

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES  
FÍSICO MECÁNICAS DE SUELOS  
COHESIVOS INCORPORANDO CENIZAS  
DE PROCEDENCIA DE LADRILLERAS  
ARTESANALES, HUANCAYO, JUNÍN 2022**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**Autor:** Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín Elí.

**Asesor:** Mtra. HERRERA MONTES, Jeannelle Sofia

**Línea de Investigación Institucional:** Infraestructura vial

**HUANCAYO – PERÚ**

**2024**

## HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

---

Presidente: Dr. Rubén Darío Tapia  
Silguera

---

Jurado 1: Mtro. Cárdenas Capcha Jesús  
Iden

---

Jurado 2: Mtro. Condori Castro Richard  
Jhonathan

---

Jurado 3: Mg. Fabian Brañez Alcides  
Luis

---

Secretario docente: Mg. Leonel  
Untiveros Peñaloza.

## **DEDICATORIA**

Este trabajo se lo dedico a mi madre, Victoria Bravo Aliaga y a mi padre Hugo Seguil Velásquez, quienes confiaron apostando en mi persona y el apoyo incondicional que me brindan en todo momento.

Bach. Seguil Bravo, Benjamín Elí

## **AGRADECIMIENTO**

Con mucha felicidad agradezco a Dios por haberme guiado, acompañado a lo largo de mi vida y sé que me seguirá apoyando y fortaleciendo en toda mi vida profesional.

Asimismo, a mis docentes de la carrera de ingeniería por su labor en mi formación profesional.

Bach. Seguil Bravo, Benjamín Elí

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0200 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la Tesis; titulada:

**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS INCORPORANDO CENIZAS DE PROCEDENCIA DE LADRILLERAS ARTESANALES, HUANCAYO, JUNÍN 2022**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **Bach. SEGUIL BRAVO BENJAMIN ELI**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) : **Mtra. HERRERA MONTES JEANNELLE SOFIA**

Fue analizado con fecha **28/05/2024**; con **161 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

**Excluye Bibliografía.**

X

Excluye citas.

**Excluye Cadenas hasta 20 palabras.**

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **25** %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.



Huancayo, 28 de mayo del 2024.

**MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI**

**JEFA**

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## CONTENIDO

DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
CONTENIDO DE TABLAS.....	ix
CONTENIDO DE FIGURAS .....	x
CONTENIDO DE ANEXOS .....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCION .....	xv
CAPÍTULO I.....	16
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	16
1.2. Delimitación del Problema.....	18
1.2.1. Delimitación espacial .....	18
1.2.2. Delimitación temporal.....	19
1.2.3. Delimitación económica.....	19
1.3. Limitaciones.....	19
1.4. Formulación de problema .....	20
1.4.1. Problema General.....	20
1.4.2. Problemas Específicos .....	20
1.5. Justificación .....	20
1.5.1. Social o práctica .....	21
1.5.2. Científica o teórica .....	21
1.5.3. Metodológica .....	21
1.6. Objetivos de la investigación .....	21
1.6.1. Objetivo General .....	21
1.6.2. Objetivos Específicos.....	22
CAPITULO II .....	23
MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes .....	23

2.1.1. Antecedentes Internacionales .....	23
2.1.2. Antecedentes Nacionales .....	24
2.2. Bases teóricas .....	27
2.2.1. Suelos Cohesivos .....	27
2.2.2. Estabilización de suelos .....	28
2.2.3. Clasificación del suelo .....	30
2.2.4. Tipos de suelos .....	33
2.2.5. Propiedades y características físicas de los suelos cohesivos .....	35
2.2.6. Factores intervinientes en el proceso en suelos cohesivos .....	38
2.2.7. La atracción entre partículas .....	39
2.2.8. Propiedades de la arcilla.....	39
2.2.9. Consistencia del suelo .....	40
2.2.10. Cenizas de Ladrilleras Artesanales .....	40
2.2.11. Calicatas .....	42
2.2.12. Máxima Densidad Seca.....	42
2.2.13. Contenido de Humedad.....	43
2.2.14. Capacidad De Soporte.....	44
2.3. Marco conceptual .....	45
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>47</b>
<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>47</b>
3.1. Hipótesis.....	47
3.1.1. Hipótesis General.....	47
3.1.2. Hipótesis Específicas .....	47
3.2. Variables .....	47
3.2.1. Definición Conceptual de la Variable .....	48
3.2.2. Definición Operacional de la Variable.....	48
3.3. Operacionalización de variables .....	48
<b>CAPITULO IV.....</b>	<b>50</b>
<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>50</b>
4.1. Método de investigación .....	50
4.2. Tipo de investigación.....	50
4.3. Nivel de investigación.....	51
4.4. Diseño de la investigación .....	51

4.5. Población y muestra .....	52
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	53
4.6.1. Técnica de investigación .....	53
4.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	53
4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	54
4.8. Procedimiento de ensayos .....	54
4.8.1 Recojo de material en campo .....	54
4.8.2 Análisis granulométrico .....	55
4.8.3. Humedad natural .....	59
4.8.4. Índice de plasticidad.....	60
4.8.5. Densidad seca y húmeda .....	63
4.8.6. Capacidad de resistencia del suelo.....	64
CAPÍTULO V .....	68
RESULTADOS.....	68
5.1. Presentación de resultados .....	68
5.2. Influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la máxima densidad seca de suelos cohesivos .....	71
5.3. Influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos.....	75
5.4 Influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la capacidad de soporte de suelos cohesivos .....	81
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	92
CONCLUSIONES .....	94
RECOMENDACIONES .....	95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	96
ANEXOS.....	99

## CONTENIDO DE TABLAS

<i>Tabla 1. Interpretación de los límites de ATTERBERG .....</i>	38
<i>Tabla 2. Coordenadas de ubicación de ladrillera de referencia.....</i>	41
<i>Tabla 3. Categorización de la subrasante según los valores de CBR.....</i>	45
<i>Tabla 4. Operacionalización de variables.....</i>	48
<i>Tabla 5. Coordenadas de puntos de muestreo.....</i>	55
<i>Tabla 6. Serie de tamices de abertura cuadrada.....</i>	55
<i>Tabla 7. Datos de las calicatas.....</i>	69
<i>Tabla 8. Ensayos de clasificación de suelos y propiedades físicas de la sub rasante... </i>	69
<i>Tabla 9. Características y propiedades físicas del suelo .....</i>	70
<i>Tabla 10. Valores de densidad de subrasantes.....</i>	72
<i>Tabla 11. Comportamiento de la densidad en las muestras estabilizadas.....</i>	73
<i>Tabla 12. Variación de la densidad en las muestras.....</i>	74
<i>Tabla 13. Prueba T STUDENT para densidad.....</i>	75
<i>Tabla 14. Comportamiento de humedad en las subrasantes .....</i>	76
<i>Tabla 15. Humedad de las muestras estabilizadas.....</i>	77
<i>Tabla 16. Variación de humedad en las muestras.....</i>	78
<i>Tabla 17. Prueba T STUDENT para humedad en las muestras.....</i>	79
<i>Tabla 18. Capacidad de soporte de las muestras simples.....</i>	82
<i>Tabla 19. CBR de las muestras estabilizadas.....</i>	83
<i>Tabla 20. Variación del CBR al 100%.....</i>	84
<i>Tabla 21. Prueba t student para CBR.....</i>	86
<i>Tabla 22. Aporte técnico.....</i>	89
<i>Tabla 23. Costo de la estabilización.....</i>	90

## CONTENIDO DE FIGURAS

<i>Figura 1. Ubicación a investigar - jr. loreto - anexo de cochas chico.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2. Propiedades y características físicas de los suelos cohesivos .....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3. Máxima densidad seca vs. Optimo contenido de humedad .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 4. Contenido de humedad .....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 5. Capacidad de soporte .....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 6. Clasificación de suelos – SUCS.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 7. Clasificación de suelos – AASHTO .....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 8. Ensayo de contenido de humedad.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 9. Ensayo de limite líquido .....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 10. Ensayo de limite plástico .....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 11. Comportamiento de la densidad de las muestras .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 12. Comportamiento de la densidad estabilizada.....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 13. Comparativo de densidad.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 14. Comportamiento de la humedad en las muestras simples.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 15. Comportamiento de la humedad estabilizada .....</i>	<i>77</i>
<i>Figura 16. Comparativo de humedad.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 17. Relación humedad densidad subrasante 01 .....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 18. Relación humedad densidad subrasante 02 .....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 19. Relación humedad densidad subrasante 03 .....</i>	<i>81</i>
<i>Figura 20. CBR de las muestras simples.....</i>	<i>82</i>
<i>Figura 21. CBR de las muestras estabilizadas .....</i>	<i>84</i>
<i>Figura 22. Comparativo de CBR.....</i>	<i>85</i>
<i>Figura 23. Comparativo de cbr subrasante 01.....</i>	<i>86</i>
<i>Figura 24. Comparativo de CBR de la subrasante 02 .....</i>	<i>87</i>
<i>Figura 25. Comparativo de CBR para subrasante 03.....</i>	<i>88</i>
<i>Figura 26. Excavación de suelo en la sección de subrasante c-1. ....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 27. Excavación de suelo en la sección de subrasante c-2. ....</i>	<i>102</i>
<i>Figura 28. Excavación de suelo en la sección de subrasante c-3. ....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 29. Ceniza procedencia de ladrilleras artesanales. ....</i>	<i>103</i>
<i>Figura 30. Ensayo de cuarteo para reducción de muestra a tamaño de ensayo. ....</i>	<i>104</i>
<i>Figura 31. Lavado para determinar el porcentaje de finos que pasa la malla n° 200</i>	<i>104</i>

<i>Figura 32. Ensayo de análisis granulométrico en laboratorio.</i> .....	105
<i>Figura 33. Granulometría de calicata c-01.</i> .....	105
<i>Figura 34. Ensayo de límite líquido.</i> .....	106
<i>Figura 35. Ensayo de límite plástico.</i> .....	106
<i>Figura 36. Recolección de datos de los ensayos de límite líquido y plástico.</i> .....	107
<i>Figura 37. Ensayo de compactación - PROCTOR modificado.</i> .....	107
<i>Figura 38. Muestra para el contenido de humedad - PROCTOR modificado</i> .....	108
<i>Figura 39. Ensayo de CBR en cada espécimen.</i> .....	108
<i>Figura 40. Especímenes de CBR sumergidas.</i> .....	109
<i>Figura 41. Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 5% de ceniza.</i> .....	109
<i>Figura 42. Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 10% de ceniza.</i> .....	110
<i>Figura 43. Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 15% de ceniza.</i> .....	110

**CONTENIDO DE ANEXOS**

<i>Anexo 1. Matriz de consistencia .....</i>	<i>99</i>
<i>Anexo 2. Panel fotográfico .....</i>	<i>102</i>
<i>Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos.....</i>	<i>111</i>
<i>Anexo 4. Perfiles estratigráficos.....</i>	<i>112</i>
<i>Anexo 5. Ensayo de laboratorio .....</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 6. Calicata – 01 progresiva 0+070.....</i>	<i>115</i>
<i>Anexo 7. Calicata – 02 progresiva 0+070.....</i>	<i>119</i>
<i>Anexo 8. Calicata – 03 progresiva 0+070.....</i>	<i>123</i>
<i>Anexo 9. Calicata – 01 suelo natural + 5% de ceniza .....</i>	<i>127</i>
<i>Anexo 10. Calicata – 02 suelo natural + 5% de ceniza .....</i>	<i>129</i>
<i>Anexo 11. Calicata – 03 suelo natural + 5% de ceniza .....</i>	<i>131</i>
<i>Anexo 12. Calicata – 01 suelo natural + 10% de ceniza .....</i>	<i>133</i>
<i>Anexo 13. Calicata – 02 suelo natural + 10% de ceniza .....</i>	<i>135</i>
<i>Anexo 14. Calicata – 03 suelo natural + 10% de ceniza .....</i>	<i>137</i>
<i>Anexo 15. Calicata – 01 suelo natural + 15% de ceniza .....</i>	<i>139</i>
<i>Anexo 16. Calicata – 02 suelo natural + 15% de ceniza .....</i>	<i>141</i>
<i>Anexo 17. Calicata – 03 suelo natural + 15 % de ceniza .....</i>	<i>143</i>
<i>Anexo 18. Certificado de calibración.....</i>	<i>145</i>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como problema general : “¿De qué manera influye las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022?, cuyo objetivo general es: “Determinar la influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022”, La hipótesis general planteado fue: “La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022”. El método de investigación fue el científico, tipo de investigación fue aplicada, el nivel de investigación fue Descriptivo- Explicativo y diseño de investigación fue experimental. Se evaluó en laboratorio y determinó que los resultados del objetivo general muestran que la incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022 concluyendo en que las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, optimizan la densidad y la capacidad de soporte, en ésta última propiedad puede hasta duplicar el valor de las muestras simples, mientras que, en la propiedad de humedad la disminuye en una razón de 8,72%, por lo que se plantea la incorporación de 15% cenizas en los suelos cohesivos, para optimizar su densidad, humedad y soporte en la subrasante evitando posibles fallos de deslizamiento y fracturas de las estructuras proyectadas.

**Palabras Clave:** Cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, suelos cohesivos, propiedades físico mecánicas.

## ABSTRACT

The general problem of this research work was: "How does ash from artisanal brickyards influence the improvement of the physical-mechanical properties of cohesive soils, Huancayo-Junín, 2022?" The general objective was: "Determine the influence of ashes from artisanal brickyards on the improvement of the physical-mechanical properties of cohesive soils, Huancayo-Junín, 2022", The general hypothesis proposed was: "The incorporation of ashes from artisanal brickyards has a significant influence in the improvement of the physical-mechanical properties of cohesive soils, Huancayo-Junín, 2022". The research method was scientific, the type of research was applied, the level of research was Descriptive-Explanatory and the research design was experimental. It was evaluated in the laboratory and determined that the results of the general objective show that the incorporation of ashes from artisanal brickyards significantly influences the improvement of the physical-mechanical properties of cohesive soils, Huancayo-Junín, 2022, concluding that the ashes of origin from artisanal brickyards, optimize the density and support capacity, in this last property it can even double the value of the simple samples, while, in the humidity property it decreases it at a rate of 8.72%, therefore that the incorporation of 15% ash in the cohesive soils is proposed, to optimize its density, humidity and support in the subgrade, avoiding possible sliding failures and fractures of the projected structures.

Keywords: Ashes from artisanal brickyards, cohesive soils, physical-mechanical properties.

## INTRODUCCION

En la actualidad la sociedad peruana viene atravesando una problemática en diversas regiones, la cual es la ausencia de rutas pavimentadas por escasas de conexiones rurales, realidad que se relaciona con la inestabilidad de las tierras, deslizamiento de tierras, movimientos tectónicos los cuales origina un deterioro en las carreteras poniendo en riesgo a las personas que utilizan dichas vías, además de ocasionar la pérdida de vidas siendo una realidad que mayormente se logra evidenciar en zonas rurales o pueblos aledaños.

En tal sentido, se desarrolló una investigación para mejorar las propiedades físico mecánicas de los suelos cohesivos de Huancayo - Junín 2022, por medio de la incorporación de cenizas provenientes de ladrilleras artesanales en las proporciones, 5% 10% y 15%, aplicándose los ensayos de, Proctor Modificado para obtener la densidad máxima y el contenido de humedad y el ensayo de CBR para determinar la capacidad de soporte.

La estructura de la tesis se compone de los siguientes capítulos.

**Capítulo I:** Planteamiento del Problema: se describe la realidad problemática, delimitaciones, limitaciones, formulación, justificación y objetivos.

**Capítulo II:** Marco Teórico: se analizan los antecedentes internacionales y nacionales del problema de estudio, bases teóricas y marco conceptual.

**Capítulo III:** Hipótesis: se estructuraron las hipótesis de trabajo y las variables.

**Capítulo IV:** Metodología: se explica sobre el tipo, nivel, diseño y método de investigación, técnicas de recolección y procesamiento de datos.

**Capítulo V:** Resultados: se presentaron los resultados de las pruebas y comportamiento de las propiedades analizadas con y sin la estabilización.

**Capítulo VI:** Análisis y discusión de los resultados: se contrastaron los hallazgos de la investigación con los referentes teóricos de la misma.

Para finalizar, se presentaron las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Descripción de la realidad problemática

Dentro del Perú los eventos naturales son habituales, fundamentalmente en tiempos de lluvias, como resultado de ello son los perjuicios causados a las carreteras y por el tema monetario no se da un óptimo mantenimiento vial, esto tiende a afectar a la movilización para las diversas actividades económicas. A nivel mundial se ha hablado acerca del suelo, así como sobre la efectividad del mismo y su relevancia para lograr una buena subrasante para la pavimentación. Diversos estudios establecen que el suelo tiene un rol significativo puesto que es definitivo para trabajos de pavimentación, sin embargo, el estado natural del suelo no siempre posee tipologías y características para hacerle frente a los impactos del clima y del tráfico, por ello es preciso proponer métodos innovadores y cumplir con los requerimientos del proyecto (1).

En este sentido, las modificaciones del suelo en carreteras se establecen como estabilización de suelo, en el cual se ejecutan las correcciones químicas o mecánicas de forma que quede estable para su utilización, en el cual se debe cumplir con los juicios económicos y posibilidad técnica. En efecto, existen diversas técnicas, pero la estabilidad de carreteras cuando se emplea las mezclas de suelo y cemento, lo cual permite que tenga mayor firmeza a la presión, durabilidad ante condiciones atmosféricas rígidas,

disminución en el consumo de materiales y disminución en costos y efectividad en el mantenimiento (2).

De modo que, actualmente, para establecer un suelo coherente existen muchos métodos, basados en estudios científicos que han sido confirmados experimentalmente; Otro método de utilización de diferentes materiales muy común, pero muy útil que ha cambiado mucho en la construcción de caminos y caminos. “Hasta la fecha no se han realizado pruebas experimentales detalladas para determinar el comportamiento de suelos cohesivos en diferentes regiones del Perú” (3).

Por otro lado, el MTC, que es responsable de la construcción de caminos pavimentados, tiene un problema con la presencia de suelos compactados que se sabe que son infértiles, lo que representa un problema para los caminos porque son muy importantes. En términos de desarrollo nacional, también se diferencian porque no cumplen con los requisitos técnicos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (Senamhi), el cual tiene el propósito de dar información sobre la precipitación que se lleva a cabo en las distintas regiones del Perú. En la ciudad de Huancayo en los meses de febrero hasta el mes de abril el cual se generan lluvias ocasionando lodos en las calles de la ciudad provocan caminos y calles intransitables.

Considerando que la resistencia mecánica de los suelos cohesivos es pobre, lo cual "se ha observado en la construcción, que implica retirar y reemplazar los materiales que se encuentran en el suelo natural con materiales seleccionados que tengan buenas propiedades mecánicas, estos métodos de renovación conllevan un aumento significativo en el costo del proyecto” (4).

Realidad que se hace presente en diversos lugares en la región de Huancayo específicamente en el Jr. Loreto en el anexo de cochas chico de la municipalidad del El Tambo, Huancayo, que presenta un tipo de suelo cohesivo en la subrasante que en el tiempo de precipitaciones el suelo genera un lodo blando que causa la vía intransitable y así en varios puntos de la ciudad de Huancayo por el tipo de suelo cohesivo, el cual debe ser mejorado por la propuesta presentada con la ceniza de procedencia de ladrilleras artesanales que ayudara a mejorar las propiedades físico mecánicas del suelo.

## **1.2. Delimitación del Problema**

### **1.2.1. Delimitación espacial**

Se consideró dos espacios para la obtención de los hallazgos; uno fue la toma de muestras para conformar las subrasantes, ubicado en el Jr. Loreto del Anexo de Cochas Chico en Distrito de El Tambo de la región de Junín a un radio de 1,0 km cuya ubicación a investigar se aprecia en la Figura 1 y el otro espacio fue el laboratorio de suelos, para la ejecución de los ensayos físico mecánicos.

### Figura 1.

Ubicación a investigar - jr. loreto - anexo de cochas chico



*Nota:* Ubicación a investigar - jr. loreto - anexo de cochas chico. Fuente: *Google Earth*, 2023

#### 1.2.2. Delimitación temporal

El estudio se llevó a cabo durante un período de nueve meses, partiendo de diciembre de 2022, hasta agosto de 2023, en el cual, se tomaron las muestras, se realizaron ensayos y construcción de borradores de trabajo.

#### 1.2.3. Delimitación económica

El financiamiento de la investigación fue realizado por el investigador.

### 1.3. Limitaciones

El principal obstáculo fue encontrar el material para estabilizar el suelo cohesivo de la subrasante, en virtud de que, las ladrilleras de Huancayo no cuentan con un sistema de acopio para los residuos de producción, lo que conllevó a encontrar dicha materia con

gestiones propias en la empresa informal de ladrillera artesanal que se seleccionó por la ubicación cerca al proyecto investigado.

## **1.4. Formulación de problema**

### **1.4.1. Problema General**

¿Cómo puede mejorarse las propiedades físico mecánicas de los suelos cohesivos con la incorporación de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo-Junín, 2022?

### **1.4.2. Problemas Específicos**

- ¿Cómo influye las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la máxima densidad seca de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022?
- ¿Cómo influye las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022?
- ¿Cómo influye las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la capacidad de soporte de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022?

## **1.5. Justificación**

Trata de resaltar los aspectos económicos y ambientales que promueve la reutilización de material que en algunos puntos desechan este material o no encuentran el uso adecuado, que ya culminó su vida útil fabricando ladrillos artesanales y puede emplearse como un aditivo que mejore las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos. La adquisición de este material será mínima a comparación de algún otro aditivo o realizar el acarreo de un suelo óptimo.

### **1.5.1. Social o práctica**

La investigación presentada se centra en el mejoramiento del suelo según los equipos mecánicos mediante la adición de ceniza de ladrillos artificiales que es el resultado de la quema y secado de los ladrillos; el cual permite hallar este material mezclado de varios tipos de madera e impurezas de minerales encontrados en los hornos.

### **1.5.2. Científica o teórica**

La presente investigación se basará en relacionar los aspectos técnicos usando la ceniza de procedencia de ladrilleras artesanales con la muestra padrón y pudiendo así examinar cómo contribuye a la mejora de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos.

### **1.5.3. Metodológica**

La investigación propuesta tiene como importancia ser antecedente para futuras investigaciones análogas a esta investigación con el fin de generar nuevos conocimientos sobre el uso de ceniza para mejorar las propiedades mecánicas de suelos.

Donde este estudio muestra el aprovechamiento de cenizas de diferentes tipos de madera obtenidas de los tradicionales hornos ladrilleros disponibles en la región, lo cual será útil para mejorar la mecánica del suelo en un modelo de prueba utilizando diferentes porcentajes de suelo y cenizas de ladrillos de madera.

## **1.6. Objetivos de la investigación**

### **1.6.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.

### **1.6.2. Objetivos Específicos**

- Determinar de qué manera influyen las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la máxima densidad seca de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.
- Evaluar de qué manera influyen las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.
- Analizar de qué manera influyen las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la capacidad de soporte de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **2.1.1. Antecedentes Internacionales**

Según Laguna y Chacón en el 2020 (5), en la tesis de pregrado titulado: “Análisis comparativo a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café”, fijo como objetivo: analizar los resultados de comportamiento de la resistencia de un suelo mejorado con cenizas de cascarilla de café y cascarilla de arroz, determinar qué tipo de aditivo obtuvo resultados óptimos en conexión a costo y calidad. Aplicando una metodología: el presente trabajo a investigar tiene un método descriptivo basado a un criterio técnico que describe un análisis comparativo de muestras, obtuvo el resultado: porcentaje óptimo de mejora de la resistencia de suelos finos con la adición de C.C.C. es del 18% en C.B.R. mínimo 87% y máximo 97% lo que significa que es apto y con C.C.A. Muestra que tiene un puntaje de 17% como mejorador y estabilizador con un mínimo de 27% y un máximo de 87% y tiene un desplazamiento de 1” a 2”, ideal para suelos finos aplicando cargas pesadas y uniformemente distribuidas. Finalmente llegaron a una conclusión: se había establecido que la C.C.A. se comporta mejor en suelos arcillosos y además tiene mayor capacidad de carga que el C.C.C., soportando esfuerzos superiores a 600 Kpa, con 4% C.C.A y 10% C.C.C. en mejoras menores del suelo (5).

Gallegos y Paredes en el año 2019, en la tesis de pregrado titulado: “Modificación de las propiedades mecánicas de una base granular mediante la incorporación de escoria de acero a través del ensayo CBR, caso de estudio mina san Antonio”, fijo como objetivo: modificar las propiedades mecánicas de una base granular combinada con diversos porcentajes de escoria de acero mediante la determinación del índice de CBR, caso de estudio mina San Antonio (6). Aplicando una metodología: en el siguiente trabajo de investigación se aplicará una metodología experimental y explicativo, obtuvo como resultado: La muestra estándar tuvo un valor de 27 en su C.B.R. base granular, la adición de escoria aumentó en proporción al aumento porcentual, mientras que en el caso de la muestra con 5% de adición se observa una mínima disminución, mientras que la adición de 40% de escoria da como resultado C.B.R. valores de 39 y 51 para valores de penetración de 0.1” y 0.2”, respectivamente, aumentando así su resistencia en aproximadamente un 40% respecto al valor inicial. Finalmente, para resumir: se logró aumentar la resistencia del sustrato hasta en un 40% en comparación con la muestra estándar, pero no fue posible cumplir con los requisitos mínimos de la normativa debido a las malas propiedades mecánicas, se puede concluir que Este trabajo de investigación es aplicable al mejoramiento de bases que presentan deficiencias del orden del 40% con relación al C.B.R. mínimo valores que debe cumplir criterios específicos (6).

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Según Santa Cruz en el 2018, en la tesis de pregrado Titulado: “Efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas del suelo cohesivo, Satipo, Junín”, fijo como objetivo general: determinar los efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas y físicas del suelo cohesivo para la sub rasante de la trocha carrozable Pitucuna, Satipo, Junín 2018. Aplicando una metodología: en el presente trabajo realizado de investigación

es experimental y explicativo, obtuvo el resultado: La incorporación del aceite quemado provocó cambios y efectos en las propiedades mecánicas y físicas del suelo alterado, lo que desencadenó una reacción química, ayudando a liberar agua por gravedad, reduciendo la permeabilidad, eliminando huecos y logrando un resultado óptimo de 10% de aditivo para su dosificación según la tabla de categorías de suelo del manual de carreras del MTC. Concluyendo que los suelos cohesivos con la adición de aceite quemado dan resultados aptos para el uso de un sustrato que mejora su resistencia con cada porcentaje de adición, y se determinó que la dosis adecuada de incorporación de aceite quemado al sustrato fue del 10%, logrando un mayor porcentaje de mejora de la densidad y capacidad portante de suelos cohesivos (7).

Peláez y Benítez en el 2020, en la tesis de pregrado titulado: “Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de cascara de arroz y cal”, fijo como objetivo general: analizar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante adicionando cal y ceniza de cascara de arroz en los suelos de villa el salvador, 2020. Aplicando una metodología: el presente trabajo de investigación viene a ser de diseño experimental y método científico, tuvieron como resultado: El comportamiento mecánico del suelo con agentes estabilizantes dependerá de la calidad de la sílice contenida en la ceniza de cascarilla de arroz, y otro tema es que al determinar la adición de ceniza de cascarilla de arroz y cal se obtuvieron resultados desfavorables y una muestra estándar no pudo tomarse porque la consistencia es cero. Finalmente fijaron como conclusión: al añadir porcentajes de C.C.A. con las propiedades mecánicas analizadas arrojan valores más favorables para el mejor comportamiento mecánico es de 20% de CC.A. y con 10% DE cal. para alcanzar el mayor valor relativo de C.B.R. teniendo como valor alcanzado con el porcentaje óptimo de 46%, concluyendo que el mejoramiento de la subrasante es significativo (8).

Terrones en el 2018, en la tesis de pregrado titulado: “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018”, fijo como objetivo principal: determinar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de la caña de azúcar en el porcentaje de 5%, 10% y 15% en peso de suelo seco en la estabilización de suelos arcillosos en el sector de Barraza. Aplicando una metodología: el presente trabajo de investigación presenta un diseño de investigación experimental ya que las variables pueden ser manipuladas por el investigador, tuvo como resultado: De acuerdo a la clasificación obtenida de las muestras se sabe que el suelo se clasifica como arcilloso limoso, el cual está clasificado como suelo no apto en el manual de carreteras del MTC según su C.B.R. La presente investigación realizó la adición de la ceniza de bagazo de la caña de azúcar en diferentes porcentajes ya sea de 5%, 10% y 15% el cual presentó resultados óptimos en respecto a la muestra patrón, siendo con mayor resistencia a la compresión con la adición del 15% de ceniza de bagazo. Finalmente, fijo como conclusión: El suelo estabilizado con ceniza de caña trae cambios beneficiosos que permiten el aprovechamiento del material ya a nivel de subsuelo, como se puede observar mejoró de un subsuelo con un C.B.R. de 1,823% (subrasante no apta), hasta obtener un C.B.R. medio. al nivel de 22.267 (muy buena subrasante), lo que demuestra ser una alternativa sostenible, económica y beneficiosa para el medio ambiente (2).

Fonseca y Muñoz en el 2020, en el presente artículo científico titulado: “Uso de estabilizadores para suelos arcillosos una revisión literaria”, fijo como objetivo: relacionar las dosificaciones de los estabilizadores tradicionales, mostrar las ventajas en el cambio de sus propiedades gracias al uso de estabilizadores, dar a conocer el ahorro de usar suelos estabilizadores en comparación de otros materiales que superen sus condiciones con la adición de dichos estabilizadores. Aplicando una metodología: en el

presente artículo científico se optó por una investigación documental, examinando bibliografías publicadas anteriormente para ubicar con cierta perspectiva crítica, obtuvo el resultado: Los resultados de las pruebas en la muestra de suelo calcáreo muestran que tiene menor posibilidad de comportarse como un material plástico, como lo demuestra la óptima estabilización de las cenizas de albañilería ROCAMIX, la adición química de sales cuaternarias y el uso de diferentes dosis que tiene un límite en relación a la cantidad de estabilizador en relación a la cantidad de suelo, porque agregar una proporción menor o mayor a la óptima reduce su resistencia. Finalmente concluyeron: los estabilizadores utilizados en los mismos suelos mostraron mayor abundancia entre sus partículas finas, lo que permite una mayor adherencia, y entre los estabilizadores que proporcionaron mayor ahorro económico, el uso de polímeros demostró ser más económico (9).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Suelos Cohesivos**

El suelo cohesivo comprende un espacio en cual abarca pocas partículas y un amplio volumen de arcilla con el propósito que el suelo se fije a sí mismo. En este sentido, es claro que el suelo puede soportar cambios volumétricos dependiendo de la presencia de un alto contenido de humedad, esto se establece como un suelo expansivo. Por otra parte, los establecimientos que sufren las estructuras completo a las distorsiones como resultado del incremento de niveles de carga sobre el suelo que los soporta, los mismo suelen ser reconocidos como las causas de los efectos negativos en las estructuras, las cuales no solo pueden presentar deterioros por asentamiento sino también por esparcimiento (9). En este sentido, cohesión es cuando el suelo se adhiere a sí mismo gracias a la presencia de arcilla es más compacto una característica en el que las partículas se mantienen unidas por

fuerzas internas que dependen, por ejemplo, de la cantidad de contacto entre ellas por lo que la cohesión aumenta cuando las partículas son más finas es la atracción entre moléculas depende en parte de la humedad del terreno la fuerza cohesiva es inversamente proporcional a la humedad.

La cohesión se realizan los suelos donde se quiere construir en base a la ecuación del suelo se deciden las fundaciones. Cuando el suelo menos cohesivo hay que tomar más medidas para evitar un derrumbe. Cada tipo de suelo se clasifica según su característica los suelos cohesivos necesitan menos presión en definitiva el suelo es la parte más importante de la obra, es importante conocer sus características para poder incluirlas en los diseños que se deben realizar.

### **2.2.2. Estabilización de suelos**

Esto se basa en darles resistencia mecánica y persistencia de tales cosas en un momento determinado. Ahora bien, los métodos son amplios y se basan en la adición de otro componente, a la anexión de tan solo uno o diversos agentes estabilizantes. En este sentido sea cual sea el mecanismo de estabilización, Es un proceso de integración continua que permite el equilibrio adecuado para hacer el proceso más eficiente (10).

Por otra parte, la estabilidad del suelo considerando la norma es aumentar la fuerza o firmeza de mecánica de su material durante un largo período de tiempo. Dichas técnicas son amplias las cuales se inician desde complementar los suelos o la afiliación de uno o más estabilizadores y deben desempeñar una función optima con el proceso de compactación. Ahora bien, no siempre se dispone del suelo adecuado que garantice la estabilidad de una Explanada y su duración limitando la apertura de nuevos préstamos. Sin embargo, en el caso de movimientos de tierra de infraestructuras evidentes, el esfuerzo necesario para utilizar materiales clasificados como estabilización tolerada permite la

sustitución de suelos de baja calidad por suelos estabilizados y mejorados. Esta es una de las técnicas más antiguas utilizadas en sustratos de viales pequeños, por lo que algunos autores no creen que su estabilidad y durabilidad reduzca la susceptibilidad al agua.

Sin embargo, para evaluar la efectividad de esta técnica se requiere de un campo, se utilizan suelos de baja calidad, evitando su extracción y transporte a vertederos, aumentando su resistencia a la erosión, heladas y otros factores climáticos, permitiendo el flujo a través del área infecciosa y obteniendo una plataforma estable que soporta la infraestructura lineal que estructuralmente trabaja con ella, la compactación y el drenaje de agua son los procedimientos de estabilización más simples. Del mismo modo, granulometría mejorada; Se pueden mezclar dos o más suelos para obtener un suelo con cierto grado de plasticidad o permeabilidad. También se logra mediante aditivos que actúan física o químicamente sobre las propiedades del suelo. Los más utilizados son el cemento y la cal. También se utilizan cenizas volantes, escorias granuladas, puzolanas, hidrocarburos, aglutinantes, líquidos, cloruro cálcico, cloruro potásico, etc.

Por lo tanto, la estabilización del suelo existente puede ser mecánica o química con distintos soportes; por ejemplo, para conseguir una mezcla más cohesiva y compacta en suelos finos sin partículas finas ni partículas plásticas. Además del tipo de suelo menos satisfactorio. El porcentaje de aditivos y la actividad de mezcla afectan la estabilidad química. Cuando se añade una pequeña cantidad para mejorar ligeramente el suelo, se llama mejora. Sin embargo, algunos suelos con buena granulometría y baja plasticidad mejoraron significativamente sólo en un pequeño porcentaje. Por otro lado, la estabilización química se puede realizar mediante mezcla interna. (2).

De manera similar, dependiendo de la profundidad del tratamiento, la estabilización puede considerarse un método de mezcla profunda o una estabilización rígida. Del mismo modo, aquí se puede tener en cuenta la mezcla del suelo mediante inyecciones. La

estabilización del suelo también se puede dividir en técnicas de mezcla de humedad. seco como en el caso de mezclas con cal y cemento. Por su parte, las obras de construcción se ven dificultadas por la presencia de arcilla y el alto contenido de agua en el suelo, lo que debe ser considerado antes de reponer el suelo.

Los más adecuados son suelos con granulometría constante y plasticidad importante. Se utiliza material en una cantidad superior al 90% y, en su caso, se añade al suelo un 5% de material puro. Siempre se debe tener cuidado con los trabajadores que utilizan el material y no entran en contacto con la piel, la mezcla se puede realizar en base al mínimo incremento en el valor total del suelo, el material debe secar eficazmente la humedad del suelo a través de puntas de evaporación, para cada material debería caer entre un 2% y un 5%. El material debe conseguir un efecto inmediato, una floculación rápida y una reacción de intercambio iónico que permita la compactación del suelo, evitando al mismo tiempo la acumulación de agua en el suelo.

Según el manual de carreteras “Suelos, Geología, Ingeniería Geotécnica y Pavimentos”. La estabilización del suelo se consigue mediante tratamientos mecánicos y químicos, se define como la mejora de las propiedades físicas del suelo mediante la introducción de sustancias naturales o químicas. Esta estabilización se suele realizar en suelos inadecuados o débiles, como suelos cementados, suelos calizos; Se sabe que estabiliza suelos asfálticos y otros productos diversos. Por otro lado, cuando la base granular o base granular es estable; Para obtener un producto de mejor calidad; A esto se le llama subbase o base granular tratada.

### **2.2.3. Clasificación del suelo**

Comprender el análisis de estabilidad de suelos consolidados; suelo compactado; grava, es muy importante conocer algunos conceptos básicos para comprender mejor la

arena y los elementos de estabilización. En efecto se deben reconocer características específicas para reconocer la clasificación del suelo de las cuales se destacan:

1. Tamaño de gran: Este elemento se divide en tres niveles principales: grava, arena y partículas finas (limo y arcilla). Por su parte, los bloques de roca tienen un volumen mayor a 75 milímetros que deben encontrarse en la muestra de suelo, por lo que pueden ser excluidos de la porción, pero se registra la cantidad actual.
2. Plasticidad: por su parte el suelo presenta dos niveles de plasticidad las cuales pueden ser inferior o similar a 10, en lo que se refiere a término arcilloso a las divisiones con plasticidad con un nivel mayor o similar.
3. Índice de grupo (IG): El nivel de grupo, incluidos los niveles de clasificación, se utiliza para reconocer la calidad de referencia de los suelos de relleno, rastrear el material de subrasante y las subbases y subbases de unidades.

Ahora el índice de grupo viene determinado por la evolución de cada componente, mediante el cálculo de una fórmula empírica. En la cual los valores a considerar son los siguientes:  $IG = (F_{200} - 35) [0,2 + 0,005(LL - 40)] + 0,01(F_{200} - 15) (IP - 10)$  Donde: F 200 = porcentaje el cual supera la malla No. 200 deliberado como un número entero LL = límite líquido IP = índice de plasticidad. Si bien es cierto, en el momento en el cual el porcentaje que pasa por la malla No. 200, menos 35, es mayor de 75, se registrará 75 y si tiene un nivel mínimo de 35, se registrará con un nivel 0. Si el porcentaje de material que pasa por la malla No. 200, menos 15, es mayor de 55, si es menor de 15, se anotará cero.

De inicio podría decirse que hay dos grandes grupos de suelos están los suelos gruesos y los suelos finos, estos a su vez se dividen en dos grupos, está la grava y la arena para los suelos y los finos se dividen en limos y arcillas para poder clasificar al suelo tenemos que tomar en cuenta alterada está la tenemos que se llevan al laboratorio donde lo primero que se muestra corresponde a un suelo fino o a uno grueso a través de la prueba

de granulometría esta prueba consiste en hacer pasar nuestra muestra de suelo a través de una serie de mallas o tamices que van reduciendo su abertura.

Lo importante es destacar la malla tiene una abertura del 0.0075 mm, y esta es la que marca la frontera entre el suelo grueso y el fino después se pesa el material que ha retenido en cada malla y en una gráfica como la que se muestra presenta el porcentaje en peso que pasó cada malla para distintos tamaños de partículas esta se conoce como la curva granulométrica y más del 50% pasa la malla número 200 el suelo estará clasificado como un fino en el caso contrario tendremos un suelo grueso dentro de los suelos gruesos la malla que hay que destacar es la número 4 de 4.75 mm, de apertura esta malla es la que marca la frontera entre arena y de la fracción gruesa más del 50% en peso pasa la malla número 4 el suelo va a ser una arena 4. Lo que tendremos es grava. A partir de esta curva podemos determinar si nuestro suelo está bien o mal granulado, lo que significa que el suelo contiene una variedad de partículas, esto nos llevará a un sistema más compacto debido a que los poros entre los sólidos serán más pequeños, diferentes tamaños de partículas, coeficientes. curvatura y uniformidad.

Estos coeficientes son función del tamaño de partícula y oscilan entre 10 y 30 y 60%. En esta curva, los suelos finos se clasifican actualmente en función de límites de consistencia o límites Atletic. De esta forma, el límite es el contenido de agua determinado por esta fórmula  $W$  será igual a la masa de agua dividida por la masa de agua. Esto es muy importante porque los suelos finos tienen propiedades que dependen de la cantidad de agua que contienen, pueden comportarse de forma semi líquida plástica el límite líquido es la frontera entre los estados semilíquido y plástico, el límite plástico es la frontera entre sólido finalmente el índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido e indica el nido de suelo se comporta (2).

De acuerdo a ello, el comportamiento plástico es aquel en el que se tienen grandes deformaciones por incrementos de carga pequeños y estas deformaciones el límite líquido y plasticidad se grafican como punto en esta gráfica llamada carta de plasticidad sobre el 50% en el límite líquido el suelo es de alta compresibilidad o plasticidad y si lo hace a la izquierda es de baja compresibilidad en la carta de plasticidad aparece. Se llama línea A una función de Límite líquido cae en la zona superior de la línea el suelo se clasifica como arcilla y se cae por debajo será un limo, existen distintos sistemas para clasificar los suelos, pero se basan en estos principios que describir algunos sistemas pueden ser el sistema unificado que permite desarrollar una clasificación efectiva.

#### **2.2.4. Tipos de suelos**

Por el origen de los elementos, los suelos se dividen en dos grandes grupos; incluyendo los suelos cuyo principio resulta de la descomposición física o química de materiales sólidos, por otra parte, los suelos inorgánicos y los suelos cuyo principio es principalmente orgánico. En suelos inorgánicos, si la materia ventosa de las piedras persiste en el lugar de donde surgió, se forma un suelo residual; Si se realiza el proceso inverso se creará un suelo introducido, independientemente de cuál haya sido el componente de transporte, considerando que existen diversos elementos que influyen en este proceso, como la gravedad: la altura; elementos hidrológicos: aluviales o lacustres; según la actualidad: bajas temperaturas altas temperaturas (11).

En cuanto se refiere a los suelos inorgánicos los mismos se componen de manera casi siempre en ambientes que en diversas ocasiones la cantidad de producto orgánico, se componen principalmente de humus o de materia no alterado o en estado de desintegración, con un nivel alto de deriva de la porción mineral quedan anuladas. Este proceso es muy común en lugares con un alto índice de marismas, donde existen restos

de vegetación provenientes de lagos, por lo que pueden producirse sedimentos reales de gran espesor, comúnmente conocidos con el nombre genérico de turba, que se caracterizan por sus colores negros o color marrón oscuro, también tienen menor peso después del secado y alta compresibilidad.

En definitiva, la turba es el primer paso de la transformación del elemento natural en carbón (12). Cabe señalar que los suelos arenosos contienen partículas más grandes que otros suelos y son ásperos y secos al tacto porque las partículas que los componen están muy separadas y retienen mal el agua. Este tipo de suelo está compuesto por partículas más pequeñas y suaves al tacto que los suelos arenosos. Retienen agua y nutrientes durante mucho tiempo. Se elaboran a partir de una mezcla de arena fina y arcilla, y se crea una especie de barro con arcilla y restos de plantas. Este tipo de suelo se encuentra a menudo en los lechos de los ríos. Son suelos muy fértiles por su humedad y niveles de nutrientes y son más fáciles de cultivar que los suelos arenosos o arcillosos.

Sus principales características son la negrura del suelo, piedra y rápida filtración de agua. Es muy fértil y contiene materia orgánica. Este tipo de suelo es un suelo rico en nutrientes y de rápida degradación. Estos suelos están compuestos de partículas más pequeñas y finas que los suelos arenosos y pueden retener agua y nutrientes por más tiempo. Casi todos los tipos de árboles y plantas pueden crecer en abono a menos que requieran condiciones extremadamente secas. Es un tipo de suelo compuesto por pequeños granos de color amarillo y también se le conoce como suelo pesado. Son fértiles porque contienen nutrientes asociados con los minerales arcillosos del suelo, pero también contienen mucha agua porque atraen los diminutos capilares entre las partículas de arcilla. La arcilla se seca más lentamente y tarda más en calentarse en primavera que la arena.

Los suelos arcillosos se compactan fácilmente al caminar sobre superficies mojadas, y en verano se endurecen y agrietan significativamente. Finalmente, los suelos arcillosos,

llamados así por las partes superficiales del suelo con mejores o más uniformes proporciones, son suelos de alta productividad agrícola debido a su textura suave que favorece la fertilidad de la arena. Proporciona limo y una adecuada retención de humedad, favorecida por la arcilla.

### **2.2.5. Propiedades y características físicas de los suelos cohesivos**

Las propiedades y características físicas de los suelos cohesivos son todos elementos que determinan los componentes internos de la estructura de cada suelo y se reflejan en la apariencia de cada uno de ellos. Por su parte, si el suelo es cohesivo es porque contiene una pequeña cantidad de elementos finos y suficiente arcilla para que el suelo se adhiera a sí mismo.

A medida que el suelo se vuelve más cohesivo, la cantidad de arcilla es mayor y es menos probable que colapse. Los suelos están compuestos de partículas gruesas como arena o grava. En el momento en el cual el suelo contiene un menor nivel cohesivo, es necesario realizar un análisis para determinar mayores medidas para prevenir una distorsión en la estructura total de la estructura y la misma no origine un derrumbe (13).

Para ello se emplea un método de estimación denominado "fuerza de compresión" para catalogar cualquier tipo de suelo que se halla en una zona. Por su parte los suelos cohesivos presentan las siguientes características:

Hay partículas muy pequeñas en las que dominan los efectos electroquímicos superficiales.

Las partículas tienden a pegarse (interacción agua/partícula) en suelos plásticos como las arcillas.

Por otro lado, las propiedades de los suelos cohesivos son aquellas que se reconocen sintéticamente, y estos componentes del suelo y el flujo constituyen la base necesaria para

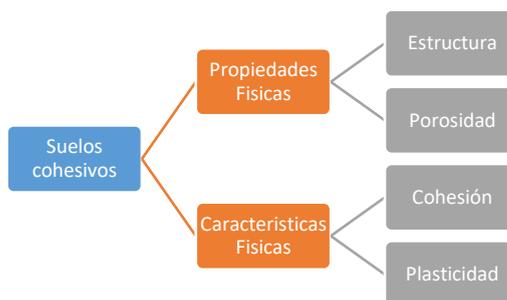
comenzar a evaluar sus propiedades. En este sentido, el peso es un elemento extremadamente importante de la gravedad específica (densidad). Cuanto más volumen cubra el suelo, más duradero será, pero hay materiales densos y con hinchamiento que, por el nivel de saturación, pierden durabilidad. y su resistencia al desgaste.

En este sentido, el peso específico de los suelos cohesivos prácticamente oscila entre 2,60 y 2,75 gramos por centímetro cúbico; por tanto, no interfieren con la erosión. De hecho, estos elementos, que se encuentran en su estado natural, depositan un cierto equilibrio de fuerzas internas: cuanto menor es la porosidad, con la misma consistencia, mejor resiste el suelo a la erosión.

Debido a la variación de la humedad, la resistencia a la erosión y la plasticidad cambian. A medida que aumenta la saturación, el suelo cohesivo cambia de un estado sólido a un estado distinto. El contraste del límite elástico superior se realiza cuando al rodar la muestra no se eliminan las grietas y al mismo tiempo se conserva cualquier carácter arcilloso; de esta manera, se modifica específicamente el límite elástico inferior y, cuando las fuerzas de cohesión se reducen significativamente, se produce fluidez (14). En la Figura 2 se puede apreciar los tipos de propiedades físicas y su caracterización.

**Figura 2.**

*Propiedades y características físicas de los suelos cohesivos*



*Nota:* Propiedades y características físicas de los suelos cohesivos. Fuente: *elaboración*

*Propia.*

En este sentido, en el planeta Tierra se pueden encontrar diferentes tipos de suelo, los cuales se diferencian según sus propiedades. Entre las propiedades físicas examinadas, las más importantes son la estructura y la porosidad. En cuanto a la estructura del suelo, está formado por partículas, y se consideran partículas del suelo todas aquellas cuyo tamaño sea inferior a 2 mm. La siguiente tabla muestra los tamaños de partícula de menor a mayor, siendo la más pequeña arcilla y la más grande arena las diferencias de tamaño que existen entre cada una. Los suelos compuestos tienen una textura pesada y son pegajosos al estar mojado son duros tienen mal drenaje de agua, en su mayoría están formados por materia orgánica e inorgánica inorgánico y el limo inorgánico, está formado por fondo de roca para la agricultura ya que tiene escasos nutrientes poder distinguirlo dado el color que tiene es un suelo suave y muy ligero dentro de los fragmentos gruesos del suelo, se puede encontrar la grava fina o grava gruesa mucho en construcción para resumir tenemos partículas que son más pequeñas y fragmentos más grandes el suelo Franco, es uno de los tipos de suelo con mayor productividad agrícola ya que tiene una proporción de arena limo y arcilla idónea para los cultivos dependiendo de la cantidad se va a clasificar como Franco arcilloso franco arenoso o Franco limoso la porosidad se relaciona huecos característico del suelo. En relación con lo explicado, se presenta la Tabla 1 con los límites de Atterberg, los cuales hacen referencia a las dimensiones de la partícula elementales de cada uno de los materiales que componen el suelo.

**Tabla 1.***Interpretación de los límites de ATTERBERG*

<b>Dimensión de la partícula elemental</b>	<b>Atterberg (Sistema internacional)</b>
<0.001	<b>Arcilla</b>
<0.002	
0.005	<b>Limo</b>
0.01	
0.02	
0.05	
0.1	<b>Arena fina</b>
0.25	
0.2	
0.5	
1	<b>Arenas gruesas</b>
2	

*Nota:* Interpretación de los límites de ATTERBERG. Fuente: *elaboración Propia.*

Por último, La porosidad está relacionada con la cantidad de conexiones o huecos que existen entre las partículas del suelo, los microporos se pueden clasificar como micrófono Contienen agua no apta para el cultivo., los macro polos son responsables del rápido movimiento del agua y el aire.

#### **2.2.6. Factores intervinientes en el proceso en suelos cohesivos**

La acción y propiedades de los componentes físicos básicos de los suelos cohesivos, entre los que se incluye su propia resistencia a la erosión, son los siguientes:

- Peso determinado.
- Porosidad (nivel de poros por elemento de volumen del suelo).
- Saturación (nivel de agua contenida en intervalos).
- Plasticidad (capacidad de transformar estructuras sin formación de grietas, manteniéndolas después de descubrir la carga y sus límites).

- Cohesión (la presencia de fuerzas intermoleculares que dificultan la ruptura del conjunto).
- Esquina de roce interna.
- Abultamiento (posibilidad de reducir la conexión en caso de hipotética saturación del suelo, hasta la destrucción de su cuerpo).
- Heterogeneidad (presencia de finas capas intermedias de suelo con diferentes propiedades, incrustaciones, etc.).
- Integridad (transformación de la estructura a su estado original)

### **2.2.7. La atracción entre partículas**

Esta es la atracción entre moléculas causada por fuerzas moleculares y películas de agua. Por tanto, la cohesión del suelo cambiará si cambia su contenido de humedad. La cohesión se mide en kilogramos por centímetro cuadrado. Los suelos arcillosos tienen una alta cohesión de 0,25 kilogramos por centímetro cuadrado, de 2 a 1,5 kilogramos por centímetro cuadrado o más. Los suelos limosos tienen muy pocos de ellos, y en los arenosos la cohesión es prácticamente nula, por eso se dice que las arenas son suelos no cohesivos y se pueden identificar muy fácilmente con sólo valorar su textura (15).

### **2.2.8. Propiedades de la arcilla**

Las propiedades de arcillas, son características las cuales posee dicho, los cuales se logran determinar estando al tanto de las muestras de suelos y realizando reconocimientos para valorar de esta forma su comportamiento.

- **Resistencia en estado seco:** Para comprobar la resistencia de un bloque o trozo de tierra, se toma una muestra de suelo seco y se golpea con un martillo. En arcilla la resistencia en seco es alta y en limo la resistencia en seco es baja.

- **Dilatancia:** El fenómeno de abultamiento en materiales granulares consiste en aumentar el volumen del material con la aplicación de deformación por cortante. Se pueden determinar colocando un trozo de tierra con alto contenido de agua en la palma de la mano y golpeándolo con otra mano debajo, hace que el agua fluya fuera del suelo y luego desaparezca rápidamente en la arcilla.
- **Tenacidad:** Calcula la elasticidad del suelo y se clasifica creando rollos de 1/8 de pulgada o (3 milímetros) de diámetro. Si tales rollos no se agrietan ni se deshacen cuando el suelo está húmedo, tenemos arcilla, si es así, entonces son arcilla.
- **Sedimentación o dispersión:** La tierra se disuelve triturándola para quitar los granos; Se hace una pausa en el agua y en un recipiente de vidrio se compone y homogeneiza la composición, tras lo cual se deja reposar: de esta forma se coloca arena en unos segundos, arcilla en unas horas o incluso días, dejando el agua. nublado.
- **Brillo:** El suelo húmedo se frota en su superficie con una navaja. Una superficie brillante indica arcilla, mientras que una superficie mate indica limo.

### 2.2.9. Consistencia del suelo

Es la fuerza con la que los materiales lo componen, o la resistencia del suelo al cambio y al desgarro, que puede expresarse como plasticidad y adherencia. Estos cambios en la consistencia del suelo se pueden medir con exactitud en el laboratorio empleando normas preestablecidas que determinan los límites de Atterberg

### 2.2.10. Cenizas de Ladrilleras Artesanales

La ceniza de fondo es un residuo resultante de la combustión de la madera, aserrín y leña utilizada por las ladrilleras artesanales en la producción de ladrillos. Dicho residuo comúnmente no es desechado convenientemente, tomando en consideración los enfoques medioambientales, concluyendo como material de derribe o constituyendo parte de los

residuos consistentes domésticos acumulados en rellenos sanitarios. Durante su transporte se genera contaminación del aire impactando en la salud de las personas (16).

La gran mayoría de las ladrilleras artesanales ubicadas a nivel regional se caracterizan por un alto grado de informalidad y utilizan técnicas artesanales para elaborar sus productos. Al mismo tiempo, indica un alto nivel de oferta de arcilla en la provincia de Huancayo y genera una tendencia en el volumen de pedidos de ladrillos para los próximos años relacionados con la construcción de casas y departamentos de materiales preciosos, que se realizan en la región (17).

En la provincia de Huancayo existen varias empresas ladrilleras artesanales, por lo tanto para el desarrollo del presente trabajo de investigación, se tomó como referencia una ladrillera artesanal de donde se extrajo material que fue necesario para realizar los estudios de laboratorio, dicha ladrillera en mención se encuentra ubicada en el anexo de cochas chico Jr. Loreto del distrito de El Tambo, provincia de Huancayo, Departamento de Junín con coordenadas que señalo a continuación en la tabla N° 2.

**Tabla 2.**

*Coordenadas de ubicación de ladrillera de referencia.*

LATITUD	LONGITUD
<b>478560.12 m E</b>	<b>8673081.78 m S</b>

*Nota:* Coordenadas de ubicación de ladrillera de referencia. Fuente: *elaboración propia.*

Esta ladrillera artesanal cuenta con dos hornos que genera una producción mensual de 25 millares en promedio por horno, los mismos que generan 1.0 toneladas de ceniza mensual.

Los combustibles utilizados para cocinar son la leña, el carbón vegetal y el aserrín, los cuales son de fácil obtención ya que se encuentran principalmente en toda la región. La ceniza de horno de ladrillos artesanal se obtiene al final de la cocción del ladrillo y se

debe dejar enfriar durante un promedio de un día antes de poder retirarla a mano, en un camión o almacenarla en bolsas para su posterior eliminación o uso en el horno de ladrillos.

### **2.2.11. Calicatas**

Se trata de probar las condiciones del terreno a través de una zanja con una profundidad mínima de 1,50 m, por lo que se inicia con las mediciones adecuadas de cada capa presentada, para luego tomar muestras de cada una de ellas en un recipiente hermético. A continuación, la muestra se toma a una profundidad de 1 m para su análisis en el laboratorio.

Se deben realizar anotaciones de la excavación inspeccionada, determinar el tipo de suelo, registrar las mediciones de los estratos y presentar gráficamente los símbolos de clasificación del suelo de acuerdo con la normativa.

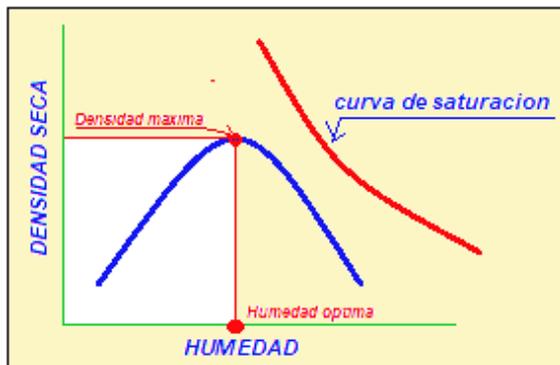
La calicata es el único medio disponible que realmente permite ver y examinar el perfil del suelo en su estado natural. Esta herramienta también te ayudará a comprobar si el terreno sobre el que se construirá es estable determinando ciertos valores, como su grado de compactación y humedad.

### **2.2.12. Máxima Densidad Seca**

La densidad del suelo generalmente se refiere a la masa por volumen de suelo. Coexisten dos tipos de densidad, la real y la aparente. Por su parte, la densidad real de las partículas densas del suelo varía con el ritmo de los elementos que lo componen y suele rondar el 2,65. En este sentido, la densidad máxima de materia seca corresponde a la mayor densidad que puede alcanzar el suelo cuando se compacta hasta un contenido de humedad óptimo tal y como se demuestra en la Figura 3 (15).

**Figura 3.**

*Máxima densidad seca vs. Optimo contenido de humedad*



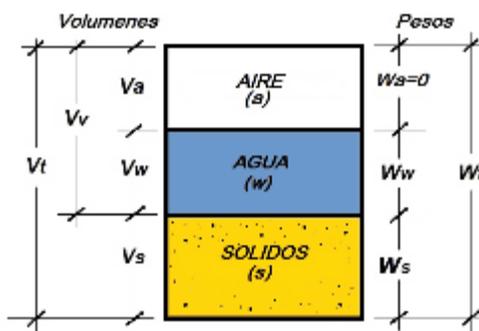
*Nota:* Máxima densidad seca vs. Optimo contenido de humedad. Fuente: *Montalbán, 2016*

### 2.2.13. Contenido de Humedad

La humedad es la relación entre la masa de agua dentro de la muestra en su estado natural y la masa de la misma muestra después de secarse en un horno a una temperatura de 105 a 110 grados Celsius. Por su parte, el comportamiento y resistencia de los suelos se basa en la cantidad de agua presente en su interior, ya que esta propiedad tiene relación directa con el cambio de volumen y la estabilidad mecánica, el contenido de humedad se simboliza en indicadores o niveles de humedad que van desde 0 % cuando el suelo está seco, hasta un valor máximo de aproximadamente 100% (Figura 4) (15).

**Figura 4.**

*Contenido de humedad*



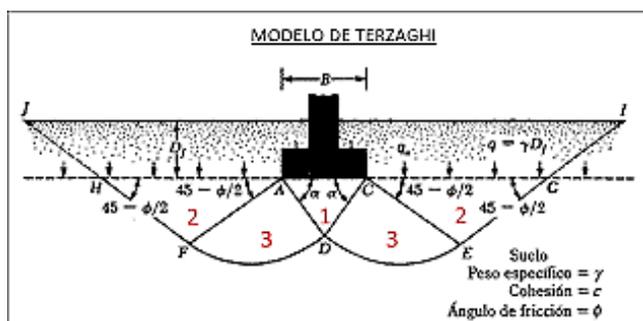
*Nota:* Contenido de humedad. Fuente: *Montalbán, 2016*

### 2.2.14. Capacidad De Soporte

La capacidad de carga se basa en la resistencia demostrada a las imperfecciones en una prueba de carga en carretera. Presenta los elementos que influyen en la capacidad portante del suelo, como lo es la resistencia a los esfuerzos de corte, esto se basa en la densidad obtenida y su contenido de humedad, los suelos saturados tienen una capacidad portante baja en comparación con los suelos insaturados, debido a que, a mayor humedad, la capacidad mínima de soporte del suelo (15).

Ahora bien, para determinar la capacidad de carga es necesario realizar pruebas, en el caso de carreteras se puede proceder a una prueba sencilla como la CBR, cuyos valores se obtienen según la disposición asumida en la Figura 5.

**Figura 5.**  
*Capacidad de soporte*



*Nota:* Capacidad de soporte. Fuente: *Montalbán, 2016*

La capacidad portante del suelo es una propiedad mecánica del suelo que está directamente relacionada con la resistencia que ofrece el suelo a las cargas a las que será sometido como consecuencia del tránsito diario de vehículos.

Se evalúan subrasantes o superficies para la colocación de la estructura. Por otro lado, las imprimaciones están destinadas a ser utilizadas como materiales de base y base de pavimentos o para rellenos estructurales. De esta forma la Norma Técnica Peruana (MANUAL DE CARRETERAS) ha categorizado la subrasante según los valores de CBR, de la siguiente forma de acuerdo con la Tabla 3.

**Tabla 3.**

*Categorización de la subrasante según los valores de CBR*

<b>CATEGORIAS DE LA SUBRASANTE</b>	<b>CBR</b>
Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
Subrasante Pobre	$3\% \leq CBR < 6\%$
Subrasante Regular	$6\% \leq CBR < 10\%$
Subrasante Buena	$10\% \leq CBR < 20\%$
Subrasante Muy Buena	$20\% \leq CBR < 30\%$
Subrasante Excelente	$CBR \geq 30\%$

*Nota:* Categorización de la subrasante según los valores de CBR. Fuente: *Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimento sección suelos, 2014*

### **2.3. Marco conceptual**

- a. ASTM:** La sigla en inglés significa American of Testing Materials, que significa Asociación Americana de Ensayo de Materiales, que sirve para establecer el diseño y producción de atracciones, pruebas, operación, mantenimiento, inspección y control de calidad (18).
- b. Limite líquido:** Este es el contenido de agua en la masa amasada, por encima del cual la masa cambia del estado plástico al estado líquido (19).
- c. Limite plástico:** Es el contenido de agua en la masa amasada por debajo del cual pasa de un estado plástico a un estado semisólido (19).
- d. Límites de Atterberg:** Determinan el contenido de agua característico al cual una determinada arcilla cargada alcanzará diversos estados de consistencia (19).
- e. Proctor Modificado:** Define un compuesto de suelo compactado en un molde para pruebas y control de calidad de la compactación del suelo (19).
- f. Suelo Cohesivo:** Contiene pequeñas partículas y suficiente arcilla para que el suelo se adhiera a sí mismo mediante atracción intermolecular. También contiene una mayor cantidad de arcilla (20).

- g. Densidad de campo:** Se realizan para determinar el contenido de humedad del suelo compactado y luego se comparan para comprobar el grado de compactación.
- h. Contenido de humedad:** Se refiere a la cantidad de vapor de agua presente en una muestra de suelo.
- i. Capacidad portante:** Este es el peso máximo del suelo hasta el que puede soportar su peso sin deformarse.
- j. Ceniza:** El polvo fino, subproducto de la combustión del polvo de carbón, se utiliza como elemento resistente a factores externos de la diversidad biológica del Perú.
- k. Expansividad:** Es un aumento en el volumen de una masa de suelo como resultado del estrés creado por el hinchamiento vertical de su estructura interna.
- l. Permeabilidad:** la capacidad de un material para transmitir fluido sin cambiar su estructura interna.

## **CAPITULO III**

### **HIPÓTESIS**

#### **3.1. Hipótesis**

##### **3.1.1. Hipótesis General**

La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.

##### **3.1.2. Hipótesis Específicas**

- La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en la máxima densidad seca de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.
- La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.
- La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en la capacidad de soporte de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.

#### **3.2. Variables**

### 3.2.1. Definición Conceptual de la Variable

**Variable Independiente:** *Ceniza de procedencia de ladrilleras artesanales.* Es un tipo de estabilizante utilizado en el proceso de mejora de las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos (14).

**Variable Dependiente:** *Propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos.* Estos son parámetros que demuestran la capacidad del suelo cohesivo para comprimirse bajo la influencia del esfuerzo aplicado (2).

### 3.2.2. Definición Operacional de la Variable

*Ceniza de procedencia de ladrilleras artesanales:* Son residuos de cenizas de procedentes de ladrilleras artesanales en la región de Huancayo.

*Propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos:* Son las propiedades que definen la caracterización de un suelo, como son, densidad, humedad y soporte.

### 3.3. Operacionalización de variables

**Tabla 4.**  
*Operacionalización de variables*

Variables	Conceptualización	Dimensiones	Indicadores
Cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales	Son residuos de cenizas de procedentes de ladrilleras artesanales en la región de Huancayo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cenizas de carbón de llantas usadas</li> <li>• Cenizas de ramas y hojas frescas de eucalipto</li> <li>• Cenizas de leña seca de eucalipto</li> <li>• Cenizas de aserrín de madera</li> </ul>	Capacidad de soporte. Expansividad. Permeabilidad.
Propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos.	Son las propiedades que definen la caracterización de un suelo, como son,	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima densidad seca</li> <li>• Optimo contenido de humedad</li> <li>• Capacidad de soporte</li> </ul>	Porcentajes de adicción (gr/cc) % porcentaje

	densidad, humedad y soporte.		CBR % índice (g/cm <sup>3</sup> /porcentaje %)
--	------------------------------	--	---

*Nota:* Operacionalización de variables. Fuente: *elaboración propia*.

## **CAPITULO IV**

### **METODOLOGIA**

#### **4.1. Método de investigación**

El método científico es un sistema de procedimientos, instrumentos, técnicas y tácticas para resolver problemas de investigación que plantea problemas de investigación precisamente para que puedan definirse e investigarse fácilmente (21).

El propósito de este estudio es encontrar respuestas a estos problemas de resistencia de C.B.R. en suelos cohesivos mediante: la observación, planteamiento de problemas, objetivos e hipótesis, experimentación, resultado y conclusiones con recomendaciones, en relación del mejoramiento de las propiedades mecánicas incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras. Por lo que en este trabajo de investigación se utilizó el método científico.

#### **4.2. Tipo de investigación**

La investigación aplicada implica propósitos prácticos directos de resolución de problemas precisos que buscan transformar o corregir cambios en una realidad determinada porque puede proporcionar a la ingeniería nuevos hechos y esta información puede ser beneficiosa (22).

En estos estudios, intentamos resolver el problema de las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos a nivel de subrasante agregando ceniza de fábrica de ladrillos

artesanales en cantidades del 5%, 10% y 15% con base en el peso seco de la muestra de suelo. Se aplicarán los conocimientos existentes en el campo de la estabilización de suelos para determinar las propiedades mecánicas y determinar la mejora de la cohesión del suelo mediante la introducción de ceniza de ladrillo artesanal. Este trabajo de investigación fue un aporte a la ingeniería. Según las definiciones de esta prueba, corresponde al tipo utilizado.

#### **4.3. Nivel de investigación**

El nivel de Investigación fue descriptivo-Explicativo. Se obtuvieron resultados en el trabajo de investigación, al incorporar cenizas de ladrilleras artesanales el cual permito determinar el espesor de mejoramiento de subrasantes, del mismo modo estos resultados fueron aprobados para la entidad competente que es el laboratorio de suelos.

#### **4.4. Diseño de la investigación**

El diseño experimental implica manipular variables independientes con respecto a variables dependientes para calcular sus resultados. También es necesario analizar los datos obtenidos. (23)

El siguiente estudio se llevó a cabo manipulando el porcentaje de ceniza de ladrillo artesanal introducida al 5%, 10% y 15% contra la muestra de suelo seco para ver los resultados de las propiedades mecánicas del suelo y luego se realizó una comparación de los resultados con base en la norma. muestra y el resultado final obtenido nos dirá si el material ayuda a mejorar la cohesión de los suelos. Conforme a las referencias mostradas el trabajo de investigación tuvo un diseño experimental.

## **4.5. Población y muestra**

### **4.5.1. Población**

La población indica sobre el conjunto de sujetos cuyas cualidades y características se investiga; en tal sentido, la población de la presente investigación corresponde a los suelos cohesivos del Jr. Loreto del Anexo de Conchas de la Municipalidad de El Tambo-Huancayo-Junín que abarca alrededor de 1.50 km. Es importante añadir que, el análisis de la población se llevó a cabo de acuerdo con los criterios establecidos en la Norma E.050 de Suelos y Cimentaciones, la misma que indica el requerimiento de realizar muestreos continuos a lo largo de la profundidad de la perforación para obtener una representación fiel del suelo y debe ser almacenado en envases limpios y adecuados para preservar la integridad del suelo.

### **4.5.2. Muestra**

Por otro lado, la muestra se trata de un subconjunto representativo de la población en el que se aplicarán los resultados de la misma (24).

El tipo de muestreo que se consideró para esta investigación fue intencional, tomando como criterio para la conformación de la calicata, un tipo de suelo en la Municipalidad de El Tambo, que no estuviera sujeto a la influencia de las actividades humanas como, desechos, vertederos, entre otros; por ende, la muestra de investigación está representada por los por 360 kg de suelo cohesivo de tres puntos tomados, las mismas que cuentan con una extensión que abarca el 1.50 km que se encuentra sin pavimentar en el Jr. Loreto del Anexo de Cochach, El Tambo, Huancayo, tal como se muestra en la Figura 1, en atención con la similitud del trabajo experimental del referente teórico (25) y que fueron tratados con cenizas de ladrilleras artesanales, agregando en un 5% 10% y 15% respectivamente.

## **4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **4.6.1. Técnica de investigación**

Implica el uso y preparación de planes detallados que ayudarán a recopilar la información necesaria. La investigación utilizó técnicas de recolección de datos, pruebas de laboratorio y análisis e interpretación de resultados (26).

Por lo anterior, debido a lo anterior, la técnica de investigación utilizada en este estudio será la observación directa, ya que nuestro proyecto es de carácter experimental, gracias a esta técnica se pudo medir, observar y comprender las causas y consecuencias de las variables.

La observación directa ocurre cuando el investigador recopila información por sí mismo; sin abordar temas de actualidad; utiliza directamente el sentido de observación (27).

### **4.6.2. Instrumentos de recolección de datos**

Para tener un instrumento con mayor precisión es aquel que registre todos los datos tal como se observan para describir el propósito de la investigación propuesta. En este estudio se utilizaron los siguientes instrumentos: fichas de recolección de datos, instrumentos y herramientas de laboratorio, programas informáticos para el procesamiento de datos (24).

Es importante añadir que, en palabras del Dr. Roberto Hernandez Sampieri (24) la ficha de observación no está sujeta a las valoraciones de confiabilidad, ya que, la confiabilidad de los datos y su comportamiento, está asociado directamente con la rigidez científica de los ensayos contemplados para la obtención de las propiedades del suelo en estudio.

#### **4.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Son herramientas útiles para organizar, describir y analizar datos recopilados a través de instrumentos de investigación. El análisis de datos implica dos procedimientos (28). Luego de recolectar los datos, es necesario organizarlos, es decir, prepararlos para el análisis, con el fin de responder a la pregunta inicial y posiblemente aceptar o rechazar la hipótesis de investigación.

En otro orden de ideas, la técnica de procesamiento que se empleó fue la T Student, la misma que sirve para determinar cómo un grupo de datos difieren entre sí, lo anterior se justifica en el contexto de la evaluación de sí, la estabilización con cenizas ladrilleras, logra mejorar las propiedades físico mecánicas de los suelos, llegando a los resultados por medio de la contrastación de los valores de las propiedades en cada subrasante antes de la estabilización y después de la misma (29).

#### **4.8. Procedimiento de ensayos**

##### **4.8.1 Recojo de material en campo**

De acuerdo con la norma E.050 de Suelo y Cimentaciones; se realiza muestreos continuos a lo largo de la profundidad de la perforación para obtener una representación fiel del suelo y debe ser almacenado en envases limpios y adecuados para preservar la integridad del suelo.

En la siguiente tabla 5, se puede observar la ubicación con coordenadas de las tres calicatas exploradas y ladrillera para la muestra de ceniza en el Jr. Loreto en el Anexo de Cochabamba Chico del Distrito de el Tambo, Provincia de Huancayo. Con evidencia en la figura N° 26, 27, 28 y 29 el cual se encuentran el anexo y sus coordenadas según la Tabla 5.

**Tabla 5.**  
*Coordenadas de puntos de muestreo*

Ítem	N° Calicata	Ubicación	Coordenadas	
			Latitud	Longitud
1	CALICATA - C 1	KM 0+070	478977.00 m E	8672528.00 m S
2	CALICATA - C 2	KM 0+400	478770.00 m E	8672790.00 m S
3	CALICATA - C 3	KM 0+700	478591.00 m E	8673025.00 m S
4	LADRILLERA R.	KM 0+750	478560.12 m E	8673081.78 m S

*Nota:* Coordenadas de puntos de muestreo. Fuente: *Elaboración propia*

#### 4.8.2 Análisis granulométrico

El Manual de Ensayos de Materiales menciona que se deben obtener muestras representativas para realizar los ensayos que se realizan. También se menciona el análisis granulométrico del suelo mediante el método de tamizado. (MTC E 107), Esto se debe hacer usando como referencia la norma ASTM D 422 porque el propósito de la prueba es determinar el porcentaje de suelo que pasa por los diversos tamices de la serie utilizada en la prueba hasta el tamiz No. 200 (74 mm). Del mismo presenta la serie de tamices a emplear, tal como se muestra en la Tabla 6 siguiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016).

**Tabla 6.**  
*Serie de tamices de abertura cuadrada*

TAMICES	Abertura (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 1/2"	38.100
1"	25.400
3/4"	19.000
3/8"	9.500
N°4	4.760
N°10	2.000
N°20	0.840
N°40	0.425
N°60	0.260
N°100	0.106
N°200	0.075

*Nota:* Serie de tamices de abertura cuadrada. Fuente: *Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016*

Cabe mencionar que en este estudio se utilizó una mayor cantidad de tamices para obtener mejores características granulométricas del suelo. Como se ve en la imagen de abajo.

Procedimiento de ensayo:

Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 4.760mm (N°4)

1. Separe la muestra retenida en el tamiz número 4 utilizando los tamices que se muestran en la Tabla 6 a continuación.
2. Para tamizar material a mano, la criba o cribas deben moverse de lado a lado para formar círculos. Si se utiliza un tamiz mecánico, se debe operar durante diez minutos.
3. Determinar la masa de cada fracción en la escala con una precisión del 0,2% da como resultado sumar las masas de todas las fracciones y las masas iniciales de la muestra, que no deben diferir en más del 0,2%.
4. El análisis del tamaño de las partículas del material que pasa a través del tamiz No. 4 (4760 mm) se puede realizar mediante tamizado y/o sedimentación. En este caso esto se hizo mediante tamizado.
5. En el caso de materiales arenosos con un pequeño contenido de limo y arcilla, los grumos se trituran y se tamizan en seco.
6. El material que pasa a través de un tamiz No. 200 (0,074 mm) se analiza mediante tamizado en seco después de lavar y secar el material, y el material seco se pesa como se muestra en las figuras siguientes. La clasificación del suelo se muestra según S.U.C.S. y A.A.S.H.T.O.

### Análisis granulométrico de Suelos por Tamizado (MTC E 107 – 2016)

Permite la determinación cuantitativa de la composición y distribución de las partículas que forman la estructura del suelo cohesivo. Determina el porcentaje de suelo que pasa por los distintos tamices utilizados en la prueba, como se explica en las Figuras 6 y 7.

**Figura 6.**  
Clasificación de suelos – SUCS

**SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.)**  
INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN

DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
<b>SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS</b> Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 φ Más de la mitad del material pasa por la malla No. 4	<b>GRAVAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 em. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Cu: mayor de 4. COEFICIENTE DE CURVATURA Cc: entre 1 y 3. $Cc = (D_{30})^2 / (D_{10})(D_{60})$ NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.		
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos			
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo			
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de gravas, arena y arcilla			
	<b>ARENAS</b> Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL PUEDE USARSE 1/2 em. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	<b>ARENA LIMPIA</b> Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LINEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
			SP	Arenas mal graduadas, arena con gravas, con poca o nada de finos		
		<b>ARENA CON FINOS</b> Cantidad apreciable de partículas finas	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LINEA A" O I.P. MENOR QUE 4. LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LINEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.		
		<b>SUELOS DE PARTÍCULAS FINAS</b> Más de la mitad del material pasa por la malla número 200 φ Las partículas de 0.074 mm. de diámetro (la malla No. 200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	G - Grava, S - Arena, O - Suelo Orgánico, P - Turba, M - Limo C - Arcilla, W - Bien Graduada, P - Mal Graduada, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad <b>CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)</b> 
				CL	Arcillas inorgánicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.					
<b>LIMOS Y ARCILLAS</b> Límite Líquido Mayor de 50	MH		Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.			
	CH		Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.			
	OH		Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.			
<b>SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS</b>			P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.		

\*\* CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS; POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.  
 @ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.  
 \* LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE, LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Nota: Clasificación de suelos – SUCS. Fuente: *Lambe y Whitman, 1981*

**Figura 7.**  
*Clasificación de suelos – AASHTO*

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)								Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de: 2 mm (N° 10) 0.425 mm (N° 40) F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 50												
	máx. 50	máx. 50	min. 51										
	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)													
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)													
LL: Límite de Líquido				máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41	min. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 5	máx. 5	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11 <sup>(a)</sup>	min. 11 <sup>(a)</sup>	min. 11 <sup>(a)</sup>
Tipo de material	Piedras, gravas y arenos		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente						

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es mayor que LL-30

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el Índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-1-B(2-6) (3), A-4(6), A-7-5 (17), etc.  
IG = (F-35) [0.2+0.005 (LL-40)] +0.01 (P-15)(P-15).

*Nota:* Clasificación de suelos – AASHTO. Fuente: *Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016*

#### 4.8.3. Humedad natural

De acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales, el ensayo para determinar el contenido de humedad en el suelo (MTC E 108) se basa en la norma ASTM D 2216, donde el propósito del ensayo es determinar el porcentaje de agua en la masa del suelo.

#### Procedimiento de ensayo (Figura 8)

1. Tome una muestra representativa para la prueba de cuarteo.
2. En el caso de material arcilloso que contenga grava, para el ensayo se tomaron 50 g, incluidas 4 muestras con el agregado de ceniza de fondo en proporciones del 0%; 5% y 10%.
3. Coloque las muestras en el horno de secado.
4. Pese el material de prueba seco y registre los datos. La siguiente figura muestra el peso del material seco recolectado.

**Figura 8.***Ensayo de contenido de humedad*

*Nota:* Ensayo de contenido de humedad. Fuente: *Elaboración propia*

### **Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108 – 2016)**

Permite determinar el contenido de la humedad de la muestra de suelo, representada como porcentaje del peso de agua existente en la muestra. Se obtiene pesando en principio la muestra de suelo y posteriormente, secarla en un horno a  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ , al contrastar los diferenciales o la pérdida de peso con el secado, se hace referencia directa al peso del agua.

#### **4.8.4. Índice de plasticidad**

Para obtener los resultados de este ítem, M.T.C. fueron tomados en cuenta: E.1.1.0. (Límite de liquidez de los suelos) y M.T.C.E.1.1.1. (Límite elástico), los cuales tienen como referencia normativa la norma ASTM D 4318 incluyendo la determinación del índice de rendimiento (30).

#### **Procedimiento de ensayo:**

##### **1. Límite líquido**

- Preparación de 200g de muestra de suelo que pasa por un tamiz No. 40.
- Pesar agua destilada con el 25% del peso de la muestra.

- Mezclar y amasar el material molido con agua destilada hasta obtener una pasta con una espátula.
- Colocar la mezcla en el vaso Casagrandes, creando una superficie lisa y horizontal.
- Formar un agujero en el material colocado con una ranura para que tenga la siguiente sección.
- Después de cortar el material, comience a girar la manivela (3 golpes/segundo) hasta que se cierre el agujero, mientras que simultáneamente se cuenta el número de golpes hasta que se cierre.
- Repita la prueba hasta tres veces hasta obtener resultados para 15 a 25 golpes, 20 a 30 y 25 a 35 golpes. Incluyendo varios porcentajes de ceniza de madera añadida en el fondo 0%; quince%; 20% y 25%
- Se toma el material, se coloca en una cápsula y se transfiere a un horno para obtener el contenido de humedad del material que se está probando.

En la Figura 9, se puede apreciar la preparación del material para el ensayo en la copa de Casagrande.

### Figura 9.

*Ensayo de límite líquido*



*Nota: Ensayo de límite líquido. Fuente: Elaboración propia*

### Límite plástico

- Moldear de forma elipsoide a parte de la muestra de la copa de prueba.
- Luego extiéndalo con los dedos sobre una superficie lisa, formando cilindros.
- Si el cilindro no alcanza un diámetro de 3,2 mm y no colapsa, vuelva a crear el elipsoide y repita el proceso.
- El colapso del suelo se manifiesta de manera diferente dependiendo del tipo de suelo analizado.
- Después de lo descrito, se toman 6 gramos de material, se colocan en una cápsula y se transfieren a un horno para obtener el contenido de humedad del material que se está probando.

En la Figura 10, se muestra el hilo de suelo arcilloso formado en el ensayo y el tipo de desmoronamiento que debe presentar el hilo o cilindro del suelo arcilloso.

### **Figura 10.**

*Ensayo de limite plástico*



*Nota:* Ensayo de limite plástico. Fuente: *Elaboración propia*

**Determinación del Limite Líquido de los suelos (MTC E 110 – 2016)**

Se corresponde con el valor más bajo en el que pueden formarse barritas de suelo de 3.2mm sin que éstas se deformen al hacerlas rodar por una superficie lisa.

**Determinación de Limite Plástico de los suelos (MTC E 111 – 2016)**

Es la proporción de humedad que permite que el suelo se encuentre en el límite de los estados líquido y plástico; se obtiene con una muestra de tamaño de ½ pulgada que se deja caer 25 veces a una altura de 1 centímetro, en dos caídas por segundo

El límite líquido, el límite elástico y el índice de plasticidad de los suelos se utilizan ampliamente, tanto individualmente como en combinación con otras propiedades del suelo, para correlacionarlos con su comportamiento de ingeniería, como la compresibilidad, la permeabilidad, la compactibilidad, la expansión por contracción y la resistencia al corte.

**Índice de plasticidad.**

• Para determinar el índice de plasticidad se utiliza la diferencia entre límite líquido y límite plástico representados por la siguiente fórmula.

$$IP = LL - LP$$

**4.8.5. Densidad seca y húmeda**

De acuerdo al Manual de Pruebas de Materiales del MTC, para pruebas de compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada (Proctor modificado) con una energía de 2700 kN (MTC E 115), la norma ASTM D 1557 es para determinar la relación objetiva entre el contenido de agua y el peso unitario seco de suelos (curva de compactación).

**Procedimiento del ensayo:**

- Dependiendo del tipo de suelo obtenido en el análisis granulométrico, elegimos el Método de Ensayo A, B o C. En este caso el método de investigación es el Método A.
- Material: pasante el tamiz N°4
- ≤ 25% material retenido en el tamiza N°4
- > 75% material pasante el tamiz N°4
- Capas: 5
- Golpes por capa: 25
- Molde:  $\emptyset = 4\text{pulgadas}$
- Se coloca 1/5 del material en forma previamente protegida y se compacta o compacta con 55 golpes por capa.
- Actos seguidos, se procede a colocar la segunda capa y repetir el proceso, de igual manera con la tercera, cuarta y quinta capa.
- Inmediatamente después comenzamos a colocar la segunda capa y repetimos el mismo proceso con la tercera, cuarta y quinta capa.
- Finalmente se enraíza la superficie del molde y se toma la muestra mediante un extractor hidráulico.
- Tomar una muestra del material extraído, colocarla en una cápsula y colocarla en el horno para determinar el contenido de humedad.
- El procedimiento se realizó en 4 puntos para determinar la curva de compactación.
- Este procedimiento se realizó de la misma manera para diferentes proporciones de adición de ceniza de madera de fondo de 0%, 5% y 10%

#### **4.8.6. Capacidad de resistencia del suelo**

De acuerdo con el Manual de pruebas de materiales, C.B.R. Los suelos en el Laboratorio tienen como referencia normativa ASTM. D.1.8.8.3. Conocido como método

de prueba de relación de carga estándar de California (CBR) para suelos compactados en laboratorio. Teniendo como alcance “una evaluación de la resistencia potencial de la subrasante, subrasante y material de subrasante, incluidos los materiales reciclados para uso en superficies de carreteras y pistas de aterrizaje” (31).

Según la ASTM D, el CBR se expresa como la relación de la unidad de carga en el pistón para penetrar 0.1plg (2,5mm) y 0.2plg (5,1mm) del material de prueba a la carga.

**Procedimiento de ensayo:**

- Preparación de la muestra según el Método C del ensayo de Proctor modificado.
  - Molde:  $\emptyset = 6plg$
  - Material: Pasante el tamiz  $3/4''$
  - $\leq 25\%$  Material retenido en el tamiz  $3/8''$
  - $>75\%$  Material pasante el tamiz  $3/8''$
- Hacer 3 muestras (tres formularios), teniendo en cuenta el número 10; 25 y 56 trazos por capa.
- Ensamble el molde de prueba colocando primero el disco espaciador (h=6 pulgadas – 152.4mm), luego se coloca el papel de filtro y luego la primera capa de muestra, compactando con el número de golpes adecuado a la muestra que se está elaborando y finalizando nivelando la forma con el propio material.
- Girar el molde, retirar el disco espaciador y colocar el papel de filtro en la base del molde.
- Coloque pesos equivalentes a una carga de pavimento de 10 lbf (5,54 kg) e instale un soporte ajustable para medir la expansión o hinchazón.
- Tome la primera medición de la hinchazón y después de 96 horas o 4 días)

- Antes de sumergir los moldes de prueba (96 horas o 4 días) en el estanque de curado, tome una pequeña cantidad de la muestra restante (100 a 500 gramos) y colóquela en una cápsula para determinar el contenido de humedad de la muestra de prueba.

- **Prueba de carga:**

- Retire el agua de la parte superior de la muestra y deje que se escurra el agua restante durante al menos 15 minutos.
- Retirar la placa perforada.
- Asentar el pistón de penetración a la menor carga posible, procurando mantenerlo a menos de 10 libras de fuerza.
- Establecer métricas de carga y penetración cero.
- Aplique carga al pistón de penetración a una velocidad de 0,05 pulg./min. (1,27 mm/min).
- Registrar lecturas de carga en las penetraciones de:
  - 0.025plg (0.64mm)
  - 0.050plg (1.3mm)
  - 0.075plg (1.9mm)
  - 0.100plg (2.5mm)
  - 0.125plg (3.18mm)
  - 0.150plg (3.8mm)
  - 0.175plg (4.45mm)
  - 0.200plg (5.1mm)
  - 0.300plg (7.6mm)
  - 0.400plg (10mm)
  - 0.500plg (13mm)

Medir la profundidad de penetración del pistón en el suelo.

### **Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)**

Establecer un método para probar la compactación del suelo en el laboratorio utilizando energía modificada (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>)).

Esta prueba cubre los procedimientos de compactación utilizados en el laboratorio para determinar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo (curva de compactación) compactado en un molde de 101,6 o 152,4 mm (4 o 6 pulgadas) de diámetro usando una fuerza de 44,5 N (10 lbf. ) cayendo desde una altura de 457 mm (18 pulg.), produciendo una energía de compactación de (2700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 ft-lbf/ft<sup>3</sup>)).

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

Este método de prueba evalúa la resistencia potencial de la subrasante, la subrasante y el material de subrasante, incluidos los materiales reciclados, para su uso en superficies de carreteras y pistas de aterrizaje. El valor CBR obtenido en este estudio es una parte integral de varios métodos de diseño de pavimentos flexibles. Los detalles de las pruebas de laboratorio se pueden encontrar en los archivos adjuntos.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1. Presentación de resultados**

##### **a) Características del suelo cohesivo de la sub rasante en Jr. Loreto**

La investigación inicia con la conformación de la muestra de trabajo, la cual se ubicó en las zonas kilómetro 0+070, kilómetro 0+400 y kilómetro 0+700 de Jirón de Loreto en el Anexo de Cochas Chico de la Municipalidad El Tambo-Huancayo-Junín, identificándose cada uno como calicata 01 C-01, calicata 02 C-02 y calicata 03 C-03 respectivamente y tomadas a una profundidad de 1,5 metros cada una (Tabla 7) cuya ubicación de cada una se encuentra en el Anexo 02 con el panel fotográfico respectivo.

En tal sentido, los criterios empleados para la selección de las calicatas fueron los siguientes.

- Suelos sin explotación agronómica o urbana, puesto que, el uso prolongado del suelo puede afectar el comportamiento de las propiedades, densidad, humedad y capacidad de soporte
- Perfil homogéneo de la muestra, en donde puedan distinguirse el color del perfil y las partículas superficiales de composición.
- Porcentaje de humedad según lo indicado en la Norma ASTM D2216
- Porcentaje de plasticidad según la Norma ASTM D4318.

Así mismo, estas muestras de calicata fueron sometidas a los ensayos de, análisis granulométrico, límite líquido, plástico y de consistencia, Proctor modificado y CBR.

**Tabla 7.**

*Datos de las calicatas*

Item	Ubicación	N° Calicata	Muestra	Profundidad
1	Km 0+070 - terreno natural	C-01	m - 1	1.5
2	Km 0+400 - terreno natural	C-02	m - 1	1.5
3	Km 0+700 - terreno natural	C-03	m - 1	1.5

*Nota:* Datos de las calicatas. Fuente: *Elaboración propia*

Los ensayos de laboratorio se efectuaron siguiendo las consideraciones e instrucciones contenidas en el Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras EM-2016, el mismo que se enmarca según la Norma ASTM y AASHTO y del Reglamento Nacional de Edificaciones CE.010 junto con el aval de las Normas Técnicas Peruanas.

➤ Cuadro de características de suelos de calicatas.

En la Tabla 8 se sintetizan los resultados de los ensayos de clasificación de suelos, y de las principales propiedades físicas de la sub rasante, en donde se observa que, la calicata 02 posee un mayor contenido de humedad natural 7.2% y mayor límite plástico de 20,4%.

**Tabla 8.**

*Ensayos de clasificación de suelos y propiedades físicas de la sub rasante.*

N° Calicata	Ubicación	Clasificación (SUCS)	Clasificación (AASHTO)	Humedad natural (%)	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plasticidad (%)
C-01	Km 0+070	CL	A-6	5.6	32.4	20.3	12.2
C-02	Km 0+400	CL	A-6	7.2	32.1	20.4	11.7
C-03	Km 0+700	CL	A-6	5.8	31.8	19.6	12.2

*Nota:* Ensayos de clasificación de suelos y propiedades físicas de la sub rasante. Fuente:

*Elaboración propia*

➤ Perfiles estratigráficos.

### Registro de exploración

El registro de exploración permitió descomponer la estructura de las calicatas tomadas, con el fin de obtener un perfil estratigráfico y compactación de los suelos en cada uno que, permita establecer las propiedades físicas y mecánicas.

En complemento, se tiene la Tabla 9 en donde se aprecian las características de composición de las calicatas y la presencia del nivel freático en cada una.

**Tabla 9.**  
Características y propiedades físicas del suelo

Registro de exploración				
Calicatas	Caracterización de los estratos			
	Estratos	Profundidad	Composición	Nivel Freático
C-01 Km 0+070	E - 01	0.00 m - 1.50 m	CL: Arcillas inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	NO PRESENTA
C-02 Km 0+400	E - 01	0.00 m - 1.50 m	CL: Arcillas inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	NO PRESENTA
C-03 Km 0+700	E - 01	0.00 m - 1.50 m	CL: Arcillas inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.	NO PRESENTA

*Nota:* Características y propiedades físicas del suelo. Fuente: *Elaboración propia*

### Nivel freático

En atención a lo obtenido en la Tabla 9, se aprecia que, las calicatas a una profundidad de 1,50m a cielo abierto, no presentaron valores correspondientes al nivel freático.

### Descripción de perfil estratigráfico

Las calicatas analizadas se pueden clasificar como un terreno de material homogéneo, llegándose a encontrar suelos arcillosos a lo largo de los tramos estudiados, el cual es aquel conformado por materiales tales como: arcillas inorgánicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plásticos.

El perfil del suelo registrado en las calicatas hasta la profundidad de investigación, está conformado de la siguiente forma.

Se realizaron la categorización de los suelos encontrados:

1. **C – 01 (km 0+ 070):** Este suelo viene a estar conformado por partículas granulares teniendo una clasificación según SUCS como **CL** y categorizándose como una Subrasante **Regular** por poseer un valor de CBR igual a 6.60%.
2. **C – 02 (km 0+ 400):** Este suelo viene a estar conformado por partículas granulares teniendo una clasificación según SUCS como **CL** y categorizándose como una Subrasante **Regular** por poseer un valor de CBR igual a 6.30%.
3. **C – 03 (km 0+ 700):** Este suelo viene a estar conformado por partículas granulares teniendo una clasificación según SUCS como **CL** y categorizándose como una Subrasante **Regular** por poseer un valor de CBR igual a 6.80%.

## **5.2. Influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la máxima densidad seca de suelos cohesivos**

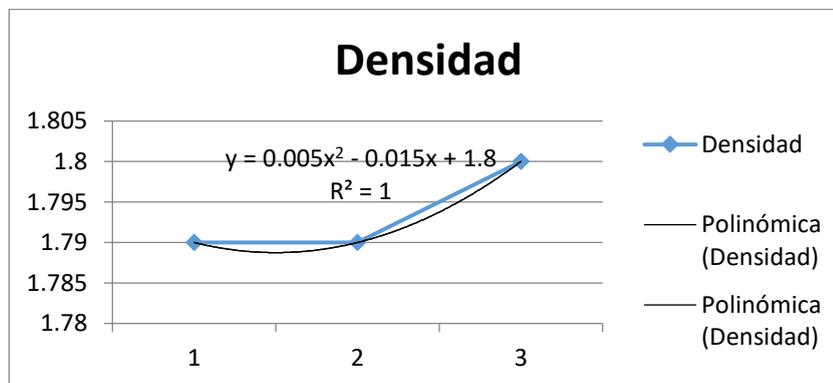
Por medio del ensayo de Proctor modificado según la norma ASTM D1557 se obtuvieron los valores de la densidad máxima seca en g/cm<sup>3</sup> para las muestras de suelo cohesivo en las diferentes subrasantes 1-2-3. En la Tabla 10 se aprecian los resultados de la densidad máxima seca para cada subrasante, observando que, en la 1 y 2 los valores fueron de 1,79 g/cm<sup>3</sup> y para la 3 fue de 1,8 g/cm<sup>3</sup> de acuerdo con el peso del suelo compactado en cada muestra. Es importante resaltar que, con los resultados obtenidos de la estabilización, se podrán mejorar la composición de la subrasante.

**Tabla 10.***Valores de densidad de subrasantes*

Subrasante	Peso (g)	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )
1	1838,5	1,79
2	1828,75	1,79
3	1833,75	1,8

*Nota:* Valores de densidad de subrasantes. Fuente: *Elaboración propia*

En complemento con los datos anteriores, se tiene la Figura 11 contentiva del comportamiento de la densidad, pudiéndose observar que, la relación entre la ubicación de la subrasante influye un 100% en el valor de densidad seca de la muestra de suelos cohesivos, en atención al valor del coeficiente de Pearson ajustado  $R^2=1$ .

**Figura 11.***Comportamiento de la densidad de las muestras*

*Nota:* Comportamiento de la densidad de las muestras. Fuente: *Elaboración propia (2024)*.

Por otro lado, el comportamiento de la densidad en las muestras estabilizadas con cenizas residuales se encuentra en la Tabla 11, identificándose que, la muestra con 5% de cenizas presentó una densidad de 1,82 g/cm<sup>3</sup>, la de 10% alcanzó 1,84 g/cm<sup>3</sup> y la de 15% obtuvo 1,85 g/cm<sup>3</sup>, en tal sentido, el valor de densidad es proporcional a la proporción de cenizas en la muestra de suelos cohesivos.

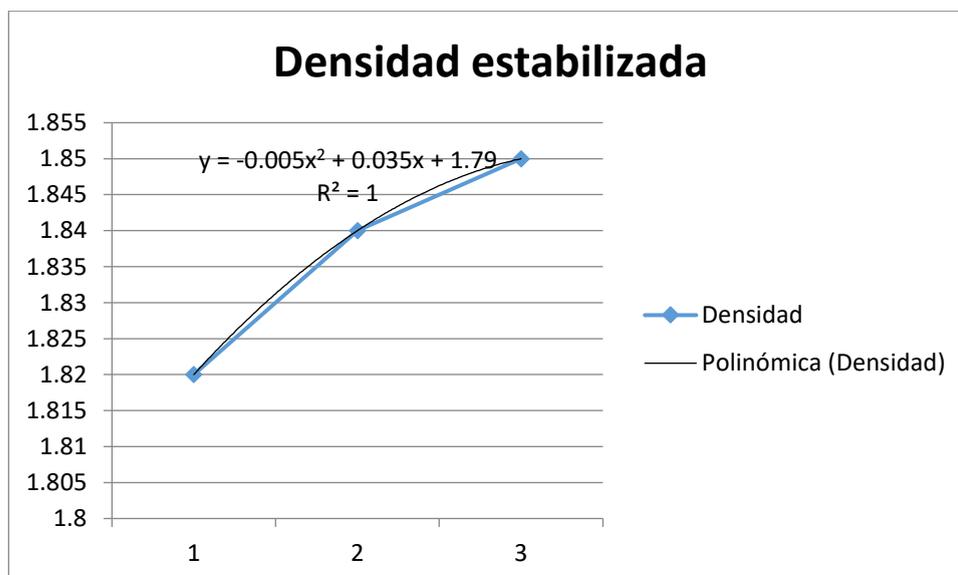
**Tabla 11.***Comportamiento de la densidad en las muestras estabilizadas*

Subrasante	Peso	Densidad
1 + 5%	1699,33	1,82
2+ 10%	1695	1,84
3 + 15%	1690,33	1,85

*Nota:* Comportamiento de la densidad en las muestras estabilizadas. Fuente:

*Elaboración propia*

De manera similar se añade la Figura 12 con el comportamiento gráfico de la densidad en las muestras estabilizadas, encontrándose con que, la proporción de cenizas en las muestras influye un 100% en la propiedad de densidad, conforme al valor de  $R^2=1$ .

**Figura 12.***Comportamiento de la densidad estabilizada*

*Nota:* Comportamiento de la densidad estabilizada. Fuente: *Elaboración propia*.

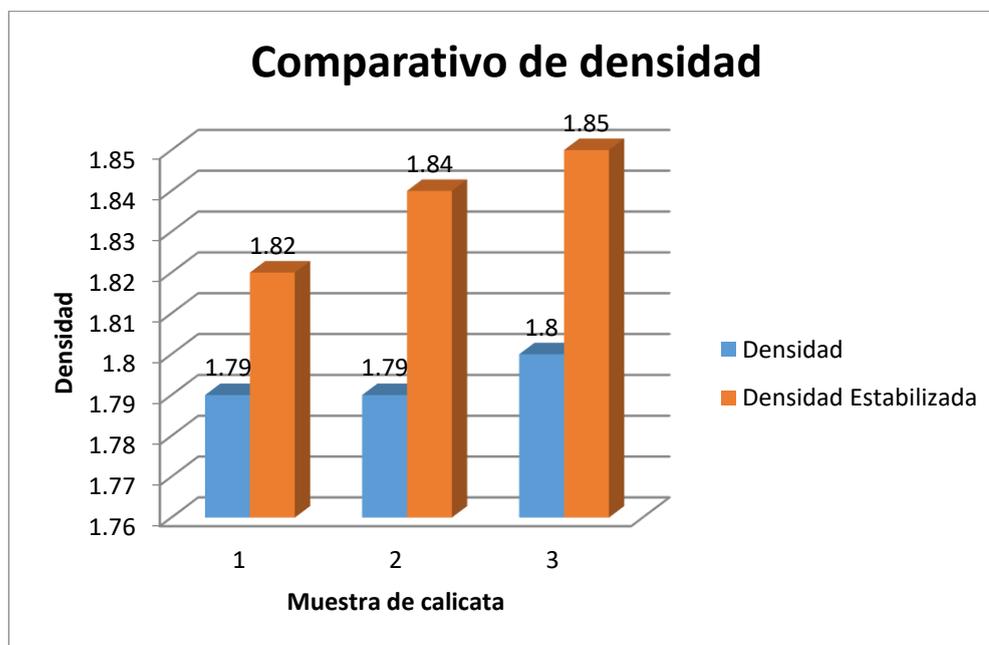
Considerando los resultados de la propiedad de densidad en la muestra simple y estabilizada, se presenta la Tabla 12 con la variación de la misma en cada muestra, destacando que, con la estabilización del 5% de cenizas el valor de la propiedad varió un 1,68%, con el 10% varió un 2,79% y con el 15% varió en un 2,78%.

**Tabla 12.***Variación de la densidad en las muestras*

Densidad	Densidad E	VAR
1,79	1,82	1,68%
1,79	1,84	2,79%
1,8	1,85	2,78%

*Nota:* Variación de la densidad en las muestras. Fuente: *Elaboración propia.*

Así mismo, la Figura 13 representa el comparativo de la densidad máxima en las muestras simples y estabilizadas, observándose la importante diferencia de valores en las muestras con cenizas añadidas, en especial, en las que se añadió 10% de cenizas.

**Figura 13.***Comparativo de densidad*

*Nota:* Comparativo de densidad. Fuente: *Elaboración propia.*

En virtud de los valores encontrados para la propiedad de densidad, se aplicó la prueba T Student para los datos simples y estabilizados, teniendo en cuenta que, se emplea este tipo de prueba inferencial con la intención de determinar diferencias significativas en

las medias muestrales que, permitan obtener un resultado concluyente acerca de la influencia en la estabilización con cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, resultando un  $p=0,022$  bilateral  $< 0,05$ , lo que permite asumir que, existen diferencias significativas en los datos y que, efectivamente, la adición de cenizas en las muestras de calicatas influye en el valor de la densidad máxima seca de los suelos cohesivos a razón del 75% de acuerdo con el valor del coeficiente de Pearson 0,75 (Tabla 13).

**Tabla 13.**  
*Prueba T STUDENT para densidad*

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	1,79333333	1,83666667
Varianza	3,3333E-05	0,00023333
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0,75592895	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-6,5	
P(T<=t) una cola	0,01143008	
Valor crítico de t (una cola)	2,91998558	
P(T<=t) dos colas	0,02286016	
Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273	

*Nota:* Prueba t student para densidad. Fuente: *Elaboración propia (2024).*

### **5.3. Influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos**

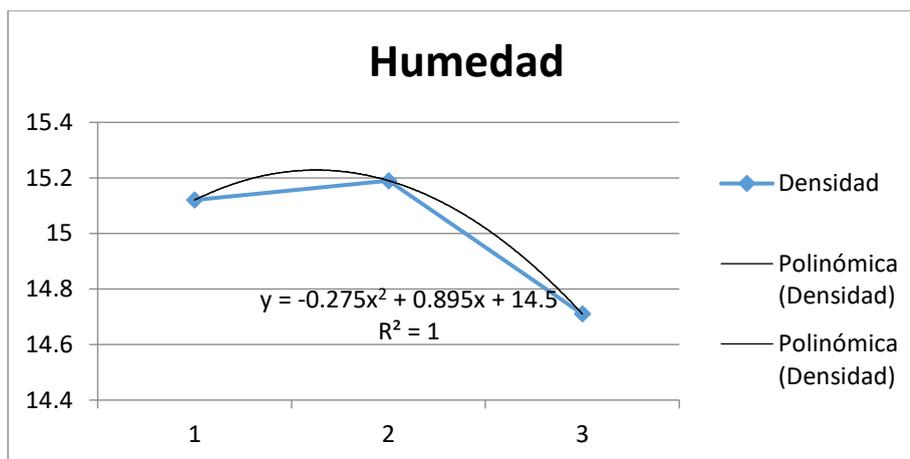
En la Tabla 14 se consiguen los resultados de la propiedad óptimo contenido de humedad para las muestras de suelo simple, aplicando el ensayo Proctor ASTM D1557. Al respecto, se observa que, en la subrasante 1 se obtuvo un 15,12% de humedad, en la 2 15,19% y en la 3 14,71%, por lo cual, el máximo valor de la propiedad se encontró en la subrasante 2.

**Tabla 14.***Comportamiento de humedad en las subrasantes*

Subrasante	Peso (g)	Humedad (%)
1	1838,5	15,12
2	1828,75	15,19
3	1833,75	14,71

*Nota:* Comportamiento de humedad en las subrasantes. Fuente: *Elaboración propia.*

En este orden de ideas, la Figura 14 contiene el comportamiento de la humedad en las muestras simples, resultando que, el valor de la propiedad es proporcional a la ubicación de la muestra (ubicación de la calicata) influyendo ésta en un 100% sobre la humedad ( $R^2=1$ ).

**Figura 14.***Comportamiento de la humedad en las muestras simples*

*Nota:* Comportamiento de la humedad en las muestras simples. Fuente: *Elaboración propia.*

En forma similar al ensayo realizado para las muestras simples, se efectuó de igual manera para las muestras estabilizadas, obteniendo que, para el 5% de adición de cenizas, la humedad fue de 14,39%, para el 10% de cenizas la humedad fue de 13,51% y para el

15% la humedad fue de 13,20%, distinguiéndose que, existe una proporción inversa entre el porcentaje de estabilización y el porcentaje de humedad en la muestra (Tabla 15).

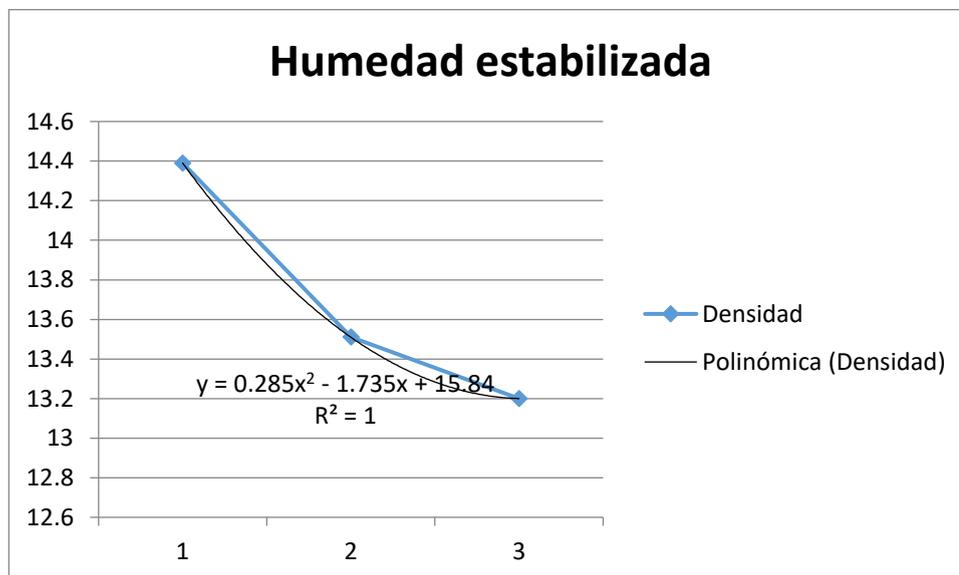
**Tabla 15.**  
*Humedad de las muestras estabilizadas*

Subrasante	Peso	Humedad
1 + 5%	1699,33	14,39
2+ 10%	1695	13,51
3 + 15%	1690,33	13,2

*Nota:* Humedad de las muestras estabilizadas. Fuente: *Elaboración propia.*

Los resultados anteriores se constatan en la Figura 15, en donde, la cantidad de cenizas añadidas influye un 100% en los valores de la humedad óptima ( $R^2=1$ ).

**Figura 15.**  
*Comportamiento de la humedad estabilizada*



*Nota:* Comportamiento de la humedad estabilizada. Fuente: *Elaboración propia.*

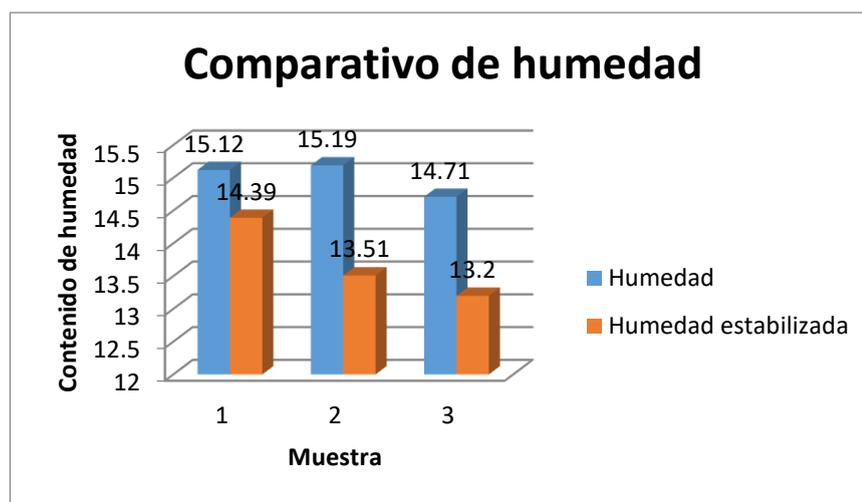
Resumiendo, los resultados del ensayo para la humedad óptima de las muestras simples y estabilizadas, se presenta la Tabla 16 con la variación de la propiedad en cada escenario analizado; al respecto, se observa que, la humedad es inversamente proporcional a la adición de cenizas en la muestra, resultando un valor de -4,83% para 5% de cenizas, el -11,06% para el 10% y un -10,27% para el 15% de adición.

**Tabla 16.***Variación de humedad en las muestras*

Humedad	Humedad E	VAR
15,12	14,39	-4,83%
15,19	13,51	-11,06%
14,71	13,2	-10,27%

*Nota:* Variación de humedad en las muestras. Fuente: *Elaboración propia.*

Los valores de la Tabla 16 son complementados con la Figura 16 en donde se aprecia el comparativo de los valores de humedad en las muestras; en este sentido, se puede indicar que, los valores de humedad en la muestra estabilizada son menores que en las muestras simples y varían de acuerdo a la ubicación de la calicata.

**Figura 16.***Comparativo de humedad*

*Nota:* Comparativo de humedad. Fuente: *Elaboración propia.*

La Tabla 17 expone los resultados de la T Student aplicada para la humedad en las muestras simples y estabilizadas, por cuanto, la humedad promedio de la muestra simple es de 15% mientras que, la humedad promedio de la muestra estabilizada es de 13,7%, permitiendo obtener un  $p=0,046$  bilateral  $< 0,05$ , lo que indica que existen diferencias

significativas de humedad en las muestras y que, las cenizas añadidas influyen en la propiedad a razón de un 59,87% según el valor de la Coeficiente de Pearson.

**Tabla 17.**

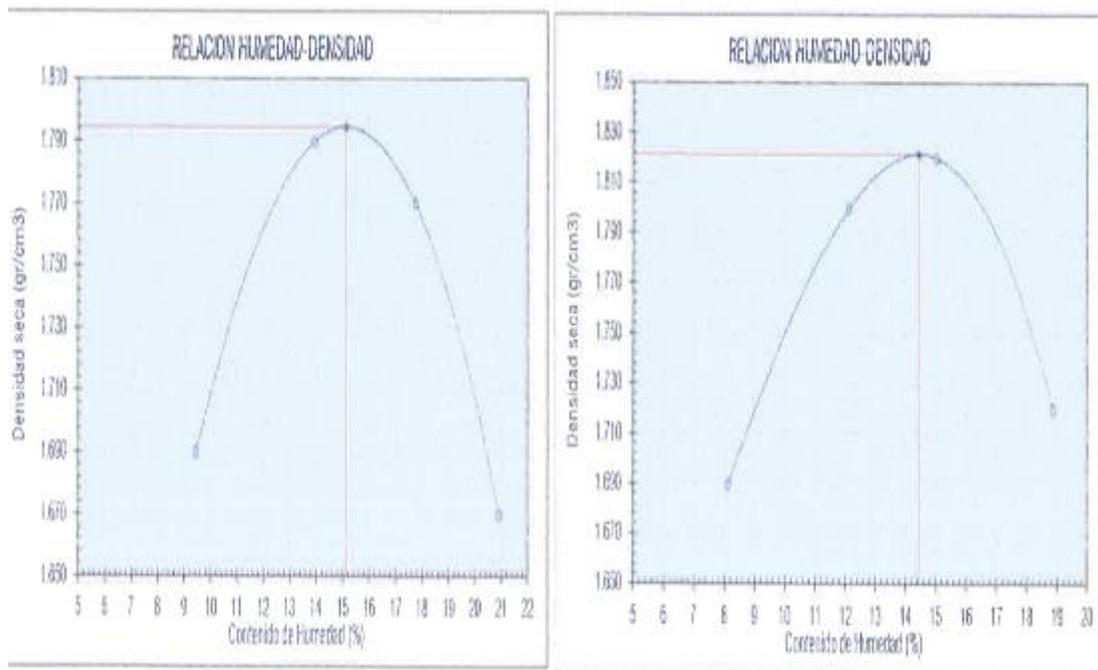
*Prueba T STUDENT para humedad en las muestras*

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	15,0066667	13,7
Varianza	0,06723333	0,3811
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0,59879797	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	4,46754471	
P(T<=t) una cola	0,02331326	
Valor crítico de t (una cola)	2,91998558	
P(T<=t) dos colas	0,04662652	
Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273	

*Nota:* Prueba T STUDENT para humedad en las muestras. Fuente: *Elaboración propia.*

Teniendo los resultados de las propiedades de densidad y humedad, se cuenta con la presentación de la Figura 17, la misma que contiene el comparativo de la relación humedad densidad para la subrasante 01 simple y estabilizada, lográndose observar que, la curva de relación se encuentra desplazada hacia la izquierda en el caso de la muestra estabilizada, indicativo de que, el porcentaje de humedad en la muestra modificada es inferior que la muestra simple, pese al incremento de la densidad en esta última.

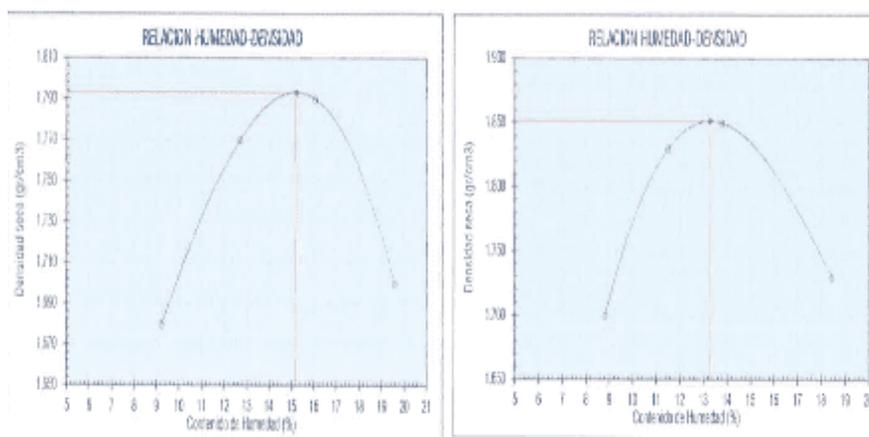
**Figura 17.**  
Relación humedad densidad subrasante 01



*Nota:* Relación humedad densidad subrasante 01. Fuente: *Información obtenida del ensayo Proctor ASTM D1557.*

Lo mismo observa para la relación de la subrasante 01 simple y estabilizada, notándose un desplazamiento de la curva hacia el lateral izquierdo, producto de la reducción del valor de humedad en esta última y el incremento de la densidad (Figura 18).

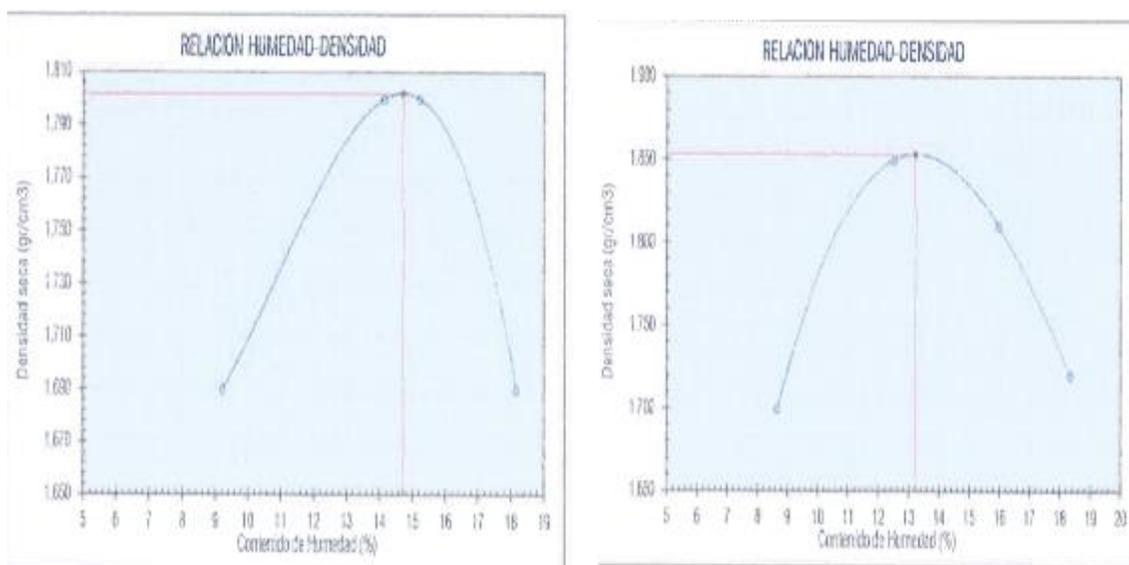
**Figura 18.**  
Relación humedad densidad subrasante 02



*Nota:* Relación humedad densidad subrasante 02. Fuente: *Información obtenida del ensayo Proctor ASTM D1557.*

La Figura 19 contiene la gráfica correspondiente a la relación humedad densidad para la subrasante 03, evidenciándose un desplazamiento lateral hacia la izquierda, pero de menor proporción que las subrasantes anteriores, por cuanto la variación del porcentaje de humedad en las muestras estabilizadas es menor que en la subrasante 02.

**Figura 19.**  
*Relación humedad densidad subrasante 03*



*Nota:* Relación humedad densidad subrasante 03. Fuente: *Información obtenida del ensayo Proctor ASTM D1557.*

#### **5.4 Influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la capacidad de soporte de suelos cohesivos**

En la Tabla 18 se observan los datos de la capacidad de soporte para las muestras simples según el ensayo CBR ASTM D1883-16, para el 100% de la máxima densidad seca y el 95% de la misma; es así que, para el 100% del MDS la subrasante 01 obtuvo un índice de 6,6, mientras que, la subrasante 02 resultó en 6,3 y la 03 en 6,8, siendo ésta última la de mayor soporte. Por otro lado, en el 95% de la máxima densidad seca, la C01 obtuvo 4,6 de índice de soporte, mientras que, la 02 resultó con 4,5 y la 03 en 5,1. Estos

datos advierten que, la subrasante 03 es la que presenta la mayor capacidad de soporte tanto para el 100% de MSD, como para el 95%.

**Tabla 18.**

*Capacidad de soporte de las muestras simples*

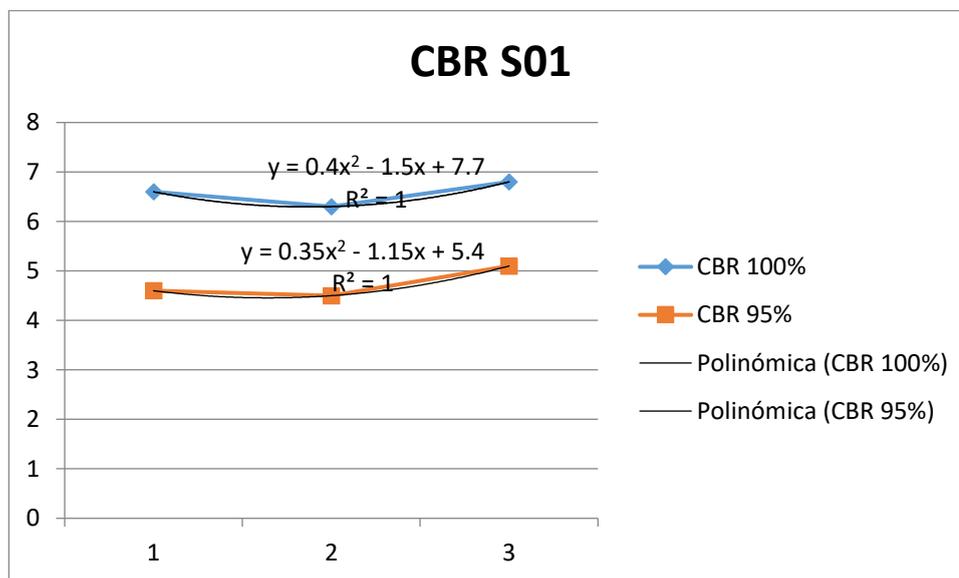
Subrasante	Peso (g)	CBR	
		100%	95%
1	1838,5	6,6	4,6
2	1828,75	6,3	4,5
3	1833,75	6,8	5,1

*Nota:* Capacidad de soporte de las muestras simples. Fuente: *Elaboración propia.*

De igual manera se añade la Figura 20 con la gráfica del comportamiento del índice CBR por cada subrasante; observando los gráficos, se asume que, la ubicación de la subrasante influye en un 100% en la capacidad de soporte de la muestra de suelo cohesivo, de acuerdo con el valor de  $R^2=1$  para los dos valores de máxima densidad analizados.

**Figura 20.**

*CBR de las muestras simples*



*Nota:* CBR de las muestras simples. Fuente: *Elaboración propia.*

En otro aspecto, la Tabla 19 representa la capacidad de soporte según ensayo CBR ASTM D1887-16 para las muestras estabilizadas; iniciando con los resultados para el

100% de la MDS, la muestra con 5% de cenizas añadidas arrojó un índice de 11,4, la de 10% obtuvo un 12,56 y la de 15% un 14,43. Por su parte, los resultados para 95% de MDS indicaron que, para 5% de cenizas el índice fue de 8,57, para 10% fue de 9,16 y para 15% fue de 10,43. Estos resultados dicen que, los mayores valores de soporte fueron obtenidos por la muestra con 15% de cenizas, siendo el máximo valor de soporte el de 100% de CBR para 3+15%.

**Tabla 19.**

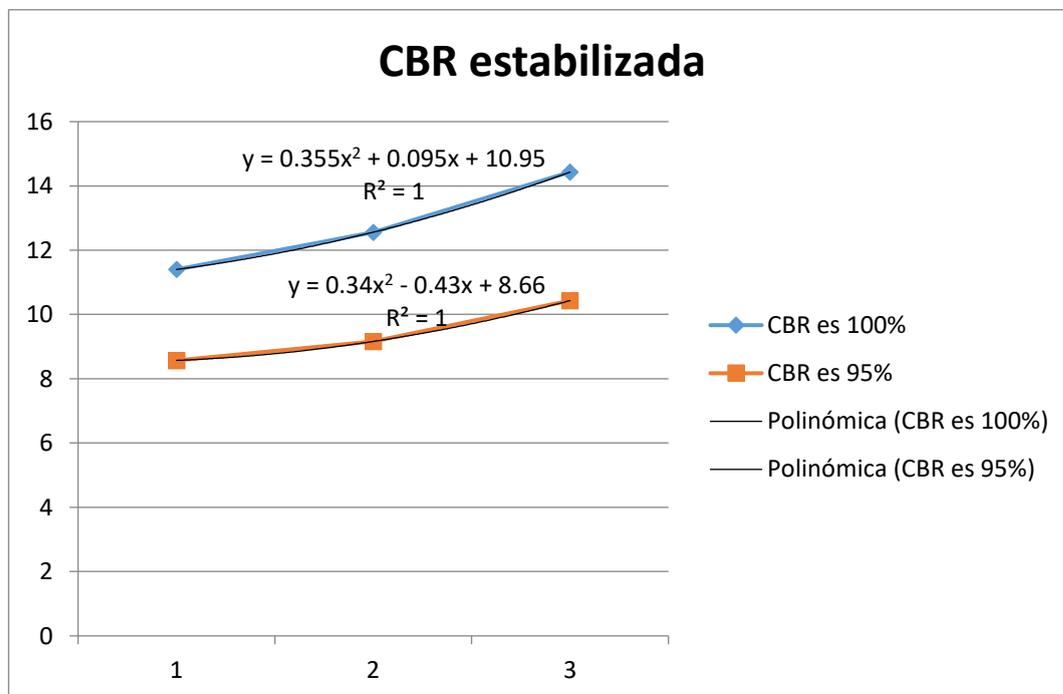
*CBR de las muestras estabilizadas*

<b>Subrasante</b>	<b>Peso</b>	<b>100%</b>	<b>95%</b>
1 + 5%	1699,33	11,4	8,57
2+ 10%	1695	12,56	9,16
3 + 15%	1690,33	14,43	10,43

*Nota:* CBR de las muestras estabilizadas. Fuente: *Elaboración propia.*

En la Figura 21 se puede apreciar el comportamiento gráfico del CBR para las muestras estabilizadas en 100% de MDS y 95% de MDS, identificándose que, la presencia de cenizas influye en un 100% con la capacidad de soporte de las muestras analizadas (R2=1).

**Figura 21.**  
*CBR de las muestras estabilizadas*



*Nota:* CBR de las muestras estabilizadas. Fuente: *Elaboración propia.*

En virtud de que las muestras estabilizadas presentan mayores valores de soporte, se presenta la Tabla 20 con la variación de CBR al 100% de MDS, obteniéndose que, la muestra estabilizada al 5% alcanzó una variación de 72,73%, mientras que, la de 10% logró un 99,37% y la de 15% remontó el 112,21% de variación, por lo que puede decirse que, al agregar un 15% de cenizas a la muestra de suelos, se duplica su capacidad de soporte.

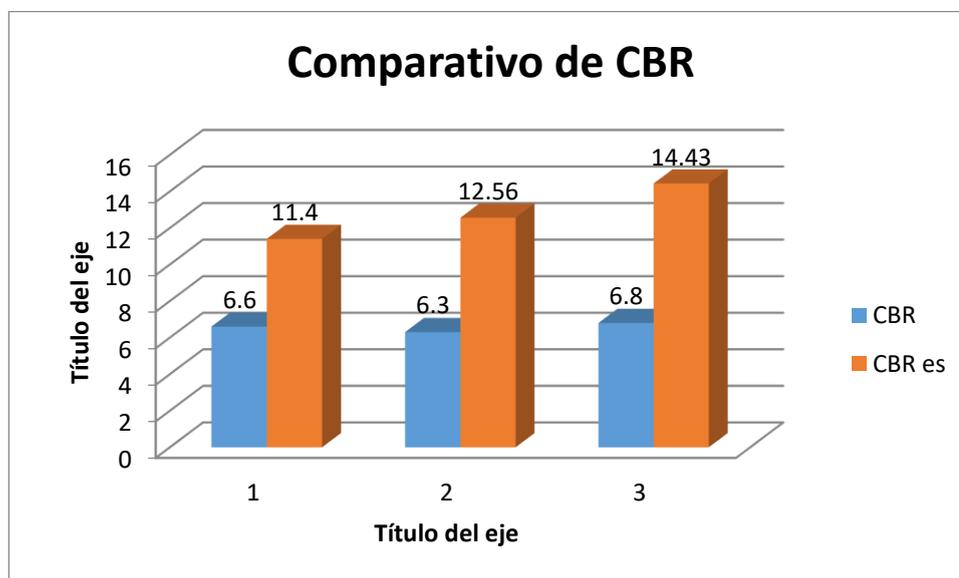
**Tabla 20.**  
*Variación del CBR al 100%*

CBR	CBR es	VAR
6,6	11,4	72,73%
6,3	12,56	99,37%
6,8	14,43	112,21%

*Nota:* Variación del CBR al 100%. Fuente: *Elaboración propia.*

Complementariamente a los datos de la Tabla 20, se agrega la Figura 22 con el comparativo gráfico de los valores obtenidos de CBR para cada una de las muestras estudiadas, corroborándose de que, los índices de soporte son mayores para los suelos estabilizados.

**Figura 22.**  
*Comparativo de CBR*



*Nota:* Comparativo de CBR. Fuente: *Elaboración propia.*

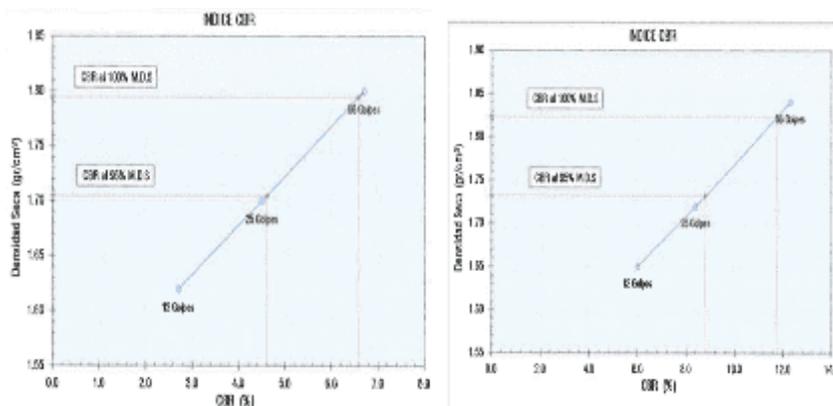
Finalmente se tiene la prueba T Student para la CBR de las muestras simples y las estabilizadas, resultando que, el valor medio para las muestras simples fue de 6,56 y las estabilizadas de 12,79, con un valor de  $p=0,016$  bilateral  $< 0,05$ , indicando que existen diferencias significativas en el CBR de las muestras, con una influencia del 51,67% de la presencia de cenizas sobre la capacidad de soporte de los suelos cohesivos (Tabla 21).

**Tabla 21.***Prueba t student para CBR*

	Variable 1	Variable 2
Media	6,56666667	12,7966667
Varianza	0,06333333	2,33723333
Observaciones	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	0,51679938	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	2	
Estadístico t	-7,62463469	
P(T<=t) una cola	0,00838492	
Valor crítico de t (una cola)	2,91998558	
P(T<=t) dos colas	0,01676985	
Valor crítico de t (dos colas)	4,30265273	

*Nota:* Prueba t student para CBR. Fuente: *Elaboración propia.*

La Figura 23 representa el comparativo de los índices de CBR para las muestras simples y estabilizadas de la subrasante 01, observándose un desplazamiento lateral hacia la derecha, debido al incremento de la capacidad de soporte en los suelos estabilizados que, logran duplicar el valor de las muestras simples.

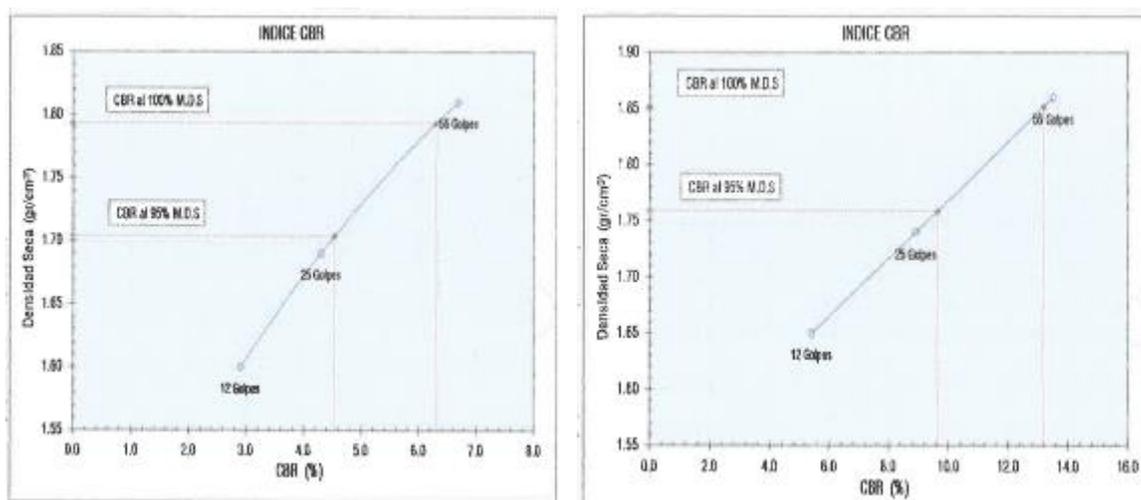
**Figura 23.***Comparativo de cbr subrasante 01*

*Nota:* Comparativo de cbr subrasante 01. Fuente: *Información obtenida del ensayo CBR ASTM D1883-16*

La Figura 24 representa el comparativo de la CBR para las muestras simples y estabilizadas de la subrasante 02, ocurriendo el mismo desplazamiento hacia la derecha

que se observó en la 01, con incrementos similares del doble del valor obtenido por las muestras simples.

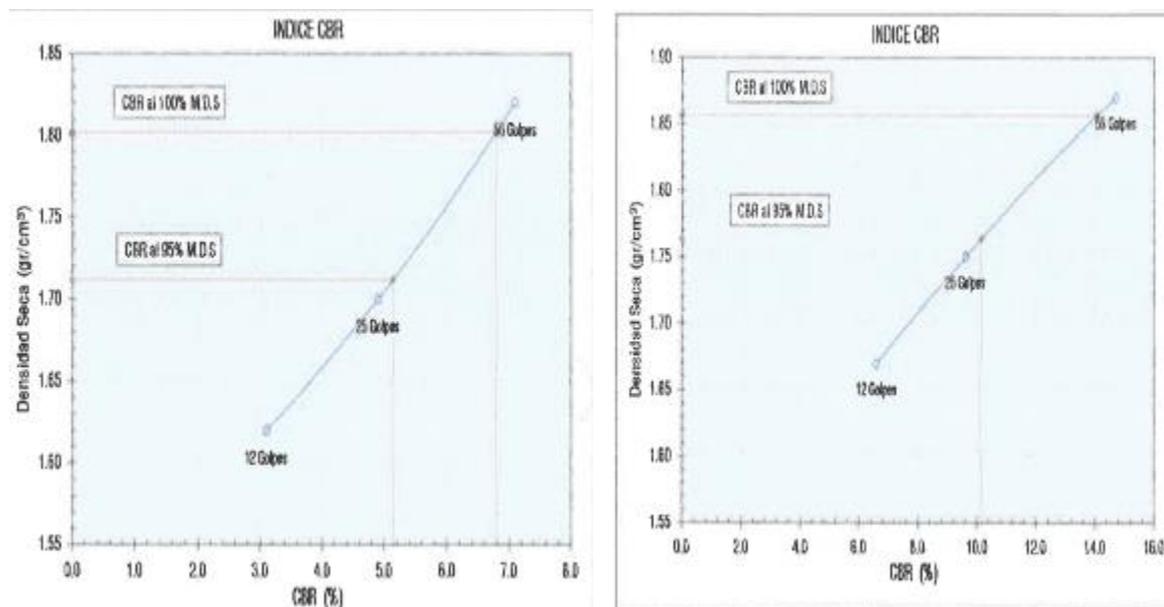
**Figura 24.**  
*Comparativo de CBR de la subrasante 02*



*Nota:* Comparativo de CBR de la subrasante 02. Fuente: *Información obtenida del ensayo CBR ASTM D1883-16*

Finalmente, se consigue con la Figura 25 contentiva del comparativo de la CBR para las muestras simples y estabilizadas de la subrasante 03, con el mismo comportamiento hallado en las subrasantes anteriores, sin embargo, esta curva presenta no solo un desplazamiento hacia la derecha, sino también un ascenso sobre el eje de las ordenadas, lo que es indicativo que, para un 15% de adición de cenizas en los suelos, se incrementa la capacidad de soporte y la densidad máxima seca de los mismos.

**Figura 25.**  
Comparativo de CBR para subrasante 03



*Nota:* Comparativo de CBR para subrasante 03. Fuente: Información obtenida del ensayo CBR ASTM D1883-16

En resumen de lo presentado anteriormente, se tiene la Tabla 22 contentiva de los resultados de los ensayos realizados para cada una de las propiedades evaluadas; en efecto, para la densidad, la estabilización al 15% presenta el mayor valor y más cercano al ideal de 2,65, mientras que, en el caso de la humedad, la muestra con mejor comportamiento fue la muestra 1 sin estabilizar y en la propiedad de la capacidad de soporte, el mayor índice fue obtenido por la muestra estabilizada al 15%, todo lo que indica que, esta muestra presentó una mayor influencia de la adición de cenizas sobre el comportamiento de las propiedades de los suelos cohesivos estudiados.

**Tabla 22.**  
*Aporte técnico*

<b>Densidad</b>	<b>Densidad E</b>	<b>VAR</b>	<b>Criterio 2,65</b>
1,79	1,82	1,68%	
1,79	1,84	2,79%	
1,8	1,85	2,78%	<b>Sí</b>
<b>Humedad</b>	<b>Humedad E</b>	<b>VAR</b>	<b>Criterio 100%</b>
15,12	14,39	-4,83%	<b>Sí</b>
15,19	13,51	-11,06%	
14,71	13,2	-10,27%	
<b>CBR</b>	<b>CBR es</b>	<b>VAR</b>	<b>Criterio 30%</b>
6,6	11,4	72,73%	
6,3	12,56	99,37%	
6,8	14,43	112,21%	<b>Sí</b>

*Nota: Aporte técnico. Fuente: Elaboración propia*

De manera complementaria se tiene la Tabla 23 con los costos asociados a la estabilización de los suelos cohesivos, en el que podemos observar que la mayor costo se halló en la estabilización al 15%; sin embargo, con tal muestra se obtuvo propiedades más optimas, esto en cuanto a la densidad y la capacidad de soporte; por otro lado también podemos observar con respecto a la estabilización al 5%, se obtuvo como resultados una mejora en la subrasante de una categoría pobre a regular, generando una mejora en los suelos cohesivos, además de ello el costo es menor a comparación del primero siendo ello así, y haciendo un análisis de costo beneficio, resulta beneficioso para la ejecución de proyectos civiles.

**Tabla 23.***Costo de la estabilización*

<b>Descripción</b>	<b>Costo por m<sup>3</sup></b>
Estabilización al 5%	S./ 49.03
Estabilización al 10%	S./ 52.41
Estabilización al 15%	S./ 68.30

*Nota:* Costo de la estabilización. Fuente: *Elaboración propia*

En atención a los resultados obtenidos anteriormente, se contrastan las hipótesis de trabajo.

Hipótesis Específica 1.- La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en la máxima densidad seca de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022. Identificándose una variación del 2,42% positiva en las muestras estabilizadas, por cuanto se asume la hipótesis de trabajo.

Hipótesis Específica 2.- La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022, hallándose una variación negativa de -8,72% de humedad en la muestra estabilizada, lo que indica que, a mayor cantidad de cenizas agregadas a la muestra, menor será el porcentaje de humedad presente en la misma, lo que permite comprobar la hipótesis de trabajo en cuanto a la existencia de una influencia significativa de la adición de cenizas artesanales al contenido de humedad de los suelos cohesivos.

Hipótesis Específica 3.- La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en la capacidad de soporte de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022, encontrándose con una variación positiva de 94,77%

en el índice CBR de las muestras estabilizadas, lo que permite comprobar la hipótesis de trabajo.

Hipótesis General. - La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022, de acuerdo con los resultados anteriores, en los que, las muestras estabilizadas presentaron variaciones en las propiedades de, densidad, humedad y capacidad de soporte, se puede comprobar con esto, la hipótesis general planteada.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados de la investigación indican que, la incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influyen de manera significativa en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, a razón de las variaciones encontradas en los valores de, densidad, humedad y capacidad de soporte con la adición de cenizas en las proporciones de 5% 10% y 15%; este resultado concuerda con los de Peláez y Benítez (2020) quienes comprobaron que las estabilizaciones hechas con cenizas de cáscara de arroz, optimizan las propiedades físico mecánicas para las diferentes subrasantes analizadas, incrementándose los valores de cada una de las mismas con cada proporción de cenizas añadidas.

De igual manera coincide Patiño (2020) en cuanto a que, al añadir sub productos de carbón pulverizado a muestras de suelos cohesivos, mejoran significativamente la propiedad de, densidad y capacidad de soporte del mismo, haciéndolo más propicios para cimentaciones pesadas e infraestructuras de gran tamaño.

En otro orden de ideas, los hallazgos apuntaron a que la incorporación de cenizas de ladrilleras artesanales influye de manera significativa sobre la máxima densidad de suelos cohesivos en un 75%, con una variación promedio entre las muestras de 2,42% y un mayor incremento en la porción de suelo con 15% de cenizas, resultados que coinciden con Santa Cruz (2018) quien obtuvo la mejora de densidad de muestra de suelo cohesivo, añadiendo concentraciones de aceite quemado en un 5% 10% 15% y 20%, siendo más relevante en el valor de densidad en la estabilización al 20%.

La incorporación de cenizas de ladrilleras artesanales influye de manera significativa en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos, a razón de un 59,8% y una variación negativa de 8,72%, por cuanto, mientras más adicione la muestra con

cenizas, menor será su humedad, hallazgos que contradicen a los presentados por Terrones (2018) y Fonseca y Muñoz (2020) quienes lograron optimizar la humedad de los suelos arcillosos por medio de la estabilización con bagazo de caño, alcanzando valores de hasta 46% de mejora en la propiedad.

Por último, la incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en la capacidad de soporte de suelos cohesivos en un 51,67% y una variación promedio de 94,77%, identificándose una elevación más importante, para la estabilización con 15% de cenizas, en la cual el soporte se incrementó en un 112%; esto concuerda con lo expuesto por Laguna y Chacón (2020) quienes al añadir la estabilización de cenizas con cáscaras de arroz, lograron incrementar la resistencia de soporte de suelos arcillosos en un 52%, mientras que, Gallego y Paredes (2019) incrementaron la capacidad de soporte de suelos cohesivos, con la añadidura de escoria de acero, en tal sentido, las cenizas de ladrilleras artesanales pueden optimizar de mejor forma la capacidad de soporte de los suelos cohesivos, más que las estabilizaciones con escoria de acero y cáscaras de arroz.

## CONCLUSIONES

1. La incorporación de cenizas provenientes de ladrilleras artesanales influye sobre la propiedad de densidad máxima seca de los suelos cohesivos en un 75%, con una variación de 2,42% a favor de los suelos estabilizados, en donde la media muestral fue de 1,83 g/cm<sup>3</sup> mientras que las muestras simples alcanzaron una media de 1,79 g/cm<sup>3</sup>.

2. La incorporación de cenizas provenientes de ladrilleras artesanales influye sobre la propiedad de humedad óptima del suelo de manera inversa en un 59,8% y una variación de -8,72%, por lo que, mientras mayor es la proporción de la estabilización, menor será la humedad óptima del suelo cohesivo.

3. La incorporación de cenizas provenientes de ladrilleras artesanales influye de manera significativa en la capacidad de soporte en un 51,67% y una variación promedio de 94,77%, por cuanto, la adición de cenizas a la muestra de suelos cohesivos es capaz de duplicar la capacidad de soporte de los mismos, en especial sí se añade 15% de cenizas, logrando índices superiores al 112% en comparación con las muestras simples.

4. La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye sobre las propiedades físico mecánicas de los suelos cohesivos, logrando optimizar los valores de las mismas en el caso de la densidad y la capacidad de soporte, mientras que, la humedad es modificada a razón inversa de la cantidad de estabilización añadida al suelo.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda adicionar máximo hasta un 15 % de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales para la mejora de subrasantes con suelos arcillosos puesto que las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales deben considerar como mínimo el 10 % del peso del suelo en su estado natural, cantidad suficiente para lograr aumentar la estabilidad volumétrica del suelo, con una menor sensibilidad al agua.

2. Se recomienda utilizar máximo hasta un 15 % de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales para la mejora de subrasantes con CBR inferior al 10 % y compactadas al 95 % puesto que las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales exponen valores superiores de ceniza de eucalipto tienden a disminuir el CBR del suelo.

3. Se recomienda emplear hasta un 15 % de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales para la estabilización de subrasantes para mejorar el módulo de resiliencia puesto que un mayor porcentaje de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales tienden a disminuirlo.

4. Las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales deben considerar un 15 % del peso del suelo en su estado natural para conseguir la estabilización de este tipo de suelo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **VILCAS, Ever.** *Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de ladrillo en vías no pavimentadas.* Huancayo : Universidad Peruana de los Andes, 2022. 165pp.
2. **TERRONES, Andrea.** *Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector barraza.* Trujillo : Universidad Privada Del Norte, 2018. 385 pp.
3. **VELARDE, Abel.** *Aplicación De La Metodología De Superficie De Respuesta En La Determinación De La Resistencia A La Compresión Simple De Suelos Arcillosos Estabilizados Con Cal Y Cemento.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2017. 109 pp.
4. **GUTIERREZ, A.** *Guía para la descripción de Suelos.* Italia : N° FAO 631.44 G943 2009, 2019. 11 pp.
5. **LAGUNA, Oscar y CHACON, José.** *Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café.* Girardot -Cundinamarca - Colombia : Universidad Piloto de Colombia, 2020.
6. **GALLEGOS, Marlon y PAREDES, Evelyn.** *Modificación de las propiedades mecánicas de una base granular mediante la incorporación de escoria de acero a través del ensayo CBR, caso de estudio mina san antonio.* Quito : Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2019.
7. **SANTA CRUZ, Miguel.** *Efectos del aceite quemado en las propiedades mecánicas del suelo cohesivo, satipo junin.* Huancayo : Universidad Peruana Los Andes, 2018.
8. **PELAEZ, Juan y BENITES, Julio.** *Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de casaca de arroz y cal.* Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2020.
9. **BECERRA , Yafanor, FONSECA, Kattia y MUÑOZ , Socrates.** *Fundacion Dialnet . Uso de estabilizadores para suelos arcillosos una revision literaria.* [En línea] 2019. [Citado el: 20 de diciembre de 2023.] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7831536>. 54-69.
10. **URBANISMO, MINISTERIO DE VIVIENDA Y.** *Código De Normas Y Especificaciones Técnicas De Obras De Pavimentación.* Chile : División Técnica de Estudio y Fomento Habitacional – Ditec, Minvu, 2013.
11. **ARANA, Jammy, y otros.** *Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cascara de arroz.* s.l. : Universidad Nacional de Ingeniería, 2020. 54 pp.
12. **PERALTA, Sandra.** *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de bagazo de caña de azúcar.* s.l. : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2023. 161 pp.
13. **SURCO, Yeleny.** *Estabilización de suelos con emulsión asfáltica y tereftalato de polietilenocon fines en carretera no pavimentada.* s.l. : Universidad Señor de Sipan, 2015. 34.
14. **RODRIGUEZ, Julian.** *Estabilización De Suelos En Obras De Carreteras.* Italia : Universidad de Évora, 2018. 40 pp.
15. **MELO, Juan y QUIJANO, Yubber.** *Análisis de la variación de la densidad seca máxima y humedad óptima de afirmados provenientes de diferentes canteras de la sabana Bogotá.* Bogotá : s.n., 2020. 188 pp.

16. **ALIAGA, Edwin.** *Ceniza de carbon vegetal en la estabilizacion de suelos arcillosos aplicado a subrasantes provicnai Padre Abad Ucayali* . Ucayali : s.n., 2020. 188 pp.
17. **GIRALDO, Cesar.** *Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero Artesanal*. Huancayo : Universidad Nacional Del Centro Del Perú, 2013.
18. **MONTEJO, Alfonso y MONTEJO, Alejandro.** *Estabilizacion de Suelos*. Bogota : Ediciones de la U, 2018. 331 pp.
19. **SANZ, Juan.** *Fundamentos de Mecanica del Suelo, Proyecto de Muros y Cimentaciones*. Barcelona : Editores Tecnicos Asociados, 1975. 385 pp.
20. **CRESPO, Carlos.** *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Mexico : Editorial Limusa, 2004. 641 pp.
21. **CARRASCO, Sergio.** *Metodología De La Investigación Científica*. Lima : Editorial de San Marcos, 2008. 74 pp.
23. **RAMOS, Carlos.** Fundacion Dialnet. *Dialnet*. [En línea] 2014. [Citado el: 09 de mayo de 2024.] Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/autor?codigo=3738219>.
24. **BAPTISTA, Pilar, FERNANDEZ, Carlos y HERNANDEZ, Roberto.** *Metodología de la investigación*. México : Mc Graw Hill, 2014. 634 pp.
25. **ESPINO, Yhon.** *Adición De Ceniza De Madera De Fondo En La Estabilización De Suelos Arcillosos Y Su Aplicación A Subrasante*. Huancayo : Universidad Peruana Los Andes, 2021. 122 pp.
26. **BATALLAS, Andres.** *Gestion de riesgos en el proceso de construccion de proyectos de alcantarillado pluvial y sanitario*. s.l. : Universidad Internacional del Ecuador , 2015. 163 pp.
27. **BAENA, Guillermina.** *Metodología de la Investigación*. México : Patria, 2017. 14 pp.
28. **ARIAS, Fidias.** *El Proyecto De Investigacion , Introduccion A La Metodologia Cientifica*. Venezuela : Episteme, 2012. 133 pp.
29. **RODRIGUEZ, Jorge.** Minerva Repositorio Institucional DA USC. *El test de la T de student, ¿solo en poblaciones normales?* [En línea] Julio de 2021. [Citado el: 15 de junio de 2023.] Disponible en: <http://hdl.handle.net/10347/28918>.
30. **MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (MTC).** Plataforma del estado Peruano. *Manuales de Carreteras - Normas complementarias*. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de febrero de 2024.] Disponible en: [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/manuales.html](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html).
31. **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.** Plataforma del estado Peruano. *Manual de ensayo de materiales*. [En línea] 2016. [Citado el: 10 de febrero de 2024.] Disponible en : [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf). 1269.
32. **E.I.R.L, HK CONSTRUCTORES.** *Ensayo de CBR para subrasante*. Abancay : s.n., 2017. 18 pp.

33. **YEPES, Victor.** Universitat Politecnica de Valencia. *Estabilización de suelos con cal.* [En línea] 23 de Enero de 2014. [Citado el: 14 de Mayo de 2024.] Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/tag/cal/>.

34. **SUCS, Tabla clasificación.** STUDYLIB. *Tabla clasificación SUCS.* [En línea] 15 de abril de 2019. [Citado el: 15 de noviembre de 2023.] Disponible en: <https://studylib.es/doc/8863139/tablaclasificacion-sucs>.

## **ANEXOS**

**Anexo 1.***Matriz de consistencia*

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
Título: Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
General	General	General	Dependiente			método científico
¿De qué manera influye las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022?	Determinar la influencia de las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.	La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.	Ceniza de ladrilleras artesanales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cenizas de carbón de llantas usadas</li> <li>• Cenizas de ramas y hojas frescas de eucalipto</li> <li>• Cenizas de leña seca de eucalipto</li> <li>• Cenizas de aserrín de madera</li> </ul>	Expansividad Permeabilidad	Tipo de investigación aplicada Nivel descriptivo-Explicativo. Diseño experimental Población (toda la vida) kilómetros Muestra (parte de la población) cantidad calicatas 1calicata por kilómetro
Específico	Específico	Específico	independiente			por kilómetro
¿Cómo influye las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la máxima densidad seca de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022?	Determinar de qué manera influyen las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la máxima densidad seca	La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en la máxima densidad seca de suelos	Propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máxima densidad seca</li> <li>• Optimo contenido de humedad</li> <li>• Capacidad de soporte</li> </ul>	Calcula la densidad de campo Calcula el óptimo contenido de humedad del suelo cohesivo en estado natural	Técnica: observación directa Instrumento: fichas de recolección de datos Validez Juicio de experto

¿Cómo influye las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022?	de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.  Evaluar de qué manera influyen las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.	cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.  La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en el óptimo contenido de humedad de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.			Calcula la capacidad portante del suelo cohesivo	Confiabilidad: ensayos de realizados en laboratorio. Técnica de análisis de datos: Comprobación de la hipótesis
¿Cómo influye las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la capacidad de soporte de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022?	Analizar de qué manera influyen las cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, en la capacidad de soporte de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.	La incorporación de cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, influye de manera significativa en la capacidad de soporte de suelos cohesivos, Huancayo-Junín, 2022.				

*Nota:* Matriz de Consistencia. Fuente: *Elaboración propia.*

**Anexo 2.**  
*Panel fotográfico*

**Figura 26.**  
*Excavación de suelo en la sección de subrasante c-1.*



*Nota:* Excavación de suelo en la sección de subrasante c-1. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 27.**  
*Excavación de suelo en la sección de subrasante c-2.*



*Nota:* Excavación de suelo en la sección de subrasante c-2. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 28.**

*Excavación de suelo en la sección de subrasante c-3.*



*Nota:* Excavación de suelo en la sección de subrasante c-3. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 29.**

*Ceniza procedencia de ladrilleras artesanales.*



*Nota:* Ceniza procedencia de ladrilleras artesanales. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 30.**

*Ensayo de cuarteo para reducción de muestra a tamaño de ensayo.*



*Nota: Ensayo de cuarteo para reducción de muestra a tamaño de ensayo. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 31.**

*Lavado para determinar el porcentaje de finos que pasa la malla n° 200*



*Nota: Lavado para determinar el porcentaje de finos que pasa la malla n° 200. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 32.**  
*Ensayo de análisis granulométrico en laboratorio.*



*Nota:* Ensayo de análisis granulométrico en laboratorio. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 33.**  
*Granulometría de calicata c-01.*



*Nota:* Granulometría de calicata c-01. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 34.**  
Ensayo de limite líquido.



*Nota:* Ensayo de limite líquido. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 35.**  
Ensayo de limite plástico.



*Nota:* Ensayo de limite plástico. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 36.**

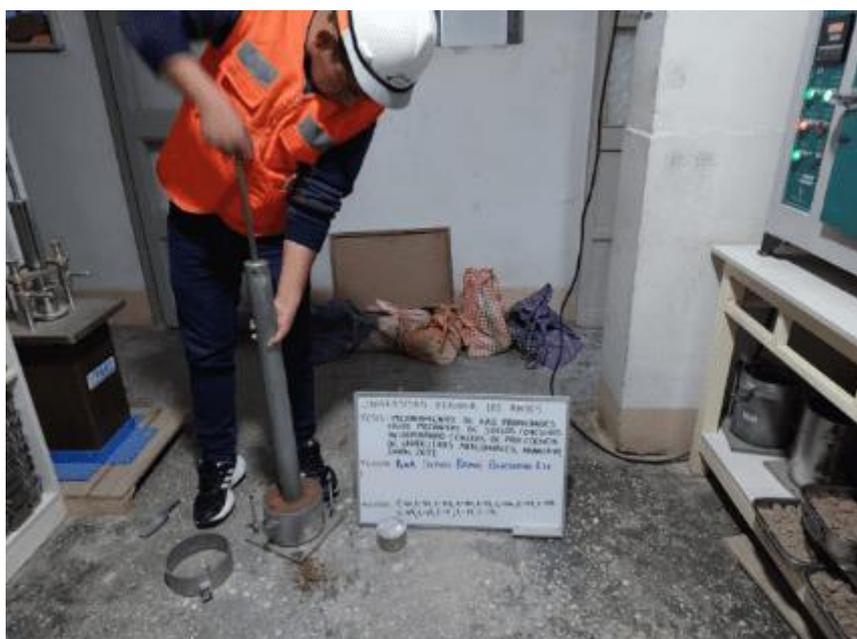
*Recolección de datos de los ensayos de limite líquido y plástico.*



*Nota: Recolección de datos de los ensayos de limite líquido y plástico. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 37.**

*Ensayo de compactación - PROCTOR modificado.*



*Nota: Ensayo de compactación - PROCTOR modificado. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 38.**

*Muestra para el contenido de humedad - PROCTOR modificado*



*Nota: Muestra para el contenido de humedad - PROCTOR modificado. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 39.**

*Ensayo de CBR en cada espécimen.*



*Nota: Ensayo de CBR en cada espécimen. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 40.**  
*Especímenes de CBR sumergidas.*



*Nota:* Especímenes de CBR sumergidas. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 41.**  
*Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 5% de ceniza.*



*Nota:* Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 5% de ceniza. Fuente: *Elaboración propia.*

**Figura 42.**

*Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 10% de ceniza.*



*Nota: Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 10% de ceniza. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 43.**

*Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 15% de ceniza.*



*Nota: Ensayo de CBR en laboratorio con adición de 15% de ceniza. Fuente: Elaboración propia.*

**Anexo 3.***Instrumentos de recolección de datos*

Se trata de la ficha de recolección de datos, en la cual se vaciaron los siguientes valores que, fueron usados para el cumplimiento de los objetivos de investigación, peso, humedad, densidad, capacidad de soporte al 95% y 100%, variación con respecto a las muestras bases y p value para la comprobación del sistema de hipótesis.

Subrasante	Peso	Humedad	Densidad	CBR		Variación	P value
				95%	100%		
1							
2							
3							
1+5%							
1+10%							
1+15%							
2+5%							
2+10%							
2+15%							
3+5%							
3+10%							
3+15%							

*Nota:* Instrumentos de recolección de datos. Fuente: *Elaboración propia.*

**Anexo 4.**  
*Perfiles estratigráficos*

PROY: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS INCORPORANDO CENIZAS DE PROCEDENCIA DE LADRILLERAS ARTESANALES, HUANCAYO, JUNÍN 2022"					C - 01 km 0 + 070
PROFUNDIDAD (cm)	SUCS	ESPESOR	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
10	CL	1.50 m		<p><b>Tipo de suelo:</b> Arcillas inorganicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos.</p> <p><b>Distribuido de particulas del suelo:</b>            % Finos = 51.43            % Arenas = 36.09            % Gravas = 12.48</p> <p><b>Limites de Atterberg:</b>            Limite Liquido= 32.40%            Limite Plastico= 20.30%            Ind. De Plasticidad= 12.20%</p> <p><b>Otros datos:</b>            Tamaño maximo y forma de particulas = 1" /angulosa</p>	<p>Tipo de excavación: <b>A MAQUINARIA</b>            Prof. de excavación: <b>1.50 m</b>            Nivel Freático: <b>NO PRESENTA</b>            A FECHA DE AGOSTO DEL 2023</p>
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					
110					
120					
130					
140					
150					

PROY: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS INCORPORANDO CENIZAS DE PROCEDENCIA DE LADRILLERAS ARTESANALES, HUANCAYO, JUNÍN 2022"					C - 02 km 0 + 400
PROFUNDIDAD (cm)	SUCS	ESPESOR	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
10	CL	1.50 m		<p><b>Tipo de suelo:</b> Arcillas inorganicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos.</p> <p><b>Distribuido de particulas del suelo:</b>            % Finos = 50.42            % Arenas = 37.68            % Gravas = 11.90</p> <p><b>Limites de Atterberg:</b>            Limite Liquido= 32.10%            Limite Plastico= 20.40%            Ind. De Plasticidad= 11.70%</p> <p><b>Otros datos:</b>            Tamaño maximo y forma de particulas = 1" /angulosa</p>	<p>Tipo de excavación: <b>A MAQUINARIA</b>            Prof. de excavación: <b>1.50 m</b>            Nivel Freático: <b>NO PRESENTA</b>            A FECHA DE AGOSTO DEL 2023</p>
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					
110					
120					
130					
140					
150					

PROY: "MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS INCORPORANDO CENIZAS DE PROCEDENCIA DE LADRILLERAS ARTESANALES, HUANCAYO, JUNÍN 2022"					C - 03 km 0 + 700
PROFUNDIDAD (cm)	SUCS	ESPESOR	SIMBOLO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	OBSERVACIONES
10	CL	1.50 m		<p><b>Tipo de suelo:</b> Arcillas inorganicas, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos.</p> <p><b>Distribuido de particulas del suelo:</b></p> <p>% Finos = 57.28 % Arenas = 33.55 % Gravas = 9.16</p> <p><b>Limites de Atterberg:</b> Limite Liquido = 31.8% Limite Plastico = 19.6% Ind. De Plasticidad = 12.2%</p> <p><b>Otros datos:</b> Tamaño maximo y forma de particulas = 1" /angulosa</p>	<p>Tipo de excavación: <b>A MAQUINARIA</b> Prof. de excavación: <b>1.50 m</b> Nivel Freático: <b>NO PRESENTA</b> A FECHA DE AGOSTO DEL 2023</p>
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					
110					
120					
130					
140					
150					

**Anexo 5.**  
*Ensayo de laboratorio*

**Anexo 6.**  
*Calicata – 01 progresiva 0+070*



Silver Geot S.A.C.  
Calle 15 de Agosto 1000, 104 años, Dpto. Lima  
P.O. Box 10170, 10170, La Molina  
Telf: 37446401 / 37336364  
www.silvergeot.com.pe

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA/TIEMPO DE MUESTRAS	FECHA DEL ENSAYO	CÓDIGO MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	09-09-23	C-01	SG- N°172/2023

---

**SOLICITANTE:**

**Dach SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli**

**PROYECTO:**

"Medicamento de las propiedades físico mecánicas de suelos catécticos incorporando cenizas de procedencia de hornos artesanales, Huancayo, JUNIN 2022"

---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LANCRA TIERRA SILVER GEOTECH S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNIN

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Muestreo: Muestras por el diámetro  
Método de Muestreo: Escudo de Franck  
Identificación de muestra: Subsección 01

**ENSAYOS REALIZADOS:**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17  
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-16  
CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D2487-17) / ARENTO (ASTM D2487-15)

---

Muestreo: Muestras por el diámetro  
Método de Muestreo: Escudo de Franck  
Identificación de muestra: Subsección 01

Profundidad: 1.50 m  
Ancho Analítico: N.P.

Altura (Cota): m.e.n.m.  
Coordenadas UTM: E, N, C.

---

**Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17**

Tamices ASTM F11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Peso Acumulado	% Que Pasa
S	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
#2	80.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
#10	1.75 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
#20	0.85 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
#40	0.425 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
#60	0.25 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
#100	0.15 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
#200	0.075 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
PASA		1995.00 g	100.0%	100%

**Contenido de Humedad según ASTM D2216-19**

Variable	Unidad	Muestra
Regulador M		W
(A) Peso de Contenedor Vacio	W <sub>c</sub>	(g)
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>w</sub>	(g)
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>s</sub>	(g)
(D) Peso de Suelo Seco (G.M)	M <sub>s</sub>	(g)
(E) Peso de Agua (E.C)	M <sub>w</sub>	(g)
(F) Contenido de Humedad (100* E/C)	w	(%)
Regulador mínimo de espesores de muestra: Muestra A = 60mm x 30mm x 15mm Muestra B = 100mm x 50mm x 25mm Muestra C = 100mm x 50mm x 25mm		

---

**Resultados de la Granulometría**

Grava [ <math>N^{\circ} 4 < \phi < 3^{\circ}</math> ]	12.48%
Grava [ <math>N^{\circ} 20 < \phi < N^{\circ} 4</math> ]	36.09%
Fines [ <math>\phi < N^{\circ} 200</math> ]	51.43%

**Coefficientes / Fines <math>S\_{60}</math> (ASTM D2487-17)**

$D_{10}$	$D_{30}$	$D_{60}$
$C_u = D_{60}/D_{10}$		
$C_c = (D_{30}^2 - D_{10} D_{60}) / (D_{60} - D_{10})^2$		

---

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



Grava: 48.57%  
Fina: 12.5%  
Grava: 4.7%  
Arenas: 11.2%  
Fina: 1.1%  
Limo y Arcilla: 51.4%

---

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Dach Seguil B.  
Revisado: Ing. Eduardo D. C.



**Civil Eduardo P. DONATO CASTILLO**  
C.I.P. N° 54742  
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

---

AÑO: 20001080204  
[Pág. 01]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, Inscrito en el Registro de Propiedad Industrial de INDIPECPI con Resolución N° 004895-23-81050



J. Ángel Fernández Durán N° 2099 Int. 104 Urb. El Bosque  
 P.O. Box N° 02-02 05 03, Huancayo  
 Telf: 04446688 / 05525294  
 Correo: c.fernandez@silvergeo.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-23	09-09-23	C-01	SC. N°179/2023

SOLICITANTE: **Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli** PROYECTO: **"Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022"**

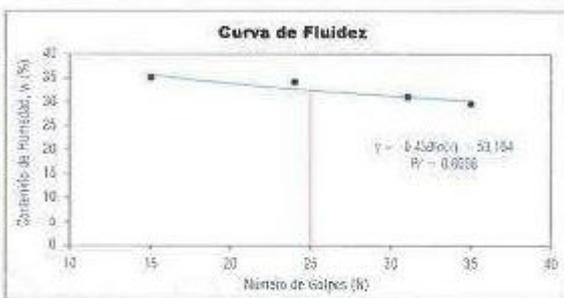
UBICACIÓN DEL PROYECTO: UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNIN ENSAYOS REALIZADOS: **LIMITES DE ATTERBERG SEGUN NORMA ASTM D4318-17<sup>(1)</sup> CLASIFICACION SEGUN: SUCS AS/NZS D2487-17 / MASH-10 (AS/NZS D3282-15)**

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD: Medialidad: Muestra por el cliente Profundidad: 1.50 m Altitud (Cota): - m s.n.m. Método de Muestreo: Excavación manual Napa física: N.P. Coordenadas UTM: E.D.N.3 Identificación de muestra: Substrato 07

**Limites de Atterberg (ASTM D4318-17<sup>(1)</sup>)**

**Limite Liquido (Método Multipunto)**

Variable	Nro					
	Var.	Unidad	01	02	03	04
Numero de Golpes	N	Golpes	15	25	31	35
Recipiente N°	---	---	N° 15	N° 10	N° 11	N° 12
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	(g)	22.00	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>mo</sub>	(g)	64.70	59.00	62.00	64.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>ss</sub>	(g)	53.60	49.50	44.00	46.70
(D) Masa de Suelo Seco (G-A)	M <sub>g</sub>	(g)	31.60	27.60	22.00	24.70
(E) Masa of Water (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)	11.10	9.50	7.30	7.30
(F) Contenido de Humedad (100° E/9)	w	(%)	35.13	34.40	33.00	29.55



**Limite Plástico (Método Manual)**

Variable	Nro					
	Var.	Unidad	01	02	03	04
Recipiente N°	---	---	N° 13	N° 14	N° 15	N° 16
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	(g)	22.20	22.00	22.00	22.00
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>mo</sub>	(g)	37.00	38.10	40.00	39.00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>ss</sub>	(g)	34.40	36.10	37.00	36.30
(D) Masa de Suelo Seco (C-B)	M <sub>s</sub>	(g)	12.40	14.10	15.00	14.30
(E) Masa of Water (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)	3.60	3.00	3.50	2.70
(F) Contenido de Humedad (100° E/9)	w	(%)	29.02	21.26	23.00	18.84

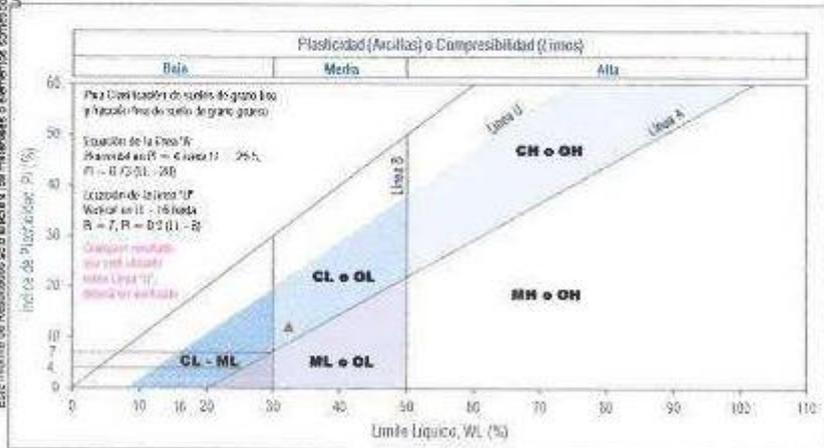
**Resultados Limites de Atterberg (ASTM D4318-17<sup>(1)</sup>)**

Liquid Limit (LL <sub>w</sub> )	: 37.4%	Plastic Limit (PL <sub>w</sub> )	: 29.3%	Plasticity Index (PI)	: 12.2%
---------------------------------	---------	----------------------------------	---------	-----------------------	---------

**Clasificación de Suelos**

SUCS (ASTM D2487-17)	: CL	AS/NZS (ASTM D3282-15)	: A-6 (B)
----------------------	------	------------------------	-----------

*Arcilla arenosa de baja plasticidad.*



- LEYENDA**
- Suelo sin cohesión
  - Arcillas inorgánicas de baja plasticidad
  - Líneas inorgánicas de baja compresibilidad
  - Arcillas inorgánicas de media plasticidad
  - Líneas inorgánicas de compresibilidad media y líneas orgánicas
  - Arcillas inorgánicas de alta plasticidad
  - Líneas inorgánicas de alta compresibilidad y arcillas orgánicas
- Ecuação de la línea "A" Sobre A

Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4.21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th Edition

Realizado: **Bach. Denis L.R.**  
 Revisado: **Ing. Eduardo D.C.**

RUC: 2060165521  
 (Pág. 02)



Dr. Ángel Fernández Muñoz (1959) Ing. Civil, UPEL  
 P.O. Box 10100-10100, Huancayo  
 Telf: 94264440 / 94223748  
 Correo: silvergeosacs@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INGRESO
04-05-23	09-06-23	C-01	83. N°172/2023

**SOLICITANTE:** Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli

**PROYECTO:** Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleros artesanales, Huancayo, Junín 2022

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACION: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
 PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGUN NORMA ASTM D2216-10

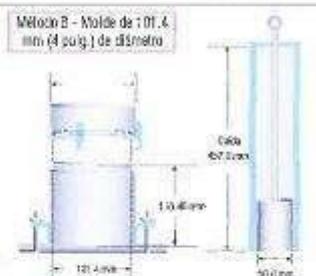
**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modalidad: Muestra por el cliente      Profundidad: 1.50 m      Altura (Corta): - m s.n.m.  
 Identificación muestra: Subrasante 01      Símbolo Suelo: CL      Coordenadas UTM: E 0 N 0  
 Procedimiento Utilizado: Método B - Molde 3"R (relleno) 25%

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

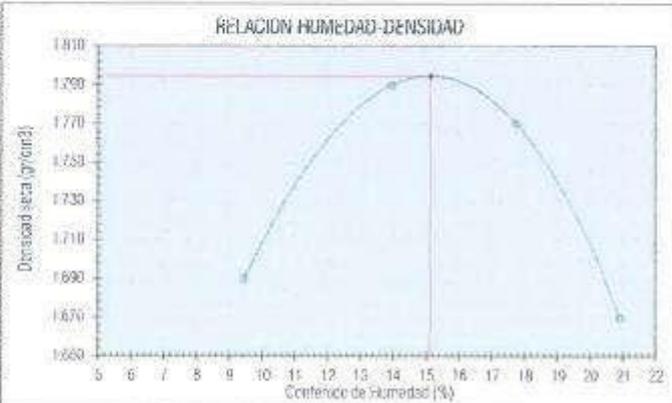
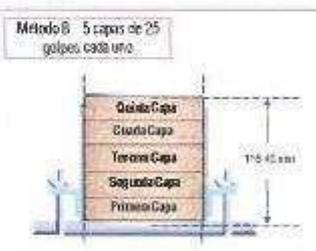
**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Uno		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Vol.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo Humedo & Molde	M <sub>húmedo</sub>	kg	5849.00	6023.00	6092.00	6015.00
(B) Peso del Molde	M <sub>molde</sub>	kg	4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	kg		1704.00	1878.00	1947.00	1870.00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	977.20	977.00	977.00	977.00
(E) Densidad Húmeda (C/D)	gr/cm <sup>3</sup>		1.750	1.930	1.990	1.910



**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

Variable	Uno		01	02	03	04
	Vol.	Unidad				
Recipiente N°	—	—	N° 32	N° 33	N° 34	N° 35
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	kg	47.54	38.41	40.15	45.25
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>húmedo</sub>	kg	401.01	315.65	304.24	286.92
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>seco</sub>	kg	370.45	281.95	284.45	262.50
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	kg	322.94	243.54	244.30	217.25
(E) Masa of Water (B-C)	M <sub>w</sub>	kg	70.57	73.69	59.89	43.40
(F) Contenido de Humedad (100* W/D)	w	(%)	9.45	30.90	17.75	20.94
(G) Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>		1.690	1.710	1.710	1.610



**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Mínima Seca (gr/cm<sup>3</sup>) : 1.79  
 Optimo Contenido de Humedad (w) : 15.12

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D.C.

Ing. Civil Eduardo F. DOMÍNGUEZ CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO  
 RUC: 20601685524  
 [Pág. 03]



J. Ayud Pineda de Caceres N. 290396, 74 años, Dpto. Lima  
 Dpto. Junín N. 22 020 Dpto. Huancayo  
 Telf: 36048145 / 35539444  
 www.silvergeosacs.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

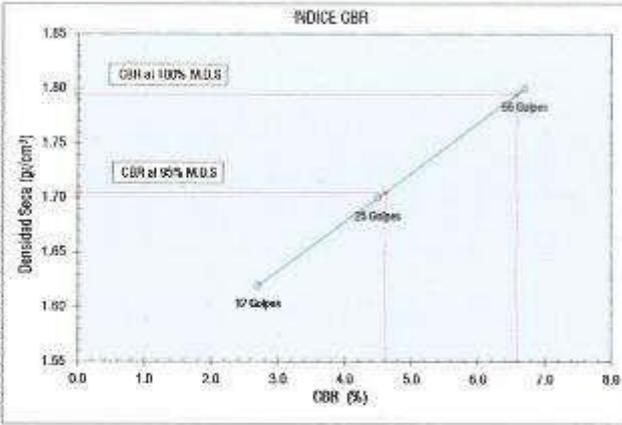
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-23	09-08-23	C-01	SS. N°17/272623

<b>SOLICITANTE:</b>  Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli	<b>PROYECTO:</b>  "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022"
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b>  UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.R.L.C. DISTRITO : CHILCA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b>  ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-15

<b>TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:</b>  Modalidad : Muestreo por el cliente Identificación muestra : Substrato 01 Procedimiento Utilizado : Método B - Malla 30" retiene 25%	Profundidad : 1,50 m Simbolo Suelo : CL Clasificación del Suelo : Arcilla arenosa de baja plasticidad	Milim (Cota) : - m.s.n.m. Coordenadas UTM : E 6 N 0
--	---	--

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-15**

Foto Yunta de Resultado ensayo con muestreo de muestra de ensayo 7.1. Metodología de ensayo y protocolo de ensayo de laboratorio para ensayo de CBR

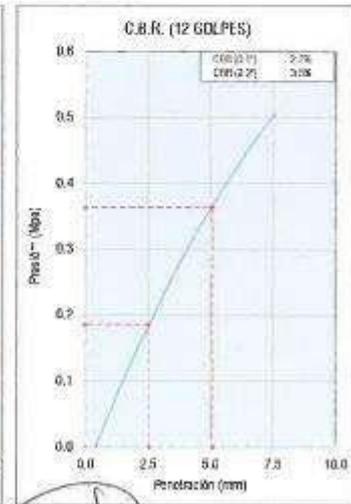
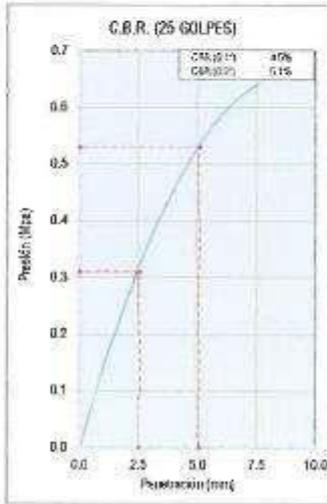
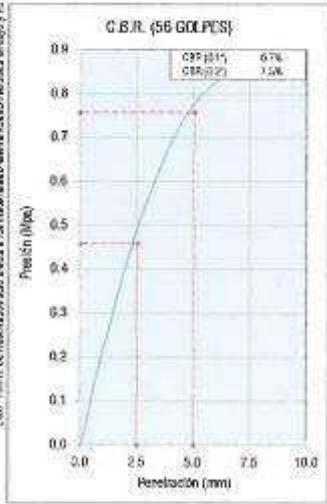


**Resultados Ensayos Compactación**

Proctor Modificado : ASTM D1557  
 Método de Compactación : Método B  
 Máxima Densidad Seca (G/cm<sup>3</sup>) : 1.793  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 12.124  
 95% Máxima Densidad Seca (G/cm<sup>3</sup>) : 1.703

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 6.654  
 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 4.604



**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.B.  
 Revisado: Ing. Eduardo D.C.

Ing. Carl Eduardo P. DOMÍNGUEZ CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20601685524  
 (Pag. 04)

**Anexo 7.**  
**Calicata – 02 progresiva 0+070**



S. Anjel Paredes de Olaya, N° 20214, 104 Vía, E. de Lima  
 Punt. Vialto N° 312, 902 E. de Lima, Huancayo  
 Telf: 0184444444 / 0184444444  
 Correo: info@silvergeo.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	CICLO MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	09-08-23	C-02	80-N1723026

<b>SOLICITANTE:</b>  Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín Eli	<b>PROYECTO:</b>  Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrilleros artesanales, Huancayo, Junín 2022*
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b>  UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C. DISTRITO : CHILCA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b>  ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19 CLASIFICACIÓN: SUCS (ASTM D2487-17) / CLASIFICACIÓN (ASTM D2320-15)
<b>TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:</b>  Modalidad : Muestra por el cliente Método de Muestreo : Excavación manual Identificación de muestra : Substrato C0	Profundidad : 1.50 m Nombre hectrea : N.P. Altitud (Cota) : 0 m a.s.n.m. Coordenadas UTM : F.0 N.C.

Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17					Contenido de Humedad según ASTM D2216-19				
Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Que Pasa	Variables	Vis.	Mts	Unidad	Muestra
3"	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%	Reserva M'	-	-	-	37.04
2"	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%	(A) Peso de Contenedor Vaso	M <sub>c</sub>	1g	g	431.00
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%	(B) Peso de Contenedor & Suelo Humedo	M <sub>100</sub>	1g	g	2246.00
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%	(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>100</sub>	1g	g	2123.00
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%	(D) Peso de Suelo Seco (G-A)	M <sub>s</sub>	1g	g	1672.00
3/8"	9.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%	(E) Peso de Agua (B-C)	M <sub>w</sub>	1g	g	573.00
N° 4	4.75 mm	199.00 g	11.5%	88.5%	(F) Contenido de Humedad ((100 * B/D)	w	(%)	%	7.70%
N° 10	2.00 mm	231.00 g	25.7%	74.3%	Requisito mínimo de espécimen de material	Método A = Humedad Recomendada = 1 % Tamaño máximo permitido % que pasa tamiz N° 4 Muestra mínima recomendada especimen = 20 g			
N° 20	0.85 mm	155.00 g	35.0%	65.0%	Método B = Método de referencia				
N° 40	0.43 mm	76.00 g	39.5%	60.5%	Método C = Método de referencia				
N° 60	0.25 mm	60.00 g	44.8%	55.2%	Método D = Método de referencia				
N° 100	0.15 mm	47.00 g	47.6%	52.4%	Método E = Método de referencia				
N° 200	0.075 mm	33.00 g	49.6%	50.4%	Método F = Método de referencia				
PASA		643.00 g	100.0%	0.0%					

Resultados de la Granulometría		Coeficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)	
Grava	[ N° 4 < φ < 3" ]	$D_{10} =$	$D_{30} =$
Arena	[ N° 200 < φ < N° 4 ]	$C_u = D_{60} / D_{10}$	$D_{60} =$
Fines	[ φ < N° 200 ]	$C_c = (D_{30} - D_{10}) / (D_{60} - D_{30})$	



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a las directrices para dígitos significativos y redondeo establecidos en la Norma ASTM D6913.

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

**Ing. Celso Eduardo P. DOMÍNGUEZ CASTILLO**  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20501895024  
 [Pág. 05]



Ingeniería Geotécnica S.R.L. - Calle 100 N° 100, Urb. Primavera  
 P.O. Box 17123, Chila, Huancayo  
 Telf: (044242463) 555555246  
 Correo: chilagesacs@gmail.com

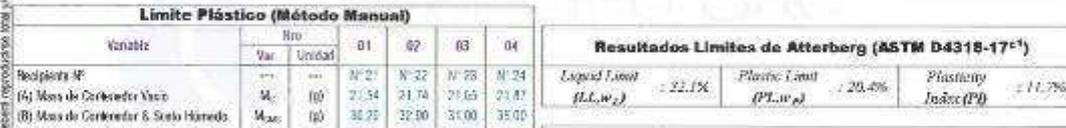
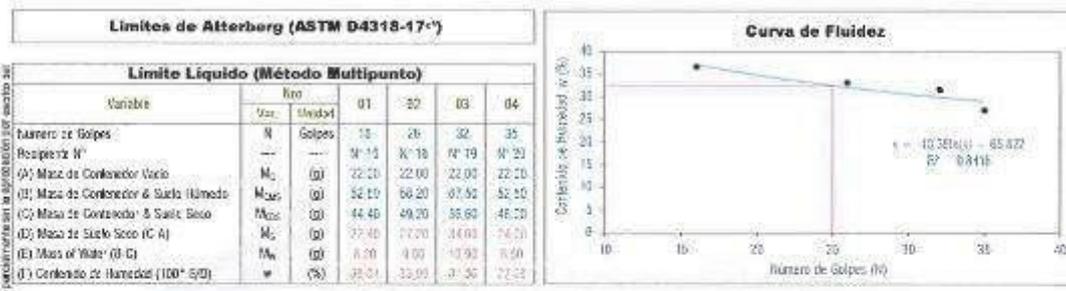
**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04 09 23	09 09 23	C-02	SG N°172/2023

**SOLICITANTE:** Bach. SEGUI BRAVO, Benjamín Efr  
**PROYECTO:** Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de protección de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022

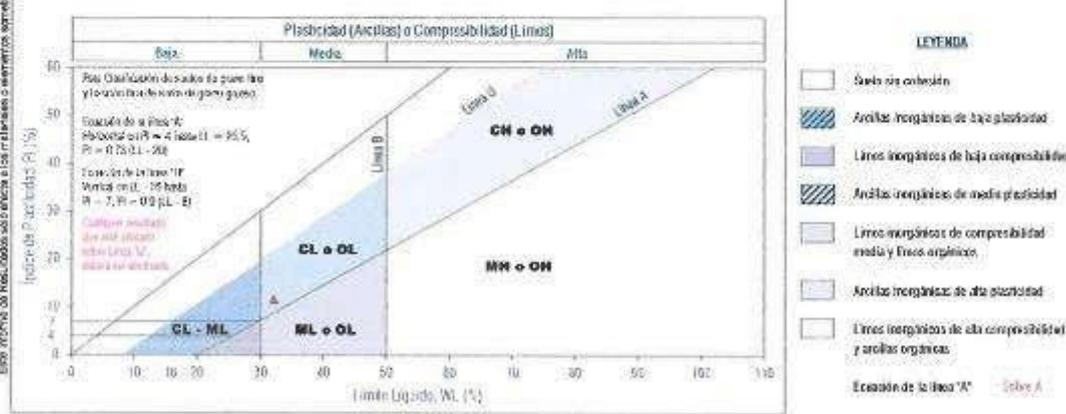
**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECS S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN  
**ENSAYOS REALIZADOS:**  
 LIMITES DE ATTERBERG SEGUN NORMA ASTM D4318-17M  
 CLASIFICACION SEGUN: SOCS ASTM D2487-17 / AASHTO (ASTM D3282-15)

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Modalidad: Muestra por el cliente  
 Método de Muestras: Extracción manual  
 Identificación de muestra: Substrato G2  
 Profundidad: 1.50 m  
 Napa freática: N.P.  
 Altitud (Cota): - 6148 m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM: E O M D



**Clasificación de Suelos**

SOCS (ASTM D2487-17): CL    AASHTO (ASTM D3282-15): A-6 (3)  
 Arcilla arcillosa de baja plasticidad.



Carta de Plasticidad elaborada según: Figure 4-21 Plasticity Chart, pag. 117 - Principles of Geotechnical Engineering - Braja M. Das 9th Edition

Realizado: Bach. Denis J.P.  
 Revisado: Ing. Eduardo G. C.

Ing. Ciro Eduardo B. BORGES CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PJC: 2080165624  
 (Pag. 08)



Ingeniería Geotécnica S.A.C. - 28001 Lima, Perú  
 Calle San Andrés 1755 - 00000  
 www.silvergeo.com.pe

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	09-08-23	C-02	BQ. N°172/2023

**SOLICITANTE:** Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín Eli

**PROYECTO:** "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:** UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:** PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modelidad: Muestreo por el cliente  
 Identificación muestra: Subestante 32  
 Procedimiento UTM: México D - Sello 3/8" (sereno 25%)

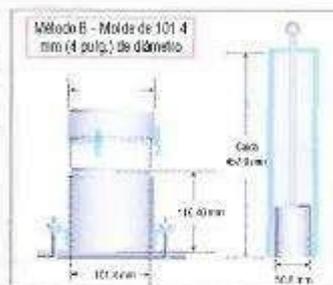
Profundidad: 1.50 m  
 Símbolo Suelo: CL  
 Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad

Altitud (Cota): m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM: E: 0 N: 0

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

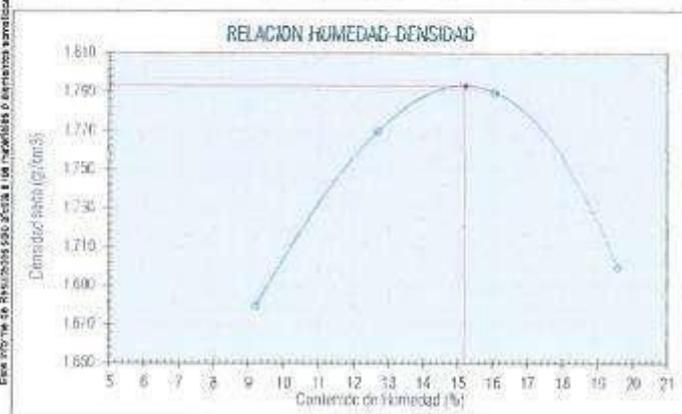
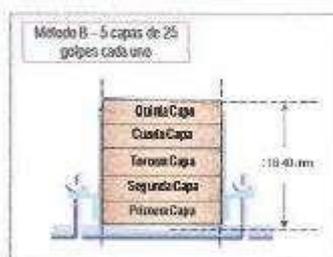
**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Número de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Número de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo Húmedo & Molde	M <sub>moj</sub>	(g)	6629.00	6688.00	6662.00	6618.00
(B) Peso del Molde	M <sub>mo</sub>	(g)	4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	2484.00	2543.00	2517.00	2473.00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	920.80	920.80	920.80	920.80
(E) Densidad Húmeda	(C/D)	g/cm <sup>3</sup>	2.70	2.76	2.73	2.69



**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 35	N° 37	N° 38	N° 39
(A) Masa de Contenedor Vazio	M <sub>c</sub>	(g)	49.42	50.42	51.15	50.44
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>moj</sub>	(g)	494.34	377.28	401.10	391.50
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>se</sub>	(g)	374.92	340.55	350.70	354.70
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	(g)	325.03	289.58	319.55	304.26
(E) Masa of Water (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)	119.42	136.73	150.40	136.80
(F) Contenido de Humedad (100° C/D)	w	(%)	37.21	47.56	47.07	44.93
(G) Densidad Seca	---	g/cm <sup>3</sup>	1.69	1.77	1.76	1.70



**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.79

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 15.19

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

**Observaciones:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Cred. Eduardo F. DOMÍNGUEZ CASTILLO  
 C.I.P. N° 84742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20601685524  
 [Pag. 07]



g. Agnifranco S.A. C.I.P. N° 2023 del 19 de Julio del 2014  
 Calle Unión 11 101100000 Huancayo  
 Perú. Teléfono: 0184 2222222  
 www.silvergeosac.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA MUESTRO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	09-08-23	C-02	SG N°172/2023

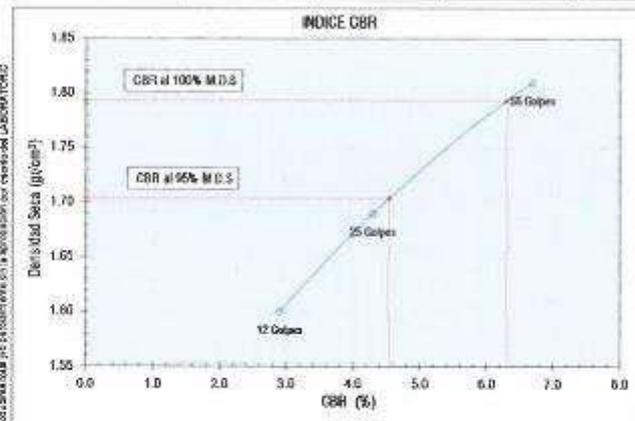
**SOLICITANTE:** Bach. SEQUIL BRAVO, Benjamín Eli  
**PROYECTO:** "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de leñilerías artesanales. Huancayo Junín 2022"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:** UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECS A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:** ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:** Modalidad: Muestreo por el cliente. Profundidad: 1.50 m. Altitud (Cota): m s.n.m.  
 Identificación muestra: Submuestra 02. Simbolo Suelo: CL. Coordenadas UTM: E 0110  
 Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%. Ubicación del Suelo: Arena arcillosa de baja plasticidad.

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**

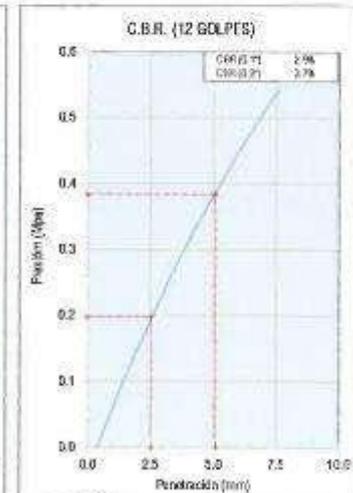
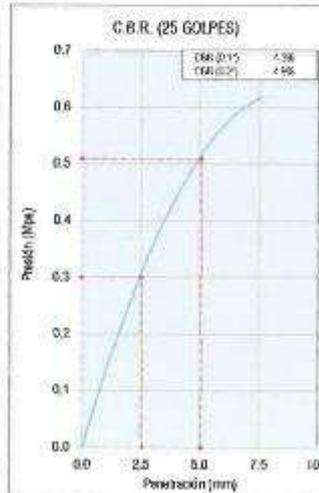
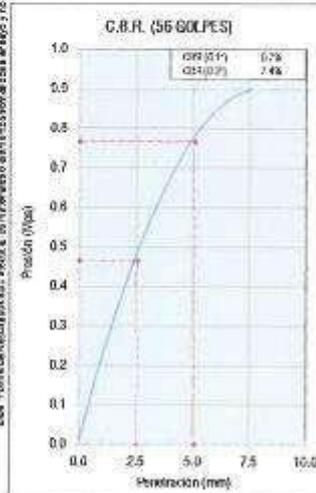


**Resultados Ensayos Compactación**

Proctor Modificado : ASTM D1557  
 Método de Compactación : Método B  
 Máxima Densidad Seca ( $g/cm^3$ ) : 1.793  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 15.190  
 95% Máxima Densidad Seca ( $g/cm^3$ ) : 1.704

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 6.23%  
 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 4.10%



**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Civil **Edmundo DONARES CASTILLO**  
 C.I.P. N° 54742  
**ESPECIALISTA GEOTÉCNICO**  
 RUC: 20601686524  
 (Fol. 08)

**Anexo 8.**  
**Calicata – 03 progresiva 0+070**



W. Acosta Ecuador, Quito 11 2507 av. 10400-016, Quito  
Ecuador, Telf: 593-011 2507054, 25070554  
Correo: wacosta@silvergeo.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-23	06-08-23	C-03	SG- N°172/2023

<b>SOLICITANTE:</b> Bach. SEGUI L BRAVO, Benjamin Eli	<b>PROYECTO:</b> "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleros artesanales, Huancayo, Junín 2022"
--	---

<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b> UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C. DISTRITO : CHILCA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNIN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b> ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO SEGÚN NORMA ASTM D6913/D6913M-17 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-18 CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487-17) / AASHTO (ASTM D2320-15)
--	---

<b>TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:</b> Modalidad : Muestras por el cliente Método de Muestreo : Excavación manual Identificación de muestra : Subcorte 03	Profundidad : 1.50 m Napa freática : N.P.	Altitud (Cota) : - m s.n.m. Coordenadas UTM : EUN0
--	--	---

**Análisis Granulométrico ASTM D6913/D6913M-17**

Tamices ASTM E11	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Acumulado	% Cuya Pasa
3	75.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
2	50.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1 1/2"	37.50 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
1"	25.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/4"	19.00 mm	0.00 g	0.0%	100.0%
3/8"	9.50 mm	86.00 g	4.4%	95.6%
N° 4	4.75 mm	94.00 g	9.2%	90.8%
N° 10	2.00 mm	171.00 g	18.2%	81.8%
N° 20	0.85 mm	205.00 g	28.7%	71.3%
N° 40	0.43 mm	143.00 g	35.2%	64.1%
N° 60	0.25 mm	48.00 g	38.4%	61.6%
N° 100	0.15 mm	51.00 g	41.0%	59.0%
N° 200	0.08 mm	93.00 g	42.7%	57.3%
PASA		1125.00 g	100.0%	0.0%
		1964.00 g	100.0%	100%

**Contenido de Humedad según ASTM D2216-19**

Variables	Nro		Muestra
	Var.	Unidad	
Recipiente N°	M <sub>1</sub>	(g)	N° 07
(A) Peso de Contenedor Vaso	M <sub>2</sub>	(g)	368.00
(B) Peso de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>3</sub>	(g)	2418.00
(C) Peso de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>4</sub>	(g)	2357.00
(D) Peso de Suelo Seco (G-A)	M <sub>5</sub>	(g)	1294.00
(E) Peso de Agua (B-C)	M <sub>6</sub>	(g)	114.00
(F) Contenido de Humedad (100* E/D)	w	(%)	8.82%

Requisitos mínimos de especimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total  
Método A – Humedad Incorporada = 1%  
Tamaño máximo partícula % que pasa tamiz N° 4  
Masa mínima recomendado especimen = 20 g

**Clasificación de Suelos**

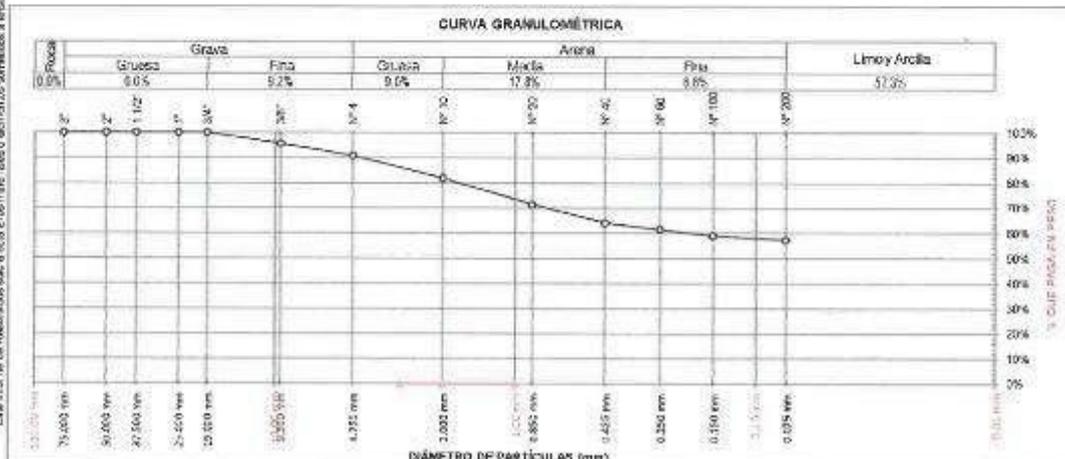
SUCS (ASTM D2487-17) : CL AASHTO (ASTM D2320-15) : A-5 (4)  
Arcilla arenosa de baja plasticidad

**Resultados de la Granulometría**

Grava [N° 4 < φ < 3"]	9.10%
Arena [N° 200 < φ < N° 4]	33.53%
Arroz [φ < N° 200]	57.28%

**Coefficientes / Finos ≤ 12% (ASTM D2487-17)**

$D_{60}$	$D_{30}$	$D_{10}$
$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$	$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} D_{60}}$	



Todos los valores observados y calculados se ajustarán a las decimales para dígitos significativos y redondeo establecidas en la Práctica ASTM D6986.

**OBSERVACIONES:**  
Realizado: Bach. David R.  
Revisado: Ing. Evaristo D. C.

Ing. Evaristo P. DORRIBES CASTILLO  
C.I.P. N° 54742  
ESPECIALISTA GEOTECNICO

RUC: 20601865520  
[Pag. 3]





P. Jorge Ordoñez, Camino El 2000 N. 104 km. Edo. Lima  
 Pte. Rafael D. 02-192 Oficina Huancayo  
 Telf: 541 862280 735297034  
 Correo: silvergeo@silvergeo.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	CCO. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	06-08-23	C-03	SG. N° 72/2023

**SOLICITANTE:** Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli

**PROYECTO:** "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleros artesanales, Huancayo, Junín 2022"

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SI VFR GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO : CHILCA  
 PROVINCIA : HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
 PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-18

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Modelado: Muestreo por el cliente  
 Identificación muestra: Subrasante 33  
 Procedimiento Usado: Método B - Mole 30" relente 20%

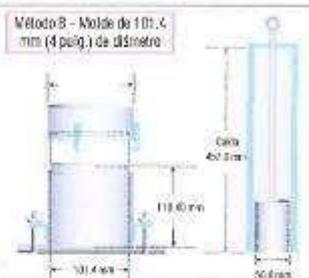
Profundidad: 1.00 m  
 Símbolo Suelo: CL  
 Clasificación del Suelo: Arcilla esponja de baja plasticidad

Altura (Cada): 1 m o n.m.  
 Coordenadas UTM: E 0 N 0

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

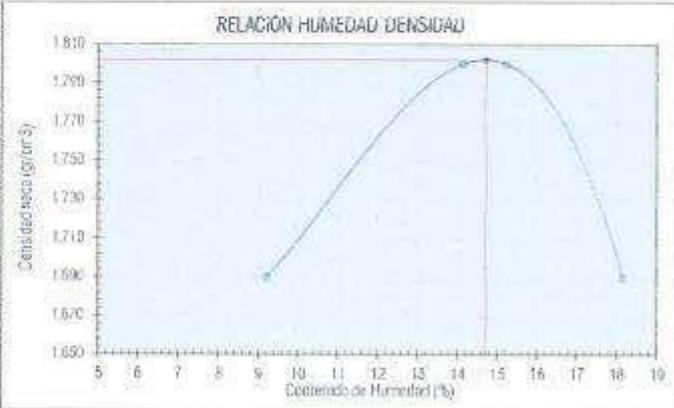
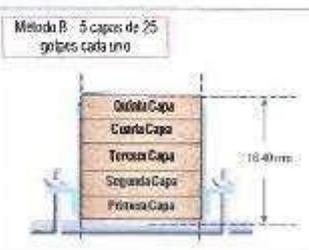
**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Nº					
	Var.	Unidad	Nº 01	Nº 02	Nº 03	Nº 04
Número de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Número de Golpes por Capa	N	Golpes	75.00	75.00	75.00	75.00
(A) Masa de Suelo húmedo 5 Moldes	M <sub>húmedo</sub>	(g)	5852.00	6090.00	6060.00	5992.50
(B) Peso del Molde	M <sub>mold</sub>	(g)	4155.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	1697.00	1945.00	1915.00	1847.50
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	922.30	920.10	920.10	920.00
(E) Densidad Húmeda	(C/D)	g/cm <sup>3</sup>	1.959	2.115	2.179	2.009



**Contenido de Humedad según ASTM D2216-18**

Variable	Nº					
	Var.	Unidad	01	02	03	04
Recipiente Nº	—	—	Nº 40	Nº 41	Nº 42	Nº 45
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	(g)	47.71	39.41	47.71	45.25
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>húmedo</sub>	(g)	344.55	337.85	418.00	318.74
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>seco</sub>	(g)	319.90	293.45	389.07	289.89
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	(g)	271.79	257.04	341.36	244.64
(E) Masa al Water (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)	25.05	39.40	46.93	40.62
(F) Contenido de Humedad (100° ED)	w	(%)	9.22	14.16	13.73	16.17
(G) Densidad Seca		g/cm <sup>3</sup>	1.939	1.991	1.991	1.928



**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.78  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.71

Humedad de las Partículas Finas - Proctor Modificado

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

  
 Ing. Ciro Eduardo P. PIZARRARES CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO  
 RUC: 20801665524  
 [Pag. 11]



J. Ángel Fernández Galvez N° 3025 Int. 104-06, Dpto. Lima  
 P.O. Box N° 3025-10, Lima, Perú  
 Telf: 01-4766444 / 01-5550094  
 Gsm: 0989581700/0102

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	09-08-23	C-03	BG N°172/2023

**SOLICITANTE:** Bañ. SEGUIL BRAVO, Benjamin El

**PROYECTO:** Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

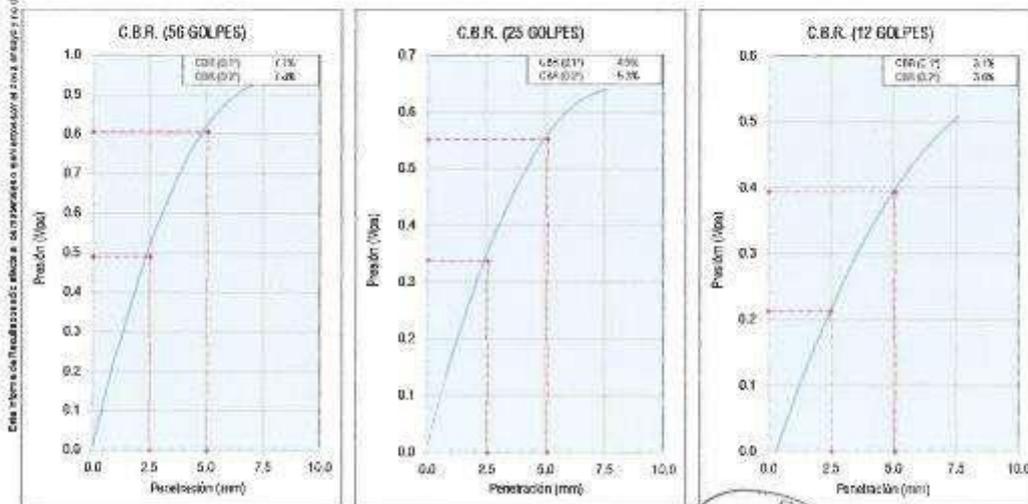
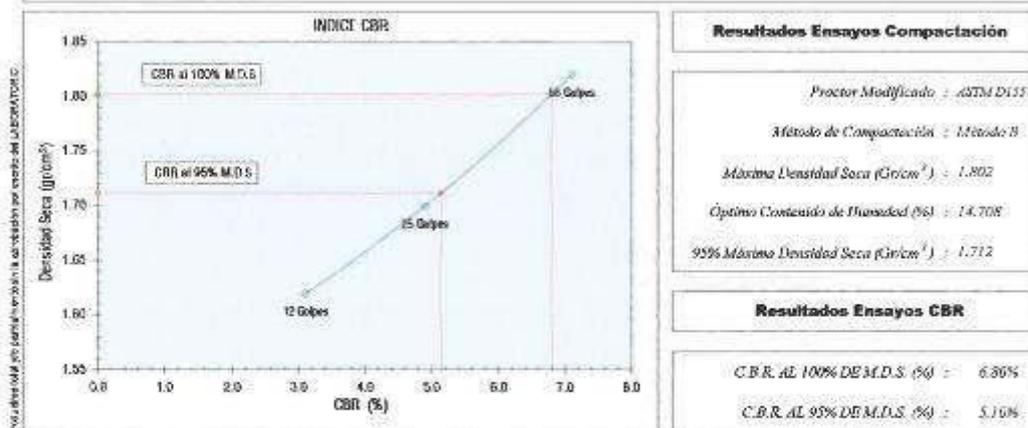
UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
 ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Mediudad: Muestra por el abanico  
 Profundidad: 1,00 m  
 Altitud (Cota): m s.n.m.  
 Identificación muestra: Substrato C3  
 Símbolo Suelo: CL  
 Coordenadas UTM: E 0 N 0  
 Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 50" (aprox 25%)  
 Clasificación del Suelo: Arena arenosa de baja plasticidad

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**



**OBSERVACIONES:**

Resultado: Bañ. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Cris Eduardo F. DOWARES CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO  
 RUC: 20501685524  
 [Pág. 12]

**Anexo 9.**  
**Calicata – 01 suelo natural + 5% de ceniza**



**Silver Geotec S.A.C.**  
Ingeniería Geotécnica y Obras Civiles  
Calle Comercio N° 1234, Urb. La Esperanza  
Distrito de San Juan de los Rios, Provincia de Huancayo, Junín 2022  
Tel: +51 075 423 1234  
Email: info@silvergeotec.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COR. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	10-08-25	T1-1	SG- N°172/2025

---

**SOLICITANTE:**

**Bach. SEGUI, BRAVO, Benjamín EE**

**PROYECTO:**

Mejoramiento de las propiedades físicas mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de betún de asfalto, Huancayo, Junín 2022

---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

**UBICACIÓN:** LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
**DISTRITO:** CI ILCA  
**PROVINCIA:** HUANCAYO  
**DEPARTAMENTO:** JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

PROCTOR MODIFICADO SEGUN NORMA ASTM D1557-12e1  
CON TENIDO DE HUMEDAD SEGUN NORMA ASTM D2216-10

---

**Modaidad:** Muestra por el cliente

**Identificación muestra:** Subcapas B1 + 5% ceniza de betún

**Procedimiento Utilizado:** Método B - Malla 60# retiene 25%

**Profundidad:** 0.00 m

**Símbolo Suelo:** CL

**Clasificación del Suelo:** Arcilla estensas de baja plasticidad

**Altitud (Cota):** - m s.n.m.

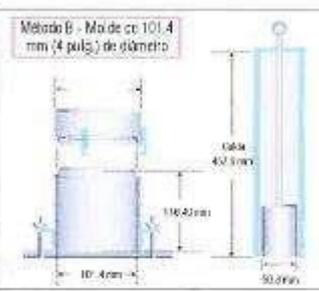
**Coordenadas UTM:** E.P.N.0

---

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Nro					
	Var.	Unidad	N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M <sub>moj</sub>	g	5632.00	6097.00	6265.00	6520.00
(B) Peso del Molde	M <sub>mol</sub>	g	4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	g	1487.00	1952.00	2120.00	2375.00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	970.00	970.00	970.00	970.00
(E) Densidad Húmeda	(C / D)	g/cm <sup>3</sup>	1.533	2.002	2.186	2.448



Método B - Molde de 101.4 mm (4 pulg.) de diámetro

---

**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

Variable	Nro					
	Var.	Unidad	01	02	03	04
Recipiente N°	---	---	N° 40	N° 45	N° 46	N° 47
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	g	50.62	48.10	48.71	47.29
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>moj</sub>	g	322.20	341.66	323.65	341.55
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>sec</sub>	g	301.92	309.56	299.66	294.03
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	g	251.30	261.46	250.95	246.74
(E) Masa de Agua (B-C)	M <sub>w</sub>	g	20.90	32.10	23.70	45.52
(F) Contenido de Humedad (100° F/3)	w	(%)	8.34	12.13	9.57	18.51
(G) Densidad Seca	ρ <sub>sec</sub>	g/cm <sup>3</sup>	1.601	1.820	1.620	1.720



Método B - 5 capas de 25 golpes cada una

---

**RELACION HUMEDAD DENSIDAD**



Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) vs Contenido de Humedad (%)

**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.82  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.6

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

---

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
Revisado: Ing. Eduardo D. C.



**Ing. Ciro Eduardo E. DONAIRES CASTILLO**  
C.I.P. N° 54742  
**ESPECIALISTA GEOTÉCNICO**

RUC: 20801685524  
[Pág. 18]

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004696-2018/DG2



Av. Angélica de los Andes 2000 m. 14 de Av. Edo. Lima  
 Dpto. Pueblo N° 22 102 Chilca, Huancayo  
 Telf: 0800048118 / 0800048119  
 www.silvergeo.com

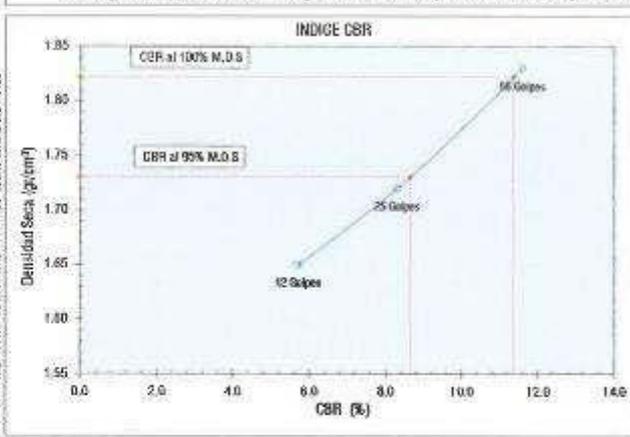
**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	CANT. MUESTRAS ACTIVAS	NÚMERO DE INFORME
04-08-25	10-08-23	11-1	SG N°1722023

<b>SOLICITANTE:</b>  Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín E.F.	<b>PROYECTO:</b>  "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022"
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b>  UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTECS S.A.C. DISTRITO : CHILCA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b>  ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16

<b>TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:</b>  Modalidad : Muestreo por el diámetro Identificación muestra : Substrato 01 + 5% ceniza de ladrillas Procedimiento Utilizado : Método B - Malla 30" retiene 25%	Profundidad : 0.00 m Sensado suelo : CL	Aflud (Cota) : - m a r.m. Coordenadas UTM : E U N O Clasificación del Suelo : Arcilla arenosa de baja plasticidad
--	--	---

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**

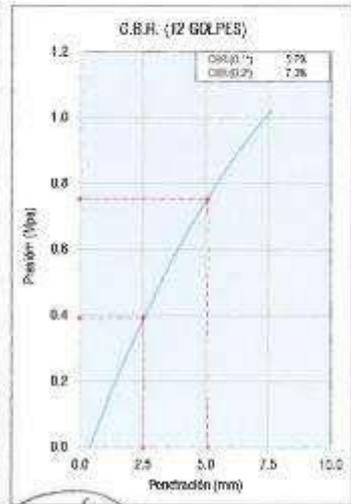
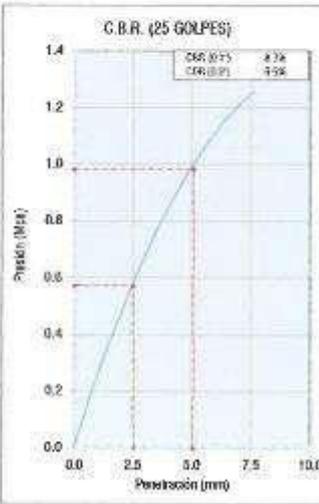
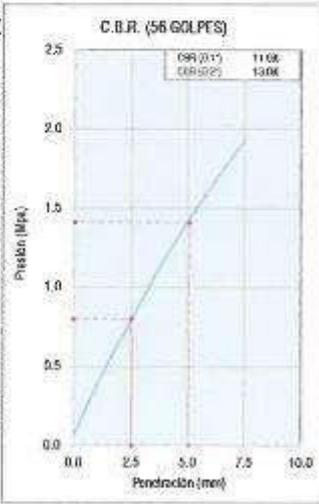


**Resultados Ensayos Compactación**

Proctor Modificado : ASTM D1557  
 Método de Compactación : Método B  
 Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.821  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.445  
 95% Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.730

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 11.40%  
 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 8.60%



**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Civil Eduardo R. BORGUES CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO  
 RUC: 20501685634  
 [Pág. 14]

**Anexo 10.**  
**Calicata – 02 suelo natural + 5% de ceniza**



J. Angel Fernandez Sanchez N° 3689 (ex. 04) s/n. Sta. Anita  
 Hg. Tarma N° 127-010101010  
 Telf: 04404948 / 95509924  
 Correo: silvergeo@netcom

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA D. ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-23	10-08-23	T1-2	BQ. N°11722023

<b>SOLICITANTE:</b> Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli	<b>PROYECTO:</b> "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de lavanderías artesanales, Huancayo, Junín 2023"
---	---

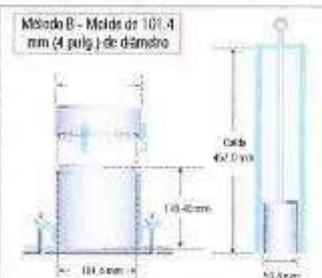
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b> UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.G. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b> PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10
---	--

<b>TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:</b> Modalidad: In situ por el cliente Identificación muestra: Substrato B1 + 5% ceniza de lavanderías Procedimiento Utilizado: Método B - Malla S#1 + agua 25%	Profundidad: 0,00 m Suelo: Suelo CL Condición del Suelo: Arena arenosa de baja plasticidad	Altud (Cota): - m.s.n.m. Coordenadas UTM: E 0 N 0
--	--	--

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

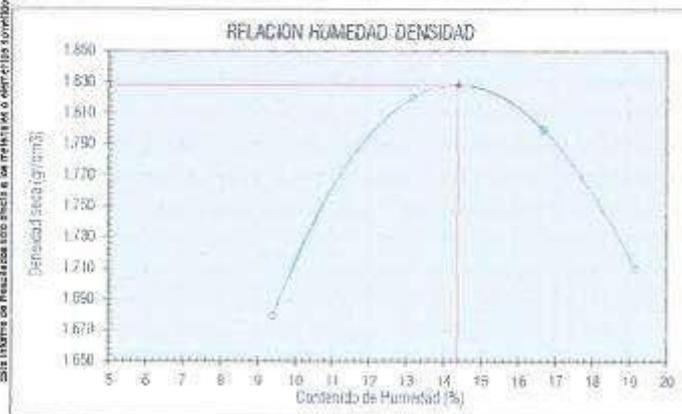
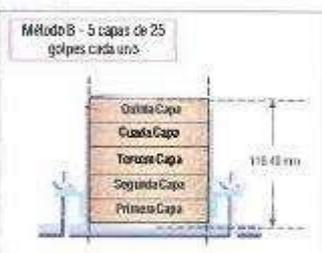
**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Unid.		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo húmedo & Molde	M <sub>hum</sub>	(g)	5842.00	6040.00	6090.00	6022.00
(B) Peso del Molde	M <sub>mol</sub>	(g)	4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	1697.00	1895.00	1945.00	1877.00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	970.00	970.00	970.00	970.00
(E) Densidad Húmeda	(C / D)	g/cm <sup>3</sup>	1.749	1.954	2.005	1.935



**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

Variable	Unid.		01	02	03	04
	Var	Unidad				
Respirante H <sup>o</sup>	—	—	N° 45	N° 45	N° 50	N° 51
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	(g)	60.62	46.10	46.73	47.29
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>hum</sub>	(g)	322.23	341.56	325.85	341.56
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>sec</sub>	(g)	298.92	307.26	285.26	284.23
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	(g)	746.92	751.16	241.53	240.94
(E) Masa de Agua (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)	23.31	34.30	39.59	40.32
(F) Contenido de Humedad (100° F/37)	w	(%)	3.12	4.56	16.37	16.74
(G) Densidad Seca		g/cm <sup>3</sup>	1.103	1.022	1.022	1.210



**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.95  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.37

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Civil Eduardo F. DONAIRES CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO  
 RUC: 2080188524  
 [Pág. 15]



J. Ángel Fernández Quiroz N° 2889 Int. 104 Urb. Cba. Lima  
 Pje. Vialto N° 12-112 Dpto. Huancayo  
 Telef. 054 842260 / 055 007564  
 Correo: silvergeosac@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

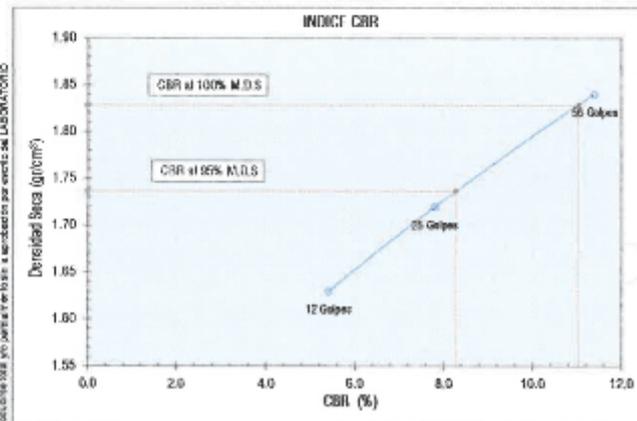
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	10-08-23	11-2	SG. N°172/2023

<b>SOLICITANTE:</b>  Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín Eli	<b>PROYECTO:</b>  *Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022*
---	--

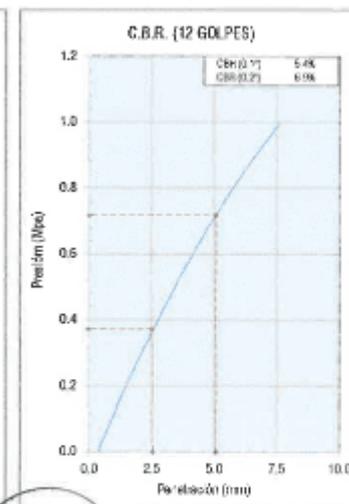
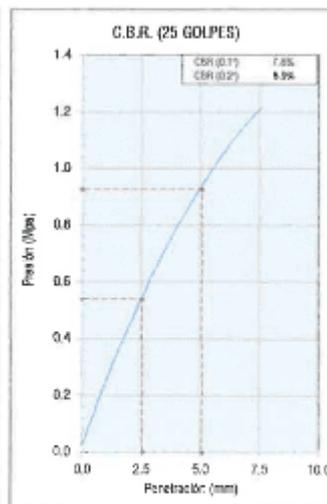
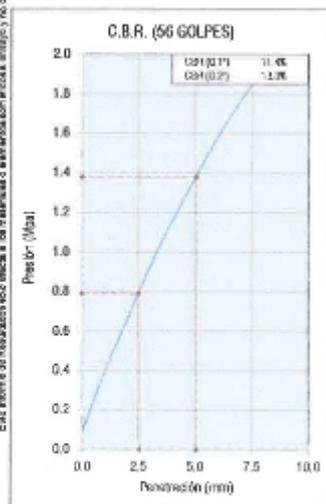
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b>  UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C. DISTRITO : CHILCA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b>  ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
---	--

<b>TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:</b>  Modalidad: Muestreo por el cliente Identificación muestra: Subrasante 01 + 5% ceniza de ladrillera Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 25%	Profundidad: 0.00 m. Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad	Altitud (Cota) : - m.s.n.m. Coordenadas UTM : E 0 N 0
---	---	--

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**



<b>Resultados Ensayos Compactación</b>  Proctor Modificado : ASTM D1557 Método de Compactación : Método B Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.828 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.374 95% Máxima Densidad Seca (g/cm³) : 1.737
<b>Resultados Ensayos CBR</b>  C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 11.09% C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 8.39%



**OBSERVACIONES:**  
  
Aprobado: Benj. Bravo L.R.  
Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Civil Eduardo F. DOMÍNGUEZ CASTILLO  
 C.I.R. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20201686524  
[Pág. 18]

**Anexo 11.**  
**Calicata – 03 suelo natural + 5% de ceniza**



**Silver Geo Sacs**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE SUELOS Y MATERIAS PLÁSTICAS

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA RECIBO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	10-08-23	T-5	Sd. N°17/2023

---

**SOLICITANTE:**  
Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli

**PROYECTO:**  
Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cretáceos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huanayo, Junio 2022

---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO: CHILCA  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

---

**Muestreo:** Muestra por cizalla  
**Identificación muestra:** Substrato 01 + 5% ceniza de ladrillera  
**Procedimiento Utilizado:** Método B - Malla N° 20 (retiene 25%)

**Profundidad:** 0,00 m  
**Símbolo Suelo:** LI  
**Caracterización del Suelo:** Arena arcillosa de baja plasticidad

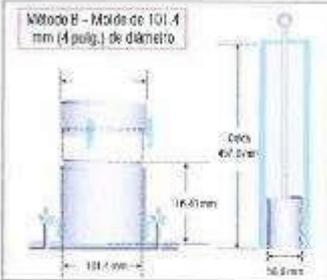
**Altud (Cota):** - máx. m.  
**Coordinadas UTM:** E, O, N, D.

---

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Unidad		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Número de Capas	N	Capas	5,00	5,00	5,00	5,00
Número de Golpes por Capa	N	Golpes	25,00	25,00	25,00	25,00
(A) Masa del Suelo Húmedo & Molde	M <sub>mo</sub>	g	5859,00	6004,00	6090,00	6113,00
(B) Peso del Molde	M <sub>mo</sub>	g	4145,00	4145,00	4145,00	4145,00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	g	1714,00	1859,00	1945,00	1968,00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	100,00	100,00	100,00	100,00
(E) Densidad Húmeda	(C/D)	g/cm <sup>3</sup>	1,714	1,859	1,945	1,968

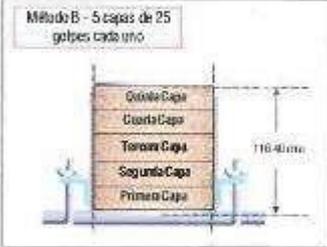


Método B - Molde de 101,4 mm (4 pol.) de diámetro

---

**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

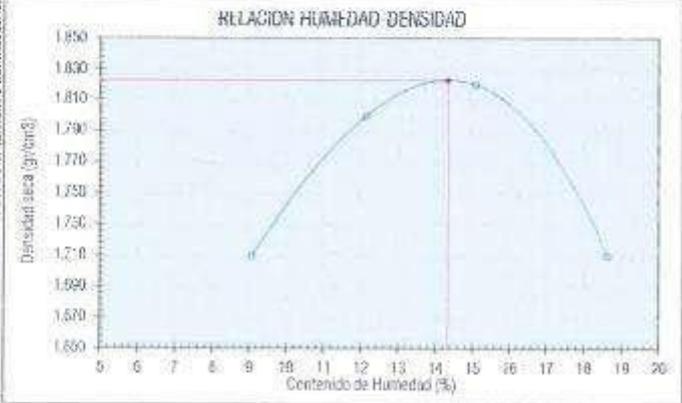
Variable	Unidad		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 32	N° 33	N° 34	N° 35
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	g	51,47	49,69	48,12	49,53
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>mo</sub>	g	411,93	385,11	343,35	377,00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>sc</sub>	g	381,80	350,90	309,05	326,80
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	g	330,33	301,21	260,93	276,27
(E) Masa of Water (B-C)	M <sub>w</sub>	g	81,60	83,90	82,42	50,20
(F) Contenido de Humedad (100° C) (%)	w	%	24,70	24,15	24,15	18,10
(G) Densidad Seca	ρ <sub>d</sub>	g/cm <sup>3</sup>	1,710	1,800	1,622	1,710



Método B - 5 capas de 25 golpes cada una

---

**RELACION HUMEDAD-DENSIDAD**



Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) vs. Contenido de Humedad (%)

**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1,82  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14,35

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

---

**Observaciones:**

Analizado: Bach. Denis J.B.  
Revisado: Ing. Eduardo D. C.



**Ing. Cid Eduardo F. DOMÍNGEZ CASTELLO**  
C.I.P. N° 64742  
**ESPECIALISTA GEOTÉCNICO**

RUC: 20601036524  
[Pág. 17]

---

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2016/OJD



Av. Azopardo 1000, San José, 10000, Lima  
 P.O. Box 1000, San José, 10000, Lima  
 Tel: 94444444 / 99999999  
 Email: info@silvergeo.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

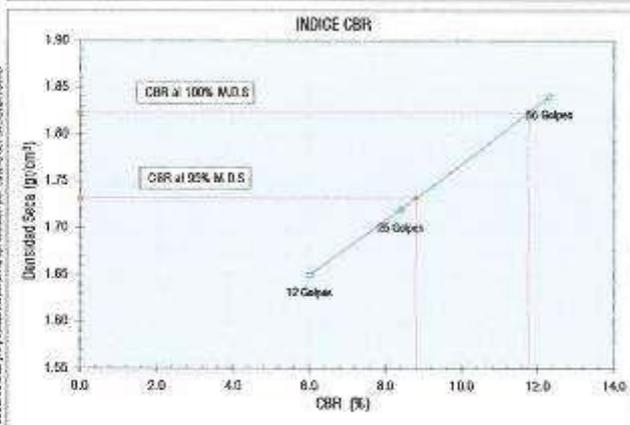
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA / ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	10-08-23	T1-3	SG N°172/2023

**SOLICITANTE:** Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín Ed  
**PROYECTO:** Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos con los incorporando cenizas de procedencias de lavaderos artesanales, Huancayo, Junín 2022

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECS S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN  
**ENSAYOS REALIZADOS:**  
 ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1683-10

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Modalidad: Muestreo por el cliente  
 Identificación muestra: Substrato D1 + 5% ceniza de lavaderos  
 Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 38" número 25%  
 Profundidad: 0.00 m  
 Símbolo Suelo: CL  
 Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad  
 Altitud (Cota): - m s.n.m.  
 Coordenadas UTM: E.C.N.0

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**



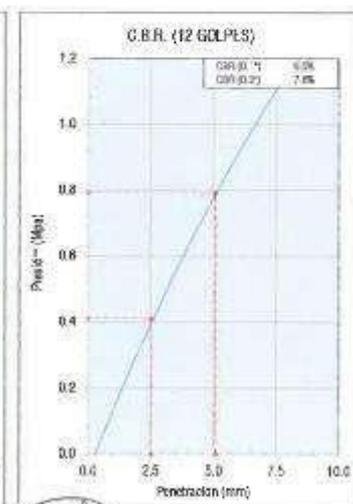
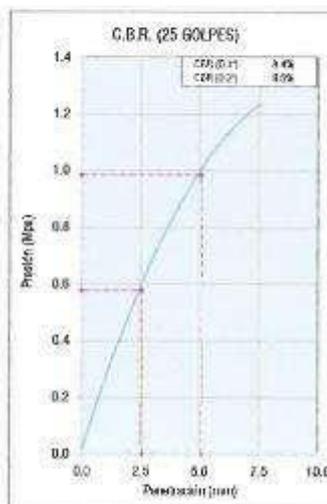
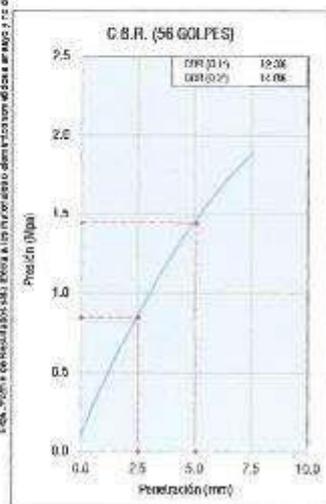
**Resultados Ensayos Compactación**

Proctor Modificado : ASTM D1557  
 Método de Compactación : Método B  
 Máxima Densidad Seca (G/cm³) : 1.823  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 14.351  
 95% Máxima Densidad Seca (G/cm³) : 1.732

---

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (56) : 11.80%  
 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (56) : 8.80%



**OBSERVACIONES:**  
 Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Civil Eduardo F. DOMAIRES CASTILLO  
 C.I.P.N° 64742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20801585504  
 [Pág. 16]

**Anexo 12.**  
**Calicata – 01 suelo natural + 10% de ceniza**



**Silver Geo Sac**  
Ingeniería y Construcción S.A.C.  
D. Ángel Fernández Quispe R. 2007040, 704 Urb. El Sol, Lima  
Tel: 005101 221 52 1284 / 2007040  
Fax: 005101 221 52 1284 / 2007040  
Email: silvergeosac@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	C.C. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-20	11-08-20	T2-1	SG. N°172/2020

---

**SOLICITANTE:**

**Bach. SEGUIR BRAVO, Benjamín Eli**

**PROYECTO:**

"Mejoramiento de las propiedades físicas mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrillos artesanales, Huancayo, Junín 2022"

---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C.  
DISTRITO : OHLCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2219-10

---

Mixtura: Muestras por el cliente

Identificación muestra: Substrato 02 + 10% ceniza de ladrillo

Procedimiento Utilizado: Método B - 50g (30" retiene 25%)

Prefundidad: 0,00 m

Símbolo Suelo: CL

Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad

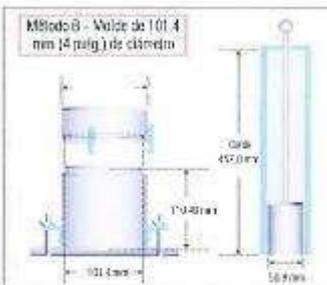
Altud (Cota): - 1641,00

Coordenadas UTM: E 0 N 0

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

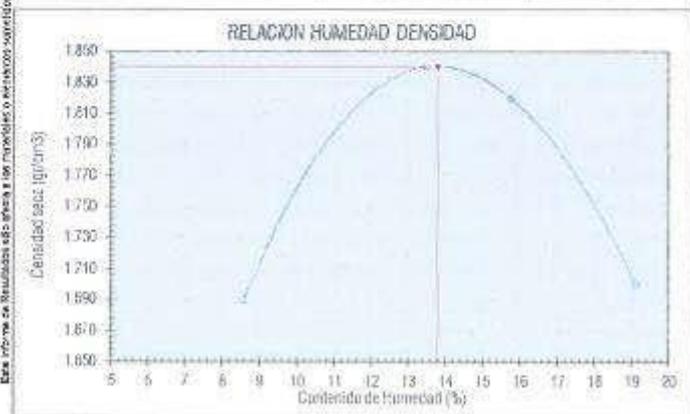
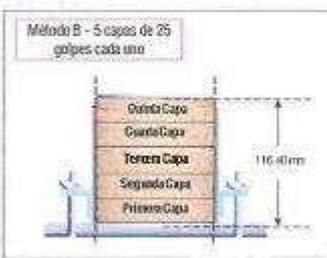
**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5,00	5,00	5,00	5,00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25,00	25,00	25,00	25,00
(A) Masa del Suelo húmedo & Moldes	M <sub>as</sub>	kg	8828,00	8072,00	8060,00	8015,00
(B) Peso del Molde	M <sub>mol</sub>	kg	4145,00	4145,00	4145,00	4145,00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado (A - B)	M <sub>ch</sub>	kg	4683,00	3927,00	3915,00	3870,00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	800,00	800,00	800,00	800,00
(E) Densidad Húmeda (C/D)	ρ <sub>h</sub>	g/cm <sup>3</sup>	5,866	4,909	4,894	4,838



**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 05	N° 07	N° 08	N° 09
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	g	52,17	51,85	47,60	46,52
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>as</sub>	g	311,60	360,00	332,20	333,00
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>sc</sub>	g	291,07	329,55	293,25	304,28
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	g	139,90	177,70	145,65	157,76
(E) Masa de Water (B-C)	M <sub>w</sub>	g	20,53	32,45	36,95	28,72
(F) Contenido de Humedad (100° E/D)	w	(%)	14,63	18,28	25,38	18,22
(G) Densidad Seca	ρ <sub>d</sub>	g/cm <sup>3</sup>	1,450	1,630	1,822	1,922



**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1,84  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13,75

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
Revisado: Ing. Eduardo D. C.

  
**Ing. Civil Eduardo D. ROMARES CASTILLO**  
**C.I.P. N° 64742**  
**ESPECIALISTA GEOTÉCNICO**  
 RUC 20501805624  
 [Pág. 19]



Silver Geo S.A.C.  
 Ingeniería y Construcción de Obras Civiles y Mecánicas  
 Calle: Pisco 11, S2113, Edificio Naranjo  
 Lima, 08100041 / 015559264  
 www.silvergeosac.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA NUDO ENSAYO	COD. MUESTRAS ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-23	11-08-23	T2-1	SG N°172/2023

SOLICITANTE: **Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín EF** PROYECTO: **"Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleros artesanales, Huancayo, Junio 2022"**

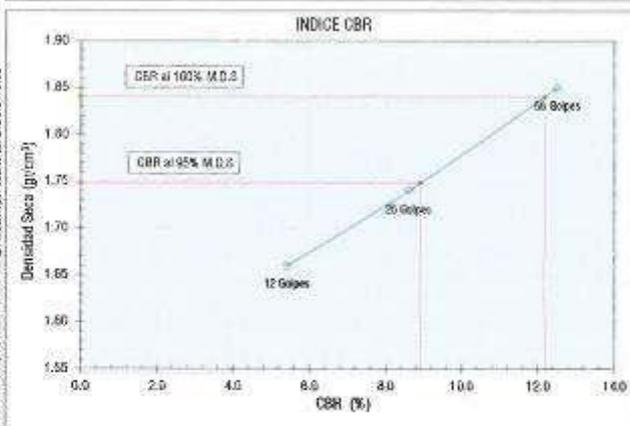
UBICACIÓN DEL PROYECTO: **LABORATORIO SILVER GEOTECS S.A.C** ENSAYOS REALIZADOS: **ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16**

UBICACIÓN: **CHILCA**  
 DISTRITO: **CHILCA**  
 PROVINCIA: **HUANCAYO**  
 DEPARTAMENTO: **JUNÍN**

TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:

Modalidad: **Muestreo por el cliente** Profundidad: **0.00 m** Abund [Cota]: **- 718.17 m**  
 Identificación muestra: **Subrasante C3 + 10% ceniza de ladrillo** Símbolo Suelo: **CL** Coordenadas UTM: **1 E 0 N 0**  
 Procedimiento Utilizado: **Método R - Malla S&T retiene 25%** Clasificación del Suelo: **Arcillas blandas de baja plasticidad**

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**



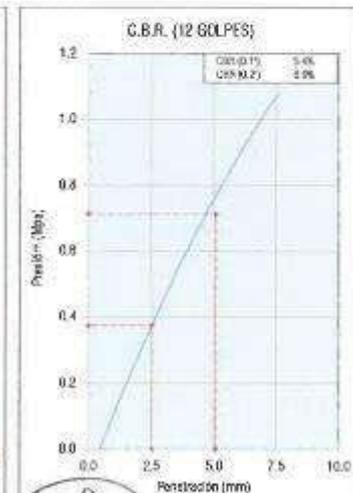
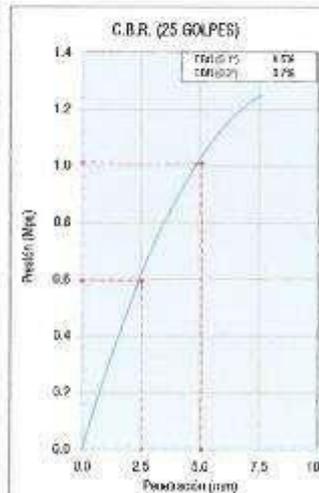
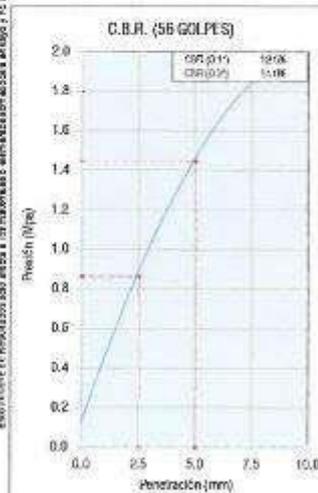
**Resultados Ensayos Compactación**

Proctor Modificado: **ASTM D1557**  
 Método de Compactación: **Método B**  
 Máxima Densidad Seca (g/cm³): **1.840**  
 Óptimo Contenido de Humedad (%): **13.78%**  
 95% Máxima Densidad Seca (g/cm³): **1.748**

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (S<sub>c</sub>): **12.20%**  
 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (S<sub>c</sub>): **8.90%**

Elaboración e impresión de este informe en formato digital es una reproducción exacta de la versión impresa y no debe ser utilizada para fines legales.



OBSERVACIONES:

Realizado: **Bach. Denis L.R.**  
 Revisado: **Ing. Eduardo D. C.**

**Ing. Civil Eduardo P. DONAIRES CASTILLO**  
 C.I.P. N° 54742  
**ESPECIALISTA GEOTÉCNICO**

RUC: 20601605524  
 (Pág. 20)

**Anexo 13.**  
**Calicata – 02 suelo natural + 10% de ceniza**



S. Angel Fernández Gallo Jr. Jelmir, Misak, Tío, Lima  
 Pse. Valle N° 22-12 Chilca, Huancayo  
 Telf: 04366088 / 35550954  
 Correo: silvergeotec@gmail.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA RECIBO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-23	11-08-23	T2-2	SGI-NM72/2022

---

**SOLICITANTE:**  
 Bach. SEGUI, BRAVO, Benjamin EE

**PROYECTO:**  
 Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022

---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
 PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

---

Modidad: Muestras para el diseño  
 Identificación muestra: Sucesos de 02 + 10% ceniza de ladrillera  
 Procedimiento Utilizado: México B - Malla 300 (Reteno 25%)

Profundidad: 0.00 m.  
 Símbolo Suelo: CL  
 Clasificación del Suelo: Arcilla orgánica de baja plasticidad

Altitud (Cota): - m s.n.m.  
 Coordenadas UTM: E 0 N 0

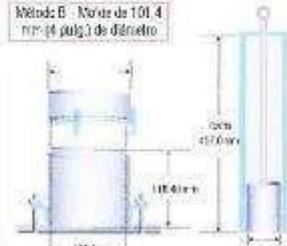
---

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Tipo		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Número de Capas	M	Capas	3.00	3.00	3.00	3.00
Número de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo Humedo & Molde	M <sub>hu</sub>	kg	6040.00	6040.00	6070.00	6095.00
(B) Peso del Molde	M <sub>mol</sub>	kg	4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Humedo Compactado (A - B)	M <sub>h</sub>	kg	1895.00	1895.00	1925.00	1950.00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	929.81	929.81	929.81	929.81
(E) Densidad Humeda (C / D)	ρ <sub>hu</sub>	g/cm <sup>3</sup>	2.04	2.04	2.07	2.09

Método B - Molde de 101.4 mm (4 pulg.) de diámetro

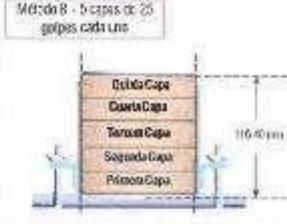


---

**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

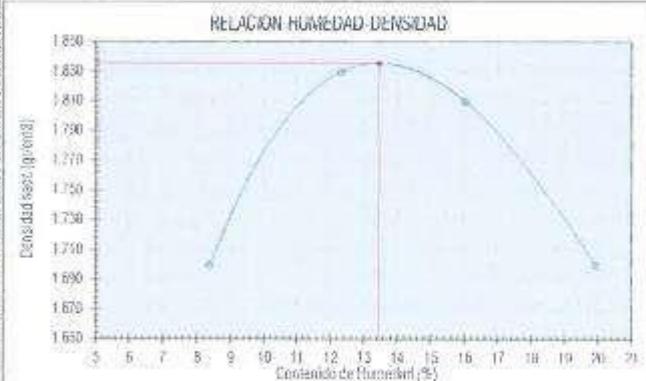
Variable	Tipo		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	—	—	N° 02	N° 01	N° 02	N° 03
(A) Masa de Contenedor Vacio	M <sub>c</sub>	kg	50.37	51.74	50.62	50.38
(B) Masa de Contenedor & Suelo Humedo	M <sub>hu</sub>	kg	302.45	303.60	300.04	271.92
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>s</sub>	kg	252.95	273.85	264.45	250.15
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>ss</sub>	kg	202.58	222.10	213.83	200.77
(F) Masa de Agua (B-C)	M <sub>w</sub>	kg	49.50	29.75	35.59	21.77
(F) Densidad de Humedad (100° E60)	w	(%)	24.44	13.34	16.62	10.84
(S) Densidad Seca	ρ <sub>ss</sub>	g/cm <sup>3</sup>	1.40	1.69	1.81	1.70

Método B - Discos de 25 golpes cada uno



---

**RELACION HUMEDAD-DENSIDAD**



**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.81

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.34

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

---

**DESERVACIONES:**

Revisado: Bach. Denis L.A.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.



Ing. Civil Eduardo F. COVARRUBIAS CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTECNICO

RUC: 2050168564  
 [Pág. 21]

---

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 034668-2016COB



Av. Arellano 1000, Of. 101, Lima, Perú  
 Tel: 011-446628 / 5553334  
 Correo: info@silvergeo.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-06-23	11-08-23	T2-2	SG N°172/2023

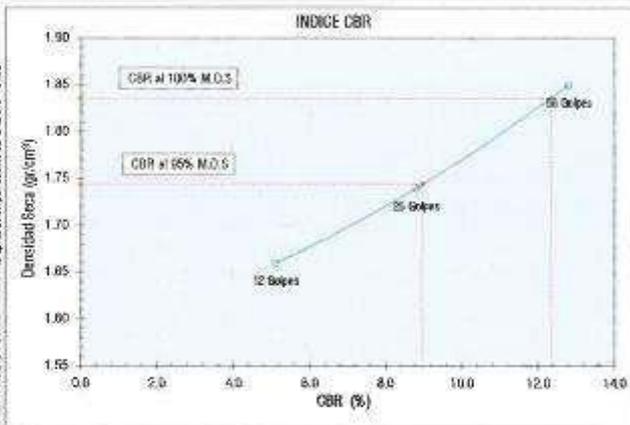
**SOLICITANTE:** Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin EF  
**PROYECTO:** Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de lavaderos artesanales, Huancayo, Junín 2022

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECS S.A.C.  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
 ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Modalidad: Muestreo por el cliente  
 Profundidad: 0.00 m  
 Altitud (Cota): - 1044.9 m  
 Identificación muestra: Subrasante C2 + 10% ceniza de lavaderos  
 Símbolo Suelo: CL  
 Coordenadas UTM: E.0 N.0  
 Procedimiento Utilizado: Método D - Malla 30" retiene 25%  
 Clasificación del Suelo: Arcillo arenoso de baja plasticidad

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**



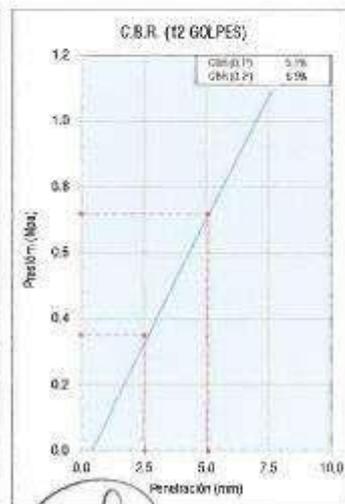
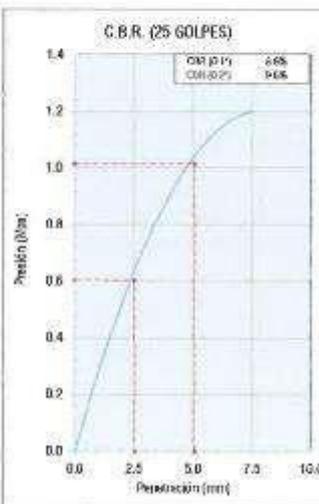
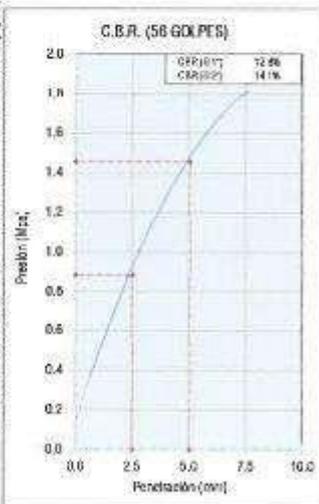
**Resultados Ensayos Compactación**

Proctor Modificado : ASTM D1557  
 Método de Compactación : Método B  
 Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.836  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.454  
 95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm³) : 1.744

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. Al 100% DE M.O.S. (%) : 12.00%  
 C.B.R. Al 95% DE M.O.S. (%) : 9.00%

Este Informe de Resultados solo aplica a las muestras compactadas en laboratorio y no aplica a muestras compactadas en campo por método LACER-CMO



**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Civil Eduardo F. DOMÍNGUEZ CASTILLO  
 C.I.F. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 2067168524  
 Pág. 22

**Anexo 14.**  
**Calicata – 03 suelo natural + 10% de ceniza**



**Silver Geo S.A.C.**  
Instituto Geotécnico (Código 11-20091-01-00000, EIRL, Lima)  
P.O. Box N° 12, 762 Unika, Huancayo  
Tel: 045428187 / 045428188  
www.silvergeo.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENRAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	11-08-23	T2-3	SG. N°172/2023

---

**SOLICITANTE:**

**Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli**

**PROYECTO:**

Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrillerías artesanales, Huancayo, Junín 2022

---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**

UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C.  
DISTRITO: CHILCA  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**

PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-19

---

**Modelado:** Muestras por sí mismo

**Identificación muestra:** Substratos 02 + 10% ceniza de ladrilleros

**Procedimiento Utilizado:** Método B - Malla 20" retiene 25%

**Profundidad:** 0.00 m

**Símbolo Suelo:** CL

**Clasificación del Suelo:** Arcilla arenosa de baja plasticidad

**Altitud (Cota):** - m s.n.m.

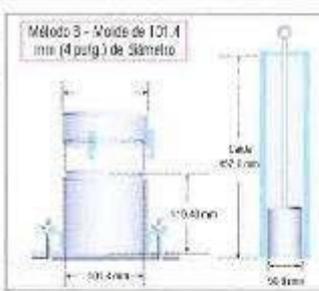
**Coordenadas UTM:** E, O, N, O

---

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Uno		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Número de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Número de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	20.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo Humedo 5 Molde	M <sub>hue</sub>	(g)	5852.00	6025.00	5091.00	5055.00
(B) Peso del Molde	M <sub>mol</sub>	(g)	4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Humedo Remuestreado	(A - B)	(g)	1707.00	1880.00	1946.00	1910.00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	920.00	920.00	920.00	920.00
(E) Densidad Humeda	(C / D)	g/cm <sup>3</sup>	1.855	2.043	2.116	2.076

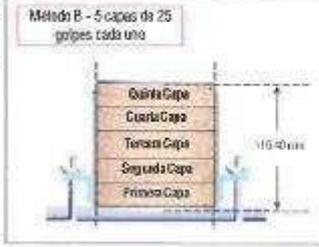


Método B - Molde de 101.4 mm (4 pulg) de diámetro

---

**Contenido de Humedad según ASTM D2216-19**

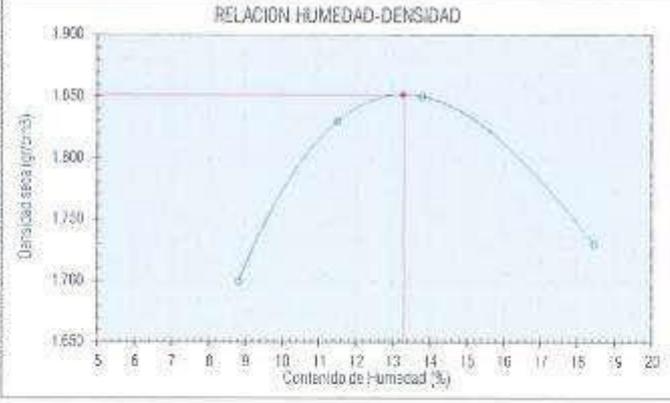
Variable	Uno		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 64	N° 65	N° 66	N° 67
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	(g)	51.67	51.26	50.75	51.32
(B) Masa de Contenedor & Suelo Humedo	M <sub>hue</sub>	(g)	352.91	329.83	324.52	356.23
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>sec</sub>	(g)	326.47	300.91	291.25	308.28
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	(g)	276.80	249.65	240.50	257.96
(E) Masa of Water (B-C)	M <sub>w</sub>	(g)	24.14	28.92	33.26	47.25
(F) Contenido de Humedad (100 * E/D)	w	(%)	8.73	11.61	13.80	18.29
(G) Densidad Seca		g/cm <sup>3</sup>	1.400	1.550	1.580	1.750



Método B - 5 capas de 25 golpes cada una

---

**RELACION HUMEDAD-DENSIDAD**



Este informe de resultados solo indica y se emplea como elemento informativo o de apoyo y no debe utilizarse para tomar decisiones ni apegarse por escrito al Laboratorio.

**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.85

Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.20

Fundado de las Partículas Finas - Proctor Modificado

---

**Observaciones:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
Revisado: Ing. Eduardo D. C.



**Ing. Civil Eduardo F. BONIFACIO CASTILLO**  
C.I.P.N° 54742  
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20501685924  
(Pag. 23)

---

Laboratorio de Ensayos de Materiales, Inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 034668-2019-0380



Instituto de Estudios de la Construcción S.A.C. (I.E.C.S.A.)  
 P.O. Box N° 02-10 D.M.A. Huancayo  
 Telf: 04446558 / 70207034  
 Email: iec@iec.com.pe

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

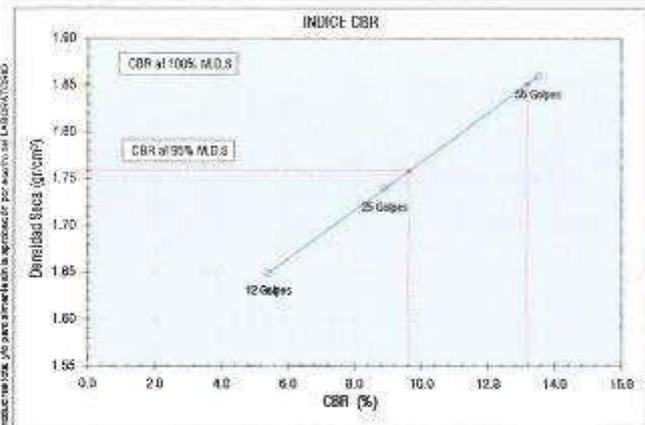
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-08-23	11-08-23	T-5	SG N°1722023

<b>SOLICITANTE:</b>  Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli	<b>PROYECTO:</b>  "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022"
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b>  UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C DISTRITO : CHLCA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b>  ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-10

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**

Muestra: Muestreo por el cliente      Profundidad: 0.00 m      Altura (Cota): - m s.n.m.  
 Identificación muestra: Substrato C2 + 10% cenizas de ladrillera      Símbolo Suelo: CL      Coordenadas UTM: ± E.0 N.0  
 Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 300" retiene 25%      Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**

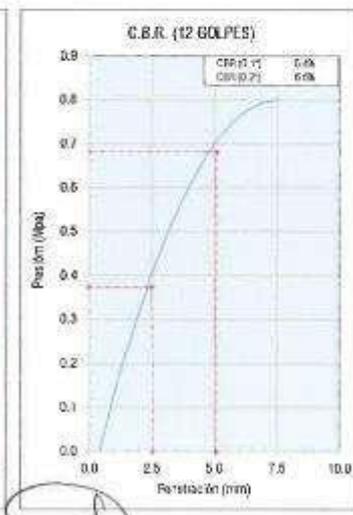
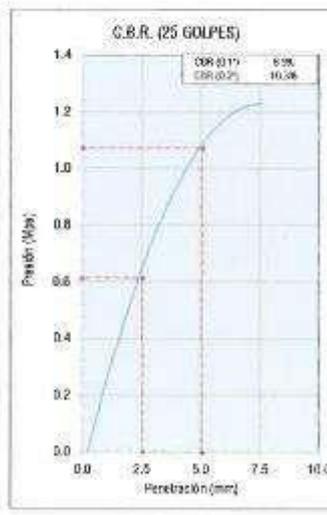
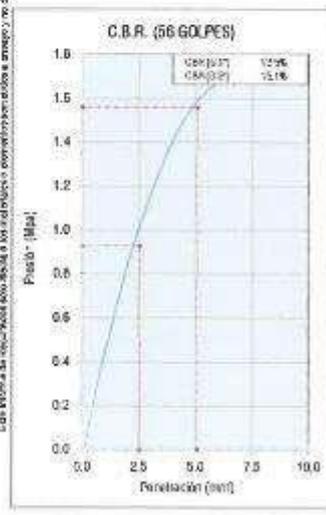


**Resultados Ensayos Compactación**

Proctor Modificado : ASTM D1537  
 Método de Compactación : Método B  
 Máxima Densidad Seca (Gr/cm<sup>3</sup>) : 1.832  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.205  
 95% Máxima Densidad Seca (Gr/cm<sup>3</sup>) : 1.739

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 13.20%  
 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 9.60%



**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis C.A.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Civil Eduardo J. DOMÍNGUEZ CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

SJC: 20231825524  
 (Pág. 24)

**Anexo 15.**  
**Calicata – 01 suelo natural + 15% de ceniza**



**Silver Geo Sacs**  
Ingeniería Geotécnica S.A.C.  
Calle Comercio 1000 - 1001 - Lima 10  
Tel: 011 426 5210 - 5211 - 5212 - 5213  
Fax: 011 426 5214 - 5215 - 5216  
www.silvergeosacs.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA REGISTRO ENAYO	CDO. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-25	14-08-25	TS-1	SGS-N°17252023

---

**SOLICITANTE:**  
Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín Eli

**PROYECTO:**  
Mejoramiento de las propiedades físicas mecánicas de suelos cohesionados, incorporación de cenizas de procedencia de ladrillos artesanales, Huancayo, Junín 2022

---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**  
UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C.  
DISTRITO: CHILCA  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

---

**Modificación:** Muestreo por el cliente  
**Identificación muestra:** Substrato 03 + 15% ceniza de ladrillo  
**Procedimiento Utilizado:** Método B - Mole 315° altura 200

**Profundidad:** 0.00 m.  
**Simbolo Suelo:** G.  
**Clasificación del Suelo:** Arcilla arenosa de baja plasticidad

**Altura (Cota):** -  
**Coordenadas UTM:** C O N 0

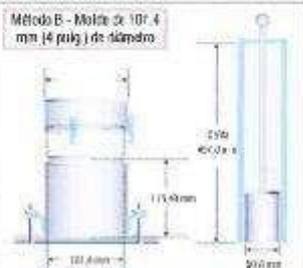
---

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Unidad		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo Húmedo o Molido	M <sub>moj</sub>	kg	5125.00	4910.00	4896.00	4811.00
(B) Peso del Molde	M <sub>mol</sub>	kg	4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	kg	980.00	765.00	751.00	666.00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	900.00	900.00	900.00	900.00
(E) Densidad Húmeda	(C/D)	g/cm <sup>3</sup>	1.09	0.85	0.83	0.74

Método B - Mole de 101.4 mm (4 pulg.) de diámetro

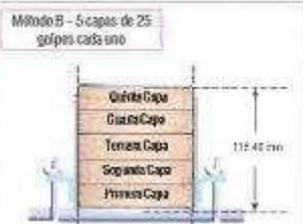


---

**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

Variable	Unidad		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente N°	---	---	N° 68	N° 69	N° 70	N° 71
(A) Masa de Contenedor Vaco	M <sub>c</sub>	g	49.24	51.11	51.88	50.16
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>moj</sub>	g	330.95	349.24	358.76	378.16
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>se</sub>	g	310.50	314.20	302.50	323.05
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	g	261.30	263.09	250.62	272.89
(E) Masa of Water (B-C)	M <sub>w</sub>	g	20.45	30.14	35.76	55.27
(F) Contenido de Humedad (100° F/0)	w	(%)	7.73	11.43	14.27	16.42
(G) Densidad Seca		g/cm <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.00	1.00

Método B - 5 capas de 25 golpes cada una



---

**RELACION HUMEDAD-DENSIDAD**



**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1.85

Óptimo Contenido de Humedad (w) : 12.29

Humedad de las Partículas Fines - Proctor Modificado

---

**Observaciones:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
Revisado: Ing. Eduardo D. C.



Ing. Civil Eduardo P. DOMÍNGUEZ CASTILLO  
C.I.P. N° 54742  
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

AJC 20250186524  
(Pag. 25)

---

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004988-2018/CO



Ingeniería Civil S.A.C. 200216, 704 av. 2da. Lima  
 P.O. Box N° 32-52, Dpto. Huancayo  
 Telf: 34934333 / 31537554  
 Email: [info@silvergeo.com](mailto:info@silvergeo.com)

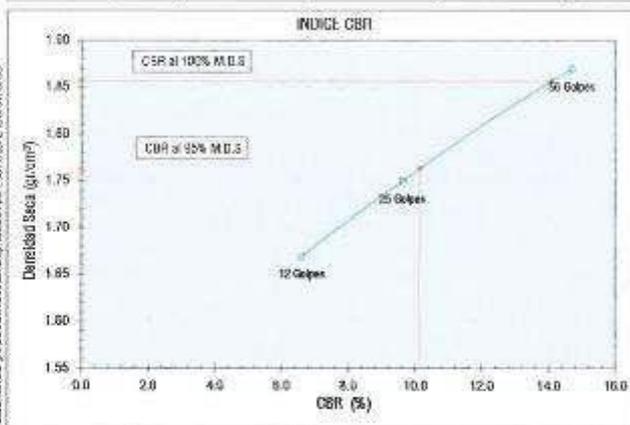
**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-23	14-08-23	T3-1	SG N°1720023

<b>SOLICITANTE:</b>  Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamin Eli	<b>PROYECTO:</b>  "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de leñeras artesanales, Huancayo, Junín 2022"
<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b>  UBICACIÓN : LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C DISTRITO : CHILCA PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNÍN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b>  ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16
<b>TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:</b>	

Modalidad: Muestreo por el cliente      Profundidad: 0.00 m      Altitud (Cota): - m s.n.m.  
 Identificación muestra: Substrato U3 + 15% ceniza de leñeras      Símbolo Suelo: CL      Coordenadas UTM: E.0 N.0  
 Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 20%      Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad.

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**



**Resultados Ensayos Compactación**

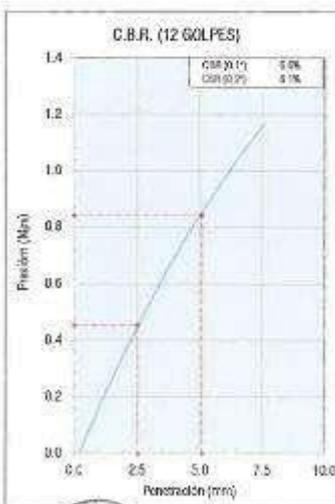
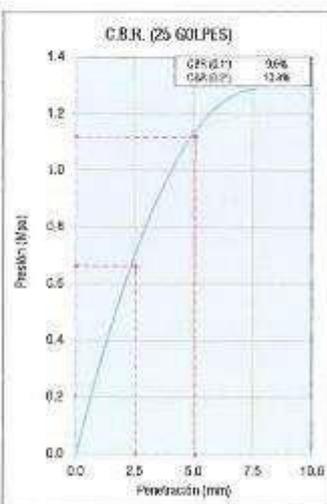
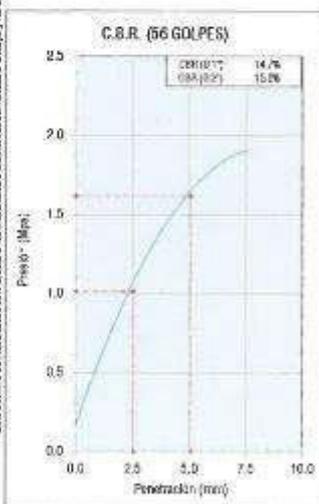
Proctor Modificado : ASTM D1557  
 Método de Compactación : Método B  
 Máxima Densidad Seca (Grim<sup>1</sup>) : 1.856  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.291  
 95% Máxima Densidad Seca (Grim<sup>1</sup>) : 1.764

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 14.10%

C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 10.10%

Este informe de resultados solo aplica a los análisis o ensayos autorizados y no debe ser reproducido, copiado, publicado o distribuido sin el consentimiento escrito del Laboratorio.



**OBSERVACIONES:**

Realizado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. **Eduardo H. DOMÍNGUEZ CASTILLO**  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20501585534  
 [Pág. 26]

**Anexo 16.**  
**Calicata – 02 suelo natural + 15% de ceniza**



Ing. Angel Fernandez (Subdirector General), Oficina: Oficina General  
 P.O. Box N° 307 307 Urb. Huancayo, Huancayo, Junín  
 www.silvergeosac.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NUMERO DE INFORME
04-08-23	14-08-23	T3-2	BG-N°1720023

**SOLICITANTE:** Bach. SEQUIL BRAVO, Benjamin Eli

**PROYECTO:** Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrillos artesanales, Huancayo, Junín 2022

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:** UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S.A.C.  
 DISTRITO: GILGUA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

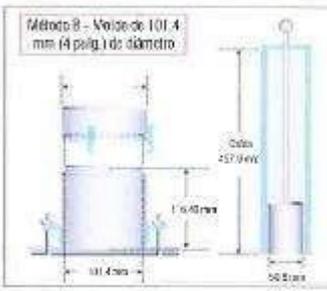
**ENSAYOS REALIZADOS:** PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
 CONTENIDO DE HUMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:** Modalidad: Muestras por el cliente  
 Identificación muestra: Substrante C3 + 15% ceniza de ladrillera  
 Procedimiento Utilizado: Método D - Malla 3/5' retiene 25%  
 Profundidad: 0.00 m  
 Símbolo Suelo: CL  
 Clasificación del Suelo: Arena arenosa de baja plasticidad  
 Altitud (Cota): - m.s.n.m.  
 Coordenadas UTM: E.O.N.D.

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

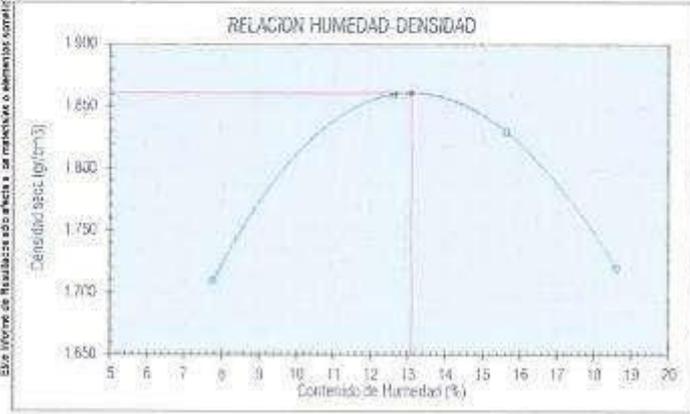
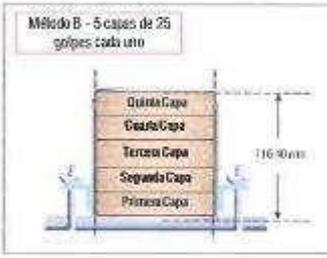
**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Nro		N° 01	N° 02	N° 03	N° 04
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5.00	5.00	5.00	5.00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25.00	25.00	25.00	25.00
(A) Masa del Suelo (humedo & Molde)	M <sub>100</sub>	g	5940.00	6067.00	6100.00	6019.00
(B) Masa del Molde	M <sub>200</sub>	g	4145.00	4145.00	4145.00	4145.00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	g	1795.00	1922.00	1955.00	1874.00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	920.60	920.50	920.50	920.60
(E) Densidad Húmeda	(C/D)	g/cm <sup>3</sup>	1.94	2.09	2.12	2.04



**Contenido de Humedad según ASTM D2216-10**

Variable	Nro		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Respetiva N°	-	-	N° 02	N° 03	N° 04	N° 05
(A) Masa de Contenedor Vario	M <sub>c</sub>	g	40.46	51.32	49.62	51.57
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>100</sub>	g	341.59	305.35	345.63	372.80
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>200</sub>	g	320.60	285.51	342.21	322.70
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	g	79.14	244.21	292.59	269.13
(E) Masa of Water (B-C)	M <sub>w</sub>	g	21.03	30.12	43.42	43.10
(F) Contenido de Humedad (100°/60)	w	(%)	27.31	12.32	14.84	16.02
(G) Densidad Seca	-	g/cm <sup>3</sup>	1.710	1.661	1.621	1.720



**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>): 1.86  
 Óptimo Contenido de Humedad (%): 13.10

Humedad de las Partículas Finas - Proctor Modificado

**OBSERVACIONES:**

Elaborado: Bach. Denis L.F.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. Cristóbal BONDARES CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20501505504  
 (Pág. 27)



Av. Asp. Pisco, Urb. El Dorado, 14 km. S. de Lima  
 Pte. Héro. P. 32-32 Urban. Huancayo  
 Telf: 8444444 / 9444444  
 www.silvergeosac.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA INICIO ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04-06-23	14-06-23	T3-2	SG N°1722023

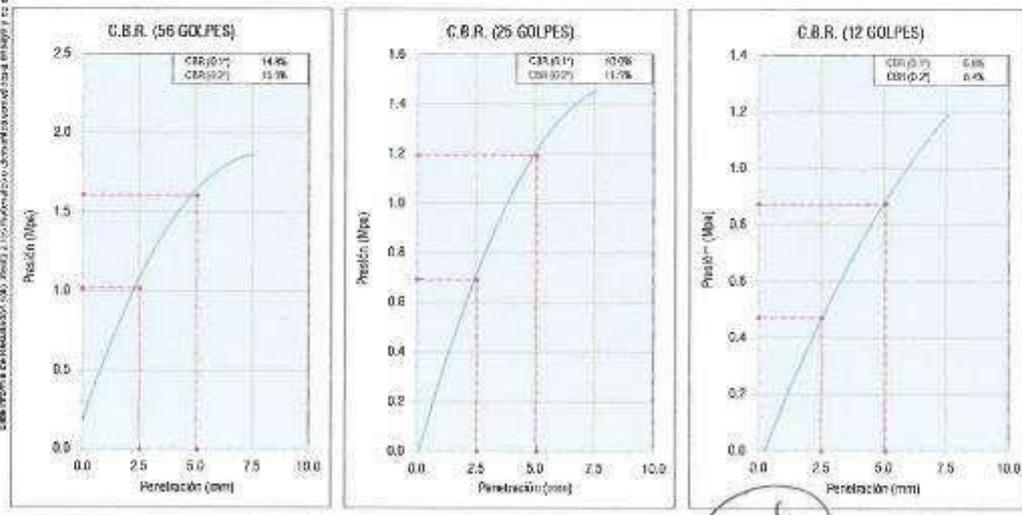
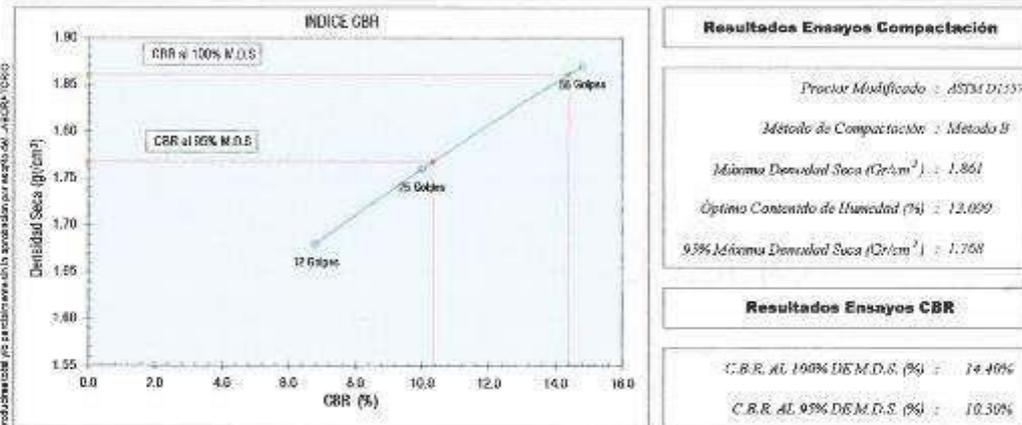
**SOLICITANTE:** Bach. SEGUI, BRAVO, Benjamin Eli  
**PROYECTO:** Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de techos artesanales. Huancayo, Junín 2022

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**  
 UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTEC S A C  
 DISTRITO: CHILCA  
 PROVINCIA: HUANCAYO  
 DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
 ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-16

**TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:**  
 Modalidad: Muestreo por el cliente  
 Identificación muestra: Subrasante C3 + 15% ceniza de Isorilla  
 Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 38" retiene 25%  
 Profundidad: 0,03 m  
 Símbolo Suelo: CL  
 Clasificación del Suelo: Arcilla arenosa de baja plasticidad  
 Altitud (Cota): - m s.n.m.  
 Coordenadas UTM: E.O.N.S

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-16**



**OBSERVACIONES:**

Revisado: Bach. Denis L.F.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. G.

Ing. Civil Eduardo P. DOMÍNGUEZ CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC 20801865324  
 (Pág. 28)

Anexo 17.  
Calicata – 03 suelo natural + 15 % de ceniza



Ing. Ángel Fernández Gálvez R. 2007 en Chile. Ex. Univ. Pde. Rafael B. 02-10-13 Chile. Huanayo. Telf: 944365060 / 95009584. Email: silvergeo@silvergeo.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA / LUGAR ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04.08.23	14.08.23	T3-3	SG. N°172/2023

---

**SOLICITANTE:**  
Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín Eli

**PROYECTO:**  
Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrilleros artesanales, Huanayo, Junín 2022

---

**UBICACIÓN DEL PROYECTO:**  
UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C.  
DISTRITO: CHILCA  
PROVINCIA: HUANCAYO  
DEPARTAMENTO: JUNÍN

**ENSAYOS REALIZADOS:**  
PROCTOR MODIFICADO SEGÚN NORMA ASTM D1557-12e1  
CONTENIDO DE HÚMEDAD SEGÚN NORMA ASTM D2216-10

---

Modalidad: Muestra por el cliente  
Identificación muestra: Substrato 03 + 15% cenizas de ladrillero  
Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 20# retiene 25%

Profundidad: 0,00 m.  
Símbolo Suelo: CL  
Clasificación del Suelo: Arena arenosa de baja plasticidad

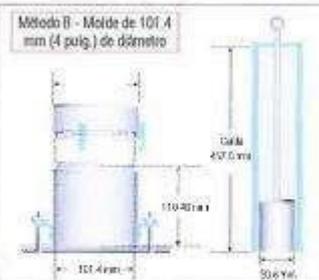
Altitud (Cota): 3.744,4 m.  
Coordenadas UTM: E 0 N 0

---

**Compactación de suelo - Proctor Modificado según (ASTM D1557-12e1)**

**Compactación según ASTM D1557-12e1**

Variable	Rto		N° 21	N° 30	N° 55	N° 64
	Var.	Unidad				
Numero de Capas	N	Capas	5,00	5,00	5,00	5,00
Numero de Golpes por Capa	N	Golpes	25,00	25,00	25,00	25,00
(A) Masa de Suelo húmedo & Molde	M <sub>wh</sub>	(g)	6090,00	6062,00	6087,00	6028,00
(B) Peso del Molde	M <sub>m</sub>	(g)	4145,00	4145,00	4145,00	4145,00
(C) Peso de Suelo Húmedo Compactado	(A - B)	(g)	1945,00	1917,00	1942,00	1883,00
(D) Volumen del Molde	V	cm <sup>3</sup>	920,00	920,00	920,00	920,00
(E) Densidad Húmeda	(C / D)	g/cm <sup>3</sup>	2,115	2,095	2,111	2,058

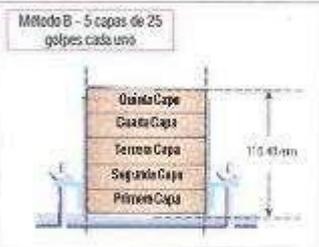


Método B - Molde de 101.4 mm (4 pulg.) de diámetro

---

**Contenido de Húmedad según ASTM D2216-10**

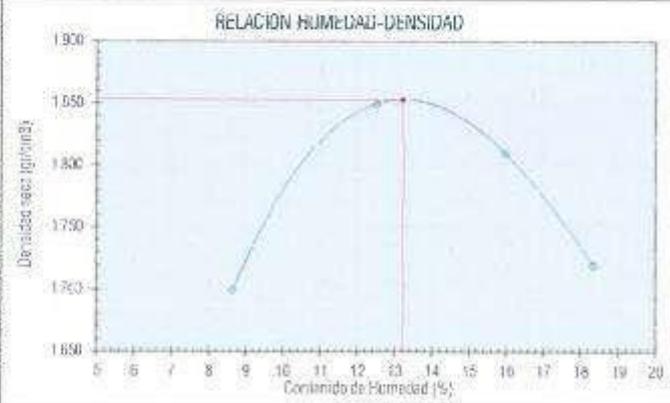
Variable	Rto		01	02	03	04
	Var.	Unidad				
Recipiente R <sup>o</sup>	---	---	N° 75	N° 77	N° 78	N° 78
(A) Masa de Contenedor Vacío	M <sub>c</sub>	(g)	50,15	50,45	50,05	50,21
(B) Masa de Contenedor & Suelo Húmedo	M <sub>wh</sub>	(g)	386,60	370,60	356,13	335,52
(C) Masa de Contenedor & Suelo Seco	M <sub>ws</sub>	(g)	344,14	290,84	312,91	291,40
(D) Masa de Suelo Seco (C-A)	M <sub>s</sub>	(g)	293,99	240,39	262,86	241,19
(E) Masa de Agua (B-D)	M <sub>w</sub>	(g)	92,61	130,21	93,27	94,33
(F) Contenido de Húmedad (100 * E/D)	w	(%)	3,12	5,42	3,55	3,91
(G) Densidad Seca		g/cm <sup>3</sup>	1,720	1,650	1,610	1,525



Método B - 5 capas de 25 golpes cada una

---

**RELACION HUMEDAD-DENSIDAD**



Densidad seca (g/cm<sup>3</sup>) vs. Contenido de Humedad (%)

**Resultados Ensayos de Compactación**

Densidad Máxima Seca (g/cm<sup>3</sup>) : 1,85  
Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13,22

Humedad de las Partículas finas - Proctor Modificado

---

**Observaciones:**  
Realizado: Bach. Denis L.R.  
Revisado: Ing. Eduardo D. C.



Ing. Civil Eduardo DOMÍNGUEZ CASTILLO  
C.I.P. N° 54742  
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20801685824  
[Pág. 29]

---

Laboratorio de Ensayos de Materiales, inscrito en el Registro de Propiedad Industrial del INDECOPI con Resolución N° 004588-2014/DGIC



J. Azpiroz Fernández (CIP) 3883 en 18 de feb. 2014, Lima  
 RFA N° 001-12-12 (Mica. Huancaayo)  
 Telf: 942240261 / 045205104  
 Correo: silversacs@comcel.com

**INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO**

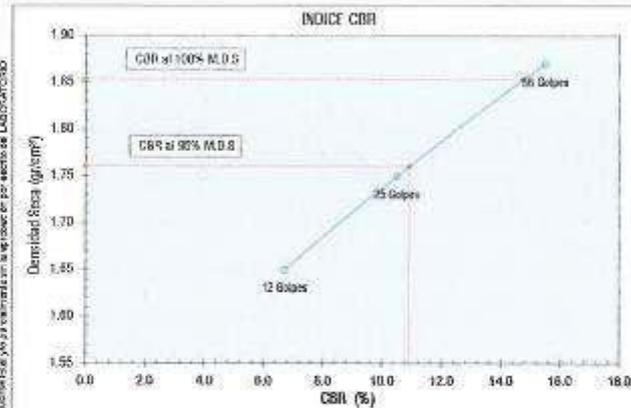
FECHA TOMA DE MUESTRAS	FECHA M.C.O. ENSAYO	COD. MUESTRA O ACTIVIDAD	NÚMERO DE INFORME
04.08.23	14.08.23	T3-3	SG N°172/2023

<b>SOLICITANTE:</b> Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín EI	<b>PROYECTO:</b> Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesionados incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancaayo, Junín 2022
--	---

<b>UBICACIÓN DEL PROYECTO:</b> UBICACIÓN: LABORATORIO SILVER GEOTECH S.A.C. DISTRITO: CHILCA PROVINCIA: HUANCAYO DEPARTAMENTO: JUNÍN	<b>ENSAYOS REALIZADOS:</b> ENSAYO CBR SEGÚN NORMA ASTM D1883-18
--	--

<b>TOMA DE MUESTRAS O ACTIVIDAD:</b> Medida: Muestreo por el cráneo Identificación muestra: Subresante 03 + 15% ceniza de ladrillera Procedimiento Utilizado: Método B - Malla 3/8" retiene 20%	Profundidad: 0.00 m Símbolo Suelo: CL Clasificación del Suelo: Anillo amarrado de baja plasticidad	Altud (Cota): - m s.n.m. Coordenada UTM: E.O.N.0
--	--	---

**Ensayo CBR (Relación de Soporte California) de Suelos Compactados en Laboratorio según ASTM D1883-18**

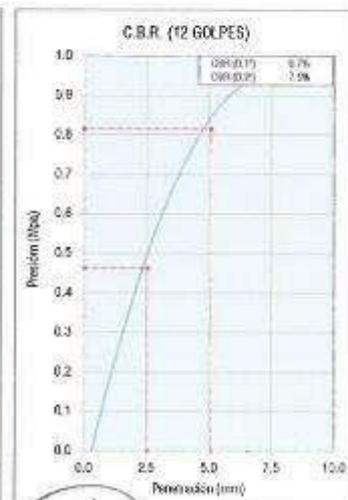
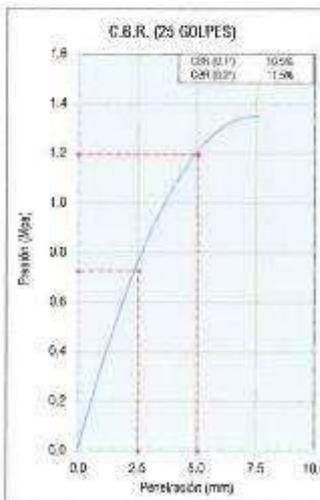
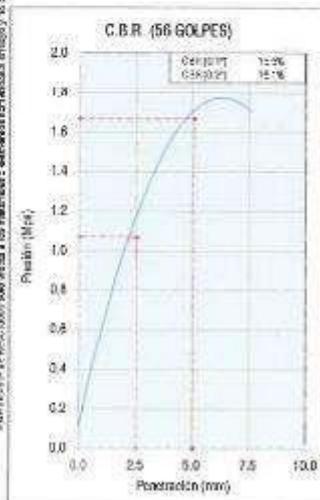


**Resultados Ensayos Compactación**

Proctor Modificado : ASTM D1557  
 Método de Compactación : Método B  
 Máxima Densidad Seca (Tolcm³) : 1.853  
 Óptimo Contenido de Humedad (%) : 13.222  
 95% Máxima Densidad Seca (Tolcm³) : 1.761

**Resultados Ensayos CBR**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%) : 14.89%  
 C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%) : 10.99%



**OBSERVACIONES:**

Revisado: Bach. Denis L.R.  
 Revisado: Ing. Eduardo D. C.

Ing. César Eduardo FERNANDEZ CASTILLO  
 C.I.P. N° 54742  
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

RUC: 20501685624  
 [Pág. 30]

**Anexo 18.**  
*Certificado de calibración*



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Ello, Lima  
Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
Celular: 964046688 / 955505584  
Teléfono Fijo: 064-212021  
Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)

## TESIS DE INVESTIGACIÓN

**NOMBRE DE TESIS:**

“Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de suelos cohesivos incorporando cenizas de procedencia de ladrilleras artesanales, Huancayo, Junín 2022”

## CERTIFICADOS

UBICACIÓN : LABORATORIO DE SUELOS SILVER GEOTEC S.A.C.  
DISTRITO : CHILCA  
PROVINCIA : HUANCAYO  
DEPARTAMENTO : JUNÍN

**SOLICITANTE:**

Bach. SEGUIL BRAVO, Benjamín Eli.

Huancayo, 09 de agosto del 2023



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)

## CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN - EQUIPOS ELECTRONICOS

Item	Empresa Certificadora	Descripción	Procedencia	Marca	Modelo	Serie	Certificado de calibración	Fecha de Certificación	Fecha de Vencimiento
1	TEST & CONTROL	Balanza de precisión, AC 220V, clase III, capacidad de 30 kg, lectura mínima 1 g	USA	OHAUS	R31P30	8336130194	TC-09248-2022	09-09-22	09-09-23
2	TEST & CONTROL	Balanza de precisión, AC 220V, clase II, capacidad de 2 kg, lectura mínima 0.01 g	USA	OHAUS	PR2202/E	8935184778	TC-09249-2022	09-09-22	09-09-23
3	TEST & CONTROL	Horno eléctrico digital de 76 Litros, AC 220V, precisión $\pm 1$ °C, rango de temperatura de 50 a 300 °C	CHINA	A&A INSTRUMENT	STHX-1A	16635	TC-09902-2022	10-09-22	10-09-23
4	TEST & CONTROL	Máquina Semi Automática Digital Cbr-Marshall, AC 220V, carga máxima 50 kN	COLOMBIA	PINZUAR	PS-25	299	TC-09250-2022	08-09-22	08-09-23





Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Ello, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



### Certificado de Calibración TC - 09248 - 2022

Profesora : 11317A Fecha de emisión : 2022-09-09

Solicitante : SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Janin-Huancayo Chilca

Instrumento de medición : Balanza  
 Tipo : Electrónica  
 Marca : CHAUS  
 Modelo : R31P30  
 N° de Serie : 0336130194  
 Capacidad Máxima : 30000 g  
 Resolución : 10 g  
 División de Verificación : 10 g  
 Clase de Exactitud : II  
 Capacidad Mínima : 200 g  
 Procedencia : CHINA  
 Identificación : No Indica  
 Ubicación : Laboratorio  
 Variación de  $\Delta T$  Local : 5 °C  
 Fecha de Calibración : 2022-09-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Lugar de calibración  
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos e intervalos apropiados.

#### Método de calibración

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patróns según procedimiento PC-001 "Procedimiento para la Calibración de Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento No Automático Clase II y III", Primera Edición - Mayo 2010, DM - INACAL.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueden ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración detallados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
 Gerente Técnico  
 CPF: 0318

PGC-16-r08/Diciembre 2018/Rev.05

Página : 1 de 3



W. Condessa de Lemos Nº117  
 San Miguel, Lima

Tel: 061 262 9536  
 Cel: 964 046 688

Correo: [informes@testcontrol.com.pe](mailto:informes@testcontrol.com.pe)  
[www.testcontrol.com.pe](http://www.testcontrol.com.pe)



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elio, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



**Certificado de Calibración**  
 TC - 09246 - 2022

**Trazabilidad**

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 100 mg a 1 kg Clase de Exactitud M2	TC 0055-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 2 kg Clase de Exactitud M2	TC 06242-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 5 kg Clase de Exactitud M2	TC 06243-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 10 kg Clase de Exactitud M2	TC 06244-2022 Abril 2022
Patrones de Referencia de TEST & CONTROL	Juego de Pesas 20 kg Clase de Exactitud M2	TC 06809-2021 Julio 2021

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

**Inspección visual**

Ajuste de Cero	Tiene	Escale	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

**Ensayo de repetibilidad**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	57 %	58 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	15000	15 000	7	-2	1	30000	30 000	8	-3
2		15 000	5	0	2		30 000	8	-3
3		15 000	5	0	3		30 000	8	-3
4		15 000	6	-1	4		30 000	7	-2
5		15 000	6	-1	5		30 000	7	-2
6		15 000	5	0	6		30 000	8	-3
7		15 000	7	-2	7		30 000	8	-3
8		15 000	7	-2	8		30 000	7	-2
9		15 000	6	-1	9		30 000	8	-3
10		15 000	5	0	10		30 000	8	-3
Emax - Emin  (g)				7	Emax - Emin  (g)				1
e.m.p. ± (g)				20	e.m.p. ± (g)				30





Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elio, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 95505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



**Certificado de Calibración**  
 TC - 09248 - 2022



**Ensayo de excentricidad**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	58 %

N°	Determinación de Eo				Determinación del Error Corregido Ec					e.m.p. ± (g)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	100	100	6	-1	10000	10 000	7	-2	-1	20
2		100	4	1		10 000	5	0	-1	
3		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
4		100	7	-2		10 000	6	-1	1	
5		100	5	0		10 000	5	0	0	

**Ensayo de pesaje**

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,2 °C	15,2 °C
Humedad Relativa	58 %	57 %

Carga (g)	Carga Creciente				Carga Decreciente				e.m.p. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
100	100	6	-1						
200	200	7	-2	-1	200	6	-1	0	10
1 000	1 000	6	-1	0	1 000	7	2	-1	10
5 000	5 000	6	-1	0	5 000	6	-1	0	10
7 000	7 000	4	1	2	7 000	5	0	1	20
10 000	10 000	5	0	1	10 000	6	-1	0	20
15 000	15 000	7	-2	-1	15 000	7	-2	-1	20
17 000	17 000	6	-1	0	17 000	7	-2	-1	20
20 000	20 000	7	-2	-1	20 000	6	-1	0	20
25 000	25 000	7	-2	-1	25 000	7	-2	-1	30
30 001	30 000	8	-4	-3	30 000	7	-3	-2	30

Donde:

- I : Indicación de la balanza
- ΔL : Carga incrementada
- Eo : Error en cero
- e.m.p. : Error máximo permitido
- E : Error encontrado
- Ec : Error corregido

**Lectura corregida e incertidumbre de la balanza**

$$\text{Lectura Corregida} = R + 3,60 \times 10^{-5} \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{7,63 \times 10^{-6} \text{ g}^2 + 3,55 \times 10^{-8} \times R^2}$$

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

**Observaciones**

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado. La indicación de la balanza fue de 29 980 g para una carga de valor nominal 30000 g.

**Incertidumbre**

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre (lpis) combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento



Av. Condesa de Lennox N°117  
 San Miguel, Lima

☎ 011 262 9536  
 ☎ 011 988 901 065

✉ [informes@testcontrol.com.pe](mailto:informes@testcontrol.com.pe)  
[www.testcontrol.com.pe](http://www.testcontrol.com.pe)



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Ello, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



### Certificado de Calibración

TC - 09249 - 2022

Proforma : 11317A Fecha de emisión : 2022-09-09

Solicitante : SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junín Huancayo Chilca

Instrumento de medición : Balanza  
 Tipo : Electrónica  
 Marca : OHAUS  
 Modelo : P112202E  
 N° de Serie : B035184778  
 Capacidad Máxima : 2200 g  
 Resolución : 0,01 g  
 División de Verificación : 0,1 g  
 Clase de Exactitud : II  
 Capacidad Máxima : 0,5 g  
 Procedencia : CHINA  
 N° de Parte : NO INDICA  
 Identificación : NO INDICA  
 Ubicación : Laboratorio  
 Verificación de  $\pm T$  Local : 5 °C  
 Fecha de Calibración : 2022-09-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Lugar de calibración  
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

Método de calibración  
 La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010, SMM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
 Gerente Técnico  
 CPP: 0318

PGC-16-r08/ Diciembre 2019/Rev.04

Página : 1 de 3



J. Condesa de Lemos Nº117  
 San Miguel, Lima

(01) 262 9536  
 (51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe  
[www.testcontrol.com.pe](http://www.testcontrol.com.pe)



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración  
 TC - 00248 - 2022

Trazabilidad

Trazabilidad	Patrón de trabajo	Certificado de calibración
Patrones de Referencia de KOSSOMET	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	PE21A-C-1070 Agosto 2021
Patrones de Referencia de LOJISTO SAC	Juego de Pesas 1 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	E107-L-2008-2021-1 Agosto 2021

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Inspección visual

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

Ensayo de repetibilidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	16,2 °C	15,9 °C
Humedad Relativa	52 %	50 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔI (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔI (mg)	E (mg)
1	1 000,000	1 000,00	5	0	1	2 000,000	2 000,00	8	-1
2		1 000,01	7	8	2		2 000,01	8	7
3		1 000,01	7	8	3		2 000,00	4	1
4		1 000,00	5	0	4		2 000,01	5	7
5		1 000,00	6	-1	5		2 000,01	7	8
6		1 000,00	4	1	6		2 000,00	5	0
7		1 000,01	8	7	7		2 000,00	4	1
8		1 000,00	4	1	8		2 000,01	8	7
9		1 000,00	5	0	9		2 000,01	7	8
10		1 000,01	7	8	10		2 000,00	4	1
Emáx - Emín   (mg)					Emáx - Emín   (mg)				
error máximo permitido (mg)					error máximo permitido (mg)				

PGC-16-08/ Diciembre 2019/Rev.04

Página : 2 de 3



Av. Condesa de Lince, N° 177  
 San Miguel, Lima

(51) 262 9534  
 (51) 988 901 065

informes@testcontrol.com.pe  
[www.testcontrol.com.pe](http://www.testcontrol.com.pe)



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elio, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR  
 EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN  
 INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 016



Certificado de Calibración  
 TC - 09249 - 2022



Ensayo de excentricidad

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,9 °C	15,9 °C
Humedad Relativa	50 %	50 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Eic					s.m.p. (2mg)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Eic (mg)	
1	0,100	0,10	7	-2	700,000	700,01	7	8	10	200
2		0,10	6	-1		700,02	7	18	19	
3		0,10	3	2		700,00	5	0	-2	
4		0,10	6	-1		699,99	3	-8	-7	
5		0,10	8	-3		700,01	7	8	11	
6		0,10	9	-3						

Ensayo de pesaje

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	15,9 °C	16,0 °C
Humedad Relativa	50 %	40 %

Carga (g)	Crecientes				Eic (mg)	Decrecientes				s.m.p. (2mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Eic (mg)		I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Eic (mg)	
0,100	0,10	7	-2							
0,500	0,50	4	1	3	0,50	5	0	2	100	
1,000	1,00	6	-1	1	1,00	8	-1	1	100	
100,000	100,00	6	-1	1	100,00	7	-2	0	100	
500,000	500,00	5	0	2	500,01	7	8	10	100	
700,000	700,00	8	-3	-1	700,01	8	7	9	200	
1 000,001	1 000,00	4	1	3	1 000,01	8	7	9	200	
1 500,000	1 500,00	7	-2	0	1 500,01	7	8	10	200	
1 700,000	1 700,00	4	1	3	1 700,00	4	1	3	200	
2 000,005	2 000,00	5	-0	-3	2 000,00	5	-5	-3	200	
2 200,005	2 200,00	8	-6	-4	2 200,00	6	-6	-4	300	

Donde:  
 I : Indicación de la balanza  
 R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)  
 ΔL : Carga adicional  
 E : Error del instrumento  
 Eo : Error en cero  
 Eic : Error corregido

Lectura corregida e incertidumbre de la balanza	
Lectura Corregida	$R_{\text{corregida}} = R + 3,94 \times 10^{-7} \times R$
Incertidumbre Expandida	$U_E = 2 \times \sqrt{5,28 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 5,35 \times 10^{-16} \times R^2}$

Observaciones  
 Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.  
 La indicación de la balanza fue de 1 999,00 g pesa una carga de valor nominal 2000 g.

Incertidumbre  
 La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

Fin del documento



Jr. Condesa de Lima, N°117  
 San Miguel, Lima

Tel: 961 262 9532  
 (+51) 988 921 045

Informes: [info@testcontrol.com.pe](mailto:info@testcontrol.com.pe)  
[www.testcontrol.com.pe](http://www.testcontrol.com.pe)



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
 NTP ISO / IEC 17025:2017



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 09902 - 2022

Proforma : 11317 Fecha de Emisión : 2022-09-10

**SOLICITANTE** : SILVER GEOTEC S.A.C.  
**Dirección** : P.J. NUÑEZ NRO. 122 JUNÍN-HUANCAYO-CHILCA

**EQUIPO** : HORNO  
**Marca** : A&A INSTRUMENTS  
**Modelo** : STHX-1A  
**Número de Serie** : 16635  
**Identificación** : NO INDICA  
**Procedencia** : NO INDICA  
**Circulación del aire** : Ventilación natural  
**Ubicación** : LABORATORIO  
**Fecha de Calibración** : 2022-09-07

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Instrumento de Medición del Equipo :

	Tipo	Alcance	Resolución
Termómetro	DIGITAL	0 °C a 300 °C	0,1 °C
Selecto	DIGITAL	0 °C a 300 °C	0,1 °C

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

**LUGAR DE LA CALIBRACIÓN**  
 Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-018 2da edición, Junio 2009: "Procedimiento para la calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático" publicada por el SNM INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

### CONDICIONES DE CALIBRACIÓN

	Temperatura	Humedad	Tensión
Inicial	14,6 °C	66 %hr	221 V
Final	15 °C	51 %hr	221 V

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
 Gerente Técnico  
 CFP: 0316

PGC-16-r11/Octubre 2021/Rev.01

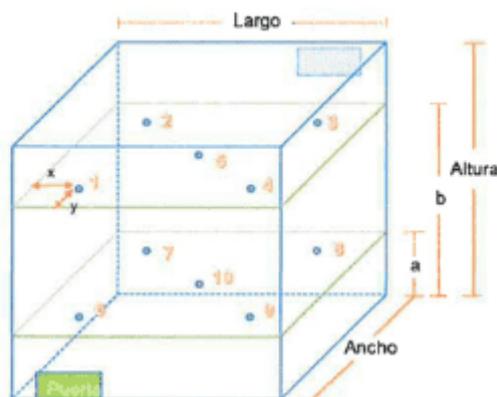
Página : 1 de 6

Jr. Condado de Lamas N° 117 San Miguel Lima (01) 2629545 990009009 [informes@testcontrol.com](mailto:informes@testcontrol.com)  
 Empresa con **responsabilidad social**, acercando la ciencia a las que comparten nuestra pasión por la metrología.

**TRAZABILIDAD**

Trazabilidad	Patrones de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del SAT	Indicador digital con termopares tipo K con incertidumbres del orden desde 0,16 °C hasta 0,18 °C.	LT-0849-2021

**UBICACIÓN DE LOS SENSORES DENTRO DEL MEDIO ISOTERMO**



Largo :	50,0 cm	a :	5,0 cm	x :	8,0 cm
Ancho :	38,0 cm	b :	34,0 cm	y :	5,0 cm
Altura :	50,0 cm				

Los termopares 5 y 10 se ubicaron en el centro de su respectivos niveles.  
El medio isoterma tenía 2 parrillas al momento de iniciar la calibración.

**NOMENCLATURA DE ABREVIATURAS**

t	: Instante de tiempo en minutos.	T.PROM	: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de
I	: Indicación del termómetro del equipo.	Tprom	: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante
T. MÁX	: Temperatura máxima por sensor	DTT	: Desviación de temperatura en el tiempo.
T. MÍN	: Temperatura mínima por sensor		
T. máx	: Temperatura máxima para un instante dado.		
T. mín	: Temperatura mínima para un instante dado.		



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elio, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 965505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
 NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado : TC - 09002 - 2022

RESULTADOS DE MEDICIÓN (1ER PUNTO DE CALIBRACIÓN)

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador/ Selector	Tiempo de Calentamiento Estabilización	Porcentaje de carga	Descripción de la carga
115 °C ± 5 °C	115 °C	240 min	30%	MUESTRAS DE PIEDRA

t (h)	I (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T <sub>prom</sub> (°C)	T <sub>máx</sub> T <sub>mín</sub> (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:00	115,0	114,1	114,3	115,7	112,5	114,8	116,7	117,0	116,5	118,3	117,2	115,7	5,8
00:01	115,0	114,1	114,7	115,7	112,3	114,8	116,7	117,9	116,7	118,4	116,9	115,8	6,1
00:02	115,0	114,1	115,1	115,7	112,5	114,8	116,7	118,0	116,5	118,4	117,4	115,9	5,9
00:03	115,0	114,1	114,5	115,7	112,4	114,8	116,7	118,7	116,7	118,4	117,2	115,9	6,2
00:04	115,0	114,1	114,7	115,7	112,2	115,0	116,7	116,9	116,7	118,4	117,6	116,0	6,6
00:05	115,0	114,1	114,4	115,7	112,5	115,0	116,7	116,5	117,0	118,4	117,3	116,0	5,9
00:06	115,0	114,1	114,4	115,7	112,4	115,2	116,7	118,0	117,0	118,4	117,3	115,9	6,0
00:07	115,0	114,1	114,2	115,9	112,0	115,2	116,8	118,3	116,9	118,4	117,3	116,0	5,8
00:08	115,0	114,1	114,5	115,9	112,5	115,2	116,8	117,2	117,0	118,4	117,6	115,9	5,9
00:09	115,0	114,1	114,5	115,9	112,6	115,2	117,0	118,0	117,2	118,4	117,3	116,0	5,8
00:10	115,0	114,1	114,1	115,9	112,4	115,2	117,0	118,1	117,2	118,4	117,3	116,0	6,0
00:11	115,0	114,1	113,9	115,9	112,8	115,3	117,1	117,0	117,2	118,4	116,9	115,9	5,8
00:12	115,0	114,1	114,1	116,0	112,6	115,2	117,1	118,0	117,5	118,4	117,3	116,0	5,8
00:13	115,0	114,1	114,3	116,0	112,6	115,3	117,1	117,2	117,6	118,4	117,7	116,0	5,8
00:14	115,0	114,1	114,5	116,0	112,6	115,3	117,1	117,2	117,3	118,4	117,5	116,0	5,8
00:15	116,0	114,1	114,1	116,0	112,6	115,3	117,1	117,4	117,4	118,4	117,6	116,0	5,8
00:16	115,0	114,1	114,3	116,0	112,4	115,2	117,2	117,3	117,4	118,5	117,5	116,0	6,1
00:17	115,0	114,1	114,5	116,0	112,4	115,2	117,4	116,8	117,0	118,5	118,0	116,0	6,1
00:18	115,0	114,1	114,3	116,0	112,5	115,0	117,4	116,8	117,1	118,5	117,9	116,0	6,0
00:19	115,0	114,2	114,2	116,0	112,6	115,0	117,4	116,8	117,2	118,5	117,3	115,9	5,9
00:20	115,0	114,2	114,0	116,0	112,5	115,0	117,4	117,1	117,0	118,5	116,8	115,9	6,0
00:21	115,0	114,2	113,5	116,0	112,2	115,0	117,4	117,0	117,0	118,5	116,8	115,8	6,3
00:22	115,0	114,2	113,2	116,0	112,4	115,0	117,2	117,2	117,3	118,5	116,3	115,7	6,1
00:23	115,0	114,2	113,1	115,9	112,4	114,9	117,2	116,2	117,1	118,5	116,7	115,6	6,1
00:24	115,0	114,2	112,7	115,9	112,1	114,7	117,1	116,3	116,9	118,5	116,9	115,5	6,4
00:25	115,0	114,2	112,8	115,9	112,1	114,6	117,1	116,2	116,9	118,5	117,7	115,6	6,4
00:26	115,0	114,2	112,7	115,7	112,1	114,6	117,1	116,5	116,8	118,5	117,2	115,5	6,4
00:27	116,0	114,2	112,8	115,7	112,1	114,6	117,1	116,2	116,8	118,5	116,8	115,5	6,4
00:28	115,0	114,2	113,0	115,7	112,1	114,6	117,1	117,1	116,6	118,5	116,8	115,6	6,4
00:29	115,0	114,2	113,1	115,7	112,1	114,3	117,1	117,0	116,8	118,4	116,8	115,6	6,3
00:30	115,0	114,2	113,0	115,7	111,9	114,3	117,1	117,1	116,8	118,4	117,1	115,6	6,5



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
 NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado : TC - 09602 - 2022

t (h)	i (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T <sub>prom</sub> (°C)	T <sub>máx</sub> T <sub>mín</sub> (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00:31	115,0	114,2	113,0	115,7	112,1	114,3	117,1	116,7	116,8	118,4	116,7	115,5	6,3
00:32	115,0	114,3	113,0	115,6	112,3	114,3	117,1	117,3	116,8	118,4	117,1	115,6	6,1
00:33	115,0	114,3	113,0	115,6	112,1	114,4	117,2	116,8	116,4	118,4	117,3	115,6	6,3
00:34	115,0	114,3	112,8	115,6	112,1	114,6	117,2	116,7	116,6	118,3	117,4	115,6	6,2
00:35	115,0	114,3	113,0	115,6	112,1	114,6	117,2	117,1	116,8	118,3	117,1	115,6	6,2
00:36	115,0	114,5	112,8	115,6	112,1	114,6	117,3	117,0	116,9	118,3	116,9	115,6	6,2
00:37	115,0	114,5	113,1	115,6	112,1	114,6	117,5	117,1	116,8	118,3	117,1	115,7	6,2
00:38	115,0	114,5	112,9	115,6	112,4	114,7	117,5	117,2	117,0	118,3	117,6	115,8	5,9
00:39	115,0	114,6	112,9	115,6	112,4	115,0	117,6	117,7	117,0	118,3	118,1	115,9	5,9
00:40	115,0	114,7	113,1	115,6	112,5	115,0	117,7	118,1	117,3	118,3	117,9	116,0	5,8
00:41	115,0	114,8	112,9	115,6	112,4	115,2	117,7	117,7	117,3	118,4	118,0	116,0	6,0
00:42	115,0	114,8	113,1	115,7	112,5	115,3	117,8	118,1	117,7	118,4	118,3	116,2	5,9
00:43	115,0	114,8	113,1	115,7	112,6	115,5	117,9	118,9	117,7	118,4	117,9	116,3	6,2
00:44	115,0	115,0	113,2	115,8	112,6	115,8	118,1	118,3	118,2	118,5	118,7	116,4	6,1
00:45	115,0	115,0	113,2	115,8	112,5	115,8	118,2	118,5	118,4	118,5	118,6	116,5	6,1
00:46	115,0	115,1	113,2	115,8	112,5	115,9	118,3	117,8	118,6	118,5	118,6	116,4	6,1
00:47	115,0	115,1	113,5	115,9	112,5	116,0	118,3	118,5	118,9	118,5	119,4	116,7	6,9
00:48	115,0	115,1	113,4	115,9	112,5	116,3	118,6	119,4	118,6	118,5	119,0	116,7	6,9
00:49	115,0	115,2	113,4	115,9	112,3	116,4	118,6	119,0	118,9	118,7	119,1	116,7	6,8
00:50	115,0	115,3	113,3	116,0	112,4	116,4	118,7	118,9	118,9	118,7	118,9	116,7	6,5
00:51	115,0	115,5	113,3	116,0	112,4	116,5	118,7	118,8	118,9	118,7	119,3	116,8	6,9
00:52	115,0	115,5	113,4	116,0	112,6	116,5	118,8	119,1	119,1	118,9	118,9	116,9	6,5
00:53	115,0	115,6	113,3	116,0	112,5	116,5	118,8	119,6	119,0	118,9	118,7	116,9	7,0
00:54	115,0	115,6	113,1	116,0	112,6	116,5	118,8	119,4	119,1	118,9	118,9	116,9	6,8
00:55	115,0	115,6	113,0	116,0	112,6	116,7	119,0	119,4	119,1	118,9	119,1	116,9	6,8
00:56	115,0	115,6	113,2	116,0	112,6	116,7	119,0	119,5	119,5	119,0	118,8	117,0	6,9
00:57	115,0	115,6	113,5	116,0	112,6	116,6	119,0	119,4	119,3	119,0	119,5	117,1	6,9
00:58	115,0	115,6	113,3	116,0	112,5	116,5	119,1	119,1	119,5	119,0	118,5	116,9	6,9
00:59	115,0	115,6	113,3	116,0	112,5	116,5	119,1	118,5	119,3	119,0	118,7	116,8	6,7
01:00	115,0	115,6	113,1	116,0	112,5	116,5	119,1	119,2	119,0	119,0	118,6	116,9	6,7
T <sub>PROM</sub>	115,0	114,6	113,6	115,8	112,4	115,3	117,6	117,8	117,5	118,5	117,8	116,1	
T <sub>MAX</sub>	115,0	115,6	115,1	116,0	112,6	116,7	119,1	119,6	119,5	119,0	119,5	119,5	
T <sub>MIN</sub>	115,0	114,1	112,7	115,6	111,8	114,3	116,7	116,2	116,4	118,3	116,3		
DTT	0,0	1,5	2,5	0,4	0,7	2,5	2,4	3,5	3,1	0,7	3,2		

RESUMEN DE RESULTADOS

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Temperatura Máxima Medida	119,5	0,8
Temperatura Mínima Medida	111,9	0,3
Desviación de Temperatura en el Espacio	6,1	0,2
Desviación de Temperatura en el Tiempo	3,5	0,1
Estabilidad Medida (s)	1,7	0,05
Uniformidad Medida	7,0	0,7



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Ello, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)

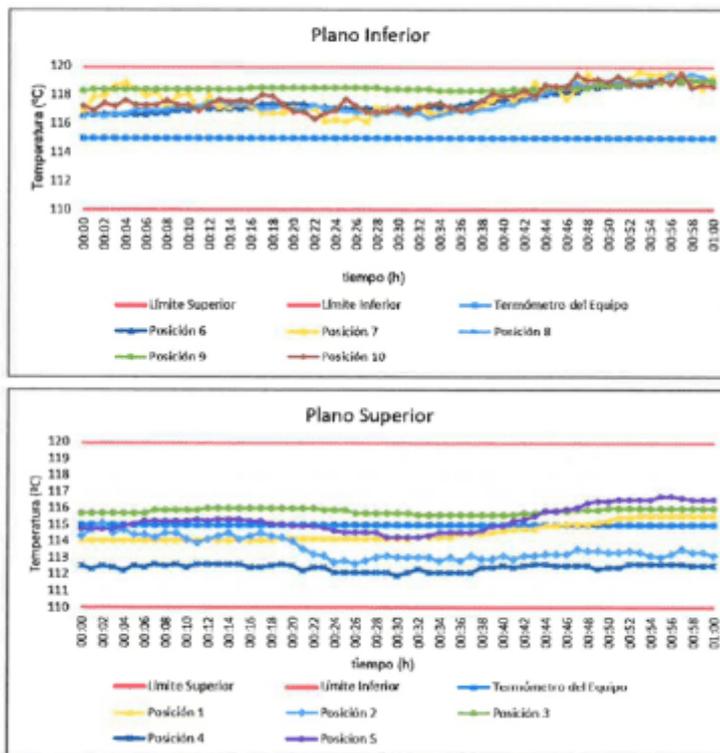


SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
 NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado : TC - 0002 - 2022

GRÁFICA PARA LA TEMPERATURA DE TRABAJO DE 115 °C ± 5 °C



DECLARACION DEL CUMPLIMIENTO DE LOS LIMITES ESPECIFICADOS DE TEMPERATURA

Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isotermo:

- Cumple con los límites especificados de temperatura.

PGC-16-r11/Octubre 2021/Rev.01

Página : 5 de 6

Jr. Condasa de Lomas N° 117 San Miguel - Lima | (01) 2629545 | 990089889 | [informes@testcontrol.com](mailto:informes@testcontrol.com)  
 Empresa con **responsabilidad social**, acercando la ciencia a los que comparten nuestra **pasión por la metrología**.



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
 NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado : TC - 09902 - 2022

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperaturas registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones especiales para un mismo instante de tiempo.

La incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del equipo es 0,05 °C.  
 La estabilidad es considerada igual a la mitad de la máxima DTT.

Fotografía del medio isotermo:



#### OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

#### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%

Fin del Documento

PGC-16-r11/Octubre 2021/Rev.01

Página : 6 de 6



Jr. Condasa de Lomas N° 117 San Miguel - Lima | (01) 2629545 | 990089889 | [informes@testcontrol.com](mailto:informes@testcontrol.com)  
 Empresa con **responsabilidad social**, otorgando la ciencia a los que comparten nuestra **pasión por la metrología**.





Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 054-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
 NTP ISO / IEC 17025:2017



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-09250-2022

PROFORMA : 11317A Fecha de emisión : 2022 - 09 - 08 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : SILVER GEOTEC S.A.C.  
 Dirección : Pj. Nuñez Nro. 122 Junín-Huancayo-Chilca

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : CBR MARSHALL  
 Marca : PINZUAR  
 Modelo : PS-27  
 N° Serie : 299  
 Intervalo de indicación : 50 kN  
 Resolución : 0,01 kN  
 Procedencia : No indica  
 Código de identificación : No indica  
 Ubicación : Laboratorio  
 Fecha de Calibración : 2022 - 09 - 07

### LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de SILVER GEOTEC S.A.C.

### METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando un instrumento patrón calibrado.

### CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	16,4°C	16,4°C
HUMEDAD RELATIVA	49,0%	49,0%

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueden ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

Lic. Nicolás Ramos Paucar  
 Gerente Técnico  
 C.F.P. N° 0316



Jr. Ángel Fernández Quiroz N° 2809 Int. 104 urb. Elío, Lima  
 Psje. Nuñez N° 122-152 Chilca, Huancayo  
 Celular: 964046688 / 955505584  
 Teléfono Fijo: 064-212021  
 Correo: [silvergeosac@gmail.com](mailto:silvergeosac@gmail.com)



SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD  
 NTP ISO / IEC 17025:2017



Certificado : TC-09250-2022  
 Página : 2 de 2

#### TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga 3MN 5000 Kn	12821C

#### RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo ( kN )	Lectura Convencionalmente Verdadera ( kN )	Error ( kN )	Incertidumbre ( kN )
5,04	5,02	0,02	0,01
10,07	9,93	0,14	0,01
20,03	19,73	0,30	0,01
30,01	29,50	0,51	0,01
35,02	34,51	0,51	0,01
40,02	39,46	0,56	0,01
45,03	44,41	0,62	0,01
50,00	49,35	0,65	0,01

#### OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva.

#### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura  $k=2$  que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO