puno 2022.

**Apellidos y Nombres del Investigador:** Adco Calsin, Ovaldo Elmer

**Apellidos y Nombres del Experto:** *Mary Janet Jáno Cárdenas*

| ASPECTOS POR EVALUAR   |                       |                      |                      | OPINION DEL EXPERTO |           |               |
|--|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-----------|---------------|
| VARIABLES  | DIMENSIONES           | INDICADORES          | INSTRUMENTO          | SI CUMPLE           | NO CUMPLE | OBSERVACIONES |
| <b>Variable Independiente:</b><br>Ceniza de madera           | %                     | 15%                  | Ficha de observación |                     |           | —             |
|  |                       | 20%                  |                      | X                   |           | —             |
|  |                       | 25%                  |                      |                     |           | —             |
|  | Tamaño                | Granulometría        | MTC E-107/ASTM D422  | X                   |           | —             |
| <b>Variable dependiente:</b><br>Estabilización de subrasante | Índice de plasticidad | Límite líquido       | MTC E-110/ASTM D4318 | X                   |           | —             |
|  |                       | Límite plástico      | MTC E 111–ASTM D4318 | X                   |           | —             |
|  | Densidad seca máxima  | Peso unitario máximo | MTC E 115-ASTM D1557 | X                   |           | —             |
|  |                       | Densidad Seca Máxima | MTC E 115-ASTM D1557 | X                   |           | —             |
|  | Capacidad de soporte  | CBR al 95% de la MDS | MTC E 132–ASTM D1883 | X                   |           | —             |



*Mary Janet Jáno Cárdenas*  
 Ing. Mary Janet Jáno Cárdenas  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 119499

## Anexo 4. Validación de expertos

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN POR EXPERTOS

#### I. DATOS DEL EXPERTO:

Nombre y Apellido: Raul Miranda Quintanilla.

Título Profesional: Ingeniero Civil

Registro N° CIP : 131480

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:

| Criterios    | Indicadores  | MD<br>(1) | D<br>(2) | A<br>(3)  | B<br>(4) | E<br>(5) | Observación |
|--------------|--|-----------|----------|-----------|----------|----------|-------------|
| Pertinencia  | Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.                         |           |          |           |          | X        |             |
| Coherencia   | Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.            |           |          | X         |          |          |             |
| Congruencia  | Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.                                 |           |          |           | X        |          |             |
| Suficiencia  | Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.                 |           |          |           | X        |          |             |
| Objetividad  | Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.                  |           |          | X         |          |          |             |
| Consistencia | Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable en estudio. |           |          | X         |          |          |             |
| Organización | Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.                              |           |          |           | X        |          |             |
| Claridad     | Están redactados en un lenguaje claro y entendible.                                    |           |          |           |          | X        |             |
| Oportunidad  | El instrumento se aplica en un momento adecuado.                                       |           |          |           | X        |          |             |
| Estructura   | Los instrumentos tienen un orden lógico.   |           |          |           | X        |          |             |
| <b>TOTAL</b> |  |           |          | <b>39</b> |          |          |             |

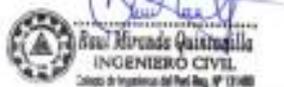
Nota: Para cada pregunta se considera la escala de 1 a 5 donde:

|                    |                |               |           |               |
|--------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|
| MUY DEFICIENTE (1) | DEFICIENTE (2) | ACEPTABLE (3) | BUENA (4) | EXCELENTE (5) |
|--------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD: Confiable y Aplicable

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN: 3.9

Puno, 31 de Mayo del 2022.

FIRMA DEL VALIDADOR  
DNI N° 43012534

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN POR EXPERTOS**
**I. DATOS DEL EXPERTO:**

 Nombre y Apellido: Ismael Thom Castillo Mamani

 Título Profesional: Ingeniero Civil

 Registro N° CIP : 186628
**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

| Criterios    | Indicadores  | MD<br>(1) | D<br>(2) | A<br>(3) | B<br>(4) | E<br>(5) | Observación |
|--------------|--|-----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| Pertinencia  | Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.                         |           |          |          | X        |          |             |
| Coherencia   | Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.            |           |          |          | X        |          |             |
| Congruencia  | Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.                                 |           |          |          |          | X        |             |
| Suficiencia  | Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.                 |           |          | X        |          |          |             |
| Objetividad  | Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.                  |           |          |          | X        |          |             |
| Consistencia | Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable en estudio. |           |          |          |          | X        |             |
| Organización | Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.                              |           |          |          |          | X        |             |
| Claridad     | Están redactados en un lenguaje claro y entendible.                                    |           |          |          |          | X        |             |
| Oportunidad  | El instrumento se aplica en un momento adecuado.                                       |           |          |          | X        |          |             |
| Estructura   | Los instrumentos tienen un orden lógico.   |           |          |          |          | X        |             |
| <b>TOTAL</b> |  |           |          |          | <b>4</b> | <b>4</b> |             |

Nota: Para cada pregunta se considera la escala de 1 a 5 donde:

|                    |                |               |           |               |
|--------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|
| MUY DEFICIENTE (1) | DEFICIENTE (2) | ACEPTABLE (3) | BUENA (4) | EXCELENTE (5) |
|--------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:** Confiable y procede su aplicación.
**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 4.4

 Puno, 27 de Mayo del 2022.




 FIRMA DEL VALIDADOR  
 DNI N° \_\_\_\_\_

**CONSTANCIA DE VALIDACIÓN POR EXPERTOS**
**I. DATOS DEL EXPERTO:**

 Nombre y Apellido: Mary Janet Jaño Cárdenas

 Título Profesional: Ingeniero civil

 Registro N° CIP : 119499
**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN:**

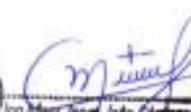
| Criterios    | Indicadores  | MD  | D   | A         | B   | E   | Observación |
|--------------|--|-----|-----|-----------|-----|-----|-------------|
|              |  | (1) | (2) | (3)       | (4) | (5) |             |
| Pertinencia  | Los ítems miden lo previsto en los objetivos de investigación.                         |     |     | X         |     |     |             |
| Coherencia   | Responden a lo que se debe medir en la variable, dimensiones e indicadores.            |     |     | X         |     |     |             |
| Congruencia  | Están acorde con el avance de la ciencia y tecnología.                                 |     |     |           | X   |     |             |
| Suficiencia  | Son suficientes en cantidad para medir los indicadores de la variable.                 |     |     | X         |     |     |             |
| Objetividad  | Se expresan en comportamientos y acciones observables y verificables.                  |     |     |           | X   |     |             |
| Consistencia | Se han formulado en relación a la teoría de las dimensiones de la variable en estudio. |     |     |           | X   |     |             |
| Organización | Son secuenciales y distribuidos de acuerdo a dimensiones.                              |     |     | X         |     |     |             |
| Claridad     | Están redactados en un lenguaje claro y entendible.                                    |     |     |           | X   |     |             |
| Oportunidad  | El instrumento se aplica en un momento adecuado.                                       |     |     | X         |     |     |             |
| Estructura   | Los instrumentos tienen un orden lógico.   |     |     |           | X   |     |             |
| <b>TOTAL</b> |  |     |     | <b>35</b> |     |     |             |

Nota: Para cada pregunta se considera la escala de 1 a 5 donde:

|                    |                |               |           |               |
|--------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|
| MUY DEFICIENTE (1) | DEFICIENTE (2) | ACEPTABLE (3) | BUENA (4) | EXCELENTE (5) |
|--------------------|----------------|---------------|-----------|---------------|

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:** Aceptable y aplicable para el propósito propuesto
**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:** 3,5

 Puno, 31 de mayo del 2022.

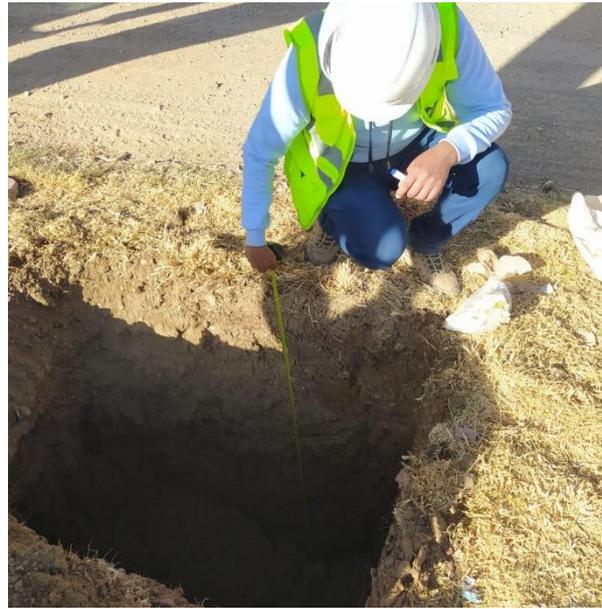

  
 Ing. Mary Janet Jaño Cárdenas  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 119499

FIRMA DEL VALIDADOR  
 DNI N° \_\_\_\_\_

## Anexo 5. Panel fotográfico



**Panel fotográfico N° 1:** Inicio de la excavación de la Calicata N° 01 del Jirón La victoria.



**Panel fotográfico N° 2:** Excavación hasta 150cm de profundidad.



**Panel fotográfico N° 3:** Calicata N° 1 del Jirón La victoria del Distrito de San Miguel.



**Panel fotográfico N° 4:** Extracción de la muestra del suelo arcilloso de C-1.



**Panel fotográfico N° 5:** Inicio de la excavación de la Calicata N° 02 del Jirón La victoria Distrito de San Miguel-Juliaca



**Panel fotográfico N° 6:** Excavación de una profundidad de 150cm de altura del Jirón La victoria.



**Panel fotográfico N° 7:** Calicata N° 02 del Jirón La victoria Distrito de San Miguel-Juliaca



**Panel fotográfico N° 8:** Extracción de suelo arcilloso de la Calicata N° 2 del Jirón La victoria.



**Panel fotográfico N° 9:** Ceniza de fondo de ladrillera artesanal.



**Panel fotográfico N° 10:** Obtención de ceniza de madera de fondo de ladrillera artesanal.



**Panel fotográfico N° 11:** Ladrillera artesanal ubicado en la zona aleñada de la Ciudad de Juliaca.



**Panel fotográfico N° 12:** Cenizas de madera de fondo de ladrilleras artesanales



**Panel fotográfico N° 13:** Ensayo de granulometría



**Panel fotográfico N° 14:** Ensayo de contenido de humedad.



**Panel fotográfico N° 15:** Ensayo de límite plástico del suelo natural.



**Panel fotográfico N° 16:** Combinación de 15%, 20% y 25% de ceniza de madera a la muestra.



**Panel fotográfico N° 17:** Preparación de 15%, 20% y 25% de ceniza de madera para el ensayo de límite líquido.



**Panel fotográfico N° 18:** Ensayo de límite líquido del suelo en estado inicial.



**Panel fotográfico N° 19:** Ensayo de límite líquido con la incorporación del 25% de ceniza de madera.



**Panel fotográfico N° 20:** Ensayo de límites de consistencia con la incorporación del 20% de ceniza de



**Panel fotográfico N° 21:** Colocación de la muestra en el molde cilíndrico.



**Panel fotográfico N° 22:** Ensayo de proctor modificado del suelo natural.



**Panel fotográfico N° 23:** Ensayo CBR con la incorporación del 20% de ceniza de madera.



**Panel fotográfico N° 24:** Ensayo CBR con la incorporación del 25% de ceniza de madera.



**Panel fotográfico N° 25:** Mezcla de suelo natural con el 15% de ceniza de madera.



**Panel fotográfico N° 26:** Mezcla de suelo natural con el 20% de ceniza de madera.



**Panel fotográfico N° 27:** Peso de la muestra del suelo para la prueba CBR.



**Panel fotográfico N° 28:** Ensayo de CBR de la muestra patrón.



**Panel fotográfico N° 29:** Ensayo de CBR de la muestra patrón más el porcentaje de participación del 15% de cenizas de madera.



**Panel fotográfico N° 30:** Ensayo de CBR de la muestra patrón más el porcentaje de participación del 20% de cenizas de madera.



**Panel fotográfico N° 31:** Ensayo de CBR: Muestra después de la aplicación de carga.

## Anexo 6. Certificado de análisis de cenizas de madera.



Universidad Nacional del Altiplano - Puno  
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA  
FACULTAD ACREDITADA  
LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD



Nº 001595

LQ - 2022

# Certificado de Análisis

**ASUNTO** : Análisis Físico Químico de CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO  
**PROCEDENCIA** : CENIZA DE MADERA DE EUCALIPTO, DISTRITO DE JULIACA  
**INTERESADO** : OVALDO ELMER ADCO CALSIN  
**MOTIVO** : ANALISIS DE CENIZA  
**MUESTREO** : 27/07/2022, por el interesado  
**ANÁLISIS** : 27/07/2022

### CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS

| PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS           | UNIDAD           | RESULTADOS | MÉTODOS                           |
|--------------------------------------|------------------|------------|-----------------------------------|
| 1.- Potencial de Hidrogeno           | pH               | 11.03      | Potenciómetro                     |
| 2.- Conductividad Eléctrica          | $\mu\text{S/cm}$ | 733.00     | Potenciómetro                     |
| 3.- Cloruros como $\text{Cl}^-$      | ppm              | 1019.68    | NTP 339.177(2002)-<br>AASHTO T290 |
| 4.- Sulfatos como $\text{SO}_4^{2-}$ | ppm              | 112.00     | NTP 339.178(2002)-<br>AASHTO T290 |
| 5.- Sales Solubles Totales           | ppm              | 469.87     | Colorimetría                      |

Puno, C.U. 03 de agosto del 2022.

VºBº

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

  
  
Walther B. Aparicio Aragón, Ph.D.  
DECANO - FIQ - UNA

## Anexo 7. Certificados de laboratorio



### LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES  
RUC: 20601612616

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD**  
ASTM - D - 2216 - MTC E 108

CODIGO DE INFORME  
**GCT - ECH - 901**  
pagina 1 de 1

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"

**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER

**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

**F. SOLICITUD** : 2022-05-31

**F. ENTREGA** : 2022-06-18

**ENSAYADO EN:** LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**DATOS DE LA MUESTRA**

|                                  |                             |
|----------------------------------|-----------------------------|
| <b>SONDEO</b> : CALICATA         | <b>ENSAYO</b> : C - 01      |
| <b>MATERIAL</b> : PROPIO         | <b>MUESTRA</b> : M-01       |
| <b>PROFUNDIDAD</b> : 0.00-1.50 m | <b>NIVEL FREÁTICO</b> : --- |
| <b>HORA</b> : ---                | <b>T.M. VISUAL</b> : N° 10  |

| N° | DESCRIPCIÓN                            | UNIDADES | NUMERO DEL TARRO = | T-500  |
|----|--|----------|--------------------|--------|
| 1  | MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO HUMEDO | g        | 912.50             | 868.00 |
| 2  | MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO SECO   | g        | 652.10             | 625.50 |
| 3  | MASA DEL TARRO                         | g        | 78.80              | 105.40 |
| 4  | MASA DEL AGUA                          | g        | 260.40             | 242.50 |
| 5  | MASA DEL SUELO SECO                    | g        | 573.30             | 520.10 |
| 6  | HUMEDAD                                | %        | 45.42              | 46.63  |

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO:**

**46%**

**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS**

|   |   |
|---|---|
| 1 | El metodo usado fue "A" ±1% de acuerdo a su tamaño maximo nominal visual. |
| 2 | No se ha realizado la exclusion de ningun tamaño del agregado.            |
| 3 | la muestra presenta rotulado externo.                                     |
| 4 | La muestra de ensayo si cumple con la cantidad de masa requerido.         |
| 5 | El ensayo fue realizado en una muestra alterada.                          |
| 6 |   |



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
*Ing. Raúl Miranda Quintanilla*  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 871568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO

**LÍMITES DE ATTERBERG**

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

**GCT - ELC - 1060**

pagina 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE:** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD :** 2022-05-31  
**F. ENTREGA :** 2022-06-18

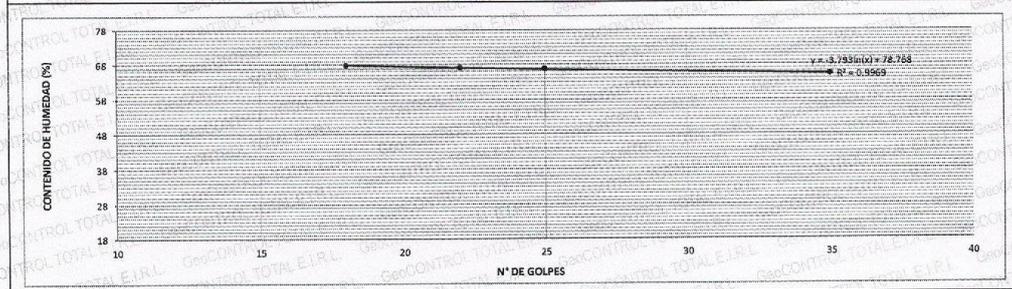
**DATOS DE LA MUESTRA**

|                   |          |                         |             |
|-------------------|----------|-------------------------|-------------|
| <b>SONDEO</b> :   | CALICATA | <b>PROFUNDIDAD</b> :    | 0.00-1.50 m |
| <b>MATERIAL</b> : | PROPIO   | <b>ESPESOR</b> :        | ---         |
| <b>ENSAYO</b> :   | C - 01   | <b>NIVEL FREATICO</b> : | ---         |
| <b>MUESTRA</b> :  | M-01     | <b>T. M. VISUAL</b> :   | Nº 10       |

| DESCRIPCIÓN              | UND | LÍMITE LÍQUIDO |              |              | RESULTADOS   |                                  |           |
|--------------------------|-----|----------------|--------------|--------------|--------------|----------------------------------|-----------|
|                          |     | ID             | T-01         | T-02         | T-23         | CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA |           |
| Nº Tara                  |     |                |              |              |              | <b>LL (%)</b>                    | <b>67</b> |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) |                | 47.25        | 42.49        | 41.08        | <b>LP (%)</b>                    | <b>24</b> |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) |                | 39.38        | 34.65        | 33.35        | <b>IP (%)</b>                    | <b>43</b> |
| Masa del agua            | (g) |                | 7.87         | 7.84         | 7.73         |                                  |           |
| Masa de la tara          | (g) |                | 27.32        | 22.97        | 21.94        |                                  |           |
| Masa del suelo seco      | (g) |                | 12.06        | 11.68        | 11.41        |                                  |           |
| Contenido de humedad     | (%) |                | <b>65.26</b> | <b>67.12</b> | <b>67.76</b> |                                  |           |
| Número de golpes         |     |                | <b>36</b>    | <b>22</b>    | <b>18</b>    |                                  |           |

| DESCRIPCIÓN              | UND | LÍMITE PLÁSTICO |              |              | LEYENDA     |                              |
|--------------------------|-----|-----------------|--------------|--------------|-------------|------------------------------|
|                          |     | ID              | T-18         | T-07         | DESCRIPCIÓN |                              |
| Nº Tara                  |     |                 |              |              | <b>LL :</b> | <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>        |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) |                 | 19.53        | 19.34        | <b>LP :</b> | <b>LÍMITE PLÁSTICO</b>       |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) |                 | 18.48        | 18.34        | <b>IP :</b> | <b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b> |
| Masa de la tara          | (g) |                 | 14.14        | 14.20        |             |                              |
| Masa del agua            | (g) |                 | 1.05         | 1.00         |             |                              |
| Masa del suelo seco      | (g) |                 | 4.34         | 4.14         |             |                              |
| Contenido de humedad     | (%) |                 | <b>24.19</b> | <b>24.15</b> |             |                              |

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS**

|    |   |
|----|---|
| 1. | MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.   |
| 2. | EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.   |
| 3. | EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VÍA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.           |
| 4. | EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTÍCULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.          |
| 5. | EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.   |
| 6. | PARA LL SE UTILIZÓ UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO. |
| 7. | PARA DETERMINAR LP SE REALIZÓ UN ROLADO MANUAL.   |
| 8. | EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACIÓN DEL ENSAYO.                             |
| 9. | ---   |

**GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación Nº 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com



# LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

## INFORME DE ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

ASTM D 6913 / D 6913M - 17

CODIGO DE INFORME  
**GCT - EAG - 1105**

pagina 1 de 1

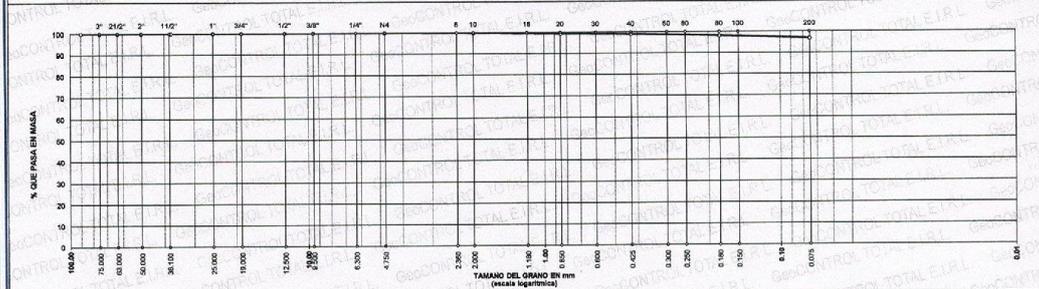
PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
SOLICITANTE : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
F. SOLICITUD : 2022-05-31  
F. ENTREGA : 2022-06-18

### DATOS DE LA MUESTRA

CAPA : SUB RASANTE  
MATERIAL: PROPIO  
SONDAJE: C - 01  
PROFUND.: 0.00-1.50 m  
NUMERO DE MUESTRA: M - 001  
CLASIFICACIÓN VISUAL: MH

| TAMIZADO                     |        |        |                 |          |             |                            |               |                  | RESULTADOS                               |                 |      |  |  |
|------------------------------|--------|--------|-----------------|----------|-------------|----------------------------|---------------|------------------|--|-----------------|------|--|--|
| N°                           | TAMIZ  |        | PESO RETENIDO   |          | PORCENTAJE  |                            |               | ESPECIFICACIONES | MUESTRA                                  |                 |      |  |  |
|                              | (pulg) | (mm)   | (g)             | (%)      | PARC        | ACUM                       | PASA          |                  | DESCRIPCIÓN                              | VALOR           |      |  |  |
| 1                            | 3 1/2" | 90.000 | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | Masa de muestra seca:                    | 442 g           |      |  |  |
| 2                            | 3"     | 75.000 | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | Masa de muestra lavado y seco:           | 14 g            |      |  |  |
| 3                            | 2 1/2" | 63.000 | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | <b>GENERALES</b>                         |                 |      |  |  |
| 4                            | 2"     | 50.000 | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | DESCRIPCIÓN                              | VALOR           |      |  |  |
| 5                            | 1 1/2" | 37.500 | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | Tamaño Máximo                            | #10             |      |  |  |
| 6                            | 1"     | 25.000 | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | Fino equiv. < #4                         | 442 g           |      |  |  |
| 7                            | 3/4"   | 19.000 | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | Grava                                    | 0.0%            |      |  |  |
| 8                            | 1/2"   | 12.500 | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | Arena                                    | 3.2%            |      |  |  |
| 9                            | 3/8"   | 9.500  | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | Fino ensayado <#4                        | 441.6 g         |      |  |  |
| 10                           | #4     | 4.750  | 0.00            | 0.00     | 0.0         | 0.0                        | 100.0         |                  | Finos < #200                             | 96.8%           |      |  |  |
| 11                           | #10    | 2.000  | 1.1             | 7.74     | 0.2         | 0.2                        | 99.8          |                  | <b>COEFICIENTES</b>                      |                 |      |  |  |
| 12                           | #20    | 0.850  | 1.8             | 12.88    | 0.4         | 0.7                        | 99.3          |                  | D <sub>60</sub>                          | D <sub>30</sub> |      |  |  |
| 13                           | #40    | 0.425  | 1.4             | 9.99     | 0.3         | 1.0                        | 99.0          |                  | D <sub>10</sub>                          | Cu              |      |  |  |
| 14                           | #100   | 0.180  | 4.4             | 30.61    | 1.0         | 2.0                        | 98.0          |                  | Cc                                       |                 |      |  |  |
| 15                           | #200   | 0.075  | 5.5             | 38.78    | 1.2         | 3.2                        | 96.8          |                  | <b>HUMEDAD Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b> |                 |      |  |  |
| 16                           | Fondo  | 0.000  | 427.4           | 3,007.81 | 96.8        | 100.0                      | 0.0           |                  | DESCRIPCIÓN                              | VALOR           |      |  |  |
| <b>LEYENDA</b>               |        |        |                 |          |             |                            |               |                  | Humedad (%)                              |                 | 45   |  |  |
| Coeficiente de uniformidad   |        |        | Cu              |          | <b>SUCS</b> |                            | <b>AASHTO</b> |                  | ID                                       |                 | 87.0 |  |  |
| Coeficiente de curvatura     |        |        | Cc              |          | <b>CH</b>   |                            | <b>A-7-6</b>  |                  | ID                                       |                 | 24.0 |  |  |
| Índice de Grupo              |        |        | ID              |          |             |                            |               |                  | Índice Plástico (IP)                     |                 | 43.0 |  |  |
| <b>TIPO DE SUELO AASHTO:</b> |        |        | Suelo arcilloso |          |             | <b>TIPO DE SUELO SUCS:</b> |               |                  | Arcilla alta plasticidad CH              |                 |      |  |  |

### CURVA GRANULOMÉTRICA



### COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES

EL RESULTADO ESTA DADO SEGÚN EL MÉTODO "A" ±1%.  
EL TIPO DE TAMIZADO REALIZADO PARA OBTENER PESOS RETENIDOS FUE SIMPLE (MÉTODO B).  
NO SE HA REALIZADO LA EXCLUSIÓN DE NINGÚN ELEMENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO.  
LA MUESTRA FUE EXTRAÍDA Y PUESTO EN EL LABORATORIO.

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME  
**GCT-EPM-735**  
 Pág. 1-1

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
**ENSAYADO EN** : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

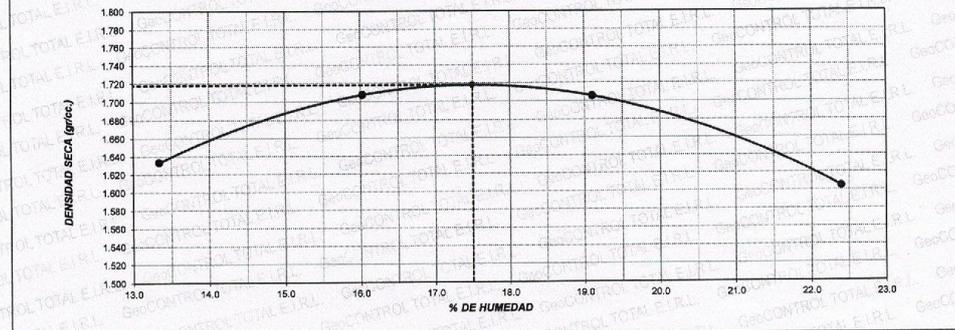
**Identificación** : MATERIAL PROPIO **Profundidad:** 0.00 - 1.50 m  
**Sondaje** : CALICATA - 01 **Norte:** ---  
**N° de Muestra** : M - 01 **Este:** ---  
**Capa** : SUB RASANTE **Cota:** ---

**Metodo de compactación** A **N° de golpes** 25 **N° de capas** 5 **Volumen de molde** 937 cm<sup>3</sup>  
**Peso molde** 4152 gr.

| NUMERO DE ENSAYOS            |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde           | gr.   | 5,887 | 6,009 | 6,056 | 5,993 |   |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr.   | 1,735 | 1,857 | 1,904 | 1,841 |   |
| Peso Volumetrico Humedo      | gr.   | 1,851 | 1,981 | 2,031 | 1,984 |   |
| Recipiente Numero            |       | 7     | 1     | 6     | 8     |   |
| Peso de la Tara              | gr.   | 103.2 | 104.7 | 107.4 | 103.5 |   |
| Peso Suelo Humedo + Tara     | gr.   | 480.3 | 498.4 | 488.3 | 478.9 |   |
| Peso Suelo Seco + Tara       | gr.   | 435.9 | 444.0 | 427.2 | 410.2 |   |
| Peso del agua                | gr.   | 44.4  | 54.4  | 61.1  | 68.7  |   |
| Peso del suelo seco          | gr.   | 333   | 339   | 320   | 307   |   |
| Contenido de agua            | %     | 13.3  | 16.0  | 19.1  | 22.4  |   |
| Densidad Seca                | gr/cc | 1.833 | 1.707 | 1.705 | 1.605 |   |

**Densidad Máxima Seca:** 1.718 gr/cm<sup>3</sup> **Contenido Humedad Optima:** 17.50 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- \* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- \* El ensayo fue realizado mediante vía húmeda.
- \* El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- \* El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.
- \* ---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131430

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvelación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

**INFORME DE ENSAYO**  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NTP 399.145)

**CODIGO INFORME**  
**GCT-ECBR-390**  
Pág. 1 - 2

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

| DATOS DE LA MUESTRA |                 |                       |                |
|---------------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| Material            | : PROPIO        | Profundidad:          | 0.00 - 1.50 m  |
| Procedencia         | : CALICATA - 01 | Progresiva:           | ---            |
| N° de Muestra       | : M - 01        | Clasificación SUCS:   | CH             |
| Capa                | : SUB RASANTE   | Clasificación AASHTO: | A - 7 - 6 (48) |

| CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.) |             |          |             |          |             |          |
|---|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Molde N°  | 4           |          | 5           |          | 6           |          |
| Número de capas                                       | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes                                      | 56          |          | 25          |          | 10          |          |
| Condición de la muestra                               | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)                              | 12,790      | 12,834   | 12,685      | 12,755   | 12,297      | 12,369   |
| Peso molde (gr.)                                      | 8,481       | 8,481    | 8,524       | 8,524    | 8,432       | 8,432    |
| Peso suelo compactado (gr.)                           | 4,309       | 4,353    | 4,161       | 4,231    | 3,865       | 3,937    |
| Volumen del molde (cm³)                               | 2,135       | 2,135    | 2,129       | 2,129    | 2,132       | 2,132    |
| Densidad húmeda (gr./cm³)                             | 2.018       | 2.039    | 1.954       | 1.967    | 1.813       | 1.846    |
| Densidad Seca (gr./cm³)                               | 1.718       | 1.714    | 1.663       | 1.648    | 1.543       | 1.516    |

| CONTENIDO DE HUMEDAD      |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso de tara (gr.)        | 107.5 | 71.2  | 103.5 | 89.0  | 103.1 | 72.8  |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 596.1 | 410.9 | 580.2 | 388.8 | 570.0 | 442.6 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 623.5 | 356.7 | 509.3 | 334.2 | 500.5 | 379.5 |
| Peso de agua (gr.)        | 72.6  | 54.2  | 70.9  | 54.6  | 69.5  | 66.1  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 416.0 | 285.5 | 405.8 | 265.2 | 397.4 | 303.7 |
| Humedad (%)               | 17.5  | 19.0  | 17.5  | 20.6  | 17.5  | 21.8  |

| EXPANSIÓN |       |           |             |           |      |       |           |      |       |           |      |
|-----------|-------|-----------|-------------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| Fecha     | Hora  | Tiempo Hr | Dial 0.001" | Expansión |      | Dial  | Expansión |      | Dial  | Expansión |      |
|           |       |           |             | mm        | %    |       | mm        | %    |       | mm        | %    |
| 8-Jun     | 09:25 | 0         | 21.0        | 0.00      | 0.00 | 50.0  | 0.00      | 0.00 | 35.0  | 0.00      | 0.00 |
| 9-Jun     | 09:25 | 24        | 57.0        | 0.91      | 0.78 | 110.0 | 1.52      | 1.31 | 120.0 | 2.16      | 1.86 |
| 10-Jun    | 09:25 | 48        | 105.5       | 2.15      | 1.84 | 175.0 | 3.18      | 2.73 | 174.0 | 3.53      | 3.04 |
| 11-Jun    | 09:25 | 72        | 147.0       | 3.20      | 2.74 | 204.0 | 3.91      | 3.36 | 228.0 | 4.90      | 4.22 |
| 12-Jun    | 09:25 | 96        | 167.0       | 3.71      | 3.18 | 272.0 | 5.84      | 4.84 | 285.0 | 6.35      | 5.46 |

| PENETRACIÓN         |                         |            |            |        |            |            |            |        |            |            |            |        |       |
|---------------------|-------------------------|------------|------------|--------|------------|------------|------------|--------|------------|------------|------------|--------|-------|
| Penetración (pulg.) | Carga Standard (kg/cm²) | Molde N° 4 |            |        |            | Molde N° 5 |            |        |            | Molde N° 6 |            |        |       |
|                     |                         | Carga      | Corrección | Carga  | Corrección | Carga      | Corrección | Carga  | Corrección | Carga      | Corrección |        |       |
|                     |                         | kg         | kg/cm²     | kg/cm² | CBR %      | kg         | kg/cm²     | kg/cm² | CBR %      | kg         | kg/cm²     | kg/cm² | CBR % |
| 0.025               |                         | 17         | 0.8        |        |            | 10         | 0.5        |        |            | 3          | 0.1        |        |       |
| 0.050               |                         | 30         | 1.5        |        |            | 20         | 1.0        |        |            | 7          | 0.3        |        |       |
| 0.075               |                         | 50         | 2.5        |        |            | 31         | 1.5        |        |            | 12         | 0.6        |        |       |
| 0.100               | 70.307                  | 65         | 3.2        | 3.1    | 4.4        | 43         | 2.1        | 2.0    | 2.8        | 17         | 0.8        | 0.8    | 1.2   |
| 0.150               |                         | 84         | 4.2        |        |            | 57         | 2.8        |        |            | 25         | 1.2        |        |       |
| 0.200               | 105.460                 | 108        | 5.2        | 5.2    | 4.9        | 72         | 3.6        | 3.6    | 3.4        | 31         | 1.5        | 1.5    | 1.4   |
| 0.300               |                         | 130        | 6.4        |        |            | 95         | 4.7        |        |            | 40         | 2.0        |        |       |
| 0.400               |                         | 147        | 7.3        |        |            | 108        | 5.3        |        |            | 50         | 2.5        |        |       |
| 0.500               |                         | 157        | 7.8        |        |            | 115        | 5.7        |        |            | 53         | 2.6        |        |       |

**OBSERVACIONES:**  
 \* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.  
 \* ---  
 \* ---

Ing. Raúl Miranda Chastanillo  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NTP 338.145)

CODIGO INFORME  
**GCT-ECBR-390**  
Pag 2-2

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

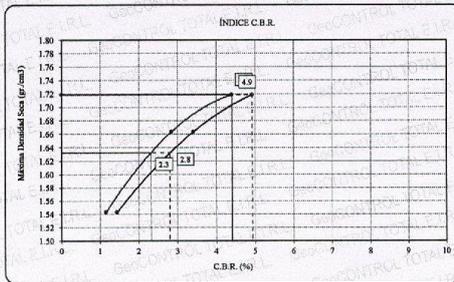
**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
ENVIADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Materia** : PROPIO **Profundidad:** 0.00 - 1.50 m  
**Procedencia** : CALICATA - 01 **Progresiva:** ---  
**N° de Muestra** : M - 01

**Máxima Densidad Seca** : 1.718 gr./cm<sup>3</sup> **Óptimo Contenido de Humedad** : 17.50 %  
**Máxima Densidad Seca al 95%** : 1.632 gr./cm<sup>3</sup>

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**

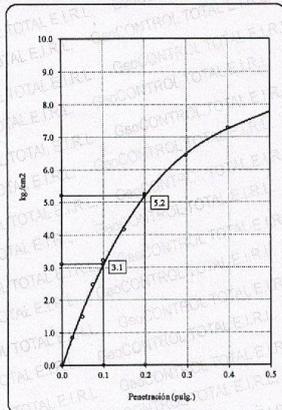


| METODO DE COMPACTACIÓN    | ASTM D1557 |
|---------------------------|------------|
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" | 4.4 %      |
| C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1" | 2.3 %      |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" | 4.9 %      |
| C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2" | 2.8 %      |

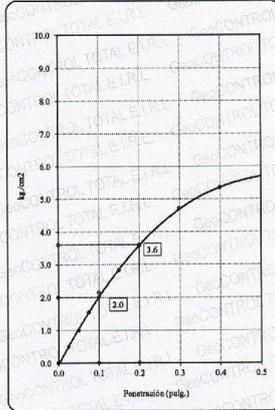
**RESULTADOS**

**VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.** : 4.4 %  
**VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S.** : 2.3 %  
**VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA** : 3.18

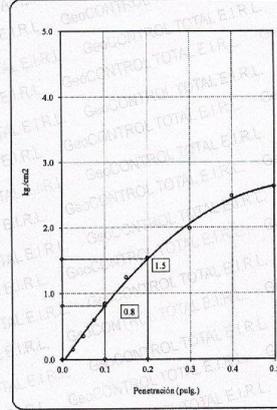
**C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :** 4.4%



**C.B.R. (0.1") 28 GOLPES :** 2.8%



**C.B.R. (0.1") 10 GOLPES :** 1.2%



**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*R. Quintanilla*  
Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO

**LÍMITES DE ATTERBERG**

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

**GCT - ELC - 1061**

pagina 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTES DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES - PUNO"  
**SOLICITANTE:** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD :** 2022-05-31  
**F. ENTREGA :** 2022-06-18

**DATOS DE LA MUESTRA**

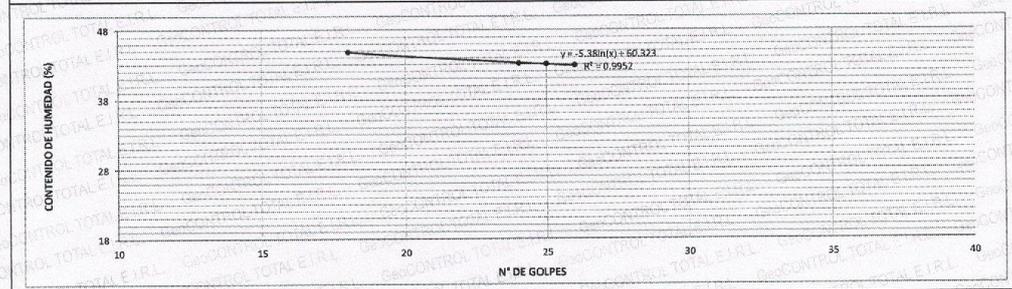
|                   |                               |                         |             |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| <b>SONDEO :</b>   | CALICATA                      | <b>PROFUNDIDAD :</b>    | 0.00-1.50 m |
| <b>MATERIAL :</b> | PROPIO + 15% CENIZA DE MADERA | <b>ESPESOR :</b>        | —           |
| <b>ENSAYO :</b>   | C - 01                        | <b>NIVEL FREÁTICO :</b> | —           |
| <b>MUESTRA :</b>  | M-01                          | <b>T. M. VISUAL :</b>   | Nº 10       |

| LÍMITE LÍQUIDO           |     |       |       |       | RESULTADOS                       |           |
|--------------------------|-----|-------|-------|-------|----------------------------------|-----------|
| DESCRIPCIÓN              | UND | F     | T-27  | T-02  | CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA |           |
| Nº Tara                  | ID  |       |       |       | <b>LL (%)</b>                    | <b>43</b> |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) | 37.10 | 35.41 | 36.63 | <b>LP (%)</b>                    | <b>15</b> |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) | 33.56 | 31.57 | 32.46 | <b>IP (%)</b>                    | <b>28</b> |
| Masa del agua            | (g) | 3.54  | 3.84  | 4.17  |                                  |           |
| Masa de la tara          | (g) | 25.30 | 22.67 | 23.15 |                                  |           |
| Masa del suelo seco      | (g) | 8.26  | 8.90  | 9.31  |                                  |           |
| Contenido de humedad     | (%) | 42.86 | 43.16 | 44.79 |                                  |           |
| Número de golpes         |     | 26    | 24    | 18    |                                  |           |

| LÍMITE PLÁSTICO          |      |       |       |  | LEYENDA     |                              |
|--------------------------|------|-------|-------|--|-------------|------------------------------|
| DESCRIPCIÓN              | UND  | T-02  | T-10  |  | DESCRIPCIÓN |                              |
| Nº Tara                  | ID   |       |       |  | <b>LL :</b> | <b>LÍMITE LIQUIDO</b>        |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g.) | 15.38 | 19.25 |  | <b>LP :</b> | <b>LÍMITE PLÁSTICO</b>       |
| Masa Tara + suelo seco   | (g.) | 15.23 | 18.56 |  | <b>IP :</b> | <b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b> |
| Masa de la tara          | (g.) | 14.24 | 14.18 |  |             |                              |
| Masa del agua            | (g.) | 0.15  | 0.69  |  |             |                              |
| Masa del suelo seco      | (g.) | 0.99  | 4.38  |  |             |                              |
| Contenido de humedad     | (%)  | 16.16 | 16.78 |  |             |                              |

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS**

|   |   |
|---|---|
| 1 | MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.   |
| 2 | EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.   |
| 3 | EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.           |
| 4 | EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTÍCULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.          |
| 5 | EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.   |
| 6 | PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO. |
| 7 | PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.   |
| 8 | EL COEFICIENTE DE DETERMINACION (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACION DEL ENSAYO.                             |
| 9 | —   |



GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación Nº 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME  
**GCT-EPM-736**

PROYECTO : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022  
 SOLICITANTE : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
 F. SOLICITUD : 2022-05-31  
 F. ENTREGA : 2022-06-18  
 ENSAYADO EN : LABORATORIOGEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

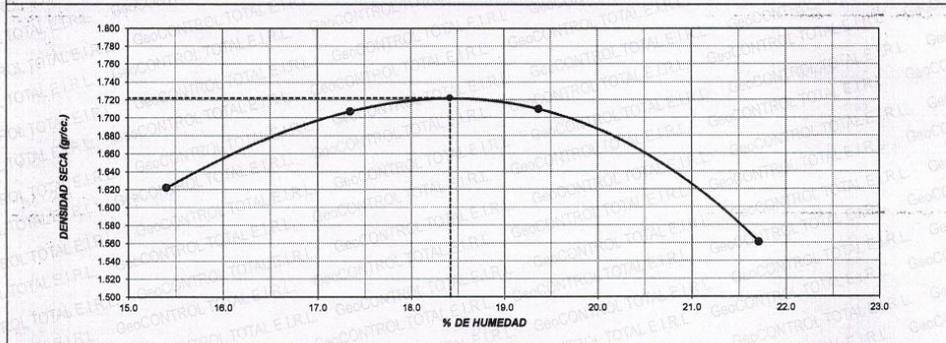
Identificación : MATERIAL PROPIO + 15% CENIZA DE MADERA  
 Sondaje : CALICATA - 01  
 N° de Muestra : M - 01  
 Capa : SUB RASANTE  
 Profundidad: 0.00 - 1.50 m  
 Norte: ---  
 Este: ---  
 Cota: ---

|                        |   |              |    |             |   |                  |      |                 |
|------------------------|---|--------------|----|-------------|---|------------------|------|-----------------|
| Metodo de compactación | A | N° de golpes | 25 | N° de capas | 5 | Volumen de molde | 935  | cm <sup>3</sup> |
|                        |   |              |    |             |   | Peso molde       | 4139 | gr.             |

| NUMERO DE ENSAYOS            |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde           | gr.   | 5,890 | 6,013 | 6,048 | 5,916 |   |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr.   | 1,751 | 1,874 | 1,909 | 1,777 |   |
| Peso Volumetrico Humedo      | gr.   | 1,872 | 2,003 | 2,041 | 1,900 |   |
| Recipiente Numero            |       | 7     | 12    | 5     | 7     |   |
| Peso de la Tara              | gr.   | 74.2  | 88.9  | 72.8  | 74.2  |   |
| Peso Suelo Humedo + Tara     | gr.   | 451.0 | 383.4 | 374.5 | 451.5 |   |
| Peso Suelo Seco + Tara       | gr.   | 400.7 | 336.9 | 325.5 | 384.2 |   |
| Peso del agua                | gr.   | 50.3  | 46.5  | 49.0  | 67.3  |   |
| Peso del suelo seco          | gr.   | 327   | 288   | 253   | 310   |   |
| Contenido de agua            | %     | 15.4  | 17.4  | 19.4  | 21.7  |   |
| Densidad Seca                | gr/cc | 1.622 | 1.707 | 1.709 | 1.561 |   |

Densidad Máxima Seca: 1.722 gr/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Optima: 18.42 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- El ensayo fue realizado mediante vía húmeda.
- El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NTP 399.145)

CODIGO INFORME  
GCT-ECBR-391

Pág 1-2

PROYECTO  
SOLICITANTE  
UBICACIÓN

: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
: BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
: PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. SOLICITUD : 2022-05-31

F. ENTREGA : 2022-06-18

ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

|               |                                 |                       |               |
|---------------|---------------------------------|-----------------------|---------------|
| Material      | : PROPIO + 15% CENIZA DE MADERA | Profundidad:          | 0.00 - 1.50 m |
| Procedencia   | : CALICATA - 01                 | Progresiva:           | ---           |
| N° de Muestra | : M - 01                        | Clasificación SUCS:   | ---           |
| Capa          | : SUB RASANTE                   | Clasificación AASHTO: | ---           |

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

| Molde N°                    | 4           |          | 5           |          | 6           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Número de capas             | 5           | 5        | 5           | 5        | 5           | 5        |
| Número de golpes            | 56          | 25       | 25          | 10       | 10          | 5        |
| Condición de la muestra     |             |          |             |          |             |          |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 12,811      | 12,870   | 12,713      | 12,851   | 12,425      | 12,562   |
| Peso molde (gr.)            | 8,481       | 8,481    | 8,524       | 8,524    | 8,523       | 8,523    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,330       | 4,389    | 4,189       | 4,327    | 3,902       | 4,039    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,123       | 2,123    | 2,126       | 2,126    | 2,130       | 2,130    |
| Densidad húmeda (gr./cm³)   | 2,040       | 2,067    | 1,970       | 2,035    | 1,832       | 1,896    |
| Densidad Seca (gr./cm³)     | 1,722       | 1,719    | 1,665       | 1,666    | 1,547       | 1,522    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

|                           | 4     | 5     | 6     |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Peso de tara (gr.)        | 61.4  | 71.2  | 65.5  |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 443.1 | 410.9 | 450.2 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 383.7 | 353.7 | 390.5 |
| Peso de agua (gr.)        | 59.4  | 57.2  | 59.7  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 322.3 | 282.5 | 325.0 |
| Humedad (%)               | 18.4  | 20.2  | 18.4  |

**EXPANSIÓN**

| Fecha  | Hora  | Tiempo<br>Hr | Expansión |      | Dial  | Expansión |      | Dial  | Expansión |      |
|--------|-------|--------------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
|        |       |              | mm        | %    |       | mm        | %    |       | mm        | %    |
| 10-Jun | 10:12 | 0            | 50.0      | 0.00 | 102.0 | 0.00      | 0.00 | 85.0  | 0.00      | 0.00 |
| 11-Jun | 10:12 | 24           | 74.0      | 0.81 | 135.0 | 0.84      | 0.72 | 135.0 | 1.27      | 1.09 |
| 12-Jun | 10:12 | 48           | 97.0      | 1.19 | 175.0 | 1.85      | 1.59 | 187.0 | 2.59      | 2.23 |
| 13-Jun | 10:12 | 72           | 125.0     | 1.91 | 207.0 | 2.67      | 2.29 | 254.0 | 4.29      | 3.69 |
| 14-Jun | 10:12 | 96           | 163.0     | 2.87 | 251.0 | 3.78      | 3.25 | 286.0 | 5.11      | 4.39 |

**PENETRACIÓN**

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard (kg/cm²) | Molde N° 4 |            |       |            | Molde N° 5 |            |       |            | Molde N° 6 |      |     |     |
|------------------------|-------------------------|------------|------------|-------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|------|-----|-----|
|                        |                         | Carga      | Corrección | Carga | Corrección | Carga      | Corrección | Carga | Corrección |            |      |     |     |
| 0.025                  |                         | 30         | 1.5        |       |            | 28         | 1.3        |       |            | 17         | 0.8  |     |     |
| 0.050                  |                         | 90         | 4.5        |       |            | 72         | 3.6        |       |            | 47         | 2.3  |     |     |
| 0.075                  |                         | 177        | 8.8        |       |            | 112        | 5.5        |       |            | 62         | 3.1  |     |     |
| 0.100                  | 70.307                  | 270        | 13.4       | 12.4  | 17.6       | 162        | 8.0        | 7.6   | 10.8       | 80         | 4.0  | 4.2 | 6.0 |
| 0.150                  |                         | 398        | 19.7       |       |            | 228        | 11.3       |       |            | 118        | 5.8  |     |     |
| 0.200                  | 105.460                 | 475        | 23.5       | 24.1  | 22.9       | 315        | 15.6       | 15.8  | 15.0       | 185        | 9.2  | 8.4 | 8.0 |
| 0.300                  |                         | 651        | 32.2       |       |            | 465        | 23.0       |       |            | 234        | 11.6 |     |     |
| 0.400                  |                         | 785        | 38.9       |       |            | 542        | 26.8       |       |            | 295        | 14.6 |     |     |
| 0.500                  |                         | 801        | 39.7       |       |            | 586        | 29.0       |       |            | 308        | 15.3 |     |     |

**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.

\* ---  
\* ---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Rosario Quintanilla*  
Ing. Rosario Quintanilla  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NTP 338.145)

CODIGO INFORME

GCT-ECBR-391

Pág. 2 de 2

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

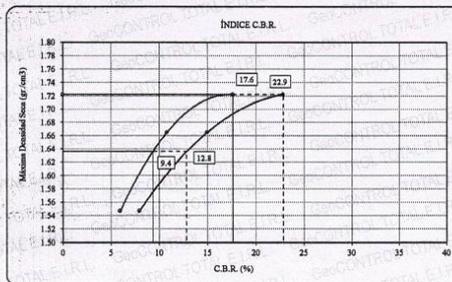
**Material** : PROPIO + 15% CENIZA DE MADERA  
**Procedencia** : CALICATA - 01  
**N° de Muestra** : M - 01

**Profundidad:** 0.00 - 1.50 m  
**Progresiva:** —

**Máxima Densidad Seca** : 1.722 gr/cm<sup>3</sup>  
**Máxima Densidad Seca al 95%** : 1.636 gr/cm<sup>3</sup>

**Óptimo Contenido de Humedad** : 18.4 %

**CURVA CBR Vd DENSIDAD SECA**



**METODO DE COMPACTACIÓN** : ASTM D1557

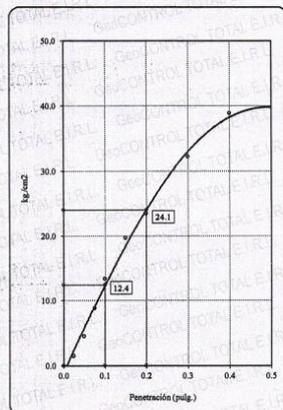
**C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"** : 17.6 %  
**C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"** : 9.4 %

**C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"** : 22.9 %  
**C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"** : 12.8 %

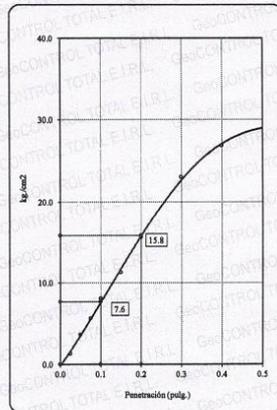
**RESULTADOS**

**VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.** : 17.6 %  
**VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S.** : 9.4 %  
**VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA** : 2.46

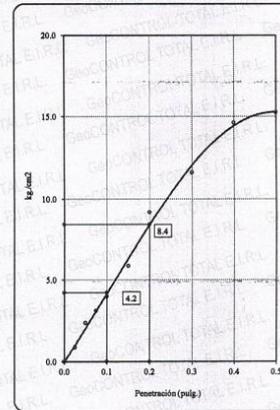
**C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :** 17.6%



**C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :** 10.8%



**C.B.R. (0.1") 10 GOLPES :** 6.0 %



**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Ing. Raúl Miranda Quintanilla*  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO

**LÍMITES DE ATTERBERG**

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

**GCT - ELC - 1062**

pagina 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTES DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES - PUNO"  
**SOLICITANTE:** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD :** 2022-05-31  
**F. ENTREGA :** 2022-06-18

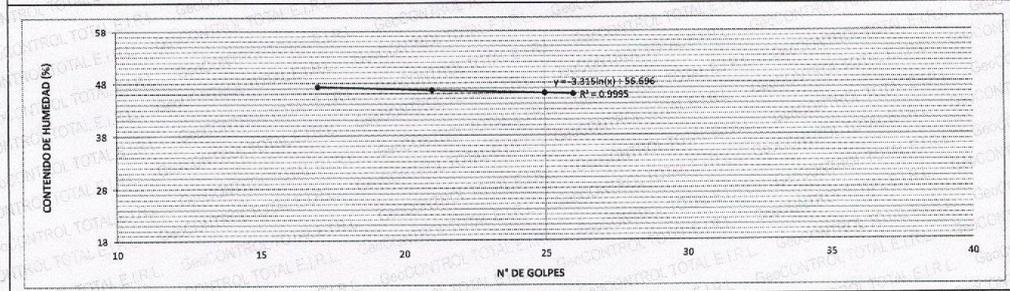
**DATOS DE LA MUESTRA**

|                   |                               |                         |             |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| <b>SONDEO :</b>   | CALICATA                      | <b>PROFUNDIDAD :</b>    | 0.00-1.50 m |
| <b>MATERIAL :</b> | PROPIO + 20% CENIZA DE MADERA | <b>ESPESOR :</b>        | ---         |
| <b>ENSAYO :</b>   | C - 01                        | <b>NIVEL FREÁTICO :</b> | ---         |
| <b>MUESTRA :</b>  | M-01                          | <b>T. M. VISUAL :</b>   | Nº 10       |

| LÍMITE LÍQUIDO           |     |          |       |       | RESULTADOS                       |    |
|--------------------------|-----|----------|-------|-------|----------------------------------|----|
| DESCRIPCIÓN              | UND | MUESTRAS |       |       | CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA |    |
| Nº Tara                  | ID  | T-01     | T-03  | T-02  | LL (%)                           | 46 |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) | 23.53    | 22.98 | 21.45 | LP (%)                           | 25 |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) | 20.63    | 20.29 | 19.09 | IP (%)                           | 21 |
| Masa del agua            | (g) | 2.90     | 2.69  | 2.36  |                                  |    |
| Masa de la tara          | (g) | 14.31    | 14.52 | 14.10 |                                  |    |
| Masa del suelo seco      | (g) | 6.32     | 5.77  | 4.99  |                                  |    |
| Contenido de humedad     | (%) | 45.89    | 48.62 | 47.29 |                                  |    |
| Número de golpes         |     | 26       | 21    | 17    |                                  |    |

| LÍMITE PLÁSTICO          |      |          |       |  | LEYENDA     |                       |
|--------------------------|------|----------|-------|--|-------------|-----------------------|
| DESCRIPCIÓN              | UND  | MUESTRAS |       |  | DESCRIPCIÓN |                       |
| Nº Tara                  | ID   | T-20     | T-22  |  | LL :        | LÍMITE LÍQUIDO        |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g.) | 16.90    | 16.86 |  | LP :        | LÍMITE PLÁSTICO       |
| Masa Tara + suelo seco   | (g.) | 16.36    | 16.30 |  | IP :        | ÍNDICE DE PLASTICIDAD |
| Masa de la tara          | (g.) | 14.22    | 14.02 |  |             |                       |
| Masa del agua            | (g.) | 0.54     | 0.56  |  |             |                       |
| Masa del suelo seco      | (g.) | 2.14     | 2.28  |  |             |                       |
| Contenido de humedad     | (%)  | 25.23    | 24.58 |  |             |                       |

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS**

|   |   |
|---|---|
| 1 | MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE  |
| 2 | EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.   |
| 3 | EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.           |
| 4 | EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.          |
| 6 | EL ESPECIMEN SE OSTUBO DE UNA MUESTRA ALTERADA.   |
| 6 | PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO. |
| 7 | PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.   |
| 8 | EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACIÓN DEL ENSAYO.                             |
| 9 | ---   |



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Royal Mirando Quintanilla*  
 Ing. Royal Mirando Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación Nº 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME

**GCT-EPM-737**

Pág 1-1

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
 SOLICITANTE : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. SOLICITUD : 2022-05-31  
 F. ENTREGA : 2022-06-18  
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

Identificación : MATERIAL PROPIO + 20% CENIZA DE MADERA  
 Sondaje : CALICATA - 01  
 N° de Muestra : M - 01  
 Capa : SUB RASANTE

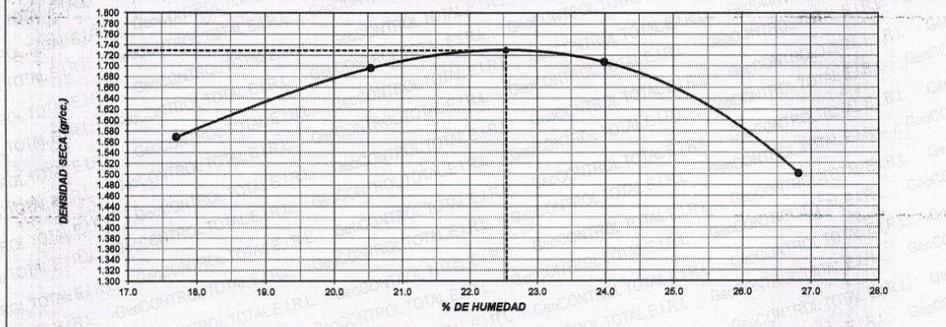
Profundidad: 0.00 - 1.50 m  
 Norte: ---  
 Este: ---  
 Cota: ---

|                        |   |              |    |             |   |                  |      |                 |
|------------------------|---|--------------|----|-------------|---|------------------|------|-----------------|
| Metodo de compactación | A | N° de golpes | 25 | N° de capas | 5 | Volumen de molde | 937  | cm <sup>3</sup> |
|                        |   |              |    |             |   | Peso molde       | 4151 | gr.             |

| NÚMERO DE ENSAYOS            |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde           | gr.   | 5.882 | 6.067 | 6.135 | 5.935 |   |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr.   | 1.731 | 1.916 | 1.984 | 1.784 |   |
| Peso Volumetrico Humedo      | gr.   | 1.847 | 2.044 | 2.117 | 1.903 |   |
| Recipiente Numero            |       | 1     | 6     | 10    | 8     |   |
| Peso de la Tara              | gr.   | 72.8  | 59.0  | 73.8  | 103.5 |   |
| Peso Suelo Humedo + Tara     | gr.   | 409.1 | 387.0 | 412.3 | 453.9 |   |
| Peso Suelo Seco + Tara       | gr.   | 358.5 | 331.1 | 346.8 | 379.8 |   |
| Peso del agua                | gr.   | 50.6  | 55.9  | 65.5  | 74.1  |   |
| Peso del suelo seco          | gr.   | 288   | 272   | 273   | 276   |   |
| Contenido de agua            | %     | 17.7  | 20.5  | 24.0  | 26.8  |   |
| Densidad Seca                | gr/cc | 1.569 | 1.696 | 1.707 | 1.501 |   |

Densidad Máxima Seca: 1.729 gr/cm<sup>3</sup>      Contenido Humedad Optima: 22.54 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- \* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- \* El ensayo fue realizado mediante vía húmeda.
- \* El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- \* El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NTP 396.145)

CODIGO INFORME  
**GCT-ECBR-392**

Pág 1-2

PROYECTO  
SOLICITANTE  
UBICACIÓN

: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022\*  
: BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
: PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. SOLICITUD : 2022-05-31  
F. ENTREGA : 2022-06-18  
ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

Material : PROPIO + 20% CENIZA DE MADERA  
Profundidad: 0.00 - 1.50 m  
Procedencia : CALICATA - 01  
Progresiva: ---  
N° de Muestra : M - 01  
Clasificación SUCS: ---  
Capa : SUB RASANTE  
Clasificación AASHTO: ---

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

| Molde N°                    | 4           |          | 5           |          | 6           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de capas             | 56          |          | 25          |          | 10          |          |
| Número de golpes            | 56          |          | 25          |          | 10          |          |
| Condición de la muestra     | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 12,948      | 13,005   | 12,821      | 12,900   | 12,535      | 12,635   |
| Peso molde (gr.)            | 8,431       | 8,431    | 8,452       | 8,452    | 8,409       | 8,409    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,517       | 4,574    | 4,369       | 4,448    | 4,126       | 4,226    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,132       | 2,132    | 2,126       | 2,126    | 2,133       | 2,133    |
| Densidad húmeda (gr/cm³)    | 2,118       | 2,145    | 2,055       | 2,092    | 1,934       | 1,981    |
| Densidad Seca (gr/cm³)      | 1,729       | 1,718    | 1,678       | 1,669    | 1,579       | 1,551    |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

|                           |       |       |       |       |       |       |
|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Peso de tara (gr.)        | 74.2  | 75.4  | 73.4  | 72.8  | 73.9  | 74.6  |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 392.4 | 401.5 | 405.6 | 410.5 | 420.1 | 425.8 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 333.9 | 336.5 | 344.6 | 342.1 | 356.5 | 349.5 |
| Peso de agua (gr.)        | 58.5  | 65.0  | 61.0  | 68.4  | 63.6  | 76.3  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 259.7 | 261.1 | 271.2 | 269.3 | 282.6 | 274.9 |
| Humedad (%)               | 22.5  | 24.9  | 22.5  | 25.4  | 22.5  | 27.8  |

**EXPANSIÓN**

| Fecha  | Hora  | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.001" | Expansión |      | Dial  | Expansión |      | Dial  | Expansión |      |
|--------|-------|--------------|----------------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
|        |       |              |                | mm        | %    |       | mm        | %    |       | mm        | %    |
| 10-Jun | 09:25 | 0            | 95.0           | 0.00      | 0.00 | 102.0 | 0.00      | 0.00 | 31.0  | 0.00      | 0.00 |
| 11-Jun | 09:25 | 24           | 105.0          | 0.25      | 0.22 | 128.0 | 0.66      | 0.57 | 64.0  | 0.84      | 0.72 |
| 12-Jun | 09:25 | 48           | 117.0          | 0.56      | 0.48 | 150.0 | 1.22      | 1.05 | 113.0 | 2.08      | 1.79 |
| 13-Jun | 09:25 | 72           | 142.0          | 1.19      | 1.02 | 187.0 | 2.16      | 1.85 | 164.0 | 3.38      | 2.90 |
| 14-Jun | 09:25 | 96           | 186.0          | 2.31      | 1.98 | 224.0 | 3.10      | 2.66 | 194.0 | 4.14      | 3.56 |

**PENETRACIÓN**

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard (kg/cm²) | Molde N° 4 |        |            |       | Molde N° 5 |        |            |       | Molde N° 6 |        |            |       |
|------------------------|-------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                        |                         | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                        |                         | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0.025                  |                         | 79         | 3.9    |            |       | 24         | 1.2    |            |       | 37         | 1.8    |            |       |
| 0.050                  |                         | 159        | 7.9    |            |       | 47         | 2.3    |            |       | 72         | 3.6    |            |       |
| 0.075                  |                         | 237        | 11.7   |            |       | 70         | 3.5    |            |       | 108        | 5.4    |            |       |
| 0.100                  | 70.307                  | 300        | 14.9   | 14.8       | 21.1  | 93         | 4.6    | 11.0       | 18.6  | 141        | 7.0    | 8.8        | 12.5  |
| 0.150                  |                         | 425        | 21.0   |            |       | 128        | 6.4    |            |       | 198        | 9.9    |            |       |
| 0.200                  | 105.480                 | 546        | 27.0   | 27.5       | 26.1  | 171        | 8.6    | 21.8       | 20.7  | 258        | 12.9   | 17.1       | 18.2  |
| 0.300                  |                         | 765        | 37.9   |            |       | 228        | 11.4   |            |       | 349        | 17.5   |            |       |
| 0.400                  |                         | 871        | 43.1   |            |       | 268        | 13.4   |            |       | 402        | 20.1   |            |       |
| 0.500                  |                         | 936        | 46.3   |            |       | 301        | 15.1   |            |       | 452        | 22.6   |            |       |

**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.  
\* ---  
\* ---

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
  
Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
CIP: 131460

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NTP 338.145)

CODIGO INFORME  
**GCT-ECBR-392**  
 Pág. 1 de 2

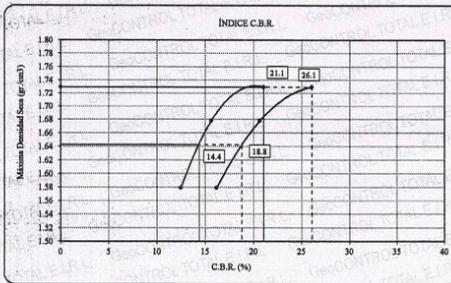
**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
 ENBAYADO EN : LABORATORIOGEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Material** : PROPIO + 20% CENIZA DE MADERA  
**Procedencia** : CALICATA - 01  
**N° de Muestra** : M - 01  
**Profundidad:** 0.00 - 1.50 m  
**Progresiva:** —

**Máxima Densidad Seca** : 1.729 gr/cm<sup>3</sup>      **Óptimo Contenido de Humedad** : 22.5 %  
**Máxima Densidad Seca al 95%** : 1.643 gr/cm<sup>3</sup>

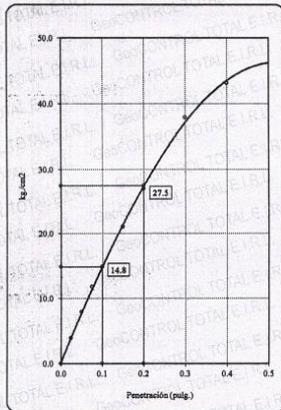
**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



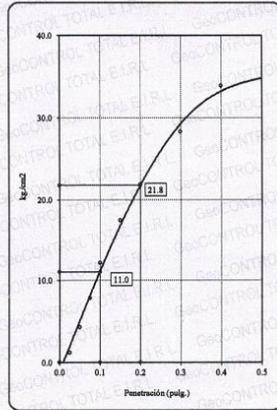
**METODO DE COMPACTACIÓN** : ASTM D1557  
**C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"** : 21.1 %  
**C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"** : 14.4 %  
**C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"** : 28.1 %  
**C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"** : 18.8 %

**RESULTADOS**  
**VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.** : 21.1 %  
**VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S.** : 14.4 %  
**VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA** : 1.98

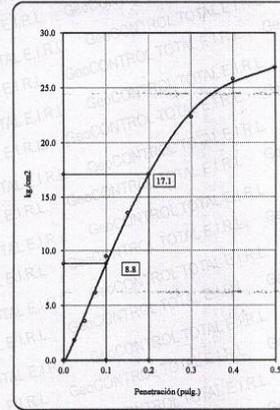
**C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :** 21.1%



**C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :** 15.8%



**C.B.R. (0.1") 10 GOLPES :** 12.5%



**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.

**GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO

## LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

**GCT - ELC - 1063**

pagina 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUB RASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTES DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES - PUNO"  
**SOLICITANTE:** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD :** 2022-05-31  
**F. ENTREGA :** 2022-06-18

### DATOS DE LA MUESTRA

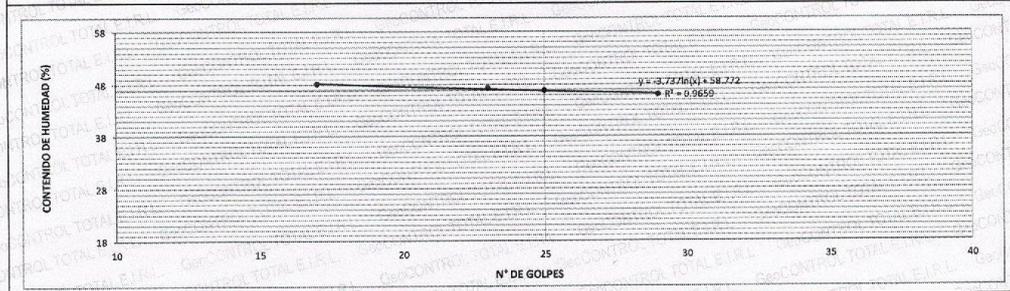
|                   |                               |                         |             |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| <b>SONDEO :</b>   | CALICATA                      | <b>PROFUNDIDAD :</b>    | 0.00-1.50 m |
| <b>MATERIAL :</b> | PROPIO + 25% CENIZA DE MADERA | <b>ESPESOR :</b>        | —           |
| <b>ENSAYO :</b>   | C - 01                        | <b>NIVEL FREATICO :</b> | —           |
| <b>MUESTRA :</b>  | M-01                          | <b>T. M. VISUAL :</b>   | Nº 10       |

| LÍMITE LÍQUIDO           |     |          |       |       | RESULTADOS                       |    |
|--------------------------|-----|----------|-------|-------|----------------------------------|----|
| DESCRIPCIÓN              | UND | MUESTRAS |       |       | CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA |    |
| Nº Tara                  | ID  | T-06     | T-34  | T-02  | LL (%)                           | 47 |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) | 23.10    | 23.87 | 23.90 | LP (%)                           | 29 |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) | 20.23    | 20.75 | 20.75 | IP (%)                           | 18 |
| Masa del agua            | (g) | 2.87     | 3.12  | 3.15  |                                  |    |
| Masa de la tara          | (g) | 14.00    | 14.15 | 14.20 |                                  |    |
| Masa del suelo seco      | (g) | 6.23     | 6.60  | 6.55  |                                  |    |
| Contenido de humedad     | (%) | 46.07    | 47.27 | 48.09 |                                  |    |
| Número de golpes         |     | 29       | 23    | 17    |                                  |    |

| LÍMITE PLÁSTICO          |     |          |       |  | LEYENDA     |                       |
|--------------------------|-----|----------|-------|--|-------------|-----------------------|
| DESCRIPCIÓN              | UND | MUESTRAS |       |  | DESCRIPCIÓN |                       |
| Nº Tara                  | ID  | T-16     | T-41  |  | LL :        | LÍMITE LÍQUIDO        |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) | 18.95    | 19.87 |  | LP :        | LÍMITE PLÁSTICO       |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) | 18.01    | 18.65 |  | IP :        | ÍNDICE DE PLASTICIDAD |
| Masa de la tara          | (g) | 14.81    | 14.52 |  |             |                       |
| Masa del agua            | (g) | 0.94     | 1.22  |  |             |                       |
| Masa del suelo seco      | (g) | 3.20     | 4.13  |  |             |                       |
| Contenido de humedad     | (%) | 28.37    | 29.54 |  |             |                       |

### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



### OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

|   |   |
|---|---|
| 1 | MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.   |
| 2 | EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.   |
| 3 | EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SEGADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.           |
| 4 | EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTÍCULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.          |
| 5 | EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.   |
| 6 | PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO. |
| 7 | PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.   |
| 8 | EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACIÓN DEL ENSAYO.                             |
| 9 | —   |

**GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
 Ing. Raúl Miranda Chaintanilla  
 CIP: 1317480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1583

CODIGO INFORME

**GCT-EPM-738**

Pág. 1-1

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

**F. SOLICITUD** : 2022-05-31

**F. ENTREGA** : 2022-06-18

**ENSAYADO EN** : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Identificación** : MATERIAL PROPIO + 25% CENIZA DE MADERA  
**Sondaje** : CALICATA - 01  
**N° de Muestra** : M - 01  
**Capa** : SUB RASANTE

**Profundidad:** 0.00 - 1.50 m

**Norte:** ---

**Este:** ---

**Cota:** ---

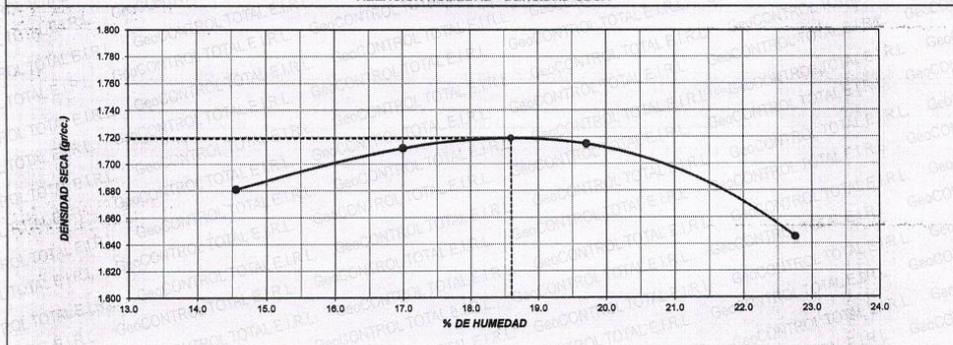
|                               |   |                     |    |                    |   |                         |     |                   |      |                       |     |
|-------------------------------|---|---------------------|----|--------------------|---|-------------------------|-----|-------------------|------|-----------------------|-----|
| <b>Metodo de compactación</b> | A | <b>N° de golpes</b> | 25 | <b>N° de capas</b> | 5 | <b>Volumen de molde</b> | 937 | <b>Peso molde</b> | 4152 | <b>cm<sup>3</sup></b> | gr. |
|-------------------------------|---|---------------------|----|--------------------|---|-------------------------|-----|-------------------|------|-----------------------|-----|

| NUMERO DE ENSAYOS            |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde           | gr.   | 5,957 | 6,029 | 6,076 | 6,045 |   |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr.   | 1,805 | 1,877 | 1,924 | 1,893 |   |
| Peso Volumetrico Humedo      | gr.   | 1,926 | 2,003 | 2,053 | 2,020 |   |
| Recipiente Numero            |       | 81    | 8     | 7     | 6     |   |
| Peso de la Tara              | gr.   | 103.1 | 103.5 | 103.7 | 107.5 |   |
| Peso Suelo Humedo + Tara     | gr.   | 457.9 | 489.5 | 480.2 | 470.5 |   |
| Peso Suelo Seco + Tara       | gr.   | 412.8 | 433.4 | 401.5 | 403.2 |   |
| Peso del agua                | gr.   | 45.1  | 56.1  | 58.7  | 67.3  |   |
| Peso del suelo seco          | gr.   | 310   | 330   | 298   | 296   |   |
| Contenido de agua            | %     | 14.6  | 17.0  | 19.7  | 22.8  |   |
| Densidad Seca                | gr/cc | 1.681 | 1.711 | 1.715 | 1.645 |   |

**Densidad Máxima Seca:** 1.719 gr/cm<sup>3</sup>

**Contenido Humedad Optima:** 18.60 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- El ensayo fue realizado mediante vía húmeda.
- El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com



# LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD EN OBRAS CIVILES

RUC: 20601612616

## VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

CODIGO INFORME  
GCT-ECBR-393

PROYECTO  
SOLICITANTE  
UBICACIÓN

INFORME DE ENSAYO  
(NTP 398.145)  
: ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022\*  
: BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
: PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. SOLICITUD : 2022-05-31  
F. ENTREGA : 2022-06-18  
ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

### DATOS DE LA MUESTRA

Material : PROPIO + 25% CENIZA DE MADERA  
Procedencia : CALICATA - 01  
N° de Muestra : M - 01  
Capa : SUB RASANTE  
Profundidad: 0.00 - 1.50 m  
Progresiva: ---  
Clasificación SUCS: ---  
Clasificación AASHTO: ---

### CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

| Molde N°                    | 4           |          | 5           |          | 6           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Número de capas             | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes            | 56          |          | 25          |          | 10          |          |
| Condición de la muestra     |             |          |             |          |             |          |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 12.780      | 12.851   | 12.685      | 12.785   | 12.423      | 12.567   |
| Peso molde (gr.)            | 8.422       | 8.422    | 8.471       | 8.471    | 8.447       | 8.447    |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4.358       | 4.429    | 4.214       | 4.314    | 3.976       | 4.120    |
| Volumen del molde (cm³)     | 2.129       | 2.129    | 2.126       | 2.126    | 2.133       | 2.133    |
| Densidad húmeda (gr/cm³)    | 2.038       | 2.081    | 1.982       | 2.029    | 1.864       | 1.931    |
| Densidad Seca (gr/cm³)      | 1.719       | 1.689    | 1.672       | 1.613    | 1.572       | 1.511    |

### CONTENIDO DE HUMEDAD

|                           | 4     | 5     | 6     |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Peso de tara (gr.)        | 74.2  | 71.2  | 75.8  |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 413.8 | 410.9 | 425.6 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 360.6 | 347.0 | 370.8 |
| Peso de agua (gr.)        | 53.2  | 63.9  | 54.8  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 288.4 | 276.8 | 295.0 |
| Humedad (%)               | 18.6  | 23.2  | 18.6  |

### EXPANSIÓN

| Fecha  | Hora  | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.001" | Expansión |      | Dial  | Expansión |      | Dial  | Expansión |      |
|--------|-------|--------------|----------------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
|        |       |              |                | mm        | %    |       | mm        | %    |       | mm        | %    |
| 10-Jun | 09:25 | 0            | 78.0           | 0.00      | 0.00 | 50.0  | 0.00      | 0.00 | 18.0  | 0.00      | 0.00 |
| 11-Jun | 08:25 | 24           | 106.0          | 0.76      | 0.65 | 85.0  | 0.89      | 0.76 | 78.0  | 1.52      | 1.31 |
| 12-Jun | 08:25 | 48           | 128.0          | 1.32      | 1.13 | 109.0 | 1.50      | 1.29 | 107.0 | 2.26      | 1.94 |
| 13-Jun | 09:25 | 72           | 157.0          | 2.06      | 1.76 | 158.0 | 2.74      | 2.36 | 145.0 | 3.23      | 2.77 |
| 14-Jun | 09:25 | 96           | 175.0          | 2.51      | 2.16 | 185.0 | 3.43      | 2.95 | 188.0 | 4.32      | 3.71 |

### PENETRACIÓN

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard (kg/cm²) | Molde N° 4 |        |            |       | Molde N° 5 |        |            |       | Molde N° 6 |        |            |       |
|------------------------|-------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                        |                         | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                        |                         | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0.025                  |                         | 36         | 1.8    |            |       | 18         | 0.9    |            |       | 8          | 0.4    |            |       |
| 0.050                  |                         | 56         | 2.8    |            |       | 42         | 2.1    |            |       | 30         | 1.5    |            |       |
| 0.075                  |                         | 104        | 5.1    |            |       | 97         | 4.8    |            |       | 70         | 3.5    |            |       |
| 0.100                  | 70.307                  | 182        | 9.0    | 17.8       | 25.3  | 124        | 6.1    | 9.8        | 13.8  | 78         | 3.9    | 6.7        | 9.5   |
| 0.150                  |                         | 314        | 15.5   |            |       | 254        | 12.8   |            |       | 166        | 8.2    |            |       |
| 0.200                  | 105.480                 | 485        | 24.0   | 34.5       | 32.7  | 401        | 19.9   | 21.5       | 20.4  | 237        | 11.7   | 14.1       | 13.4  |
| 0.300                  |                         | 832        | 41.2   |            |       | 542        | 26.8   |            |       | 366        | 18.1   |            |       |
| 0.400                  |                         | 1024       | 50.7   |            |       | 681        | 33.7   |            |       | 421        | 20.8   |            |       |
| 0.500                  |                         | 1123       | 55.6   |            |       | 700        | 34.7   |            |       | 441        | 21.8   |            |       |

### OBSERVACIONES:

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.  
\* ---  
\* ---



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Raúl Miransa Quintanilla*  
Ing. Raúl Miransa Quintanilla  
CIP: 131780

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NTP 338.146)

CODIGO INFORME  
**GCT-ECBR-393**  
 Pág. 2-2

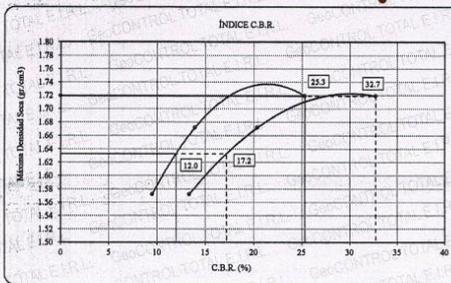
**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Material** : PROPIO + 25% CENIZA DE MADERA  
**Procedencia** : CALICATA - 01  
**N° de Muestra** : M - 01  
**Profundidad:** 0.00 - 1.50 m  
**Progresiva:** ---

Máxima Densidad Seca : 1.719 gr/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad : 18.60 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.633 gr/cm<sup>3</sup>

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**

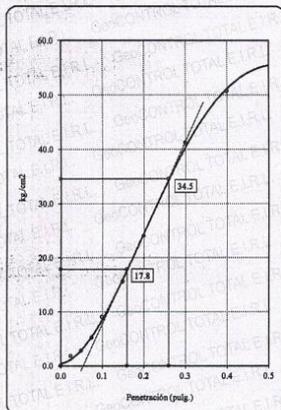


**METODO DE COMPACTACIÓN** : ASTM D1557

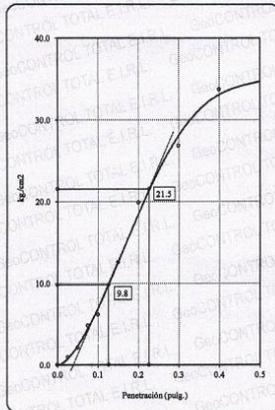
|                           |        |
|---------------------------|--------|
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" | 25.3 % |
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"  | 12.0 % |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" | 32.7 % |
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"  | 17.2 % |

**RESULTADOS**  
 VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 25.3 %  
 VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 12.0 %  
 VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA : 2.16

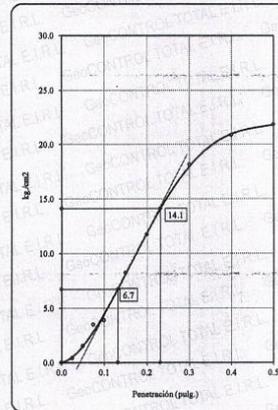
**C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :** 25.3%



**C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :** 13.9%



**C.B.R. (0.1") 10 GOLPES :** 9.5 %



**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO

**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM - D -2216 - MTC E 108

CODIGO DE INFORME

**GCT - ECH - 902**

pagina 1 de 1

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"

**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER

**F. SOLICITUD** : 2022-05-31

**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

**F. ENTREGA** : 2022-06-18

**ENSAYADO EN:** LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**DATOS DE LA MUESTRA**

|                    |               |                       |          |
|--------------------|---------------|-----------------------|----------|
| <b>SONDEO</b>      | : CALICATA    | <b>ENSAYO</b>         | : C - 02 |
| <b>MATERIAL</b>    | : PROPIO      | <b>MUESTRA</b>        | : M-01   |
| <b>PROFUNDIDAD</b> | : 0.00-1.50 m | <b>NIVEL FREATICO</b> | : ---    |
| <b>HORA</b>        | : ---         | <b>T.M. VISUAL</b>    | : Nº 4   |

| Nº | DESCRIPCIÓN                            | UNIDADES | NUMERO DEL TARRO = | T-175 |
|----|--|----------|--------------------|-------|
| 1  | MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO HUMEDO | g        | 521.40             | /     |
| 2  | MASA DEL TARRO + MASA DEL SUELO SECO   | g        | 455.80             |       |
| 3  | MASA DEL TARRO                         | g        | 105.40             |       |
| 4  | MASA DEL AGUA                          | g        | 65.60              |       |
| 5  | MASA DEL SUELO SECO                    | g        | 350.40             |       |
| 6  | HUMEDAD                                | %        | 18.72              |       |

**CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO:**

**19%**

**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS**

|   |   |
|---|---|
| 1 | La muestra fue puesta en el laboratorio por el solicitante.               |
| 2 | El metodo usado fue "A" ±1% de acuerdo a su tamaño maximo nominal visual. |
| 3 | No se ha realizado la exclusion de ningun tamaño del agregado.            |
| 4 | la muestra presenta rotulado externo.                                     |
| 5 | La muestra de ensayo si cumple con la cantidad de masa requerido.         |
| 6 | El ensayo fue realizado en una muestra alterada.                          |
| 7 |   |



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO

**LÍMITES DE ATTERBERG**

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90

CODIGO DE INFORME

**GCT - ELC - 1065**

pagina 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE:** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD :** 2022-05-31  
**F. ENTREGA :** 2022-06-18

**DATOS DE LA MUESTRA**

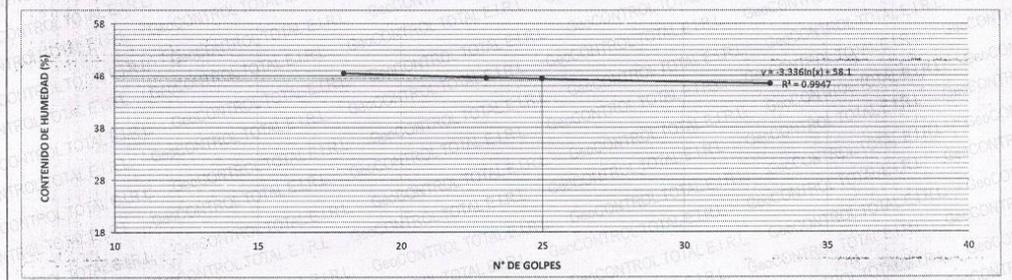
|          |          |                |             |
|----------|----------|----------------|-------------|
| SONDEO   | CALICATA | PROFUNDIDAD    | 0.00-1.50 m |
| MATERIAL | PROPIO   | ESPESOR        | ---         |
| ENSAYO   | C - 02   | NIVEL FREATICO | ---         |
| MUESTRA  | M-01     | T. M. VISUAL   | Nº 4        |

| LÍMITE LÍQUIDO           |     |          |       |       | RESULTADOS                       |    |
|--------------------------|-----|----------|-------|-------|----------------------------------|----|
| DESCRIPCIÓN              | UND | MUESTRAS |       |       | CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA |    |
| Nº Tara                  | ID  | T-12     | T-106 | T-76  | LL (%)                           | 47 |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) | 24.61    | 24.18 | 24.42 | LP (%)                           | 20 |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) | 21.32    | 21.07 | 21.17 |                                  |    |
| Masa del agua            | (g) | 3.29     | 3.11  | 3.25  | IP (%)                           | 27 |
| Masa de la tara          | (g) | 14.24    | 14.53 | 14.47 |                                  |    |
| Masa del suelo seco      | (g) | 7.08     | 6.54  | 6.70  |                                  |    |
| Contenido de humedad     | (%) | 46.47    | 47.55 | 48.81 |                                  |    |
| Número de golpes         |     | 33       | 23    | 18    |                                  |    |

| LÍMITE PLÁSTICO          |     |          |       |  | LEYENDA     |                       |
|--------------------------|-----|----------|-------|--|-------------|-----------------------|
| DESCRIPCIÓN              | UND | MUESTRAS |       |  | DESCRIPCIÓN |                       |
| Nº Tara                  | ID  | T-11     | T-04  |  | LL :        | LÍMITE LIQUIDO        |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) | 19.24    | 19.17 |  | LP :        | LÍMITE PLÁSTICO       |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) | 18.39    | 18.35 |  | IP :        | ÍNDICE DE PLASTICIDAD |
| Masa de la tara          | (g) | 14.18    | 14.24 |  |             |                       |
| Masa del agua            | (g) | 0.85     | 0.82  |  |             |                       |
| Masa del suelo seco      | (g) | 4.21     | 4.11  |  |             |                       |
| Contenido de humedad     | (%) | 20.19    | 19.95 |  |             |                       |

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS**

|   |   |
|---|---|
| 1 | MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.   |
| 2 | EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.   |
| 3 | EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VÍA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.           |
| 4 | EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.          |
| 5 | EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.   |
| 6 | PARA LL SE UTILIZÓ UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO. |
| 7 | PARA DETERMINAR LP SE REALIZÓ UN ROLADO MANUAL.   |
| 8 | EL COEFICIENTE DE DETERMINACIÓN (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACIÓN DEL ENSAYO.                             |

GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131490

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación Nº 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
 ASTM D 6913 / D 6913M - 17

CODIGO DE INFORME  
**GCT - EAG - 1106**  
 página 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE :** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD :** 2022-05-31  
**F. ENTREGA :** 2022-06-18

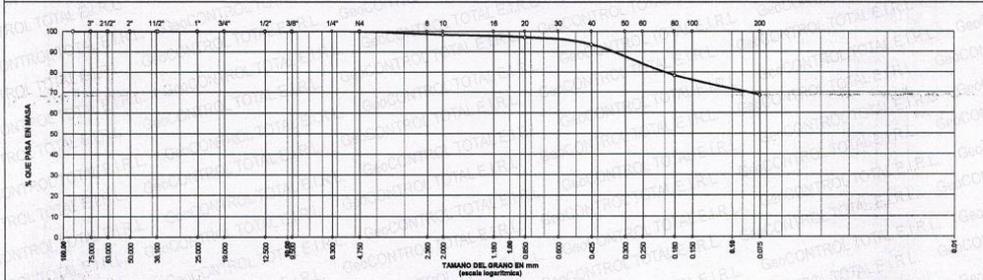
**DATOS DE LA MUESTRA**

**CAPA :** SUB RASANTE  
**MATERIAL:** PROPIO  
**SONDAJE:** C - 02  
**NUMERO DE MUESTRA:** M - 001  
**PROFUND.:** 0.00-1.60 m  
**CLASIFICACIÓN VISUAL:** CL

| N° | TAMIZ  |        | PESO RETENIDO |        | PORCENTAJE |       |       | ESPECIFICACIONES | RESULTADOS                               |                 |
|----|--------|--------|---------------|--------|------------|-------|-------|------------------|--|-----------------|
|    | (pulg) | (mm)   | (g)           | (%)    | PARC       | ACUM  | PASA  |                  | DESCRIPCIÓN                              | VALOR           |
| 1  | 3 1/2" | 90.000 | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | Masa de muestra seca:                    | 800 g           |
| 2  | 3"     | 75.000 | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | Masa de muestra lavado y seco:           | 188 g           |
| 3  | 2 1/2" | 63.000 | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | <b>GENERALES</b>                         |                 |
| 4  | 2"     | 50.000 | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | <b>DESCRIPCIÓN</b>                       | <b>VALOR</b>    |
| 5  | 1 1/2" | 37.500 | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | Tamaño Máximo                            | #4              |
| 6  | 1"     | 25.000 | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | Fino equiv. < #4                         | 800 g           |
| 7  | 3/4"   | 19.000 | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | Grava                                    | 0.0%            |
| 8  | 1/2"   | 12.500 | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | Arena                                    | 31.3%           |
| 9  | 3/8"   | 9.500  | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | Fino ensayado <#4                        | 800.0 g         |
| 10 | #4     | 4.750  | 0.00          | 0.00   | 0.0        | 0.0   | 100.0 |                  | Finos < # 200                            | 68.7%           |
| 11 | #10    | 2.000  | 9.8           | 5.22   | 1.8        | 1.6   | 98.4  |                  | <b>COEFICIENTES</b>                      |                 |
| 12 | #20    | 0.850  | 7.5           | 4.00   | 1.3        | 2.9   | 97.1  |                  | D <sub>60</sub>                          | D <sub>30</sub> |
| 13 | #40    | 0.425  | 2.14          | 11.40  | 3.6        | 6.5   | 93.6  |                  | D <sub>10</sub>                          | Cu              |
| 14 | #100   | 0.180  | 90.8          | 48.38  | 15.1       | 21.6  | 78.4  |                  | 0.01                                     | 8.00            |
| 15 | #200   | 0.075  | 58.2          | 31.01  | 9.7        | 31.3  | 68.7  |                  | <b>HUMEDAD Y LÍMITES DE CONSISTENCIA</b> |                 |
| 16 | Fondo  | 0.000  | 412.3         | 219.66 | 68.7       | 100.0 | 0.0   |                  | <b>DESCRIPCIÓN</b>                       | <b>VALOR</b>    |

| LEYENDA                      |                 | CLASIFICACIÓN |              |             | TIPO DE SUELO SUCS:  |      |
|------------------------------|-----------------|---------------|--------------|-------------|----------------------|------|
| Coefficiente de uniformidad  | Cu              | SUCS          | AASHTO       | ID          | Humedad (%)          | 19   |
| Coefficiente de curvatura    | Cc              | <b>CL</b>     | <b>A-7-6</b> | <b>17.0</b> | Límite Líquido (LL)  | 47.0 |
| Índice de Grupo              | ID              |               |              |             | Límite Plástico (LP) | 20.0 |
| <b>TIPO DE SUELO AASHTO:</b> | Suelo arcilloso |               |              |             | Índice Plástico (IP) | 27.0 |

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



**COMENTARIOS Y/O OBSERVACIONES**

EL RESULTADO ESTA DADO SEGUN EL METODO "A" ±1%.  
 EL TIPO DE TAMIZADO REALIZADO PARA OBTENER PESOS RETENIDOS FUE SIMPLE (MÉTODO B).  
 NO SE HA REALIZADO LA EXCLUSIÓN DE NINGUN ELEMENTO PARA LA REALIZACIÓN DEL ENSAYO.  
 LA MUESTRA FUE EXTRAIDA Y PUESTO EN EL LABORATORIO.

**GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131430

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME

**GCT-EPM-743**

Pág. 1 - 1

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
**ENSAYADO EN** : LABORATORIOGEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

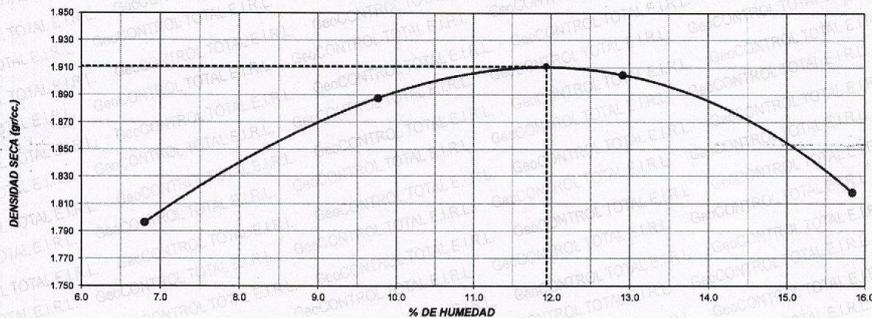
**Identificación** : MATERIAL PROPIO **Profundidad:** 0.00 - 1.50 m  
**Sondaje** : CALICATA - 02 **Norte:** ---  
**N° de Muestra** : M - 01 **Este:** ---  
**Capa** : SUB RASANTE **Cota:** ---

|                               |   |                     |    |                    |   |                         |      |                 |
|-------------------------------|---|---------------------|----|--------------------|---|-------------------------|------|-----------------|
| <b>Metodo de compactación</b> | A | <b>N° de golpes</b> | 25 | <b>N° de capas</b> | 5 | <b>Volumen de molde</b> | 939  | cm <sup>3</sup> |
|                               |   |                     |    |                    |   | <b>Peso molde</b>       | 4143 | gr.             |

| NÚMERO DE ENSAYOS            |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde           | gr.   | 5,945 | 6,089 | 6,163 | 6,121 |   |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr.   | 1,802 | 1,946 | 2,020 | 1,978 |   |
| Peso Volumétrico Humedo      | gr.   | 1,919 | 2,072 | 2,151 | 2,106 |   |
| Recipiente Número            |       | 13    | 12    | 10    | 8     |   |
| Peso de la Tara              | gr.   | 32.1  | 68.1  | 74.0  | 74.3  |   |
| Peso Suelo Humedo + Tara     | gr.   | 336.8 | 369.3 | 342.4 | 345.6 |   |
| Peso Suelo Seco + Tara       | gr.   | 317.4 | 342.5 | 311.7 | 308.5 |   |
| Peso del agua                | gr.   | 19.4  | 26.8  | 30.7  | 37.1  |   |
| Peso del suelo seco          | gr.   | 285   | 274   | 238   | 234   |   |
| Contenido de agua            | %     | 6.8   | 9.8   | 12.9  | 15.8  |   |
| Densidad Seca                | gr/cc | 1.797 | 1.888 | 1.905 | 1.818 |   |

**Densidad Máxima Seca:** 1.911 gr/cm<sup>3</sup>. **Contenido Humedad Optima:** 11.9 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- \* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- \* El ensayo fue realizado mediante via humeda.
- \* El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- \* El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.
- \* ---
- \* ---

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
  
 Ing. Rodi Mirandes Quintanilla  
 GIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328568 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

(NTP 338.145)

CODIGO INFORME

GCT-ECBR-395

Pág. 1 - 2

PROYECTO

: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"

SOLICITANTE

: BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER

F. SOLICITUD : 2022-05-31

UBICACIÓN

: PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. ENTREGA : 2022-06-18

ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

|               |                 |                       |                |
|---------------|-----------------|-----------------------|----------------|
| Material      | : PROPIO        | Profundidad:          | 0.00 - 1.50 m  |
| Procedencia   | : CALICATA - 02 | Progresiva:           | ---            |
| N° de Muestra | : M - 01        | Clasificación SUCS:   | CL             |
| Capa          | : SUB RASANTE   | Clasificación AASHTO: | A - 7 - 6 (16) |

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

| Molde N°                               | 4           |          | 5           |          | 6           |          |
|--|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|  | 56          |          | 25          |          | 10          |          |
| Número de capas                        | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes                       | 56          |          | 25          |          | 10          |          |
| Condición de la muestra                | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)               | 13.138      | 13.298   | 12.983      | 13.204   | 12.657      | 12.888   |
| Peso molde (gr.)                       | 8.624       | 8.624    | 8.569       | 8.569    | 8.684       | 8.684    |
| Peso suelo compactado (gr.)            | 4.514       | 4.674    | 4.414       | 4.635    | 3.973       | 4.204    |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )   | 2.113       | 2.113    | 2.128       | 2.128    | 2.122       | 2.122    |
| Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> ) | 2.136       | 2.212    | 2.074       | 2.178    | 1.872       | 1.981    |
| Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )   | 1.908       | 1.879    | 1.852       | 1.802    | 1.672       | 1.575    |

CONTENIDO DE HUMEDAD

|                           | 4     | 5     | 6     |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Peso de tara (gr.)        | 71.4  | 72.4  | 71.3  |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 582.7 | 545.8 | 546.0 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 528.0 | 474.6 | 496.1 |
| Peso de agua (gr.)        | 54.7  | 71.2  | 50.9  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 456.6 | 402.2 | 423.5 |
| Humedad (%)               | 12.0  | 17.7  | 12.0  |

EXPANSIÓN

| Fecha  | Hora  | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.001* | Expansión |      | Dial  | Expansión |      | Dial  | Expansión |      |
|--------|-------|--------------|----------------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
|        |       |              |                | mm        | %    |       | mm        | %    |       | mm        | %    |
| 9-Jun  | 09:05 | 0            | 49.0           | 0.00      | 0.00 | 41.0  | 0.00      | 0.00 | 2.0   | 0.00      | 0.00 |
| 10-Jun | 09:05 | 24           | 150.0          | 2.57      | 2.20 | 134.0 | 2.36      | 2.03 | 188.0 | 4.22      | 3.63 |
| 11-Jun | 09:05 | 48           | 187.0          | 3.51      | 3.01 | 197.0 | 3.96      | 3.40 | 224.0 | 5.64      | 4.85 |
| 12-Jun | 09:05 | 72           | 215.0          | 4.22      | 3.62 | 235.0 | 4.93      | 4.23 | 275.0 | 6.93      | 5.96 |
| 13-Jun | 09:05 | 96           | 237.0          | 4.78      | 4.10 | 278.0 | 6.02      | 5.17 | 302.0 | 7.82      | 6.55 |

PENETRACIÓN

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> ) | Molde N° 4 |                    |                    |       | Molde N° 5 |                    |                    |       | Molde N° 6 |                    |                    |       |
|------------------------|--------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|
|                        |                                      | Carga      |                    | Corrección         |       | Carga      |                    | Corrección         |       | Carga      |                    | Corrección         |       |
|                        |                                      | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % |
| 0.025                  |                                      | 15         | 0.7                |                    |       | 10         | 0.5                |                    |       | 8          | 0.4                |                    |       |
| 0.050                  |                                      | 27         | 1.3                |                    |       | 21         | 1.0                |                    |       | 13         | 0.6                |                    |       |
| 0.075                  |                                      | 42         | 2.1                |                    |       | 34         | 1.7                |                    |       | 21         | 1.0                |                    |       |
| 0.100                  | 70.307                               | 60         | 3.0                | 2.8                | 4.0   | 42         | 2.1                | 2.2                | 3.1   | 30         | 1.5                | 1.4                | 2.0   |
| 0.150                  |                                      | 81         | 4.0                |                    |       | 65         | 3.2                |                    |       | 43         | 2.1                |                    |       |
| 0.200                  | 105.460                              | 100        | 5.0                | 5.0                | 4.7   | 80         | 4.0                | 3.9                | 3.7   | 52         | 2.6                | 2.6                | 2.5   |
| 0.300                  |                                      | 130        | 6.4                |                    |       | 98         | 4.9                |                    |       | 70         | 3.5                |                    |       |
| 0.400                  |                                      | 152        | 7.5                |                    |       | 117        | 5.8                |                    |       | 85         | 4.2                |                    |       |
| 0.500                  |                                      | 182        | 8.0                |                    |       | 120        | 5.9                |                    |       | 82         | 4.6                |                    |       |

OBSERVACIONES:

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*R. Quintanilla*  
Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NTP 335.145)

CODIGO INFORME

GCT-ECCR-395

Pág. 2 de 2

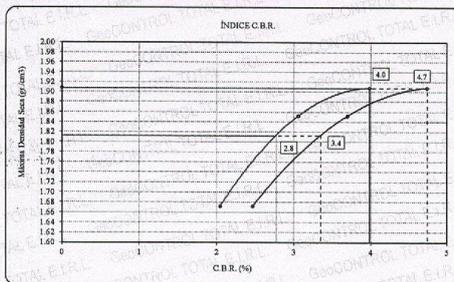
**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
 ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Material** : PROPIO  
**Procedencia** : CALICATA - 02  
**N° de Muestra** : M - 01  
**Profundidad:** 0.00 - 1.50 m  
**Progresiva:** ---

Máxima Densidad Seca : 1.911 gr/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad : 11.9 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.815 gr/cm<sup>3</sup>

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**

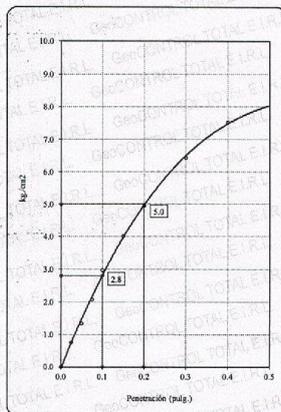


**METODO DE COMPACTACIÓN** : ASTM D1557  
**C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"** : 4.0 %  
**C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1"** : 2.8 %  
**C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"** : 4.7 %  
**C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2"** : 3.4 %

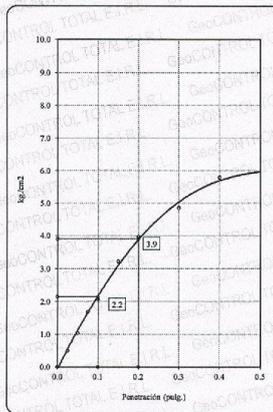
**RESULTADOS**

**VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.** : 4.0 %  
**VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S.** : 2.8 %  
**VALOR DE EXPANSION A 56 GOLPES POR CAPA** : 4.10

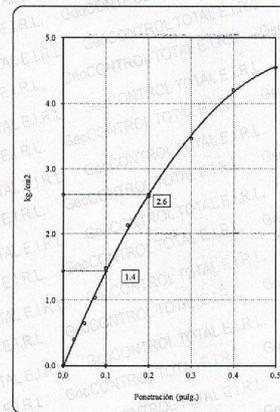
**C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :** 4.0% %



**C.B.R. (0.1") 26 GOLPES :** 3.1% %



**C.B.R. (0.1") 10 GOLPES :** 2.0% %



**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.



GEOCONTROL TOTAL S.R.L.

*Raúl Miranzo Quintanilla*  
 Ing. Raúl Miranzo Quintanilla  
 GIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**LÍMITES DE ATTERBERG**  
 MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

**GCT - ELC - 1065**

pagina 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE:** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD :** 2022-05-31  
**F. ENTREGA :** 2022-06-18

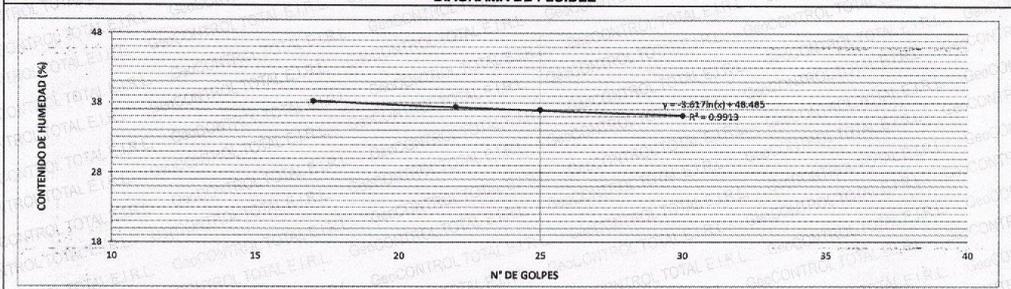
**DATOS DE LA MUESTRA**

|                   |                               |                         |             |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| <b>SONDEO :</b>   | CALICATA                      | <b>PROFUNDIDAD :</b>    | 0.00-1.50 m |
| <b>MATERIAL :</b> | PROPIO + 15% CENIZA DE MADERA | <b>ESPESOR :</b>        | ---         |
| <b>ENSAYO :</b>   | C - 02                        | <b>NIVEL FREÁTICO :</b> | ---         |
| <b>MUESTRA :</b>  | M-01                          | <b>T. M. VISUAL :</b>   | Nº 10       |

| LÍMITE LÍQUIDO           |     |          |       |       | RESULTADOS                       |    |
|--------------------------|-----|----------|-------|-------|----------------------------------|----|
| DESCRIPCIÓN              | UND | MUESTRAS |       |       | CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA |    |
| Nº Tara                  | ID  | T-10     | T-20  | T-15  | LL (%)                           | 37 |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) | 35.06    | 35.88 | 35.24 | LP (%)                           | 16 |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) | 32.35    | 32.52 | 32.14 | IP (%)                           | 21 |
| Masa del agua            | (g) | 2.71     | 3.36  | 3.10  |                                  |    |
| Masa de la tara          | (g) | 24.85    | 23.54 | 24.02 |                                  |    |
| Masa del suelo seco      | (g) | 7.50     | 8.98  | 8.12  |                                  |    |
| Contenido de humedad     | (%) | 38.13    | 37.42 | 38.18 |                                  |    |
| Número de golpes         |     | 30       | 22    | 17    |                                  |    |

| LÍMITE PLÁSTICO          |      |          |       |  | LEYENDA     |                       |
|--------------------------|------|----------|-------|--|-------------|-----------------------|
| DESCRIPCIÓN              | UND  | MUESTRAS |       |  | DESCRIPCIÓN |                       |
| Nº Tara                  | ID   | T-15     | T-20  |  | LL :        | LÍMITE LÍQUIDO        |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g.) | 18.91    | 19.60 |  | LP :        | LÍMITE PLÁSTICO       |
| Masa Tara + suelo seco   | (g.) | 18.24    | 18.85 |  | IP :        | ÍNDICE DE PLASTICIDAD |
| Masa de la tara          | (g.) | 14.18    | 14.24 |  |             |                       |
| Masa del agua            | (g.) | 0.87     | 0.75  |  |             |                       |
| Masa del suelo seco      | (g.) | 4.06     | 4.61  |  |             |                       |
| Contenido de humedad     | (%)  | 16.60    | 16.27 |  |             |                       |

**DIAGRAMA DE FLUIDEZ**



**OBSERVACIONES Y COMENTARIOS**

|   |   |
|---|---|
| 1 | MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.   |
| 2 | EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.   |
| 3 | EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.           |
| 4 | EL MÉTODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.          |
| 5 | EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.   |
| 6 | PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLÁSTICO. |
| 7 | PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.   |
| 8 | EL COEFICIENTE DE DETERMINACION (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACION DEL ENSAYO.                             |
| 9 | ---   |



GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación Nº 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1883

CODIGO INFORME  
**GCT-EPM-744**

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
 SOLICITANTE : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

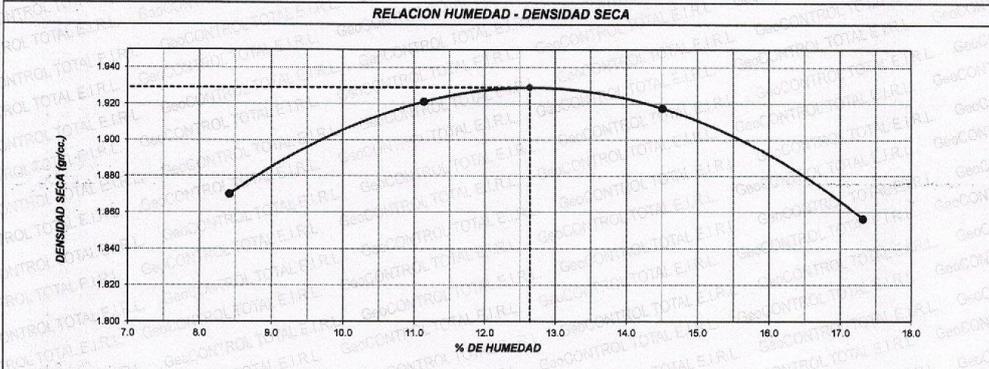
F. SOLICITUD : 2022-05-31  
 F. ENTREGA : 2022-06-18  
 ENSAYADO EN : LABORATORIOGEOCONTROL TOTAL

| DATOS DE LA MUESTRA |  |
|---------------------|--|
| Identificación      | : MATERIAL PROPIO + 15% CENIZA DE MADERA |
| Sondaje             | : CALICATA - 02                          |
| N° de Muestra       | : M - 01                                 |
| Capa                | : SUB RASANTE                            |
| Profundidad:        | 0.00 - 1.50 m                            |
| Norte:              | ---                                      |
| Este:               | ---                                      |
| Cota:               | ---                                      |

|                        |   |              |    |             |   |                  |      |                 |
|------------------------|---|--------------|----|-------------|---|------------------|------|-----------------|
| Metodo de compactación | A | N° de golpes | 25 | N° de capas | 5 | Volumen de molde | 938  | cm <sup>3</sup> |
|                        |   |              |    |             |   | Peso molde       | 4149 | gr.             |

| NUMERO DE ENSAYOS            |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde           | gr.   | 6,051 | 6,152 | 6,209 | 6,192 |   |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr.   | 1,902 | 2,003 | 2,060 | 2,043 |   |
| Peso Volumetrico Humedo      | gr.   | 2,027 | 2,135 | 2,196 | 2,178 |   |
| Recipiente Numero            |       | 8     | 8     | 6     | 1     |   |
| Peso de la Tara              | gr.   | 38.4  | 36.8  | 37.9  | 38.2  |   |
| Peso Suelo Humedo + Tara     | gr.   | 486.6 | 401.0 | 489.2 | 389.7 |   |
| Peso Suelo Seco + Tara       | gr.   | 451.8 | 364.5 | 432.0 | 337.8 |   |
| Peso del agua                | gr.   | 34.8  | 36.5  | 57.2  | 51.9  |   |
| Peso del suelo seco          | gr.   | 413   | 328   | 394   | 300   |   |
| Contenido de agua            | %     | 8.4   | 11.1  | 14.5  | 17.3  |   |
| Densidad Seca                | gr/cc | 1.870 | 1.921 | 1.918 | 1.856 |   |

Densidad Máxima Seca: 1.929 gr/cm<sup>3</sup>. Contenido Humedad Optima: 12.8 %



**OBSERVACIONES:**

- \* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- \* El ensayo fue realizado mediante via humeda.
- \* El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- \* El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.
- \* ---
- \* ---

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131460

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NTP-330-146)

CODIGO INFORME  
**GCT-ECBR-396**  
 Pág. 1 - 7

**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
 ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

| DATOS DE LA MUESTRA |                                       |                       |               |
|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|---------------|
| Material            | : MAT. PROPIO + 15 % CENIZA DE MADERA | Profundidad:          | 0.00 - 1.50 m |
| Procedencia         | : CALICATA - 02                       | Progresiva:           | ---           |
| N° de Muestra       | : M - 01                              | Clasificación SUCS:   | ---           |
| Capa                | : SUB RASANTE                         | Clasificación AASHTO: | ---           |

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
 ASTM D1883

| CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.) |             |          |             |          |             |          |
|---|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Molde N°  | 4           |          | 5           |          | 6           |          |
| Número de capas                                       | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes                                      | 56          |          | 25          |          | 10          |          |
| Condición de la muestra                               | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Peso suelo + molde (gr.)                              | 12,807      |          | 12,912      |          | 12,584      |          |
| Peso molde (gr.)                                      | 8,162       |          | 8,425       |          | 8,441       |          |
| Peso suelo compactado (gr.)                           | 4,645       |          | 4,487       |          | 4,143       |          |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )                  | 2,136       |          | 2,127       |          | 2,126       |          |
| Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )                | 2,175       |          | 2,110       |          | 1,946       |          |
| Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )                  | 1,927       |          | 1,869       |          | 1,724       |          |

| CONTENIDO DE HUMEDAD      |       |  |       |  |       |  |
|---------------------------|-------|--|-------|--|-------|--|
| Peso de tara (gr.)        | 74.0  |  | 32.5  |  | 69.5  |  |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 479.6 |  | 422.9 |  | 468.6 |  |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 433.4 |  | 378.4 |  | 423.0 |  |
| Peso de agua (gr.)        | 46.2  |  | 44.5  |  | 45.6  |  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 359.4 |  | 345.9 |  | 354.5 |  |
| Humedad (%)               | 12.9  |  | 12.9  |  | 12.9  |  |

| EXPANSIÓN |       |              |                |           |      |       |           |      |       |           |      |
|-----------|-------|--------------|----------------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| Fecha     | Hora  | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.001* | Expansión |      | Dial  | Expansión |      | Dial  | Expansión |      |
|           |       |              |                | mm        | %    |       | mm        | %    |       | mm        | %    |
| 9-Jun     | 13:25 | 0            | 72.0           | 0.00      | 0.00 | 24.0  | 0.00      | 0.00 | 37.0  | 0.00      | 0.00 |
| 10-Jun    | 13:25 | 24           | 105.0          | 0.84      | 0.72 | 86.0  | 1.57      | 1.35 | 118.0 | 2.06      | 1.77 |
| 11-Jun    | 13:25 | 48           | 136.0          | 1.60      | 1.37 | 125.0 | 2.57      | 2.20 | 185.0 | 3.76      | 3.23 |
| 12-Jun    | 13:25 | 72           | 188.0          | 2.95      | 2.53 | 198.0 | 4.42      | 3.80 | 225.0 | 4.78      | 4.11 |
| 13-Jun    | 13:25 | 96           | 235.0          | 4.14      | 3.55 | 235.0 | 5.36      | 4.60 | 278.0 | 6.12      | 5.26 |

| PENETRACIÓN            |                                      |            |                    |                    |       |            |                    |                    |       |            |                    |                    |       |
|------------------------|--------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|
| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> ) | Molde N° 4 |                    |                    |       | Molde N° 5 |                    |                    |       | Molde N° 6 |                    |                    |       |
|                        |                                      | Carga      |                    | Corrección         |       | Carga      |                    | Corrección         |       | Carga      |                    | Corrección         |       |
|                        |                                      | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % |
| 0.025                  |                                      | 46         | 2.3                |                    |       | 25         | 1.2                |                    |       | 22         | 1.1                |                    |       |
| 0.050                  |                                      | 88         | 4.4                |                    |       | 56         | 2.8                |                    |       | 37         | 1.8                |                    |       |
| 0.075                  |                                      | 117        | 5.8                |                    |       | 96         | 4.8                |                    |       | 57         | 2.8                |                    |       |
| 0.100                  | 70.307                               | 202        | 10.0               | 9.3                | 13.2  | 128        | 6.3                | 6.4                | 9.1   | 81         | 4.0                | 3.8                | 6.4   |
| 0.150                  |                                      | 282        | 14.0               |                    |       | 194        | 9.6                |                    |       | 105        | 5.2                |                    |       |
| 0.200                  | 105.460                              | 347        | 17.2               | 17.2               | 16.3  | 236        | 11.7               | 11.5               | 10.9  | 130        | 6.4                | 6.4                | 6.1   |
| 0.300                  |                                      | 475        | 23.5               |                    |       | 305        | 15.1               |                    |       | 162        | 8.0                |                    |       |
| 0.400                  |                                      | 599        | 29.7               |                    |       | 386        | 19.1               |                    |       | 185        | 9.2                |                    |       |
| 0.500                  |                                      | 842        | 31.8               |                    |       | 420        | 20.8               |                    |       | 198        | 9.8                |                    |       |

**OBSERVACIONES:**  
 \* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.

**GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP. 137460

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NTP 399.145)

CODIGO INFORME

GCT-ECBR-396

Pág. 2-2

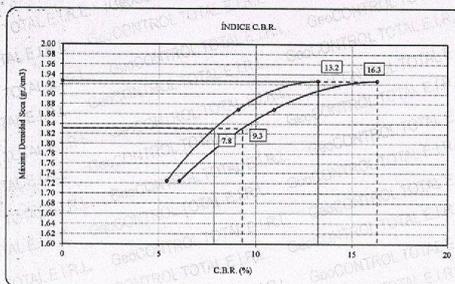
**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADCC CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-16  
**ENSAYADO EN** : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Material** : MAT. PROPIO + 15 % CENIZA DE MADERA  
**Procedencia** : CALICATA - 02  
**N° de Muestra** : M - 01  
**Profundidad** : 0.00 - 1.50 m  
**Progresiva** : ---

**Máxima Densidad Seca** : 1.929 gr/cm<sup>3</sup>  
**Máxima Densidad Seca al 95%** : 1.833 gr/cm<sup>3</sup>  
**Óptimo Contenido de Humedad** : 12.6 %

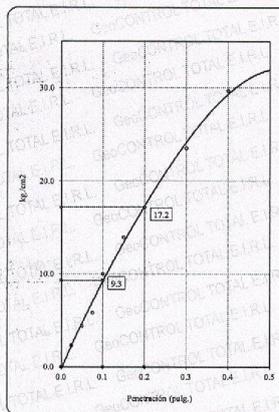
**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



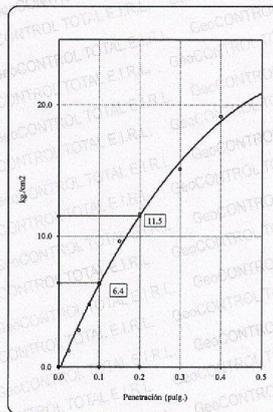
**METODO DE COMPACTACIÓN** : ASTM D1557  
**C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"** : 13.2 %  
**C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"** : 7.8 %  
**C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"** : 16.3 %  
**C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"** : 9.3 %

**RESULTADOS**  
**VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.** : 13.2 %  
**VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S.** : 7.8 %  
**VALOR DE EXPANSION A 66 GOLPES POR CAPA** : 3.55

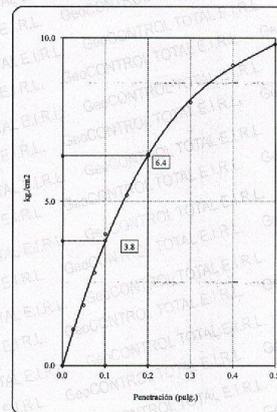
**C.B.R. (0.1") 66 GOLPES :** 13.2 %



**C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :** 9.1 %



**C.B.R. (0.1") 10 GOLPES :** 5.4 %



**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.

**GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 1317400

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-3285688 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

## LÍMITES DE ATTERBERG

MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

**GCT - ELC - 1066**

pagina 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"

**SOLICITANTE:** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER

**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

**F. SOLICITUD :** 2022-05-31

**F. ENTREGA :** 2022-08-18

### DATOS DE LA MUESTRA

|                   |                               |                         |             |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| <b>SONDEO :</b>   | CALICATA                      | <b>PROFUNDIDAD :</b>    | 0.00-1.50 m |
| <b>MATERIAL :</b> | PROPIO + 20% CENIZA DE MADERA | <b>ESPESOR :</b>        | ---         |
| <b>ENSAYO :</b>   | C - 02                        | <b>NIVEL FREÁTICO :</b> | ---         |
| <b>MUESTRA :</b>  | M-01                          | <b>T. M. VISUAL :</b>   | Nº 10       |

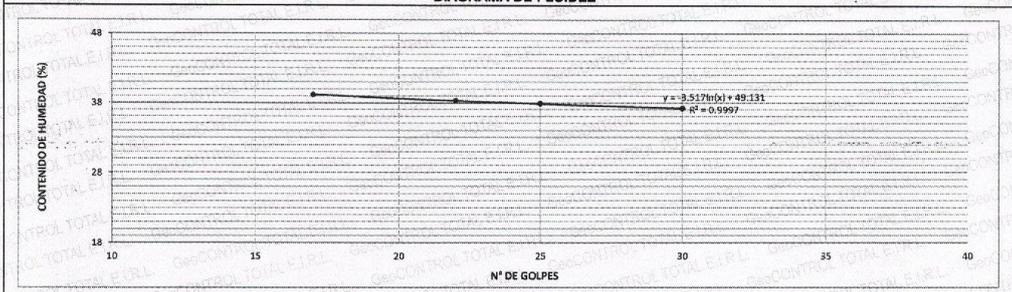
### LÍMITE LÍQUIDO

| DESCRIPCIÓN              | UND | MUESTRAS |       |       | RESULTADOS |                                  |           |
|--------------------------|-----|----------|-------|-------|------------|----------------------------------|-----------|
|                          |     | ID       | T-80  | T-23  | T-20       | CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA |           |
| Nº Tara                  | (g) |          | 35.74 | 35.92 | 36.04      | <b>LL (%)</b>                    | <b>38</b> |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) |          | 32.47 | 32.41 | 32.81      | <b>LP (%)</b>                    | <b>22</b> |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) |          | 3.27  | 3.51  | 3.43       | <b>IP (%)</b>                    | <b>16</b> |
| Masa de la tara          | (g) |          | 23.67 | 23.24 | 23.85      |                                  |           |
| Masa del suelo seco      | (g) |          | 8.80  | 9.17  | 8.78       |                                  |           |
| Contenido de humedad     | (%) |          | 37.16 | 38.28 | 39.16      |                                  |           |
| Número de golpes         |     |          | 30    | 22    | 17         |                                  |           |

### LÍMITE PLÁSTICO

| DESCRIPCIÓN              | UND | MUESTRAS |       |       | LEYENDA     |                              |
|--------------------------|-----|----------|-------|-------|-------------|------------------------------|
|                          |     | ID       | T-46  | T-02  | DESCRIPCIÓN |                              |
| Nº Tara                  | (g) |          | 19.48 | 19.50 | <b>LL :</b> | <b>LÍMITE LÍQUIDO</b>        |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) |          | 18.54 | 18.54 | <b>LP :</b> | <b>LÍMITE PLÁSTICO</b>       |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) |          | 14.35 | 14.20 | <b>IP :</b> | <b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b> |
| Masa de la tara          | (g) |          | 0.94  | 0.96  |             |                              |
| Masa del agua            | (g) |          | 4.19  | 4.34  |             |                              |
| Masa del suelo seco      | (g) |          | 22.43 | 22.12 |             |                              |
| Contenido de humedad     | (%) |          |       |       |             |                              |

### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



### OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

|   |   |
|---|---|
| 1 | MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.   |
| 2 | EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.   |
| 3 | EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SEGADO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.           |
| 4 | EL METODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ Nº 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.          |
| 5 | EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.   |
| 6 | PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CASAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLASTICO. |
| 7 | PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.   |
| 8 | EL COEFICIENTE DE DETERMINACION (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACION DEL ENSAYO.                             |
| 9 | ---   |

GEOCONTROL TOTAL S.A.S.
   
  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla
   
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL, E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación Nº 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
 ASTM D1557 / ASTM D1583

CODIGO INFORME  
**GCT-EPM-745**

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
 SOLICITANTE : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
 UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. SOLICITUD : 2022-05-31  
 F. ENTREGA : 2022-06-18  
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

Identificación : MATERIAL PROPIO + 20% CENIZA DE MADERA  
 Sondaje : CALICATA - 02  
 N° de Muestra : M - 01  
 Capa : SUB RASANTE

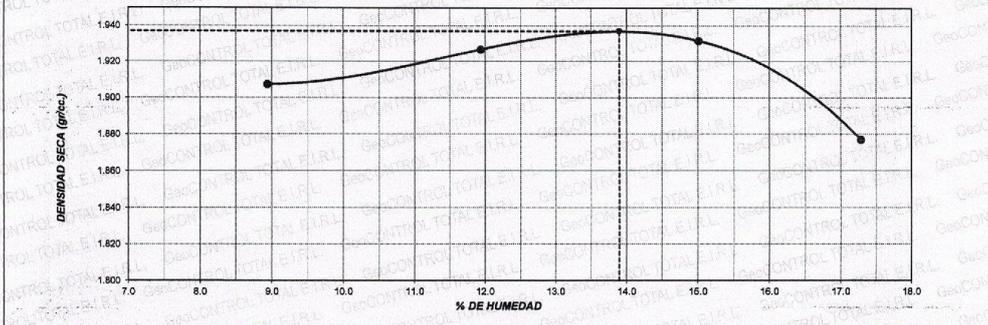
Profundidad: 0.00 - 1.50 m  
 Norte: ---  
 Este: ---  
 Cota: ---

|                        |   |              |    |             |   |                  |      |                 |
|------------------------|---|--------------|----|-------------|---|------------------|------|-----------------|
| Metodo de compactación | A | N° de golpes | 25 | N° de capas | 5 | Volumen de molde | 939  | cm <sup>3</sup> |
|                        |   |              |    |             |   | Peso molde       | 4143 | gr.             |

| NUMERO DE ENSAYOS            |       | 1     | 2     | 3     | 4     | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde           | gr.   | 6,095 | 6,189 | 6,230 | 6,211 |   |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr.   | 1,952 | 2,026 | 2,087 | 2,088 |   |
| Peso Volumétrico Humedo      | gr.   | 2,078 | 2,157 | 2,222 | 2,201 |   |
| Recipiente Número            |       | D     | O     | X     | A     |   |
| Peso de la Tara              | gr.   | 34.5  | 34.8  | 34.9  | 35.2  |   |
| Peso Suelo Humedo + Tara     | gr.   | 356.2 | 350.8 | 356.7 | 338.5 |   |
| Peso Suelo Seco + Tara       | gr.   | 329.8 | 317.1 | 314.7 | 293.8 |   |
| Peso del agua                | gr.   | 26.4  | 33.7  | 42.0  | 44.7  |   |
| Peso del suelo seco          | gr.   | 295   | 282   | 280   | 259   |   |
| Contenido de agua            | %     | 8.9   | 11.9  | 15.0  | 17.3  |   |
| Densidad Seca                | gr/cc | 1.907 | 1.927 | 1.932 | 1.877 |   |

Densidad Máxima Seca: 1.937 gr/cm<sup>3</sup>. Contenido Humedad Óptima: 13.9 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- El ensayo fue realizado mediante vía húmeda.
- El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.
- ---
- ---



GeoCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
(NTP 336.145)

CODIGO INFORME  
**GCT-ECBR-397**

PROYECTO

: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"

SOLICITANTE

: BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER

F. SOLICITUD : 2022-05-31

UBICACIÓN

: PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. ENTREGA : 2022-06-18

ENSAYADO EN: LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

|               |                                      |                       |               |
|---------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------|
| Material      | : MAT. PROPIO + 20% CENIZA DE MADERA | Profundidad:          | 0.00 - 1.50 m |
| Procedencia   | : CALICATA - 02                      | Progresiva:           | ---           |
| N° de Muestra | : M - 01                             | Clasificación SUCS:   | ---           |
| Capa          | : SUB RASANTE                        | Clasificación AASHTO: | ---           |

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

**CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)**

| Molde N°                               | 4           |          | 5           |          | 6           |          |
|--|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|  | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Número de capas                        | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes                       | 58          |          | 25          |          | 10          |          |
| Condición de la muestra                | NO SATURADO |          | SATURADO    |          | NO SATURADO |          |
| Peso suelo + molde (gr.)               | 13,345      |          | 13,185      |          | 12,887      |          |
| Peso molde (gr.)                       | 8,650       |          | 8,614       |          | 8,570       |          |
| Peso suelo compactado (gr.)            | 4,895       |          | 4,571       |          | 4,317       |          |
| Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )   | 2,129       |          | 2,133       |          | 2,133       |          |
| Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> ) | 2,206       |          | 2,143       |          | 2,024       |          |
| Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )   | 1,937       |          | 1,882       |          | 1,777       |          |

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

|                           | 4     | 5     | 6     |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Peso de tara (gr.)        | 36.8  | 36.4  | 5.7   |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 418.5 | 422.5 | 430.9 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 372.0 | 375.5 | 379.0 |
| Peso de agua (gr.)        | 46.5  | 47.0  | 51.9  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 335.2 | 339.1 | 373.3 |
| Humedad (%)               | 13.9  | 13.9  | 13.9  |

**EXPANSIÓN**

| Fecha  | Hora  | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.001* | Expansión |      | Dial  | Expansión |      | Dial  | Expansión |      |
|--------|-------|--------------|----------------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
|        |       |              |                | mm        | %    |       | mm        | %    |       | mm        | %    |
| 9-Jun  | 05:05 | 0            | 102.0          | 0.00      | 0.00 | 90.0  | 0.00      | 0.00 | 100.0 | 0.00      | 0.00 |
| 10-Jun | 05:05 | 24           | 124.0          | 0.56      | 0.48 | 120.0 | 0.76      | 0.85 | 158.0 | 1.47      | 1.27 |
| 11-Jun | 05:05 | 48           | 140.0          | 0.97      | 0.83 | 167.0 | 1.96      | 1.68 | 198.0 | 2.49      | 2.14 |
| 12-Jun | 05:05 | 72           | 174.0          | 1.83      | 1.57 | 193.0 | 2.62      | 2.25 | 265.0 | 4.19      | 3.80 |
| 13-Jun | 05:05 | 96           | 197.0          | 2.41      | 2.07 | 238.0 | 3.76      | 3.23 | 303.0 | 5.16      | 4.43 |

**PENETRACIÓN**

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> ) | Molde N° 4 |                    |                    |       | Molde N° 5 |                    |                    |       | Molde N° 6" |                    |                    |       |
|------------------------|--------------------------------------|------------|--------------------|--------------------|-------|------------|--------------------|--------------------|-------|-------------|--------------------|--------------------|-------|
|                        |                                      | Carga      |                    | Corrección         |       | Carga      |                    | Corrección         |       | Carga       |                    | Corrección         |       |
|                        |                                      | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % | kg         | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % | kg          | kg/cm <sup>2</sup> | kg/cm <sup>2</sup> | CBR % |
| 0.025                  |                                      | 82         | 3.1                |                    |       | 48         | 2.4                |                    |       | 24          | 1.2                |                    |       |
| 0.050                  |                                      | 104        | 5.1                |                    |       | 94         | 4.7                |                    |       | 51          | 2.5                |                    |       |
| 0.075                  |                                      | 157        | 7.8                |                    |       | 133        | 6.6                |                    |       | 100         | 5.0                |                    |       |
| 0.100                  | 70.307                               | 271        | 13.4               | 11.6               | 16.4  | 200        | 9.9                | 9.6                | 13.7  | 145         | 7.2                | 6.6                | 9.4   |
| 0.150                  |                                      | 322        | 15.9               |                    |       | 278        | 13.8               |                    |       | 195         | 9.7                |                    |       |
| 0.200                  | 105.460                              | 405        | 20.1               | 20.2               | 19.2  | 360        | 17.8               | 16.8               | 16.9  | 247         | 12.2               | 12.2               | 11.6  |
| 0.300                  |                                      | 534        | 26.4               |                    |       | 428        | 21.2               |                    |       | 326         | 16.1               |                    |       |
| 0.400                  |                                      | 608        | 30.1               |                    |       | 557        | 27.6               |                    |       | 395         | 19.6               |                    |       |
| 0.500                  |                                      | 645        | 31.9               |                    |       | 586        | 29.0               |                    |       | 415         | 20.5               |                    |       |

**OBSERVACIONES:**

La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
Ing. Basilio Miramón Quintanilla  
CIP: 131180

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NTP 338.145)

|                |
|----------------|
| CODIGO INFORME |
| GCT-ECBR-397   |
| Pág. 2 de 2    |

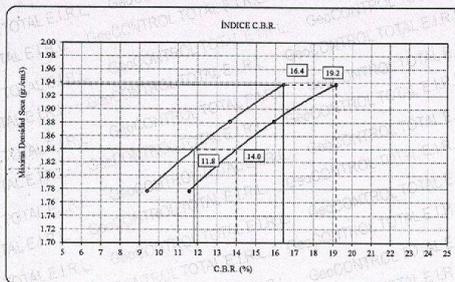
**PROYECTO** : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADGO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
 ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

**Material** : MAT. PROPIO + 20% CENIZA DE MADERA  
**Profundidad:** 0.00 - 1.50 m  
**Procedencia** : CALICATA - 02  
**Progresiva:** ---  
**N° de Muestra** : M - 01

**Máxima Densidad Seca** : 1.937 gr./cm<sup>3</sup>      **Óptimo Contenido de Humedad** : 13.9 %  
**Máxima Densidad Seca al 95%** : 1.840 gr./cm<sup>3</sup>

**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



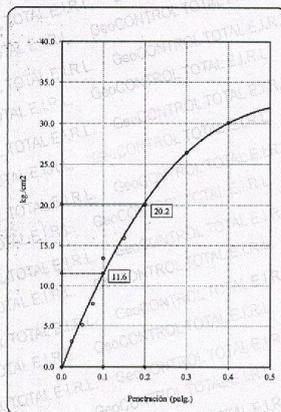
**METODO DE COMPACTACIÓN** : ASTM D1557

|                           |        |
|---------------------------|--------|
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" | 16.4 % |
| C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1" | 11.8 % |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" | 19.2 % |
| C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2" | 14.0 % |

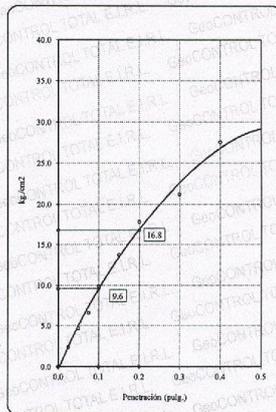
**RESULTADOS**

**VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.** : 16.4 %  
**VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S.** : 11.8 %  
**VALOR DE EXPANSION A 66 GOLPES POR CAPA** : 2.07

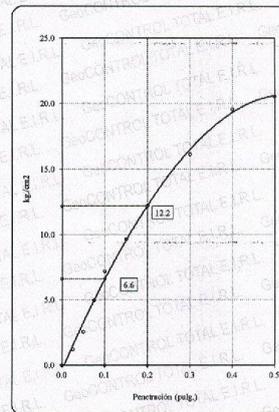
**C.B.R. (0.1") 66 GOLPES :** 16.4%



**C.B.R. (0.1") 28 GOLPES :** 13.7%



**C.B.R. (0.1") 10 GOLPES :** 9.4%



**OBSERVACIONES:**

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*R. Quintanilla*  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

## LÍMITES DE ATTERBERG

MTG E 110 Y E 111 - ASTM D 4318

CODIGO DE INFORME

**GCT - ELC - 1067**

pagina 1 de 1

**PROYECTO :** "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE:** BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN :** PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA  
**F. SOLICITUD :** 2022-05-31  
**F. ENTREGA :** 2022-06-18

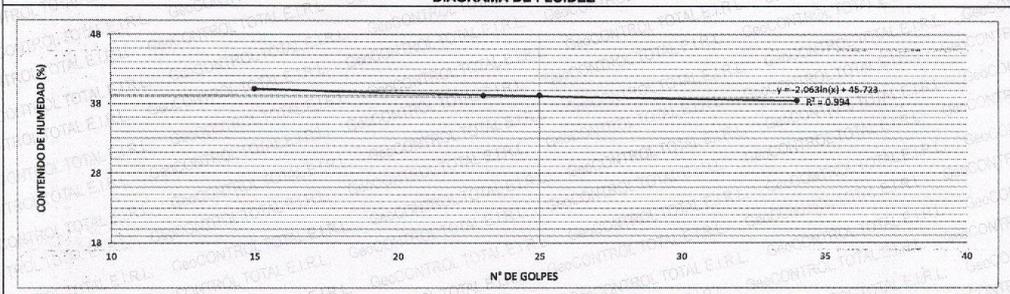
### DATOS DE LA MUESTRA

|                   |                               |                         |             |
|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------|
| <b>SONDEO :</b>   | CALICATA                      | <b>PROFUNDIDAD :</b>    | 0.00-1.50 m |
| <b>MATERIAL :</b> | PROPIO + 25% CENIZA DE MADERA | <b>ESPESOR :</b>        | ---         |
| <b>ENSAYO :</b>   | C - 02                        | <b>NIVEL FREÁTICO :</b> | ---         |
| <b>MUESTRA :</b>  | M-01                          | <b>T. M. VISUAL :</b>   | N° 10       |

| DESCRIPCIÓN              | UND | LÍMITE LÍQUIDO |       |       | RESULTADOS                       |    |
|--------------------------|-----|----------------|-------|-------|----------------------------------|----|
|                          |     | T-10           | T-02  | T-14  | CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA |    |
| N° Tara                  | ID  |                |       |       | LL (%)                           | 39 |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g) | 36.21          | 36.55 | 36.83 | LP (%)                           | 26 |
| Masa Tara + suelo seco   | (g) | 32.85          | 33.02 | 33.11 | IP (%)                           | 13 |
| Masa del agua            | (g) | 3.36           | 3.53  | 3.72  |                                  |    |
| Masa de la tara          | (g) | 24.12          | 24.01 | 23.85 |                                  |    |
| Masa del suelo seco      | (g) | 8.73           | 9.01  | 9.26  |                                  |    |
| Contenido de humedad     | (%) | 38.49          | 39.18 | 40.17 |                                  |    |
| Número de golpes         |     | 34             | 23    | 16    |                                  |    |

| DESCRIPCIÓN              | UND  | LÍMITE PLÁSTICO |       |  | LEYENDA     |                       |
|--------------------------|------|-----------------|-------|--|-------------|-----------------------|
|                          |      | T-07            | T-09  |  | DESCRIPCIÓN |                       |
| N° Tara                  | ID   |                 |       |  | LL :        | LÍMITE LÍQUIDO        |
| Masa Tara + suelo húmedo | (g.) | 20.50           | 20.62 |  | LP :        | LÍMITE PLÁSTICO       |
| Masa Tara + suelo seco   | (g.) | 19.25           | 19.34 |  | IP :        | ÍNDICE DE PLASTICIDAD |
| Masa de la tara          | (g.) | 14.56           | 14.45 |  |             |                       |
| Masa del agua            | (g.) | 1.25            | 1.28  |  |             |                       |
| Masa del suelo seco      | (g.) | 4.69            | 4.89  |  |             |                       |
| Contenido de humedad     | (%)  | 26.66           | 26.18 |  |             |                       |

### DIAGRAMA DE FLUIDEZ



### OBSERVACIONES Y COMENTARIOS

|   |   |
|---|---|
| 1 | MUESTRA PUESTA EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.   |
| 2 | EL MÉTODO DE ENSAYO UTILIZADO FUE DE MULTIPUNTOS.   |
| 3 | EL ESPECIMEN FUE PREPARADO MEDIANTE VIA SECA PREVIAMENTE SECAO AL AIRE Y HORNO A 110±5 °C.            |
| 4 | EL METODO PARA REMOVER LAS PARTICULAS MAYORES A TAMIZ N° 40 FUE REALIZADO MEDIANTE TAMIZADO.          |
| 5 | EL ESPECIMEN SE OBTUVO DE UNA MUESTRA ALTERADA.   |
| 6 | PARA LL SE UTILIZO UN EQUIPO DE CABAGRANDE MECÁNICO CON CONTEO AUTOMÁTICO Y UN RANURADOR DE PLASTICO. |
| 7 | PARA DETERMINAR LP SE REALIZO UN ROLADO MANUAL.   |
| 8 | EL COEFICIENTE DE DETERMINACION (R²) CUMPLE CON LA ACEPTACION DEL ENSAYO.                             |
| 9 | ---   |

GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.
   
  
 Ing. Raul Miranda Quintanilla
   
 CIP: 131280

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

021819

INFORME DE ENSAYO  
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR**  
ASTM D1557 / ASTM D1583

CODIGO INFORME  
**GCT-EPM-745**

PROYECTO : "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
SOLICITANTE : BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER  
UBICACIÓN : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. SOLICITUD : 2022-05-31  
F. ENTREGA : 2022-06-18  
ENSAYADO EN : LABORATORIOGEOCONTROL TOTAL

**DATOS DE LA MUESTRA**

Identificación : MATERIAL PROPIO + 25% CENIZA DE MADERA  
Sondaje : CALICATA - 02  
N° de Muestra : M - 01  
Capa : SUB RASANTE

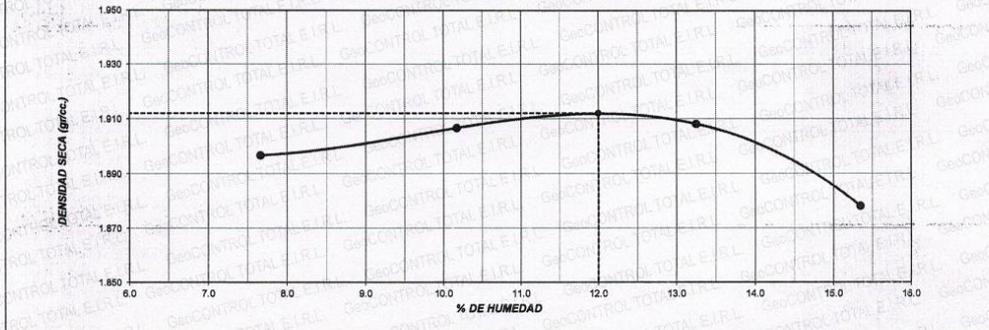
Profundidad: 0.00 - 1.50 m  
Norte: ---  
Este: ---  
Cota: ---

|                        |   |              |    |             |   |                  |      |                 |
|------------------------|---|--------------|----|-------------|---|------------------|------|-----------------|
| Metodo de compactación | A | N° de golpes | 25 | N° de capas | 5 | Volumen de molde | 943  | cm <sup>3</sup> |
|                        |   |              |    |             |   | Peso molde       | 4143 | gr.             |

| NUMERO DE ENSAYOS            |       | 1     | 2     | 3     | 6167  | 5 |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| Peso Suelo + Molde           | gr.   | 6,068 | 6,123 | 6,180 | 6,185 |   |
| Peso Suelo Humedo Compactado | gr.   | 1,925 | 1,980 | 2,037 | 2,042 |   |
| Peso Volumetrico Humedo      | gr.   | 2,042 | 2,100 | 2,161 | 2,166 |   |
| Recipiente Numero            |       | 15    | 25    | 37    | 2     |   |
| Peso de la Tara              | gr.   | 33.1  | 35.1  | 35.7  | 33.9  |   |
| Peso Suelo Humedo + Tara     | gr.   | 350.0 | 352.5 | 342.5 | 345.1 |   |
| Peso Suelo Seco + Tara       | gr.   | 327.4 | 323.2 | 306.6 | 303.7 |   |
| Peso del agua                | gr.   | 22.6  | 29.3  | 35.9  | 41.4  |   |
| Peso del suelo seco          | gr.   | 294   | 288   | 271   | 270   |   |
| Contenido de agua            | %     | 7.7   | 10.2  | 13.3  | 15.3  |   |
| Densidad Seca                | gr/cc | 1.897 | 1.907 | 1.908 | 1.878 |   |

Densidad Máxima Seca: 1.912 gr/cm<sup>3</sup>. Contenido Humedad Optima: 12.0 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**

- La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.
- El ensayo fue realizado mediante via humeda.
- El pison utilizado es de 44.5 N, y una altura de caída de 2700 KN-m/m3.
- El ensayo no contempla corrección por contenido de grava.
- 
- 



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
*Raúl Miranda Quintanilla*  
Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L. El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 871568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO

**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**

(NTP 339.148)

CODIGO INFORME

GCT-ECBR-398

Pág. 1-2

PROYECTO

: "ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"

SOLICITANTE

: BACH. ADCO CALSIN OVALDO ELMER

F. SOLICITUD : 2022-05-31

UBICACIÓN

: PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

F. ENTREGA : 2022-06-18

ENSAYADO EN : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

DATOS DE LA MUESTRA

|               |                                      |                       |               |
|---------------|--------------------------------------|-----------------------|---------------|
| Material      | : MAT. PROPIO + 25% CENIZA DE MADERA | Profundidad:          | 0.00 - 1.50 m |
| Procedencia   | : CALICATA - 02                      | Progresiva:           | ---           |
| N° de Muestra | : M - 01                             | Clasificación SUCS:   | ---           |
| Capa          | : SUB RASANTE                        | Clasificación AASHTO: | ---           |

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

| Molde N°                    | 4           |          | 5           |          | 6           |          |
|-----------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
|                             | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO |
| Número de capas             | 5           |          | 5           |          | 5           |          |
| Número de golpes            | 56          |          | 25          |          | 10          |          |
| Condición de la muestra     | NO SATURADO |          | SATURADO    |          | NO SATURADO |          |
| Peso suelo + molde (gr.)    | 13,190      |          | 12,915      |          | 12,714      |          |
| Peso molde (gr.)            | 8,621       |          | 8,465       |          | 8,460       |          |
| Peso suelo compactado (gr.) | 4,569       |          | 4,450       |          | 4,254       |          |
| Volumen del molde (cm³)     | 2,120       |          | 2,128       |          | 2,122       |          |
| Densidad húmeda (gr./cm³)   | 2,155       |          | 2,091       |          | 2,005       |          |
| Densidad Seca (gr./cm³)     | 1,823       |          | 1,865       |          | 1,788       |          |

CONTENIDO DE HUMEDAD

|                           | 4     | 5     | 6     |
|---------------------------|-------|-------|-------|
| Peso de tara (gr.)        | 40.5  | 42.1  | 41.8  |
| Tara + suelo húmedo (gr.) | 385.6 | 360.5 | 380.4 |
| Tara + suelo seco (gr.)   | 348.4 | 326.1 | 343.9 |
| Peso de agua (gr.)        | 37.2  | 34.4  | 36.5  |
| Peso de suelo seco (gr.)  | 307.9 | 284.0 | 302.1 |
| Humedad (%)               | 12.1  | 12.1  | 12.1  |

EXPANSIÓN

| Fecha  | Hora  | Tiempo<br>Hr | Dial<br>0.001" | Expansión |      | Dial  | Expansión |      | Dial  | Expansión |      |
|--------|-------|--------------|----------------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
|        |       |              |                | mm        | %    |       | mm        | %    |       | mm        | %    |
| 9-Jun  | 05:05 | 0            | 100.0          | 0.00      | 0.00 | 115.0 | 0.00      | 0.00 | 105.0 | 0.00      | 0.00 |
| 10-Jun | 05:05 | 24           | 122.0          | 0.56      | 0.48 | 188.0 | 1.35      | 1.16 | 172.0 | 1.70      | 1.46 |
| 11-Jun | 05:05 | 48           | 167.0          | 1.70      | 1.46 | 205.0 | 2.29      | 1.96 | 234.0 | 3.26      | 2.82 |
| 12-Jun | 05:05 | 72           | 200.0          | 2.54      | 2.18 | 251.0 | 3.45      | 2.97 | 284.0 | 4.55      | 3.91 |
| 13-Jun | 05:05 | 96           | 225.0          | 3.18      | 2.72 | 290.0 | 4.45      | 3.82 | 347.0 | 6.15      | 5.29 |

PENETRACIÓN

| Penetración<br>(pulg.) | Carga Standard (kg/cm²) | Molde N° 4 |        |            |       | Molde N° 5 |        |            |       | Molde N° 6 |        |            |       |
|------------------------|-------------------------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|------------|--------|------------|-------|
|                        |                         | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       | Carga      |        | Corrección |       |
|                        |                         | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % | kg         | kg/cm² | kg/cm²     | CBR % |
| 0.025                  |                         | 42         | 2.1    |            |       | 29         | 1.4    |            |       | 15         | 0.7    |            |       |
| 0.050                  |                         | 95         | 4.7    |            |       | 67         | 3.3    |            |       | 37         | 1.8    |            |       |
| 0.075                  |                         | 145        | 7.2    |            |       | 118        | 5.8    |            |       | 67         | 3.3    |            |       |
| 0.100                  | 70.307                  | 210        | 10.4   | 10.4       | 14.8  | 162        | 8.0    | 7.7        | 11.0  | 98         | 4.9    | 4.8        | 6.8   |
| 0.150                  |                         | 311        | 15.4   |            |       | 225        | 11.1   |            |       | 154        | 7.6    |            |       |
| 0.200                  | 105.460                 | 398        | 19.7   | 19.2       | 18.2  | 289        | 14.3   | 14.0       | 13.2  | 192        | 9.5    | 9.2        | 8.7   |
| 0.300                  |                         | 516        | 25.5   |            |       | 375        | 18.6   |            |       | 239        | 11.8   |            |       |
| 0.400                  |                         | 684        | 32.9   |            |       | 472        | 23.4   |            |       | 314        | 15.5   |            |       |
| 0.500                  |                         | 896        | 34.5   |            |       | 500        | 24.8   |            |       | 330        | 16.3   |            |       |

OBSERVACIONES:

\* La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.



GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

*Raúl Mirandón Quintanilla*  
Ing. Raúl Mirandón Quintanilla  
CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
Teléfonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
www.geocontroltotal.com

INFORME DE ENSAYO  
**VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
 (NTP 338.145)

|                |              |
|----------------|--------------|
| CODIGO INFORME | GCT-ECBR-398 |
| Pag. 2 de 2    |              |

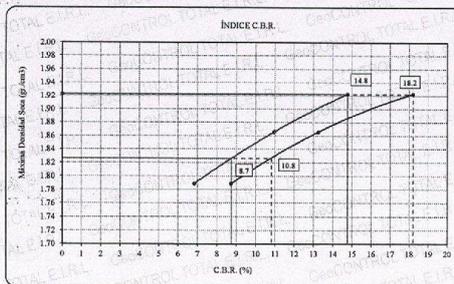
**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE MADERA PROVENIENTE DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES, PUNO 2022"  
**SOLICITANTE** : BACH. ADGO CALSIN OVALDO ELMER  
**UBICACIÓN** : PUNO - SAN ROMÁN - JULIACA

**F. SOLICITUD** : 2022-05-31  
**F. ENTREGA** : 2022-06-18  
**ENSAYADO EN** : LABORATORIO GEOCONTROL TOTAL

| DATOS DE LA MUESTRA |                                      |                            |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------------|
| Material            | : MAT. PROPIO + 25% CENIZA DE MADERA | Profundidad: 0.00 - 1.50 m |
| Procedencia         | : CALICATA - 02                      | Progresiva: ---            |
| N° de Muestra       | : M - 01                             |                            |

Máxima Densidad Seca : 1.912 gr/cm<sup>3</sup>      Óptimo Contenido de Humedad : 12.0 %  
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.816 gr/cm<sup>3</sup>

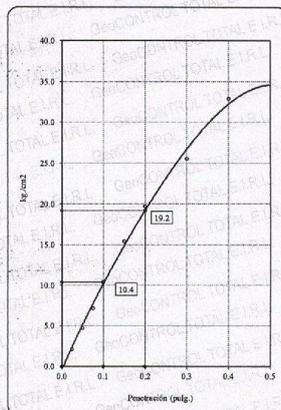
**CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA**



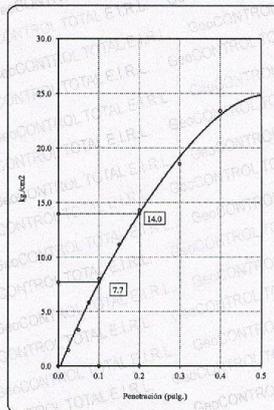
| METODO DE COMPACTACIÓN    | ASTM D1557 |
|---------------------------|------------|
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" | 14.8 %     |
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"  | 8.7 %      |
| C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" | 18.2 %     |
| C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"  | 10.8 %     |

**RESULTADOS**  
 VALOR DE C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S. : 14.8 %  
 VALOR DE C.B.R. AL 95% DE LA M.D.S. : 8.7 %  
 VALOR DE EXPANSION A 66 GOLPES POR CAPA : 2.72

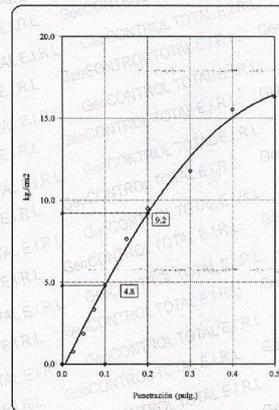
**C.B.R. (0.1") 66 GOLPES :** 14.8%



**C.B.R. (0.1") 28 GOLPES :** 11.0%



**C.B.R. (0.1") 10 GOLPES :** 6.8 %



**OBSERVACIONES:**

La muestra fue muestreada y puesta en el laboratorio por el solicitante.

**GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**  
 Ing. Raúl Miranda Quintanilla  
 CIP: 131480

Los resultados reflejados en este informe solo están relacionados a la muestra ensayada.  
 Está terminantemente prohibido la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
 El laboratorio no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados aquí declarados.

**INGENIERÍA - CONSTRUCCIÓN - CONTROL DE CALIDAD - SUPERVISIÓN - SEGURIDAD EN OBRA**

Dirección: Av. Circunvalación N° 1728 - Juliaca (Ref. ex ovalo salida cusco)  
 Telefonos: 051-328588 / 951 010447 / 951 671568  
 Correos: informes@geocontroltotal.com / geocontroltotal@gmail.com  
 www.geocontroltotal.com

## Anexo 8. Certificados de calibración de equipos



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 0585-041-2021

Página 1 de 2

#### Arsou Group

Laboratorio de Metrología

**Fecha de emisión** 2021/11/09

**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Dirección** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de medición** TAMIZ N° 50

**Identificación** 0585-041-2021

**Marca** FORNEY

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 50BS8F929313

**Diámetro** 8"

**Estructura** BRONCE

**Procedencia** USA

**Lugar de calibración** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Fecha de calibración** 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

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

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

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

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



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0585-041-2021

Página 2 de 2

Arsou Group

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                       | Certificado de Calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |
| INACAL       | Microscopio de 0.5 mm a 1 um           | LLA - 313 - 2021           |

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental      Inicial: 19,3 °C      Final: 20,0 °C  
Humedad Relativa          Inicial: 64 %hr      Final: 65 %hr  
Presión Atmosférica      Inicial: 1015 mbar      Final: 1015 mbar

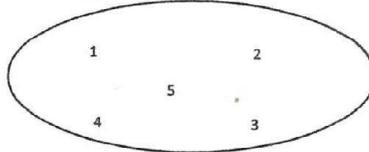
Resultados

TABLA N° 01  
MEDICIÓN DE LOS PUNTOS

| PUNTO | MEDICIÓN (µm) | LUZ   | EMP       |
|-------|---------------|-------|-----------|
| N° 1  | 286,15        | 300µm | +/- 14 µm |
| N° 2  | 286,36        | 300µm | +/- 14 µm |
| N° 3  | 286,14        | 300µm | +/- 14 µm |
| N° 4  | 286,45        | 300µm | +/- 14 µm |
| N° 5  | 286,17        | 300µm | +/- 14 µm |

PROMEDIO : 286,26 : OK

UBICACION DE PUNTOS



ARSOU GROUP S.A.C.

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

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0586-041-2021

Página 1 de 2

**Arso Group**

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2021/11/09

Solicitante GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Dirección AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición TAMIZ N° 60

Identificación 0586-041-2021

Marca FORNEY

Modelo NO INDICA

Serie 60BS8F696470

Diámetro 8"

Estructura BRONCE

Procedencia USA

Lugar de calibración GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Fecha de calibración 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

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

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

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

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



**ARSOU GROUP S.A.C.**

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

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0586-041-2021

Página 2 de 2

**Arso Group**

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                          | Certificado de Calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital<br>de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |
| INACAL       | Microscopio<br>de 0.5 mm a 1 um           | LLA - 313 - 2021           |

Condiciones ambientales durante la calibración

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 19,3 °C   | Final: 20,0 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 64 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

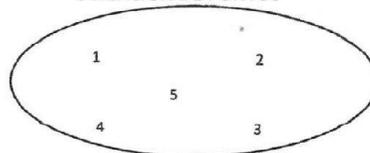
Resultados

| TABLA N° 01            |
|------------------------|
| MEDICIÓN DE LOS PUNTOS |

| PUNTO | MEDICIÓN (µm) | LUZ   | EMP       |
|-------|---------------|-------|-----------|
| N° 1  | 238,15        | 250µm | +/- 12 µm |
| N° 2  | 238,37        | 250µm | +/- 12 µm |
| N° 3  | 238,41        | 250µm | +/- 12 µm |
| N° 4  | 340,25        | 250µm | +/- 12 µm |
| N° 5  | 342,56        | 250µm | +/- 12 µm |

|          |        |   |    |
|----------|--------|---|----|
| PROMEDIO | 238,26 | : | OK |
|----------|--------|---|----|

UBICACION DE PUNTOS



ARSOU GROUP S.A.C.

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



ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0587-041-2021

Página 1 de 2

**Arso Group**

**Laboratorio de Metrología**

**Fecha de emisión** 2021/11/09

**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Dirección** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de medición** TAMIZ N° 100

**Identificación** 0587-041-2021

**Marca** FORNEY

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 100BS8908839

**Diámetro** 8"

**Estructura** BRONCE

**Procedencia** USA

**Lugar de calibración** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Fecha de calibración** 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

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

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

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

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

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



**ARSOU GROUP S.A.C.**

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

ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arévato Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0587-041-2021

Página 2 de 2

Arsou Group

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                       | Certificado de Calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |
| INACAL       | Microscopio de 0.5 mm a 1 um           | LLA - 313 - 2021           |

Condiciones ambientales durante la calibración

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 19,3 °C   | Final: 20,0 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 64 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

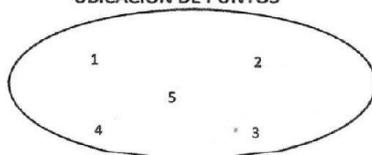
Resultados

TABLA N° 01  
MEDICIÓN DE LOS PUNTOS

| PUNTO | MEDICIÓN (µm) | LUZ   | EMP      |
|-------|---------------|-------|----------|
| N° 1  | 142,15        | 150µm | +/- 8 µm |
| N° 2  | 142,38        | 150µm | +/- 8 µm |
| N° 3  | 142,11        | 150µm | +/- 8 µm |
| N° 4  | 142,45        | 150µm | +/- 8 µm |
| N° 5  | 143,71        | 150µm | +/- 8 µm |

PROMEDIO 142,27 : OK

UBICACION DE PUNTOS



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0588-041-2021

Página 1 de 2

**Arso Group**

**Laboratorio de Metrología**

**Fecha de emisión** 2021/11/09

**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Dirección** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de medición** TAMIZ N° 200

**Identificación** 0588-041-2021

**Marca** FORNEY

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 200BS8F870819

**Diámetro** 8"

**Estructura** BRONCE

**Procedencia** USA

**Lugar de calibración** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Fecha de calibración** 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

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

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

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

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

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



**ARSOU GROUP S.A.C.**

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

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0588-041-2021

Página 2 de 2

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                          | Certificado de Calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital<br>de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |
| INACAL       | Microscopio<br>de 0.5 mm a 1 um           | LLA - 313 - 2021           |

Condiciones ambientales durante la calibración

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 19,3 °C   | Final: 20,0 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 64 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

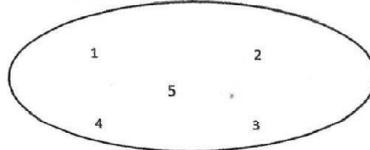
Resultados

TABLA N° 01  
MEDICIÓN DE LOS PUNTOS

| PUNTO | MEDICIÓN (µm) | LUZ  | EMP      |
|-------|---------------|------|----------|
| N° 1  | 70,15         | 75µm | +/- 5 µm |
| N° 2  | 70,39         | 75µm | +/- 5 µm |
| N° 3  | 70,04         | 75µm | +/- 5 µm |
| N° 4  | 70,56         | 75µm | +/- 5 µm |
| N° 5  | 70,00         | 75µm | +/- 5 µm |

PROMEDIO : 70,27 : OK

UBICACION DE PUNTOS



ARSOU GROUP S.A.C.

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

ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0577-041-2021

Página 1 de 2

**Arso Group**

**Laboratorio de Metrología**

Fecha de emisión 2021/11/09

Solicitante **GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**

Dirección AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición **TAMIZ N° 4**

Identificación 0577-041-2021

Marca FORNEY

Modelo NO INDICA

Serie 4BS8F946602

Diámetro 8"

Estructura BRONCE

Procedencia USA

Lugar de calibración **GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**

Fecha de calibración 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

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

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

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

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



**ARSOU GROUP S.A.C.**

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

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0577-041-2021

Página 2 de 2

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                       | Certificado de Calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |
| INACAL       | Microscopio de 0.5 mm a 1 um           | LLA - 313 - 2021           |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

Temperatura Ambiental Inicial: 19,3 °C Final: 20,0 °C  
Humedad Relativa Inicial: 64 %hr Final: 65 %hr  
Presión Atmosférica Inicial: 1015 mbar Final: 1015 mbar

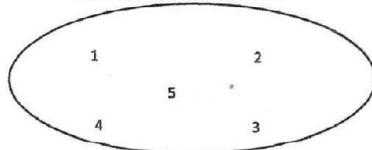
**Resultados**

TABLA N° 01  
MEDICIÓN DE LOS PUNTOS

| PUNTO | MEDICIÓN (mm) | LUZ    | EMP         |
|-------|---------------|--------|-------------|
| N° 1  | 4,90          | 4,75mm | +/- 0,15 mm |
| N° 2  | 4,80          | 4,75mm | +/- 0,15 mm |
| N° 3  | 4,80          | 4,75mm | +/- 0,15 mm |
| N° 4  | 4,90          | 4,75mm | +/- 0,15 mm |
| N° 5  | 4,70          | 4,75mm | +/- 0,15 mm |

PROMEDIO 4,82 : OK

UBICACION DE PUNTOS



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0579-041-2021

Página 1 de 2

**Arsou Group**

**Laboratorio de Metrología**

**Fecha de emisión** 2021/11/09

**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Dirección** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de medición** TAMIZ N° 10

**Identificación** 0579-041-2021

**Marca** FORNEY

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 10BS8F937153

**Diámetro** 8"

**Estructura** BRONCE

**Procedencia** USA

**Lugar de calibración** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Fecha de calibración** 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

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

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

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

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

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



**ARSOU GROUP S.A.C.**

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

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0579-041-2021

Página 2 de 2

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                       | Certificado de Calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |
| INACAL       | Microscopio de 0.5 mm a 1 um           | LLA - 313 - 2021           |

Condiciones ambientales durante la calibración

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 19,3 °C   | Final: 20,0 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 64 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

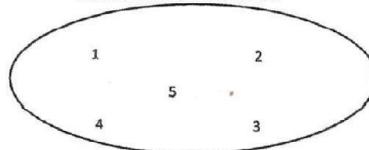
Resultados

TABLA N° 01  
MEDICIÓN DE LOS PUNTOS

| PUNTO | MEDICIÓN (mm) | LUZ | EMP         |
|-------|---------------|-----|-------------|
| N° 1  | 1,93          | 2mm | +/- 0,07 mm |
| N° 2  | 1,93          | 2mm | +/- 0,07 mm |
| N° 3  | 1,93          | 2mm | +/- 0,07 mm |
| N° 4  | 1,93          | 2mm | +/- 0,07 mm |
| N° 5  | 1,95          | 2mm | +/- 0,07 mm |

|          |      |   |    |
|----------|------|---|----|
| PROMEDIO | 1,93 | : | OK |
|----------|------|---|----|

UBICACION DE PUNTOS



ARSOU GROUP S.A.C.

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

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGIA



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**N° 0580-041-2021**

Página 1 de 2

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología

**Fecha de emisión** 2021/11/09

**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Dirección** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de medición** TAMIZ N° 12

**Identificación** 0580-041-2021

**Marca** FORNEY

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 12BS8F707691

**Diámetro** 8"

**Estructura** BRONCE

**Procedencia** USA

**Lugar de calibración** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Fecha de calibración** 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

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

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

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

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

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



**ARSOU GROUP S.A.C.**

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

ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0580-041-2021

Página 2 de 2

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                          | Certificado de Calibración |
|--------------|---|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital<br>de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |
| INACAL       | Microscopio<br>de 0.5 mm a 1 um           | LLA - 313 - 2021           |

Condiciones ambientales durante la calibración

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 19,3 °C   | Final: 20,0 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 64 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

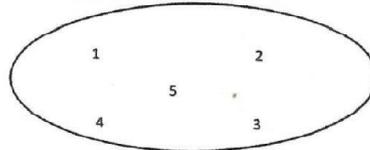
Resultados

TABLA N° 01  
MEDICIÓN DE LOS PUNTOS

| PUNTO | MEDICIÓN (mm) | LUZ   | EMP         |
|-------|---------------|-------|-------------|
| N° 1  | 1,64          | 1,7mm | +/- 0,06 mm |
| N° 2  | 1,66          | 1,7mm | +/- 0,06 mm |
| N° 3  | 1,70          | 1,7mm | +/- 0,06 mm |
| N° 4  | 1,70          | 1,7mm | +/- 0,06 mm |
| N° 5  | 1,65          | 1,7mm | +/- 0,06 mm |

|          |      |   |    |
|----------|------|---|----|
| PROMEDIO | 1,67 | : | OK |
|----------|------|---|----|

UBICACION DE PUNTOS



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martin de Porres, Lima, Perú

Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0581-041-2021

Página 1 de 2

**Arsou Group**

**Laboratorio de Metrología**

**Fecha de emisión** 2021/11/09

**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Dirección** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de medición** TAMIZ N° 16

**Identificación** 0581-041-2021

**Marca** FORNEY

**Modelo** NO INDICA

**Serie** 16BS8F756562

**Diámetro** 8"

**Estructura** BRONCE

**Procedencia** USA

**Lugar de calibración** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Fecha de calibración** 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012 5ta Ed. 2012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma Americana ASTM - E11.

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

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

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

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

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CEMENTO



**ARSOU GROUP S.A.C.**

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

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0581-041-2021

Página 2 de 2

**Arso Group**

Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                       | Certificado de Calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |
| INACAL       | Microscopio de 0.5 mm a 1 um           | LLA - 313 - 2021           |

Condiciones ambientales durante la calibración

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 19,3 °C   | Final: 20,0 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 64 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

Resultados

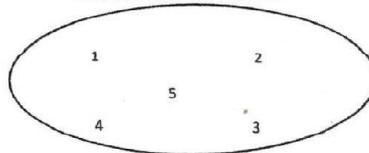
TABLA N° 01

MEDICIÓN DE LOS PUNTOS

| PUNTO | MEDICIÓN (mm) | LUZ    | EMP          |
|-------|---------------|--------|--------------|
| N° 1  | 1,15          | 1,18mm | +/- 0,045 mm |
| N° 2  | 1,15          | 1,18mm | +/- 0,045 mm |
| N° 3  | 1,19          | 1,18mm | +/- 0,045 mm |
| N° 4  | 1,20          | 1,18mm | +/- 0,045 mm |
| N° 5  | 1,21          | 1,18mm | +/- 0,045 mm |

|          |      |   |    |
|----------|------|---|----|
| PROMEDIO | 1,18 | : | OK |
|----------|------|---|----|

UBICACION DE PUNTOS



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arévato Carnica  
METROLOGIA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0591-041-2021

Página 1 de 5

Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Fecha de emisión 2021/11/09  
Solicitante GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
Dirección AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA  
Instrumento de medición HORNO DE LABORATORIO  
Identificación 0591-041-2021  
Marca QUINCY LAB  
Modelo 21-250-1  
Serie B221-00177  
Cámara 200 Litros  
Ventilación NATURAL  
Pirómetro ANALOGO  
Modelo TCN45  
Procedencia PERÚ  
Lugar de calibración LABORATORIO DE GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
Fecha de calibración 2021/11/09  
Método/Procedimiento de calibración  
- SNM – PC-018 2da Ed. 2009 – Procedimiento para la calibración de medios isotermos con aire como medio termostático. INACAL  
- ASTM D 2216, MTC E 108 – Método de ensayo para determinar el contenido de humedad del suelo.

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

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

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

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

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



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

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° 0591-041-2021

**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

**Patrones e Instrumentos auxiliares**

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                | Certificado de Calibración |
|--------------|---------------------------------|----------------------------|
| INACAL       | Termómetro con 12 sondas TIPO K | 0015-LT-2021               |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 20,1 °C   | Final: 20,5 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 65 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

**Resultados**

**TEMPERATURA**

| Tiempo (h:mm) | Pímetro °C | INDICACIONES CORREGIDAS DE CADA TERMOCUPLA °C |       |       |       |       |       |       |       |       |       | T° Prom. °C | Tmax - Tmin °C |
|---------------|------------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|----------------|
|               |            | 1   | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |             |                |
| 00:00         | 110        | 110,1   | 110,8 | 110,5 | 111,0 | 110,1 | 110,7 | 110,4 | 111,0 | 110,6 | 110,0 | 110,5       | 1,0            |
| 00:02         | 110        | 110,2   | 111,0 | 110,9 | 110,2 | 110,0 | 111,0 | 110,1 | 110,1 | 110,9 | 111,0 | 110,5       | 1,0            |
| 00:04         | 110        | 110,4   | 110,4 | 110,3 | 110,4 | 110,2 | 110,8 | 110,4 | 110,7 | 110,3 | 110,7 | 110,5       | 0,6            |
| 00:06         | 110        | 110,1   | 110,6 | 110,8 | 110,6 | 110,8 | 110,1 | 110,2 | 110,3 | 110,8 | 110,0 | 110,4       | 0,8            |
| 00:08         | 110        | 110,9   | 110,6 | 110,5 | 110,1 | 110,5 | 110,9 | 110,5 | 111,0 | 110,7 | 110,4 | 110,6       | 0,6            |
| 00:10         | 110        | 110,9   | 110,7 | 110,5 | 110,3 | 110,5 | 110,6 | 110,2 | 110,3 | 110,9 | 110,8 | 110,6       | 0,7            |
| 00:12         | 110        | 110,2   | 110,3 | 110,3 | 111,0 | 110,7 | 110,7 | 110,1 | 110,0 | 110,9 | 110,6 | 110,5       | 1,0            |
| 00:14         | 110        | 110,9   | 110,6 | 110,2 | 110,9 | 110,6 | 110,9 | 110,1 | 110,7 | 110,9 | 110,3 | 110,6       | 0,8            |
| 00:16         | 110        | 110,3   | 110,7 | 110,3 | 110,9 | 110,6 | 111,0 | 110,5 | 110,2 | 110,3 | 110,3 | 110,5       | 0,8            |
| 00:18         | 110        | 110,8   | 110,9 | 111,0 | 110,6 | 110,2 | 110,9 | 110,1 | 110,7 | 110,3 | 110,7 | 110,6       | 0,9            |
| 00:20         | 110        | 110,6   | 110,9 | 110,8 | 110,7 | 110,7 | 110,5 | 110,0 | 110,7 | 110,2 | 111,0 | 110,6       | 1,0            |
| 00:22         | 110        | 110,4   | 110,9 | 111,0 | 110,2 | 110,2 | 110,1 | 110,2 | 110,6 | 110,6 | 110,5 | 110,5       | 0,9            |
| 00:24         | 110        | 110,1   | 110,0 | 110,4 | 110,8 | 110,4 | 110,2 | 110,6 | 111,0 | 111,0 | 110,8 | 110,5       | 1,0            |
| 00:26         | 110        | 110,0   | 110,3 | 110,7 | 110,4 | 110,6 | 110,6 | 110,4 | 110,6 | 110,3 | 110,2 | 110,4       | 0,7            |
| 00:28         | 110        | 110,6   | 110,6 | 110,4 | 110,9 | 110,4 | 110,7 | 110,0 | 110,7 | 110,4 | 110,8 | 110,6       | 0,9            |
| 00:30         | 110        | 110,8   | 111,0 | 110,5 | 110,9 | 110,2 | 110,3 | 110,9 | 111,0 | 110,8 | 110,3 | 110,7       | 0,8            |
| 00:32         | 110        | 110,3   | 110,5 | 110,9 | 110,1 | 110,3 | 110,9 | 110,7 | 111,0 | 110,8 | 110,4 | 110,6       | 0,9            |
| 00:34         | 110        | 110,0   | 110,2 | 111,0 | 110,9 | 110,5 | 110,6 | 110,4 | 110,2 | 110,9 | 110,2 | 110,5       | 1,0            |
| 00:36         | 110        | 110,9   | 110,6 | 110,5 | 111,0 | 110,7 | 110,5 | 110,8 | 110,2 | 110,2 | 110,4 | 110,6       | 0,8            |
| 00:38         | 110        | 111,0   | 110,0 | 110,3 | 110,9 | 110,4 | 110,8 | 110,5 | 111,0 | 110,0 | 110,7 | 110,6       | 1,0            |
| 00:40         | 110        | 110,8   | 110,8 | 110,2 | 110,9 | 110,6 | 110,9 | 110,7 | 110,0 | 110,7 | 110,2 | 110,6       | 0,9            |
| 00:42         | 110        | 110,8   | 110,9 | 110,3 | 110,7 | 111,0 | 110,5 | 110,3 | 110,8 | 110,2 | 110,7 | 110,6       | 0,8            |
| 00:44         | 110        | 110,0   | 110,5 | 111,0 | 110,4 | 110,5 | 110,5 | 110,8 | 110,8 | 110,5 | 110,7 | 110,6       | 1,0            |
| 00:46         | 110        | 111,0   | 110,1 | 111,0 | 110,6 | 110,9 | 110,7 | 110,3 | 110,9 | 110,4 | 110,5 | 110,6       | 0,9            |
| 00:48         | 110        | 110,6   | 110,2 | 110,5 | 110,1 | 111,0 | 110,2 | 110,8 | 110,4 | 110,9 | 110,1 | 110,5       | 0,9            |
| 00:50         | 110        | 110,9   | 110,9 | 110,7 | 110,4 | 110,4 | 110,2 | 110,1 | 110,1 | 110,2 | 110,8 | 110,5       | 0,8            |
| T. PROM.      | 110        | 110,5   | 110,6 | 110,6 | 110,6 | 110,5 | 110,6 | 110,4 | 110,6 | 110,6 | 110,5 | 110,5       |                |
| T. MAX.       | 110        | 111,0   | 111,0 | 111,0 | 111,0 | 111,0 | 111,0 | 110,9 | 111,0 | 111,0 | 111,0 | 111,0       |                |
| T. MIN.       | 110        | 110,0   | 110,0 | 110,2 | 110,1 | 110,0 | 110,1 | 110,0 | 110,0 | 110,0 | 110,0 | 110,0       |                |

**Nomenclatura:**

- T. P Promedio de indicaciones corregidas de los termopares para un instante de tiempo.
- Tm: Diferencia entre máxima y mínima temperatura para un instante de tiempo.
- T. P Promedio de indicaciones corregidas para a cada termocupla durante el tiempo total.
- T. N La Máxima de las indicaciones para cada termocupla durante el tiempo total.
- T. N La Mínima de las indicaciones para cada termocupla durante el tiempo total.

**ARSOU GROUP S.A.C.**

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



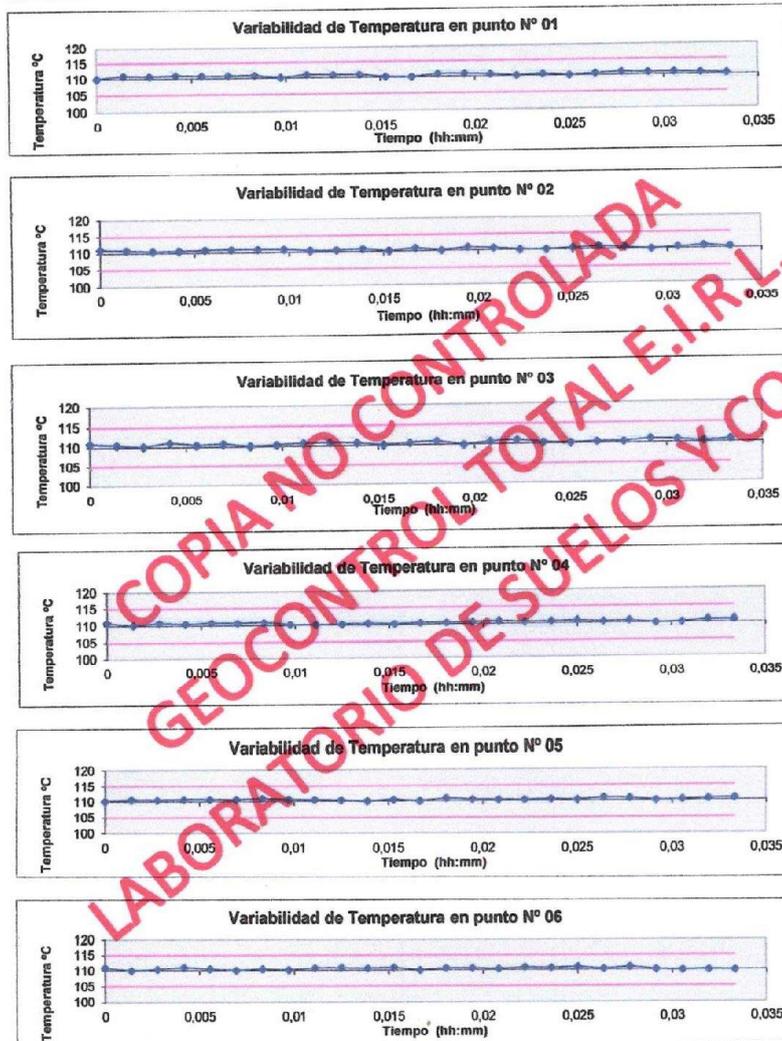
**ARSOU GROUP S.A.C**

Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



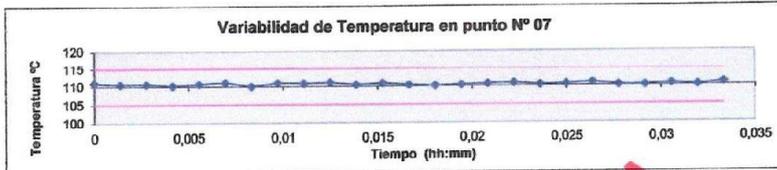
Arsou Group  
Laboratorio de Metrología

GRÁFICO



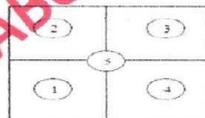
ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Juan Luis Arevalo Cárnica  
METROLOGÍA

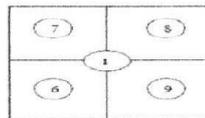


COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

DISTRIBUCIÓN DE LA TEMPERATURA EN EL ESPACIO



NIVEL SUPERIOR



NIVEL INFERIOR

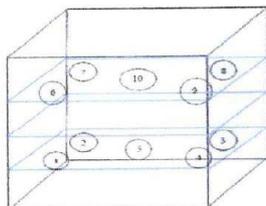


**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



GRÁFICO DE DISTRIBUCIÓN DE SENSORES DE TEMPERATURA



PANEL FRONTAL DEL EQUIPO

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura  $k=2$ .
3. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



ARSOU GROUP S.A.C.

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

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 1169-117-2020

Página 1 de 3

**Fecha de emisión** 2020/11/09

**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Dirección** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Instrumento de medición** BALANZA

**Identificación** 1169-117-2020

**Intervalo de indicación** 600 g

**División de escala Resolución** 0.01 g

**División de verificación (e)** 0.01 g

**Tipo de indicación** Digital

**Marca / Fabricante** OHAUS

**Modelo** S11002F

**N° de serie** B42815301

**Procedencia** USA

**Ubicación** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

**Lugar de calibración** Laboratorio GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Fecha de calibración** 2020/11/09

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

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

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

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

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

**COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**

ARSOU GROUP S.A.C.  
*Hugo Luis Arevalo Carlica*  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carlica  
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.  
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego M2 C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú.  
Teif: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com



**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 1169-117-2020

Página 2 de 3

Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad                     | Patrón Utilizado           | Certificado de Calibración |
|----------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia de INACAL | Juego de Pesas de 1g a 2kg | 0828-LM-2019               |
| Patrones de referencia de INACAL | Pesa de 5 kg               | 0828-LM-2019               |
| Patrones de referencia de INACAL | Pesa de 10 kg              | 0827-LM-2019               |
| Patrones de referencia de INACAL | Pesa de 25 kg              | 0170-CLM-2019              |

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental Inicial: 21,5 °C Final: 21,9 °C  
 Humedad Relativa Inicial: 68 %hr Final: 69 %hr  
 Presión Atmosférica Inicial: 1015 mb Final: 1015 mb

Resultados

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

| Medición N° | Carga L1= 150 g |        | Carga L2= 300 g |       |
|-------------|-----------------|--------|-----------------|-------|
|             | I (g)           | E (g)  | I (g)           | E (g) |
| 1           | 150.0           | -0.001 | 300             | 0.005 |
| 2           | 150.0           | -0.004 | 300             | 0.004 |
| 3           | 150.0           | -0.004 | 300             | 0.006 |
| 4           | 150.0           | 0.003  | 300             | 0.003 |
| 5           | 150.0           | 0.003  | 300             | 0.005 |
| 6           | 150.0           | 0.000  | 300             | 0.007 |
| 7           | 150.0           | -0.004 | 300             | 0.003 |
| 8           | 150.0           | -0.008 | 300             | 0.005 |
| 9           | 150.0           | -0.006 | 300             | 0.004 |
| 10          | 150.0           | 0.005  | 300             | 0.004 |

| Carga (g) | Diferencia Máxima Encontrada (g) | Error Máximo Permitido (g) |
|-----------|----------------------------------|----------------------------|
| 150       | 0                                | 0.05                       |
| 300       | 0                                | 0.3                        |

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

ARSOU GROUP S.A.C  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carrillo  
METROLOGÍA



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



**Arso Group**  
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 1169-117-2020

Página 3 de 3

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

| Posición de la Carga | Determinación de E <sub>0</sub> |        |        |                    | Determinación de E <sub>0</sub> |        |        |        |                    |
|----------------------|---------------------------------|--------|--------|--------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|--------------------|
|                      | Carga Min <sup>(1)</sup> (g)    | I (kg) | ΔL (g) | E <sub>0</sub> (g) | Carga L (g)                     | I (kg) | ΔL (g) | E (g)  | E <sub>c</sub> (g) |
| 1                    | 1                               | 1      | 0.004  | -0.001             | 100                             | 100    | 0.006  | -0.001 | 0.001              |
| 2                    |                                 | 1      | 0.006  | -0.004             |                                 | 100    | 0.006  | -0.001 | 0.004              |
| 3                    |                                 | 1      | 0.005  | 0.004              |                                 | 100    | 0.004  | -0.002 | 0.000              |
| 4                    |                                 | 1      | 0.007  | 0.001              |                                 | 100    | 0.001  | 0.000  | 0.003              |
| 5                    |                                 | 1      | 0.009  | -0.002             |                                 | 100    | 0.004  | 0.004  | 0.002              |

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

**ENSAYO DE LINEALIDAD**

| Carga L (g) | Crecientes |        |        |                    | Decrecientes |        |        |                    | EM <sub>p</sub> (±g) |
|-------------|------------|--------|--------|--------------------|--------------|--------|--------|--------------------|----------------------|
|             | I (g)      | ΔL (g) | E (g)  | E <sub>c</sub> (g) | I (g)        | ΔL (g) | E (g)  | E <sub>c</sub> (g) |                      |
| 1.00        | 1.00       | 0.004  | -0.001 | 0.004              | 1.00         | 0.006  | 0.001  | 0.004              | 0.1                  |
| 2.00        | 2.00       | 0.006  | 0.004  | 0.004              | 2.00         | 0.006  | 0.001  | 0.004              | 0.1                  |
| 5.00        | 5.00       | 0.002  | 0.005  | 0.003              | 5.00         | 0.005  | 0.004  | -0.003             | 0.1                  |
| 10.00       | 10.00      | 0.007  | 0.004  | 0.005              | 10.00        | 0.009  | 0.003  | -0.003             | 0.1                  |
| 20.00       | 20.00      | 0.005  | 0.004  | 0.005              | 20.00        | 0.006  | 0.005  | 0.001              | 0.1                  |
| 50.00       | 50.00      | 0.004  | 0.008  | 0.003              | 50.00        | 0.004  | -0.004 | 0.003              | 0.1                  |
| 100.00      | 100.00     | 0.005  | 0.008  | 0.003              | 100.00       | 0.005  | 0.004  | 0.004              | 0.1                  |
| 200.00      | 200.00     | 0.004  | 0.004  | 0.005              | 200.00       | 0.005  | -0.003 | -0.002             | 0.1                  |
| 300.00      | 300.00     | 0.009  | 0.004  | 0.004              | 300.00       | 0.003  | -0.008 | -0.01              | 0.5                  |
| 500.00      | 500.00     | 0.015  | 0.008  | 0.001              | 500.00       | 0.014  | -0.014 | -0.01              | 0.5                  |
| 600.00      | 599.99     | 0.009  | 0.006  | 0.005              | 599.99       | 0.02   | -0.015 | -0.018             | 0.5                  |

**Leyenda**

I: Indicación de la balanza

ΔL: Carga Incrementada

E: Error encontrado

E<sub>0</sub>: Error en cero

E<sub>c</sub>: Error corregido

EM<sub>p</sub>: Error máximo permitido

**INCERTIDUMBRE EXPANDIDA Y LECTURA CORREGIDA**

$$\text{Incertidumbre Expandida } U_R = 2 \cdot \sqrt{0.00002 \text{ g}^2 + 0.0000054019412 \text{ R}^2}$$

$$\text{Lectura Corregida } R_{\text{corregida}} = R + 211.420922081 \cdot R$$

R: Indicación de lectura de balanza (g)

**Observaciones**

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

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica  
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

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



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
N° 1173-117-2020

Página 1 de 3

Fecha de emisión 2020/11/09  
Solicitante GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
Dirección AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO  
SAN ROMAN - JULIACA  
Instrumento de medición COPA CASAGRANDE  
Identificación 1173-117-2020  
Marca FORNEY  
Modelo LA - 3715  
Serie 1173-117-2020  
Mecanismo Manual  
Ranurador BRONZE  
Procedencia PERU

Ubicación AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO -  
SAN ROMAN - JULIACA  
Lugar de calibración Laboratorio de GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

Fecha de calibración 2020/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 5ta. Ed., "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del Instituto Nacional de la Calidad - INACAL y la Norma del MTC 110.

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

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

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

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

ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGIA



**ARSOU GROUP S.A.C.**

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



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 1173-117-2020

Página 2 de 3

Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                       | Certificado de Calibración  |
|--------------|--|---|
| INACAL       | Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm | M 06-76-2019 con trazabilidad - ILLI-CC-040-2019, LLA-397-2018, LLA-229-2018 - Laboratorio Acreditado Registro N° LC-017. |

Condiciones ambientales durante la calibración

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 21,8 °C   | Final: 22,8 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 65 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

Resultados

IMAGEN N° 01

| Dimensiones       | Aparato de Limite Líquido<br>Conjunto de Cazuela |                    |                        |   | Base    |       |       | Ramrador<br>Extremo Curvado |                |       |
|-------------------|--|--------------------|------------------------|---|---------|-------|-------|-----------------------------|----------------|-------|
|                   | A  | B                  | C                      | N   | K       | L     | M     | a                           | b              | c     |
| Descripción       | Radio de la Copa                                 | Espesor de la Copa | Profundidad de la Copa | Copa desde la guía del elevador hasta la base | Espesor | Largo | Ancho | Espesor                     | Borde Cortante | Ancho |
| Métrico, mm       | 54   | 20                 | 27                     | 47  | 50      | 150   | 125   | 10.0                        | 2.0            | 13.5  |
| Tolerancia, mm    |  | 0.1                | 1                      | 1.5   | 5       | 5     | 5     | 0.1                         | 0.1            | 0.1   |
| Inglés, pulg.     | 2.1  | 0.079              | 1.063                  | 1.850   | 2       | 5.90  | 4.92  | 0.39                        | 0.08           | 0.53  |
| Tolerancia, pulg. | 0.008  | 0.004              | 0.4                    | 0.6   | 0.2     | 0.2   | 0.2   | 0.004                       | 0.004          | 0.004 |

TABLA N° 01

CAZUELA

| DESCRIPCIÓN | DATO PROMEDIO (mm) | TOLERANCIA (mm) | RESULTADO |
|-------------|--------------------|-----------------|-----------|
| ESPESOR     | 1.90               | +/- 0.1         | OK        |
| PROFUNDIDAD | 27.04              | +/- 1           | OK        |



ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGIA

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



**Arsou Group**  
Laboratorio de Metrología

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 1173-117-2020

Página 3 de 3

TABLA N° 02

BASE

| DESCRIPCIÓN       | DATO PROMEDIO (mm) | TOLERANCIA (mm) | RESULTADO |
|-------------------|--------------------|-----------------|-----------|
| GUÍA DEL ELEVADOR | 47.10              | +/- 1           | OK        |
| ESPESOR           | 52.08              | +/- 1           | OK        |
| LARGO             | 152.44             | +/- 5           | OK        |
| ANCHO             | 22.65              | +/- 1           | OK        |
| HUELLA            | 5.93               | +/- 1.3         | OK        |

TABLA N° 03

RANURADOR

| DESCRIPCIÓN        | DATO PROMEDIO (mm) | TOLERANCIA (mm) | RESULTADO |
|--------------------|--------------------|-----------------|-----------|
| CALIBRADO CUADRADO | 10.02              | +/- 0.2         | OK        |
| ESPESOR            | 0.09               | +/- 0.1         | OK        |
| BORDE CORTADO      | 2.05               | +/- 0.1         | OK        |
| ANCHO              | 13.40              | +/- 0.1         | OK        |

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnice  
METROLOGÍA



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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0559-041-2021

Página 1 de 3

**Arsou Group**

**Laboratorio de Metrología**

Fecha de emisión 2021/11/09

Solicitante **GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**

Dirección AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA

Instrumento de medición **MOLDE PROCTOR DE 6"**

Identificación 0559-041-2021

Marca FORNEY

Modelo NO INDICA

Serie 118

Estructura FIERRO

Acabado ZINCADO

Procedencia USA

Lugar de calibración **LABORATORIO DE GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.**

Fecha de calibración 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el procedimiento PC-012 5ta Ed. 2012., "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey", del Instituto Nacional de Calidad - INACAL y la Norma ASTM D 1557 y MTC E 115 Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada (56 000 pie-lb/pie<sup>3</sup> [2 700 kN-m/m<sup>3</sup>]).

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

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

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

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

**ARSOU GROUP S.A.C.**

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



ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0559-041-2021

Página 2 de 3

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad                    | Patrón Utilizado                          | Certificado de Calibración |
|---------------------------------|---|----------------------------|
| DSI PERÚ<br>AUTOMATION E.I.R.L. | Pie de Rey digital<br>de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 21,5 °C   | Final: 22,1 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 65 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

**Resultados**

**TABLA N° 01**  
**DIÁMETRO INTERIOR**

| PUNTO           | MEDICIÓN      | DIÁMETRO<br>ESPECIFICADO | EMP        |
|-----------------|---------------|--------------------------|------------|
| N° 1            | 151,40        | 152,4                    | +/- 0,66mm |
| N° 2            | 151,80        | 152,4                    | +/- 0,66mm |
| N° 3            | 152,00        | 152,4                    | +/- 0,66mm |
| N° 4            | 152,00        | 152,4                    | +/- 0,66mm |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>151,80</b> | <b>OK</b>                |            |

**TABLA N° 02**  
**ALTURA MEDIDO**

| PUNTO           | MEDICIÓN      | ALTURA<br>ESPECIFICADO | EMP       |
|-----------------|---------------|------------------------|-----------|
| N° 1            | 116,20        | 116,43                 | +/- 0,5mm |
| N° 2            | 116,20        | 116,43                 | +/- 0,5mm |
| N° 3            | 116,30        | 116,43                 | +/- 0,5mm |
| N° 4            | 116,20        | 116,43                 | +/- 0,5mm |
| <b>PROMEDIO</b> | <b>116,23</b> | <b>OK</b>              |           |



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

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Humberto Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0559-041-2021

Página 3 de 3

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología

TABLA N° 03

VOLUMEN

| PUNTO | MEDICIÓN | VOLUMEN<br>ESPECIFICADO | EMP       |
|-------|----------|-------------------------|-----------|
| N° 1  | 2103     | 2124                    | +/- 25 cc |

|          |      |   |    |
|----------|------|---|----|
| PROMEDIO | 2103 | : | OK |
|----------|------|---|----|

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



ARSOU GROUP S.A.C.

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

ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0561-041-2021

Página 1 de 3

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología

**Fecha de emisión** 2021/11/09  
**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
**Dirección** AV. PASEO DE LA REPUBLICA NRO. 569 INT. 701  
EDIFICIO CAPECO LIMA - LIMA - LA VICTORIA  
**Instrumento de medición** MOLDE CBR  
**Identificación** 0561-041-2021  
**Marca** NO INDICA  
**Modelo** NO INDICA  
**Serie** 184  
**Estructura** FIERRO  
**Acabado** ZINCADO

**Lugar de calibración** LABORATORIO DE GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.

**Fecha de calibración** 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

La Calibración se realizó por comparación tomando como referencia el método descrito en el PC-012: "Procedimiento de Calibración de Pie de Rey" del SNM-INDECOPI. 5ta Ed., la Norma ASTM D 1883, AASHTO T 193 y MTC E 110.CBR de Suelos.

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

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

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

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

COPIA NO CONTROLADA  
GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyyna, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. *[Signature]* Luis Arcevaldo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0561-041-2021

Página 2 de 3

**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad | Patrón Utilizado                       | Certificado de Calibración |
|--------------|--|----------------------------|
| INACAL       | Pie de Rey digital de 300 mm a 0.01 mm | L-0031-2021                |

**Condiciones ambientales durante la calibración**

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 21,8 °C   | Final: 22,8 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 65 %hr    | Final: 65 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

**Resultados**

**TABLA N° 01**  
**DIÁMETRO INTERIOR**

| PUNTO | MEDICIÓN | DIÁMETRO ESPECIFICADO | EMP        |
|-------|----------|-----------------------|------------|
| N° 1  | 152,20   | 152,4                 | +/- 0,66mm |
| N° 2  | 152,10   | 152,4                 | +/- 0,66mm |
| N° 3  | 152,10   | 152,4                 | +/- 0,66mm |
| N° 4  | 152,20   | 152,4                 | +/- 0,66mm |

PROMEDIO 152,15 : OK

**TABLA N° 02**  
**ALTURA MEDIDO**

| PUNTO | MEDICIÓN | ALTURA ESPECIFICADO | EMP        |
|-------|----------|---------------------|------------|
| N° 1  | 177,50   | 177,8               | +/- 0,46mm |
| N° 2  | 178,00   | 177,8               | +/- 0,46mm |
| N° 3  | 177,50   | 177,8               | +/- 0,46mm |
| N° 4  | 177,20   | 177,8               | +/- 0,46mm |

PROMEDIO 177,55 : OK



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyña, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C

Fig. Luis Arévalo Garnica  
METROLOGÍA



**Arso Group**

Laboratorio de Metrología

**TABLA N° 03**  
**ACCESORIOS**

**Sobrecarga Anular**

| Diámetro (mm)   | Promedio | Tolerancia    | Resultado |
|-----------------|----------|---------------|-----------|
| 150,47    150,3 | 150,39   | 150,0 +/- 0,8 | OK        |
| Peso (g)        | 2269     | 2270 +/- 20   | OK        |

**Sobrecarga Ranurada**

| Diámetro (mm)    | Promedio | Tolerancia    | Resultado |
|------------------|----------|---------------|-----------|
| 151,23    149,73 | 150,48   | 150,0 +/- 0,8 | OK        |
| Peso (g)         | 2271     | 2270 +/- 20   | OK        |

**Placa de Aumento de Volumen**

| Diámetro (mm)    | Promedio | Tolerancia    | Resultado |
|------------------|----------|---------------|-----------|
| 148,14    148,14 | 148,14   | 149,6 +/- 1,6 | OK        |

**Observaciones**

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. (\*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
3. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

**COMPARNO CONTROLADA**  
**GEOCONITEL TOTAL E.I.R.L.**  
**LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO**



**ARSOU GROUP S.A.C.**

Mza. E Lote 2 Urb. La virreyna, San Martín de Porres, Lima, Perú  
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437  
ventas@arsougroup.com  
www.arsougroup.com

ARSOU GROUP S.A.C.  
Ing. Humberto Arávalo Carnica  
METROLOGÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
N° 0556-041-2021

Página 1 de 3

**Arsou Group**

**Laboratorio de Metrología**

**Fecha de emisión** 2021/11/09  
**Solicitante** GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
**Dirección** AV. CIRCUNVALACION NORTE NRO. 1728 PUNO - SAN ROMAN - JULIACA  
**Instrumento de medición** PRENSA CBR CON CELDA DE CARGA  
**Identificación** 0556-041-2021  
**Marca Prensa** P Y S EQUIPOS  
**Celda de Carga** NO IDNICA  
**Modelo** TCP-036  
**Serie** 105  
**Capacidad** 5,000 kgf  
**Indicador** Digital  
**Procedencia** PERÚ  
**Lugar de calibración** LABORATORIO DE GEOCONTROL TOTAL E.I.R.L.  
**Fecha de calibración** 2021/11/09

**Método/Procedimiento de calibración**

El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines". Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

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

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

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

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



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

ARSOU GROUP S.A.C.

Ing. Ruy Luis Arceño García  
METROLOGÍA



**Arsou Group**

Laboratorio de Metrología  
Patrones e Instrumentos auxiliares

| Trazabilidad                   | Patrón Utilizado         | Certificado de Calibración |
|--------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| Patrones de referencia de PUCP | Celda de Carga de 100 TN | INF-LE N° 175-21           |

Condiciones ambientales durante la calibración INF-LE N° 175-21

|                       |                    |                  |
|-----------------------|--------------------|------------------|
| Temperatura Ambiental | Inicial: 18,3 °C   | Final: 18,0 °C   |
| Humedad Relativa      | Inicial: 87 %hr    | Final: 87 %hr    |
| Presión Atmosférica   | Inicial: 1015 mbar | Final: 1015 mbar |

**Resultados**

**TABLA N° 01**  
**CALIBRACION DE ANILLO DE CARGA**

| SISTEMA DIGITAL "A"<br>Kg | SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON ( Kg) |                 |            |                | PROMEDIO "B"<br>Kg | ERROR   |         | RPTBLD<br>Rp<br>% |
|---------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------|----------------|--------------------|---------|---------|-------------------|
|                           | SERIE (1)<br>Kg                     | SERIE (2)<br>Kg | ERROR<br>% | ERROR (2)<br>% |                    | Ep<br>% | Rp<br>% |                   |
| 500                       | 495,9                               | 497,4           | -0,82      | -0,52          | 496,7              | -0,67   | 0,21    |                   |
| 1000                      | 999,45                              | 999,39          | -0,05      | -0,06          | 999,4              | -0,06   | 0,00    |                   |
| 1500                      | 1502,2                              | 1501,3          | 0,15       | 0,09           | 1501,8             | 0,12    | 0,04    |                   |
| 2000                      | 2002,3                              | 2001,3          | 0,11       | 0,06           | 2001,8             | 0,09    | 0,04    |                   |
| 2500                      | 2501,1                              | 2501,5          | 0,04       | 0,06           | 2501,3             | 0,05    | 0,01    |                   |
| 3000                      | 3002,9                              | 3002,3          | 0,1        | 0,08           | 3002,6             | 0,09    | 0,01    |                   |
| 3500                      | 3502,3                              | 3502,2          | 0,07       | 0,06           | 3502,3             | 0,06    | 0,00    |                   |
| 4000                      | 4003,6                              | 4003,8          | 0,09       | 0,10           | 4003,7             | 0,09    | 0,00    |                   |

**NOTAS SOBRE CALIBRACION**

- 1.- La Calibración se hizo según norma ISO 7500-1
- 2.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$        $Rp = Error(2) - Error(1)$
- 3.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %



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

**ARSOU GROUP S.A.C.**  
Ing. Iván Luis Arevalo Carnica  
METROLOGÍA



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, CLEMENTE CONDORI LUIS JIMMY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Estabilización de subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de madera proveniente de las ladrilleras artesanales, Puno 2022", cuyo autor es ADCO CALSIN OVALDO ELMER, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 11 de Setiembre del 2022

| <b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>  | <b>Firma</b>  |
|---|---|
| CLEMENTE CONDORI LUIS JIMMY<br><b>DNI:</b> 09957407<br><b>ORCID</b> 0000-0002-0250-4363 | Firmado digitalmente por:<br>LCLEMENTECO el 11-09-<br>2022 22:01:53 |

Código documento Trilce: TRI - 0428090