



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso  
agregando ceniza de madera a nivel del subrasante,  
Carabayllo 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo (ORCID: 0000-0002-0819-1425)

Villalaz Alvarez, Raúl Emilio (ORCID: 0000-0002-6170-8286)

**ASESOR:**

Mg. Fernández Díaz, Carlos Mario (ORCID: 0000-0001-6774-8839)

**LINEA DE INVESTIGACION:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

**Dedicatoria:**

Dedico esta tesis a mi familia, quien en todo momento ha estado presente apoyándome...

Marcelino Ciriaco Figueroa

Este trabajo está dedicado a todas las personas que siempre me apoyaron en mi desarrollo académico y profesional...

Raúl Emilio Villalaz Alvarez

### **Agradecimiento:**

Queremos agradecer a todas las personas que fueron partícipes en la elaboración de este informe. En especial a nuestra querida casa de estudios, la Universidad César Vallejo, que nos brinda el conocimiento y las herramientas de desarrollo académico que forjarán nuestro futuro como profesionales. En ese sentido un agradecimiento especial al Dr. Carlos Fernández Díaz, quien a través de su guía y enseñanza ha podido motivar el sincero cariño por la investigación y la superación profesional.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento: .....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	5
III. METODOLOGÍA .....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	14
3.3. Población, muestra y muestreo.....	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	15
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Método de análisis de datos.....	16
3.7. Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS.....	18
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES .....	35
VII. RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS .....	38
ANEXOS .....	43



## **Índice de tablas**

Tabla 1. Clasificación de suelos según tamaño de partículas .....	9
Tabla 2. Carta de clasificación de suelo.....	11
Tabla 3. Límites de consistencia del suelo.....	18
Tabla 4. Análisis granulométrico por tamizado del suelo. ....	18
Tabla 5. Resumen de resultados de ensayo Proctor modificado .....	23
Tabla 6. Resumen de resultados del ensayo CBR. ....	26
Tabla 7. Resultados para cohesión obtenidos del ensayo de corte directo. ....	29

## Índice de figuras

Figura 1. Distribución granulométrica de las partículas del suelo. ....	19
Figura 2. Resultados ensayo Proctor modificado SN+0%CM .....	20
Figura 3. Resultados ensayo Proctor modificado SN+10%CM .....	20
Figura 4. Resultados ensayo Proctor modificado SN+20%CM .....	21
Figura 5. Resultados ensayo Proctor modificado SN+30%CM .....	21
Figura 6. Resultados ensayo Proctor modificado SN+40%CM .....	22
Figura 7. Resultados ensayo Proctor modificado SN+50%CM .....	22
Figura 8. Resultados ensayo CBR a suelo natural.....	23
Figura 9. Resultado ensayo CBR a suelo natural + 10 % de ceniza de madera. ..	24
Figura 10. Resultado ensayo CBR a suelo natural + 20% de ceniza de madera. .	24
Figura 11. Resultado de ensayo CBR a suelo natural + 30% de ceniza de madera. .....	25
Figura 12. Resultado de ensayo CBR a suelo natural + 40% de ceniza de madera. .....	25
Figura 13. Resultado de ensayo CBR suelo natural + 50% de ceniza de madera. .....	26
Figura 14. Resumen de resultados de ensayo CBR. ....	27
Figura 15. Relación entre máxima densidad seca e índice CBR. ....	28
Figura 16. Resultados de esfuerzos cortantes respecto a esfuerzo normal. ....	29
Figura 17. Resultados del ángulo de fricción interna. ....	30

## Resumen

La ceniza de madera es un residuo de la combustión, que puede ser utilizado como agregado para mejorar las características de un suelo. Este estudio tiene como objetivo determinar cómo influye en la capacidad de soporte del suelo arcilloso agregar ceniza de madera a nivel de subrasante en Carabayllo 2021. Se ha considerado como población el distrito de Carabayllo (Lima) y como muestra a la urbanización San Antonio. En los resultados se ha obtenido que según SUCS es un suelo CL y según AASHTO, suelo A-6, con un índice de plasticidad de 16%, contenido de humedad de 8%. Con la aplicación de 10% de ceniza de madera (CM) se incrementó la máxima densidad seca (MDS) de  $1,735 \text{ g/cm}^3$  con 10% de contenido de humedad óptima (HO) hasta  $1,931 \text{ g/cm}^3$  con 12,2% de HO. Se logró elevar el índice CBR desde 13,3% hasta 40,8% con la mezcla con 30% de CM, es decir, se incrementó un 20,2% sobre el valor original. Respecto al ángulo de fricción interna y la cohesión, se determinó que la aplicación de CM disminuye estos indicadores. En conclusión, no podemos asegurar que la aplicación de ceniza de madera mejora eficientemente la capacidad de soporte, ya que se logran incrementar los indicadores de la máxima densidad seca, humedad óptima e índice CBR con una proporción óptima de 10%, pero disminuye el ángulo de fricción interna y la cohesión.

**Palabras clave:** Ceniza de madera, suelo arcilloso, capacidad de soporte, clasificación de suelos, CBR, Proctor modificado, corte directo.

## **Abstract**

Wood ash is a residue from combustion, which can be used as an aggregate to improve the characteristics of a soil. The objective of this study is to determine how adding wood ash at the subgrade level in Carabayllo 2021 influences the bearing capacity of the clay soil. The district of Carabayllo (Lima) has been considered as a population and the San Antonio urbanization as a sample. In the results it has been obtained that according to SUCS it is a CL soil and according to AASHTO, A-6 soil, with a plasticity index of 16%, moisture content of 8%. With the application of 10% wood ash (CM) the maximum dry density (MDS) was increased from 1,735 g / cm <sup>3</sup> with 10% optimum moisture content (HO) to 1,931 g / cm <sup>3</sup> with 12, 2% HO. It was possible to raise the CBR index from 13.3% to 40.8% with the mixture with 30% of CM, that is, it increased by 20.2% over the original value. Regarding the angle of internal friction and cohesion, it was determined that the application of MC reduces these indicators. In conclusion, we cannot assure that the application of wood ash efficiently improves the bearing capacity, since the indicators of maximum dry density, optimal humidity and CBR index are increased with an optimal proportion of 10%, but the angle decreases. internal friction and cohesion.

**Keywords:** Wood Ash, clay soil, bearing capacity, soil classification, CBR, Modified Proctor, Direct Cut.

## I. INTRODUCCIÓN

En nuestro país, las estadísticas demuestran que más del 60% de la población rural, es pobre (IEP, 2019) y representa un tercio de la población total peruana. Entre los principales factores determinantes, podemos mencionar a las características demográficas, la situación ocupacional, la escasez de capital físico público y privado. Además, en la ciudad de Lima, la existencia de ladrilleras artesanales que usan hornos ineficientes provoca abundantes residuos de sus combustibles que causan contaminación (Duran, 2020).

La infraestructura vial es un gran aporte en la lucha contra la pobreza, ya que permite un transporte de calidad, que promueve la inclusión social fortaleciendo la integración interna, externa y a la vez protegiendo el medio ambiente y a las familias que se encuentran aisladas y con pocos accesos a la carretera, especialmente hacia las zonas más olvidadas y pobres de la ciudad, tal es el caso del distrito de Carabayllo. Este distrito, presenta suelos de tipo que varían entre arenoso, arcilloso y rocoso con alta presencia de suelos que han sido usados para el cultivo agrícola (Nuñez, 2019). En muchas ocasiones, dada la geografía de la zona y características propias del suelo en determinadas zonas de Carabayllo, las carreteras se hallan en mal estado; dicha condición es debido al uso, presentando deterioros, deformación, erosión, baches, en calaminado, lodazal, que dificulta el normal tránsito y reduce las oportunidades de desarrollo de una localidad (MTC, 2014); la mitigación permite ejecutar obras de mejoramiento y rehabilitación, así también la conservación por niveles como rutinaria, periódica o de emergencia.

En algunos países, se analizan distintos materiales que sirvan como aditivos o estabilizantes para suelos con baja capacidad de soporte, que son comúnmente los suelos arcillosos. Entre ellos se encuentran propuestas tales como, añadir cal y arena de dunas, que mejoran las propiedades geotécnicas de un suelo arcilloso (Goufi, 2021). En el ámbito nacional se han encontrado alternativas tales como la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar, reconociendo su capacidad como agente estabilizante (Terrones, 2019). Además, como solución se propone la estabilización de suelos arcilloso, que trae beneficios técnicos como la resistencia

a la compresión (Álvarez, 2015), lo que mejora los resultados en la construcción de infraestructura vial.

Arias (2017) define el problema general de investigación como el enunciado que describe de forma general el marco objeto de estudio que permitirá entender su causa y discusiones por resolver. Para nuestro caso de estudio, en nuestro país la infraestructura vial presenta algunas deficiencias, frente a esto se busca exponer una posible propuesta, que sería la incorporación de ceniza de madera con la finalidad de brindar soporte y fortalecer el suelo. De esta forma se estarían generando un conjunto de beneficios, del orden económico, social y ambiental (Abdullah, 2019). En ese sentido, se identifica como problema general, ¿Cómo influye en la capacidad de soporte del suelo arcilloso agregar ceniza de madera a un suelo arcilloso a nivel de subrasante en Carabayllo 2021?, de la misma forma se enuncian los problemas específicos, que en esta investigación son los siguientes: ¿Qué clasificación tiene el suelo que será agregado con ceniza de madera a nivel subrasante? ¿Cómo influye en el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima la adición de ceniza de madera a un suelo arcilloso a nivel de subrasante? ¿De qué manera influye en el valor CBR la adición de ceniza de madera a un suelo arcilloso a nivel de subrasante? ¿Cómo influye en el coeficiente de cohesión y el ángulo de fricción interna agregar ceniza de madera a un suelo arcilloso a nivel de subrasante?

Esta investigación se justifica en la necesidad de equilibrar los suelos objeto de estudio, mediante la agregación de residuos de otras actividades que mejorarán sus características físicas y mecánicas. Para esta propuesta se han cumplido con criterios técnicos aplicados a la industria de la ingeniería vial, considerando aspectos económicos y ambientales. De esta forma adoptamos una solución económica y amigable con el ambiente, utilizando la ceniza de madera para dotar de mayor estabilidad a la subrasante en la urbanización San Antonio del distrito de Carabayllo. En tal sentido, invocamos a las autoridades responsables del sector puedan considerar esta investigación al planificar y gestionar proyectos de infraestructura vial, otorgándoles viabilidad, en beneficio del estilo de vida de las comunidades y sus pobladores. Como justificación teórica, se están haciendo diversos estudios que están identificando propiedades cementosas en la ceniza de

madera; en ese sentido, este aditivo orgánico podría emplearse como un aditivo que brindaría estabilidad a los suelos arcillosos. Como justificación ambiental, la ceniza de madera se podría emplear utilizándola como estabilizante de la subrasante, añadiéndola sobre el suelo arcilloso con el objetivo de mejorar sus propiedades tanto físicas como mecánicas; simultáneamente contribuyendo al cuidado del ambiente. Como justificación económica, esta investigación apoyará al análisis de las deficiencias presentes en la subrasante de la urbanización San Antonio del distrito de Carabayllo. De esta forma se brindará una herramienta para autoridad competente, que podrá considerar alternativas que reduzcan sus costos en el ámbito de infraestructura vial, con resultados efectivos frente a las soluciones tradicionales. Como justificación social, como parte de esta investigación se estudiará las características del suelo objeto de estudio, lo que permitirá identificar el nivel de daño de la calzada asfáltica, con la finalidad de garantizar el bienestar a futuro de la población.

El objetivo general de una investigación, según Arias (2017) es la finalidad del estudio, representado por un enunciado que identifica una respuesta al problema planteado y se quiere dar en conocimiento. En esta investigación se reconoce como objetivo general a determinar cómo influye en la capacidad de soporte del suelo arcilloso agregar ceniza de madera a nivel de subrasante en Carabayllo 2021. No hay evidencias certeras sobre los beneficios de la ceniza de madera en Lima, por lo que este residuo es desechado; mientras que proponemos su uso en infraestructuras viales como aditivo de bajo costo. Los objetivos específicos son definidos por Arias (2017) como aquellos que contiene con exactitud las variables, dimensiones y definiciones que serán materia de estudio y que promueven alcanzar el objetivo general. Para alcanzar el objetivo general, se deben considerar los objetivos específicos que en esta investigación son los siguientes: Determinar la clasificación del suelo que será agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante. Determinar el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima de un suelo arcilloso que ha sido añadido con ceniza de madera a nivel de subrasante. Determinar el valor CBR de un suelo arcilloso que ha sido agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante. Determinar el ángulo de fricción interna y el coeficiente de cohesión de un suelo arcilloso agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante.

La hipótesis general de una investigación se define según Valderrama (2020) como una suposición que sería la solución o causa de un problema. Para esta investigación, se define la siguiente hipótesis general como la influencia en el análisis del suelo arcilloso agregando cenizas de madera a nivel de subrasante en Carabayllo en el año 2021. Las hipótesis específicas son definidas por Kerlinger (2016) como, aquellos enunciados que muestran la relación específica entre variables. De esta forma, distinguieron las siguientes hipótesis específicas, Determinar la clasificación del suelo que será agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante, Carabayllo 2021. ceniza de madera a nivel de subrasante en Carabayllo 2021.



## II. MARCO TEÓRICO

En el artículo de investigación presentado por Mina, Kusuma y Ulfah (2019), titulado "*Utilization of steel slag and fly ash in soil stabilization and their effect to california bearing ratio (CBR) value*" y realizado en Pandeglang (Indonesia) con el objetivo de determinar el efecto en el valor CBR y las propiedades físicas de un suelo al utilizar escoria de acero y ceniza volante como estabilizante. Para el estudio se utilizó muestras de suelo de la Villa Kadusentar del distrito de Pandegland, que fue preparado con mezclas de 20% de ceniza volante y variaciones entre 0%, 10%, 20% y 30% de escoria, acero. Los estudios preliminares determinaron que el suelo arcilloso con alta plasticidad. En los experimentos se determinó que la muestra el suelo original tiene un CBR de 3,524%; la mezcla 20% de ceniza y 10% de escoria de acero obtuvo un CBR de 6,12%; mientras que con 20% de escoria de acero se alcanzó un 17,181%; además se evidenció que con un periodo de curado de 7 días logró incrementar el CBR de 3,524% hasta 26,14% en la mezcla con 20% de ceniza volante y 20% de escoria de acero; mientras que el índice de plasticidad decreció de 24,59% hasta 4,57%, con la mezcla de ceniza volante y escoria de acero. Como conclusión se señala que la adición de ceniza volante y escoria de acero aumenta el valor del CBR, que se califica como buena subbase.

En el artículo de investigación realizado por Datta y Mofiz (2021) titulado "*Stabilization of Road Subgrade Soil Using Recycled Aggregates*", realizado en Rajshahi (Bangladesh) cuyo objetivo fue mejorar las propiedades del suelo débil mediante el añadido de material reciclado para mejorar el desempeño de subbase y subrasante. Se tomaron muestras de suelo de Godagari y se realizaron ensayos CBR, Proctor y Proctor modificado para el suelo tratado con mezclas al 0%, 30%, 50% y 70% de agregado reciclado de concreto de demolición. En pruebas realizadas se clasificó para el suelo como tipo arcilloso, con límite líquido de 25,52%, índice de plasticidad de 9,31%. El agregado de concreto reciclado se trituró hasta un tamaño máximo de 25,4 mm. En los resultados se observa que la densidad máxima seca aumenta de 18,53 hasta 19,31  $kN/m^3$  en la mezcla al 70%; mientras que el contenido de humedad óptima decrece de 10,3% hasta 12% en la mezcla con 30% de agregado. El ensayo CBR indica un aumento proporcional desde

7,16% hasta 13,81% en condición de saturación y de 9,34% hasta 14,98% en condiciones no saturada para mezcla al 70% de agregado. Se concluye que el uso del residuo de concreto en un suelo débil mejora sus propiedades mecánicas.

En el artículo investigación realizado por Adeyanju y Okeke (2019) titulado "*Clay soil stabilization using cement kiln dust*" y desarrollado en la región de Ota (Nigeria) cuyo objetivo fue el análisis del uso de polvo del horno de cemento como aditivo estabilizante par suelo arcilloso. Para este estudio se analizó muestras del suelo de una sección de tramo defectuoso de la ciudad de Sango en Ota y residuo de polvo del horno de cemento. Se realizaron ensayos de CBR, Proctor entre otros para analizar las propiedades mecánicas del suelo estabilizado con adiciones de 7,5%; 10%; 12,5% y 15%. El estudio demuestra que el CBR mejoró de 1,49% a 28,6% con la mezcla de 10% y un periodo de curado de 7 días; mientras que el índice de plasticidad disminuyó de 81,54 hasta 28,6%; mientras que, la densidad seca máxima alcanza el 1,72 g/cc a una humedad óptima de 18,2% para la mezcla con 10% de aditivo. Se concluye que el uso de polvo de horno de cemento es beneficioso para la estabilización de suelo arcilloso y la adición al 10% proporciona un valor óptimo con una mejora en CBR de 1,792% a 7 días hasta 3638% a 28 días.

En el artículo de investigación realizado por Alarcón, Benítez y Jimenez (2020) titulado "*Stabilization of soils through the use of oily sludge*" y aplicado sobre los suelos de la región de Tunja (Boyacá) en Colombia, cuyo objetivo fue analizar la factibilidad de emplear lodo aceitoso como alternativa para estabilizar materiales granulares y suelos de subrasante. Para el estudio se consideró extraer muestras de material granular de la zona en estudio y lodo aceitoso con su respectiva ficha técnica, luego se realizó mezclas de material de subrasante con distintas proporciones de lodo aceitoso, posteriormente a cada mezcla se le realizó ensayos de caracterización, entre ellos el CBR. Respecto al material de subrasante, presenta una plasticidad de 17%, su clasificación según SUCS indica que es una arena con presencia de arcillas o arena arcillosa o limos (SM), en el análisis de Proctor Modificado, se obtiene una densidad seca máxima de 1,92 g/cm<sup>3</sup> y humedad óptima de compactación de 12%; por último, respecto al agente estabilizante, mediante un ensayo de fluorescencia de rayos x se determinó una

alta presencia de azufre (79,4). Para el proceso de estabilización se realizaron mezclas con proporciones de 2%, 4%, 6% y 8% de lodo aceitoso; sobre la subrasante se evidenciaron como resultados que los pesos específicos disminuyen en proporción a la cantidad de lodo aceitoso añadido; respecto al índice de plasticidad se determina que disminuye a la par que se adiciona lodo hasta un 6%, mientras que para el 8% el efecto es nulo, asimismo al analizar la humedad óptima y la densidad máxima seca se observa que esta no muestra afectada. Se presento como conclusión que la subrasante con una adición de 4% de lodo mejora en 37% la resistencia natural del material.

En el artículo de investigación presentado por Juliana et al (2020) titulado "*Effectiveness of crumb rubber for subgrade soil stabilization*" y desarrollado en la región de Penang (Malasia) con el objetivo de analizar una técnica de mejoramiento de suelo arcilloso a nivel subrasante mediante el uso de bolitas de caucho. Para ello se realizaron ensayos con muestras de suelo cercano a la presa de Mengkuang en Penang que fue mezclado con proporciones de 2%, 4%, 6% y 8% de caucho granulado que luego es analizado mediante pruebas de California Bearing Ratio (CBR). Durante los ensayos se determina que la composición del suelo presenta un 42% de limo, 37,46% de arena y 20,54% de grava clasificándose como un limo arenoso, asimismo se obtiene que su índice de plasticidad de 6,01% y un valor de CBR de 3,40; respecto a las bolitas de caucho fueron obtenidas de neumático reciclado de un diámetro de 0,595 mm. El ensayo CBR determinó que, para proporciones de 2% de bolitas de caucho alcanzó 14,07; para 4% se indicó 30,14; para 6% un 24,51 y para el 8% se determinó un CBR de 18,98. En conclusión se evidenció que el agregado de bolitas de caucho a un suelo limoso logra mejorar la estabilidad del suelo a nivel subrasante con una proporción recomendada de 4%.

En el artículo de investigación presentando por Rani et al (2019) titulado "*Stabilization of clay at Sunnam Cheruvu area in Nadergul, Hyderabad using organic waste*" y desarrollado en Telangana (India) con el objetivo de determinar la utilidad de residuos orgánicos en la estabilización de suelo arcilloso. Para el estudio se ha obtenido muestra de suelo desde Sunnam Cheruvu (Hyderabad), cal y cenizas de madera, pulpa de caña y de coco. Se ha realizado pruebas de resistencia a compresión a las distintas mezclas al 5%, 10% y 15% de ceniza y 1%,

3% y 5% de cal y se ha obtenido como resultado que el uso combinado de ceniza y cal proporciona un 15% más de resistencia frente al uso individual de los agregados. En las pruebas de resistencia a compresión indica que la cal al 3% alcanza la mayor resistencia a la compresión y que la ceniza de madera es aquella ceniza que proporciona mayor resistencia a la compresión. Aplicando periodos de curado de 0, 7 y 28 días se observa que la resistencia se incrementa superando los 600 KPa al 10% de ceniza y 3% de cal. El estudio concluye que el reemplazo del 10% de ceniza es el óptimo.

En la tesis desarrollada por Mamani y Yataco (2017) titulada “Estabilización de Suelos Arcillosos Aplicando Ceniza de Madera de Fondo, Producto de Ladrilleras Artesanales en el Departamento de Ayacucho” desarrollada en la región de Ayacucho (Perú) tuvo como objetivo determinar las incidencias de la ceniza de madera de fondo usadas para estabilizar un suelo arcilloso. Se uso como población al distrito de Pacaicasa (Ayacucho) y como muestra a 17 hornos artesanales y arcilla del talud del tramo Huamanga – Pacaicasa. Para el estudio se hicieron ensayos como Límites de Atterberg; consolidación unidimensional, Proctor Modificado y corte directo. Para las pruebas se emplearon mezclas con proporciones de ceniza de madera de fondo de 0%, 20%, 30%, 40% y 50%. Los resultados indicaron que el suelo presenta una MDS de  $1,472 \text{ g/cm}^3$  mientras que en la mezcla con 30% de ceniza se alcanza una MDS de 1,506 a una HO de 24,44%; en el ensayo consolidación unidimensional determinó un coeficiente de compresión de 0,03860 para el suelo original disminuyendo proporcionalmente a la cantidad de ceniza añadida. Como conclusión, se obtiene que las propiedades de un suelo arcilloso mejoran al ser adicionado con ceniza de madera de fondo según los ensayos realizados.

En la tesis presentada por Brandan (2020) titulada “Aplicación de ceniza de madera de fondo para estabilizar la subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas 2020” desarrollada en Lima (Perú) cuyo objetivo fue evaluar la viabilidad de estabilizar un suelo arcilloso usando cenizas de madera de fondo. Para este estudio se tomó como muestra suelo ubicado del cruce de las avenidas San Felipe y Universitaria. Para los ensayos se consideró Corte directo, Proctor modificado, límites de consistencia y análisis granulométrico. Para el experimento se realizaron

mezclas al 0%, 10%, 30% y 50% de ceniza de madera de fondo; en las pruebas CBR se evidencia que existe un incremento desde 34,8% hasta el 58,1%; mientras que en el ensayo de resistencia se observa un incremento desde 1,25 hasta 2,56  $kg/cm^2$ ; asimismo, en el ensayo de Proctor modificado se observa un incremento desde 2,125 hasta 2,184  $g/cm^3$  en el indicador MDS con una HO de 6,7%. Como conclusión se indica que la ceniza de madera de fondo influye positivamente al ser aplicado al suelo de tipo arena limosa arcilla.

## Marco conceptual

### Ceniza de madera

Se considera ceniza de madera a los residuos producto del proceso de combustión de la madera que comúnmente se presenta en mezcla con los restos de los combustibles empleados que generalmente se obtienen del fondo de una cámara de combustión u horno. En la región de Lima se han identificado al menos 7 ladrilleras artesanales, 4 en el distrito de Carabaylo y 3 en el distrito de Lurigancho, las cuales emplean hornos del tipo Túnel y Hoffman.

### Suelo arcilloso

En el caso de esta investigación se tomará como muestra de suelo, el tipo arcilloso, que es abundante en zonas de alta precipitación, este tipo de suelo presenta problemas de drenaje y entre otras características podemos mencionar su elevado contenido de humedad y baja resistencia. Según la Asociación Americana de Ensayos de Materiales (ASTM) en su norma D 422 indica la clasificación de los suelos según el tamaño de sus partículas como se muestra en la tabla 1. De la misma forma la norma ASTM D 4318-84 nos describe los tipos de suelo según su el tamaño de sus partículas.

**Tabla 1.** Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas	
Material grueso	Grava	75 mm – 4,5 mm	
	Arena	Gruesa	4,75 mm – 2 mm
		Media	2 mm – 0,425 mm
	Fina	0,425 mm – 0,075 mm	
Material fino	Limo	0,075 mm – 0,005 mm	
	Arcilla	Menor a 0,005 mm	

Fuente: Elaboración propia

## **Subrasante**

Es un componente de una vía o camino. Se puede definir como: "(...) la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 24).

## **Estabilización de suelos**

Shubber (2021) indica que la estabilización de suelos consiste en la mejora de sus características para poder emplear dicho suelo con una determinada finalidad; para el caso de subrasante se pueden adoptar dos categorías principales. Usualmente la estabilización del suelo se puede lograr con el añadido de ciertas partículas que luego de un reordenamiento posterior a la mezcla con el suelo logran mejoras en las capacidades del mismo suelo.

## **Contenido de humedad**

Contenido de humedad, como menciona Morales (2015), es aquella medida que indica la proporción entre el peso del agua presente en una muestra y su peso luego de haber sido secado a una temperatura entre 105° C a 110° C. El contenido de humedad pueda dar claros indicios sobre la conducta y firmeza de una superficie, debido a su directa intervención en la alteración del cuerpo y la firmeza mecánica de la superficie. Este índice presenta un valor de 0% para una superficie totalmente seca hasta un 100% para un cuerpo cuyo contenido se encuentre en su límite.

## **Análisis granulométrico por tamizado**

Este ensayo es descrito por la norma ASTM D 422 y MTC E 107 y sirve para determinar la proporción de partículas de un suelo según su tamaño, que pasan por una serie de tamices hasta de 74 mm (N° 200).

## **Clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)**

Este modelo de clasificación se encuentra estandarizado por la norma ASTM D 2487- 93 e indica que, se designa a los suelos con un símbolo de dos letras, la primera identifica el principal componente del suelo y la segunda describe características sobre la plasticidad. Como se puede observar en la tabla 2, si menos

del 50% pasa la malla N° 200, el suelo es de granulometría gruesa y la primera letra será “G” o “S”; mientras que, para el caso contrario, se usará “C” o “M” como primera letra, para la segunda letra se usa “H” o “L” para indicar la alta o baja plasticidad, respectivamente.

**Tabla 2. Carta de clasificación de suelo**

Criterio para asignación de Símbolo de Grupo y Nombre de Grupo utilizando Pruebas de Laboratorio				Clasificación del Suelo	
				Símbolo del Grupo	Nombre del Grupo
<b>Suelos de Granulometría Gruesa</b>	Gravas Más del 50% de la fracción gruesa es retenida en la malla No. 4	Gravas limpias Menos del 5% de finos	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
			$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
		Gravas con finos Más del 12% de finos	Finos clasificados como ML o MH	GM	Grava limosa
			Finos clasificados como CL o CH	GC	Grava arcillosa
Más del 50% es retenido en la malla No. 200	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias Menos del 5% de finos	$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
			$Cu < 4$ y/o $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
		Arenas con finos Más del 12% de finos	Finos clasificados como ML o MH	SM	Arena limosa
			Finos clasificados como CL o CH	SC	Arena arcillosa
<b>Suelos de granulometría fina</b>	Arcillas y Limos Límite líquido menor a 50	Inorgánico	$IP > 7$ o puntos debajo de la línea “A”	CL	Arcilla arenosa
			$IP < 4$ o puntos debajo de la línea “A”	ML	Limo
	Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido} - \text{secado al horno}}{\text{Límite líquido} - \text{no secado}} < 0,75$	OL	Arcilla orgánica Limo orgánico	
50% o más pasa la malla No. 200	Arcillas y Limos Límite líquido de 50 o más	Inorgánico	$IP$ puntos en o sobre la línea “A”	CH	Arcilla gruesa
			$IP$ puntos debajo de la línea “A”	MH	Limo elástico
	Orgánico	$\frac{\text{Límite líquido} - \text{secado al horno}}{\text{Límite líquido} - \text{no secado}} < 0,75$	OH	Arcilla orgánica Limo orgánico	
Suelos altamente orgánicos		Sobre todo, materia orgánica, color negro y olor orgánico		PT	Turba

Fuente: Norma ASTM D 2487-93.

### Ensayo Proctor modificado (ASTM D1557)

Para los ensayos y pruebas se realizará el ensayo de tipo Proctor Modificado que según la U.N.I (2019) es aquel ensayo que calcula la relación entre la densidad seca de un suelo compactado por un pistón normalizado y su tasa de humedad. Su objetivo es determinar el contenido de humedad para el cual se alcanza la densidad seca máxima.

### Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

“Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje” (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014, p. 248). Este ensayo está normado y descrito por la norma ASTM D1886 y dentro del marco peruano la norma MTC E132. En el mismo sentido,

Ojeda-Farías, Mendoza y Baltazar-Zamora mencionan que “es una prueba de resistencia a la penetración que compara la capacidad de soporte de un material en estudio con uno de piedra triturada bien graduada como referencia” (2018, p. 197).

### **Ensayo de corte directo**

Descrito por el procedimiento MTC E 123 y la norma ASTM D3080. Indica “Este modo operativo es adecuado para la determinación rápida de las propiedades de resistencia de materiales drenados y consolidados (...)” (2014, p. 167).



### **III. METODOLOGÍA**

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

Una investigación de tipo aplicada es aquella que busca ser plasmada en modelos o prototipos que serán aquellos que conduzcan la transformación material (Esteban, 2018). El presente proyecto es una investigación de tipo aplicada debido a que, tiene como objetivo proponer una solución a un determinado problema, mediante una propuesta de aplicación de un aditivo que busca mejorar la estabilidad de la subrasante en suelos finos. Mientras que, el enfoque que tendrá es de tipo cuantitativo, ya que, los resultados y conclusiones derivarán de pruebas y ensayos que determinarán numéricamente ciertos parámetros que verificarán la aplicación de ceniza de madera resulta eficiente como estabilizador de la subrasante.

Diseño de Investigación: Una investigación con diseño experimental es aquella donde se tiene mayor control de la variable independiente haciendo más evidente el efecto sobre la variable dependiente (Tam, Vera y Oliveros, 2018). Esta investigación tiene un diseño de investigación experimental, debido al uso de pruebas y ensayos sobre muestras naturales y aquellas provenientes de la combinación con la ceniza de madera en diversas proporciones, con la finalidad de presentar diversos resultados y de esa forma verificar la relación entre la aplicación de ceniza de madera y la estabilidad de subrasante.

Nivel de investigación: Según Hernández (2014) un investigación descriptiva – explicativa es aquella intenta describir una realidad y trata de encontrar la relación entre variables de investigación. esta investigación se presenta con un nivel descriptivo – explicativo, que implica la recolección de datos provenientes de la observación de las variables, respecto a las propiedades físicas y químicas del suelo objeto de estudio.

Enfoque de investigación: El enfoque cuantitativo es aquel que recoge la información en variables cuantitativas y para el análisis usa la lógica y estadística (Torres, 2016). Esta investigación es cuantitativa ya que, se busca analizar la

relación entre las variables, a través de los resultados numéricos obtenidos de las pruebas y ensayos realizados a las muestras.

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

Variable independiente: En esta investigación se señala como variable independiente a la ceniza de madera. Mamani (2017) que la ceniza es el residuo de la deflagración primaria de la madera producida en una cámara de combustión o incineración, que contiene sustancias no combustibles y se deposita en el fondo del lugar donde se produce la combustión y como definición operacional, se considera a la ceniza como aquel residuo orgánico producido en algunas ladrilleras artesanales, que será agregado al suelo arcilloso a nivel de subrasante como material estabilizante.

Variable dependiente: En esta investigación se ha determinado como variable dependiente al suelo arcilloso a nivel de subrasante. Álvarez (2016) nos brinda su definición conceptual, es aquel suelo que según clasificación granulométrica presenta muy alta presencia de material fino; mientras que, para su definición operacional es aquel suelo que será mezclado con ceniza de madera con la finalidad de alcanzar mejores propiedades para su uso posterior en proyectos de pavimentación.

### **3.3. Población, muestra y muestreo.**

Población: Según Torres-Rodríguez y Monroy-Muñoz (2020), un concepto de población como aquel conjunto definido de elementos o propiedades a partir de las cuales se extrae un subconjunto de muestras significativas, que se denomina muestra. En esta investigación se ha determinado como población al distrito de Carabayllo.

Muestra: Barrientos (2016) nos brinda un concepto de muestra y menciona que la muestra es una porción de la población, y se emplea al realizar un estudio. La muestra se considera propiamente una representación fiel de la población. En esta investigación se usará como muestra una porción del suelo ubicado en la urbanización San Antonio, Carabayllo.

Muestreo: Un concepto de muestreo, nos brinda Torres - Rodríguez y Monroy - Muñoz (2020), que indica que el tipo de muestreo es el procedimiento que sugiere el método empleado para seleccionar la muestra a partir de la población. Se indica un muestreo de tipo no probabilístico, es aquel que se hace de forma aleatoria sin considerar el uso de probabilidades para la selección de la muestra; es decir, se hace de forma aleatoria y arbitraria. Esta investigación es del tipo no probabilístico. Se considera como unidad de análisis a una calle de la urbanización San Antonio del distrito Carabayllo de la región Lima, Perú.

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

Técnica: Sobre la técnica de recolección de datos, Torres - Rodríguez y Monroy - Muñoz (2020) nos menciona que, dice, es de suma importancia la adopción de una adecuada técnica de recolección de datos. Cada investigación deberá definir sus propias técnicas, considerando que cada una de ellas sigue un mecanismo o método distinto para la recolección de los datos. En esta investigación se utilizará la observación directa, que implica que la verificación se hará directamente sobre una actividad o proceso, con la finalidad de analizar las propiedades mecánicas y físicas. Asimismo, se determina, que la técnica a usar serán la observación y la experimentación.

Se define a la recolección de datos, como el proceso de reunir información proveniente de distintas técnicas y mecanismos, que son aplicadas a una investigación. La información generada, permitirá dar un mayor conocimiento sobre el objeto de estudio.

Instrumento de recolección de datos: se definen como aquellos recursos empleados para registrar información, su ejecución puede ser escrita o digital. En ese sentido, permitirá registrar una actividad de forma clara y precisa, su diseño se basa en la operacionalización de variables.

Confiabilidad: Barraza M. y Barraza N. (2018) la define como aquella cualidad o aspecto de un proceso de cuantificación que sugiere que los resultados obtenidos, no variarán al repetir el experimento una o más veces bajo las mismas condiciones.

Validez: según Barraza M. y Barraza N. (2018), la validez refiere en que grado un instrumento de recolección de datos permite medir una variable y producir una conclusión válida.

Ensayo de laboratorio: Se han considera un conjunto de pruebas a realizarse, entre ellas podemos indicar los siguientes: Análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422, clasificación del suelo según SUCS, prueba de límites de consistencia ASTM D 4318, ensayo CBR ASTM D 1883, prueba de Proctor modificado, prueba de corte directo ASTM D3080, los cuales se encuentra descritos en el manual de ensayos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

### **3.5. Procedimientos**

En primer lugar, se realizará en la urbanización San Antonio del distrito de Carabaylo. Luego se obtendrán una muestra empleando calicata, que serán posteriormente analizadas realizando sobre ellas pruebas de laboratorio, estos procedimientos serán supervisados por el investigador a cargo, acompañado de un ingeniero y un técnico especializado para garantizar confiabilidad y validar en los resultados obtenidos. Luego se realizarán los mismos ensayos en muestras mezcladas con proporciones añadidas de 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de ceniza de madera. Finalmente se obtendrán los resultados de los ensayos, comparándolos con los obtenidos a partir de la muestra de suelo natural.

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

Martínez y Galán (2014) nos indica que en una investigación se emplearán distintos métodos estadísticos, con la finalidad de medir la variable dependiente. Entre ellos, se pueden mencionar al registro, tabulación, clasificación o tabulación de ser necesario.

### **3.7. Aspectos éticos**

En toda investigación, los aspectos éticos deben estar presentes, estos se basan en la confianza, que demostrará la honestidad de parte del autor frente a la sociedad. En esta investigación se trabajará con ética y moral, como representación

de la conducta de todo ser humano. En lo académico, el autor se compromete a respetar todo contenido ajeno mediante el uso de referencias a sus respectivos autores, sin omitir ninguna fuente.

## IV. RESULTADOS

### Análisis granulométrico

Con la finalidad de identificar las características propias del suelo natural en estudio, se realizaron ensayos para identificar las propiedades físicas del suelo.

**Tabla 3.** *Límites de consistencia del suelo*

Límite líquido	Límite plástico	Índice de plasticidad
38	22	16

Fuente: Elaboración propia.

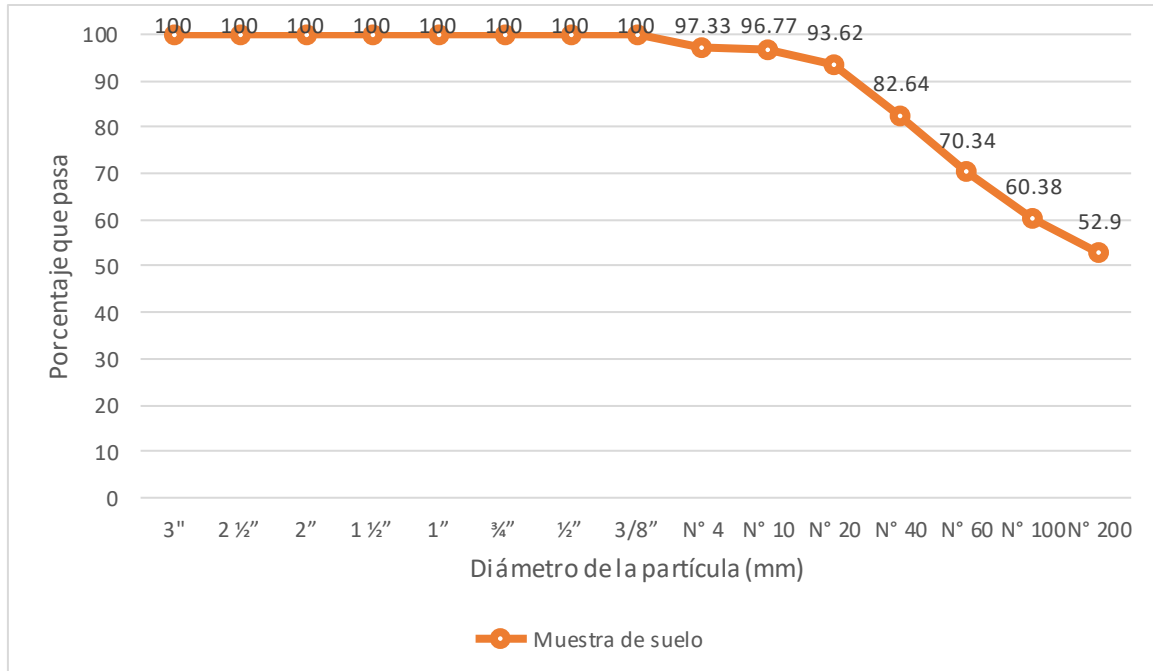
La tabla 3 muestra los resultados del análisis de los límites de consistencia ASTM D 4318, que determinan que la muestra, presenta un índice de plasticidad de 16; es decir que, presenta una baja plasticidad. Además, el ensayo permitió determinar que el contenido de humedad del suelo es de 8,0%.

**Tabla 4.** *Análisis granulométrico por tamizado del suelo.*

Tamiz	AASHTO T-27 (mm)	Porcentaje que pasa
3"	76,200	100,00
2 ½"	63,500	100,00
2"	50,800	100,00
1 ½"	38,100	100,00
1"	25,400	100,00
¾"	19,050	100,00
½"	12,700	100,00
3/8"	9,530	100,00
N° 4	4,750	97,33
N° 10	2,000	96,77
N° 20	0,850	93,62
N° 40	0,430	82,64
N° 60	0,250	70,34
N° 100	0,150	60,38
N° 200	0,075	52,90

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4, se pueden observar los resultados detallados obtenidos en la prueba de granulometría por tamizado. De los datos obtenidos, se determina que más del 50% de la muestra pasa por el tamiz No. 200, por lo que se considera un suelo fino.

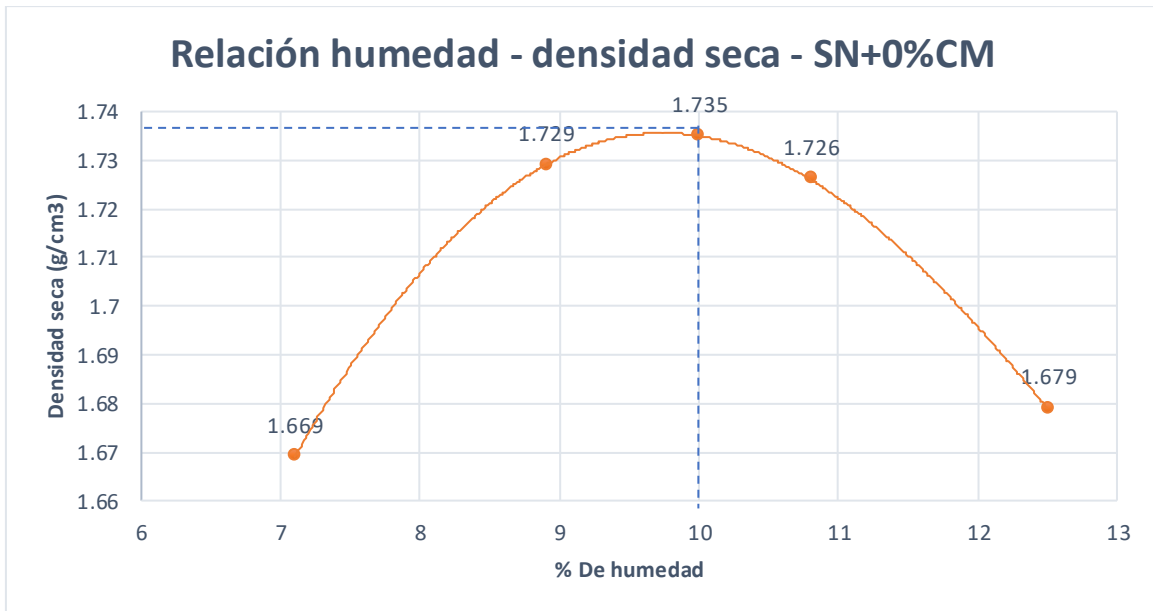


**Figura 1.** Distribución granulométrica de las partículas del suelo.

En la figura 1 se puede observar que el 52,9% de las partículas del suelo pasa el tamiz N° 200. Además, considerando su índice de plasticidad de 16 y el límite líquido igual 38, los datos obtenidos nos indican que la muestra pertenece a un suelo arcilloso de baja plasticidad, clasificado como CL según SUCS, una arcilla arenosa; mientras que según AASHTO (ASTM D3282), se clasifica dentro del grupo A-6 (5); es decir tiene como índice de grupo a 5. Por ello, se determina que la calidad del suelo es regular a mala.

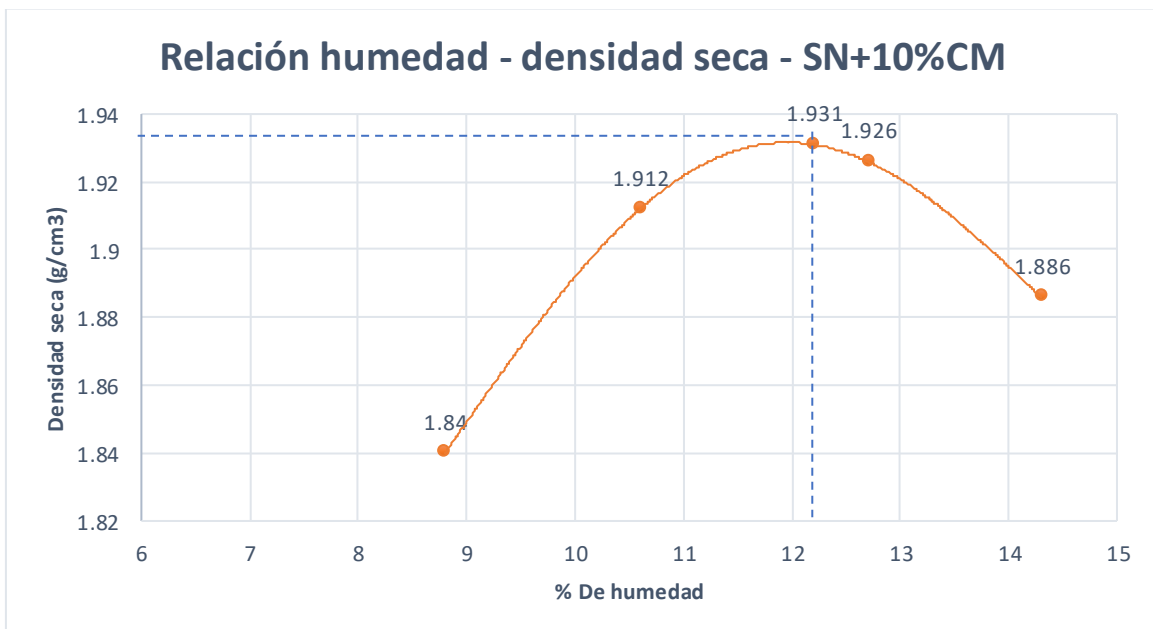
### Ensayo de Proctor Modificado

Este ensayo se realizó a las muestras que se obtuvieron con el suelo natural adicionado con 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de CM con la finalidad de determinar los valores de HO y la MDS.



**Figura 2.** Resultados ensayo Proctor modificado SN+0%CM

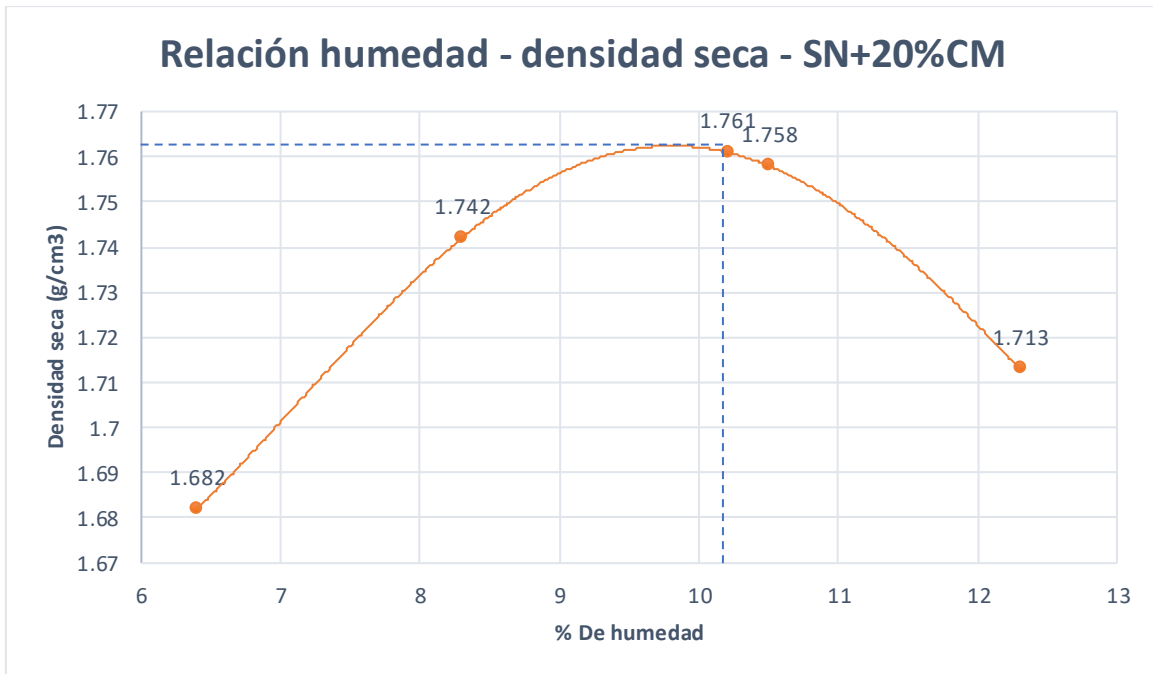
En la figura 2 se observan los resultados del ensayo de Proctor modificado para la muestra de suelo natural, que determinan que se alcanza la MDS de  $1,735 \text{ g/cm}^3$  con un contenido de humedad de 10%.



**Figura 3.** Resultados ensayo Proctor modificado SN+10%CM

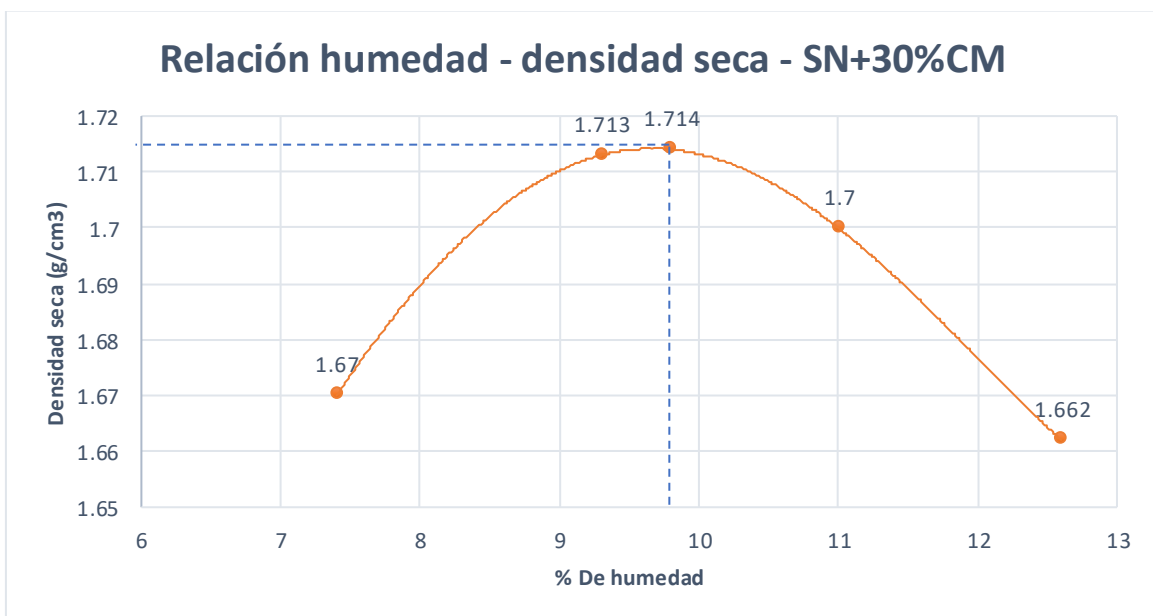
En la figura 3 se observan los resultados del ensayo de Proctor modificado para la muestra de suelo natural mezclado con 10% de ceniza de madera, que determinan que se alcanza la MDS de  $1,931 \text{ g/cm}^3$  con un contenido de humedad de 12,2%.





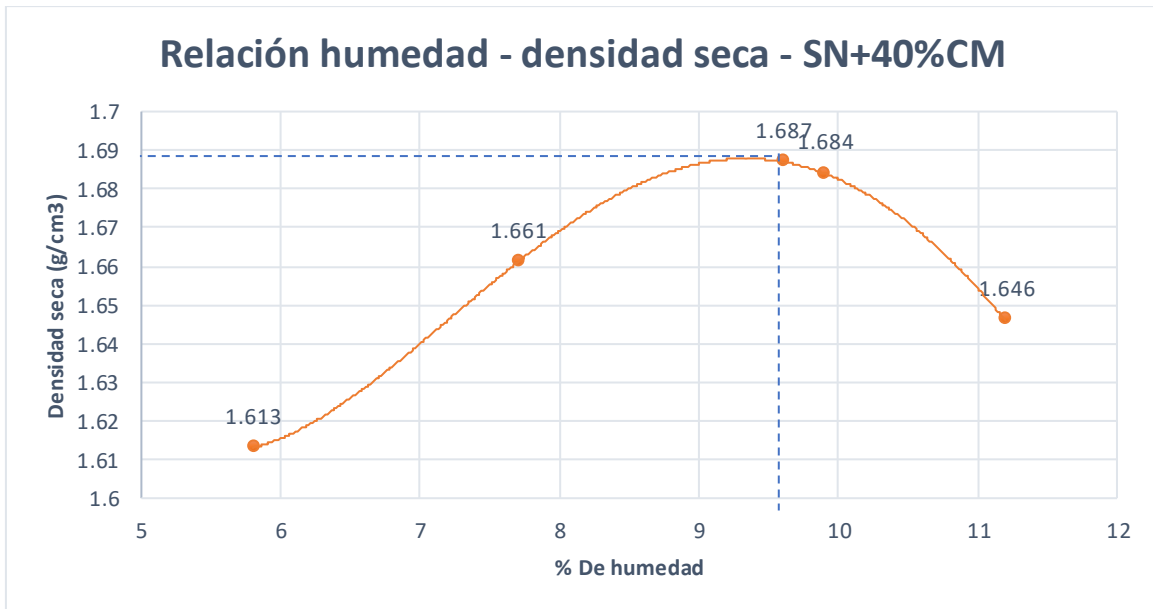
**Figura 4.** Resultados ensayo Proctor modificado SN+20%CM

En la figura 4 se observan los resultados del ensayo de Proctor modificado para la muestra de suelo natural adicionado con 20% de ceniza de madera, que determinan que se alcanza la MDS de 1,761  $g/cm^3$  con un contenido de humedad de 10,2%.



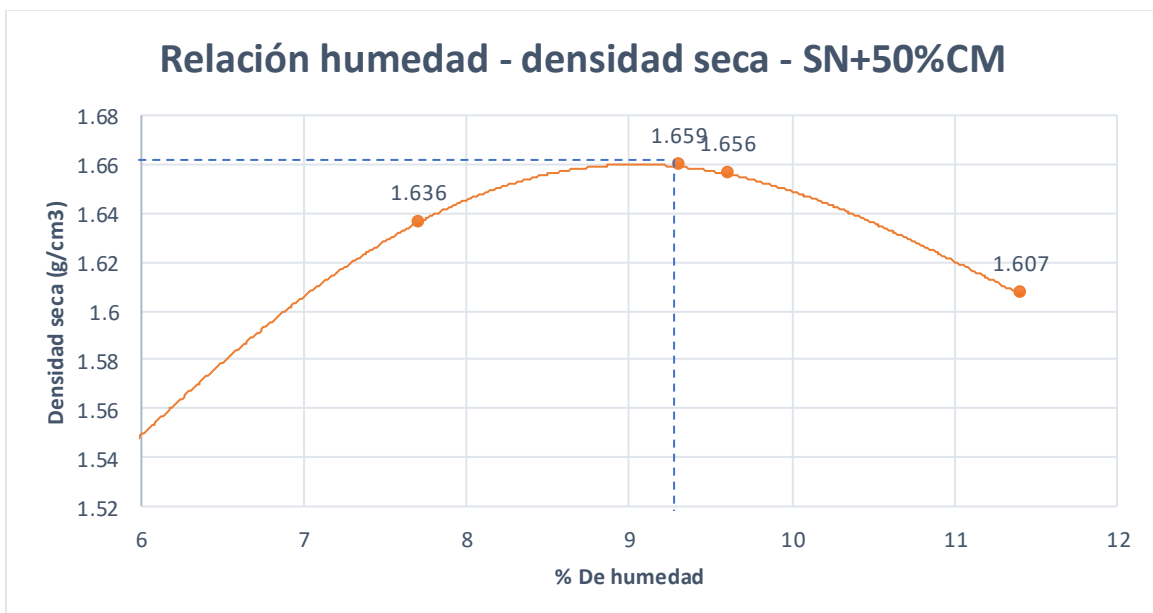
**Figura 5.** Resultados ensayo Proctor modificado SN+30%CM

En la figura 5 se observan los resultados del ensayo de Proctor modificado para la muestra de suelo natural adicionado con 30% de ceniza de madera, que determinan que se alcanza la MDS de 1,714  $g/cm^3$  con un contenido de humedad de 9,8%.



**Figura 6.** Resultados ensayo Proctor modificado SN+40%CM

En la figura 6 se observan los resultados del ensayo de Proctor modificado para la muestra de suelo natural adicionado con 40% de ceniza de madera, que determinan que se alcanza la MDS de  $1,687 \text{ g/cm}^3$  con un contenido de humedad de 9,6%.



**Figura 7.** Resultados ensayo Proctor modificado SN+50%CM

En la figura 7 se observan los resultados del ensayo de Proctor modificado para la muestra de suelo natural adicionado con 50% de ceniza de madera, que determinan que se alcanza la MDS de  $1,659 \text{ g/cm}^3$  con un contenido de humedad de 9,3%.

**Tabla 5.** Resumen de resultados de ensayo Proctor modificado

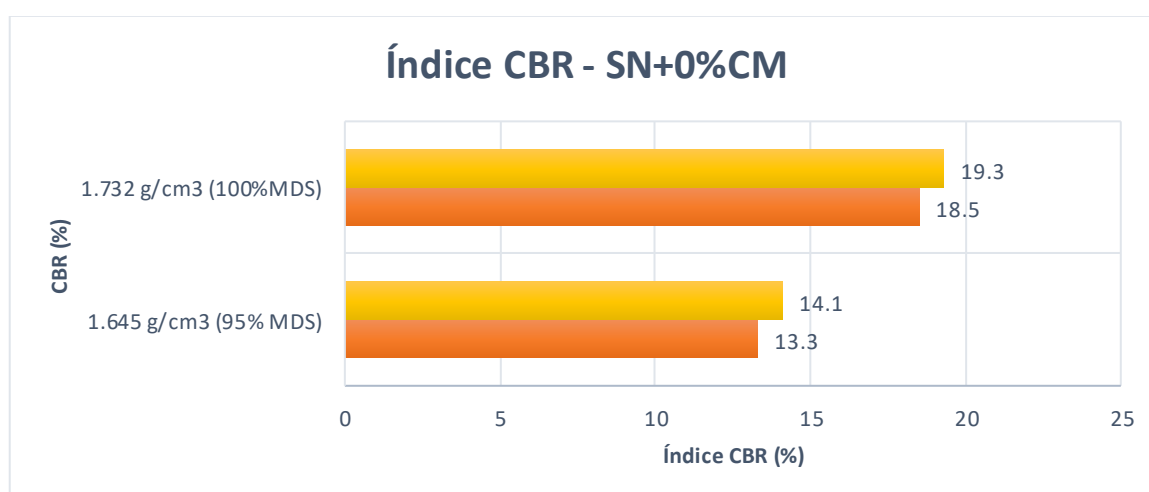
Muestra	MDS ( $g/cm^3$ )	HO (%)
SN + 0% CM	1,735	10,0
SN + 10% CM	1,931	12,2
SN + 20% CM	1,761	10,2
SN + 30% CM	1,714	9,8
SN + 40% CM	1,687	9,6
SN + 50% CM	1,659	9,3

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 5, muestra el resumen de los resultados del ensayo de Proctor Modificado, que sugieren que las adiciones de 10% es aquella que presenta un incremento en la MDS y en su contenido de HO. Mientras que, a mayor proporción de CM, los indicadores MDS y HO disminuyen progresivamente.

### Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

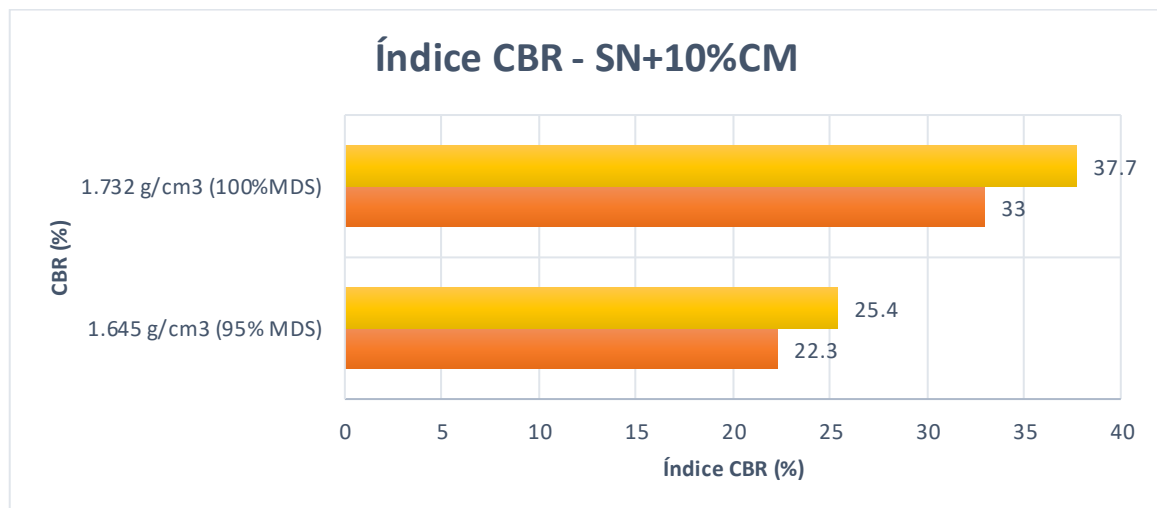
Este ensayo nos permitirá conocer el valor del índice CBR de nuestro suelo en estudio con adiciones de 0%, 10, 20%, 30%; 40% y 50% de ceniza de madera.



**Figura 8.** Resultados ensayo CBR a suelo natural.

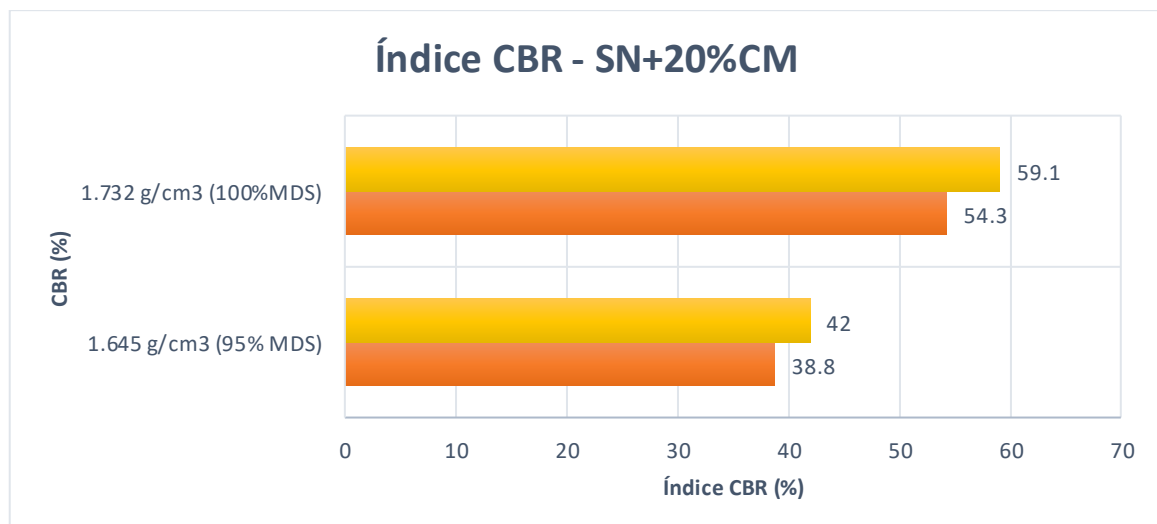
La figura 8 muestra los valores del índice CBR para la muestra de suelo natural, determina que para la MDS el índice CBR es de 18,5% y 19,3% con penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente; mientras que, si se usa el 95% de MDS, este índice

toma valores de 13,3% y 14,1% para las penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente.



**Figura 9.** Resultado ensayo CBR a suelo natural + 10 % de ceniza de madera.

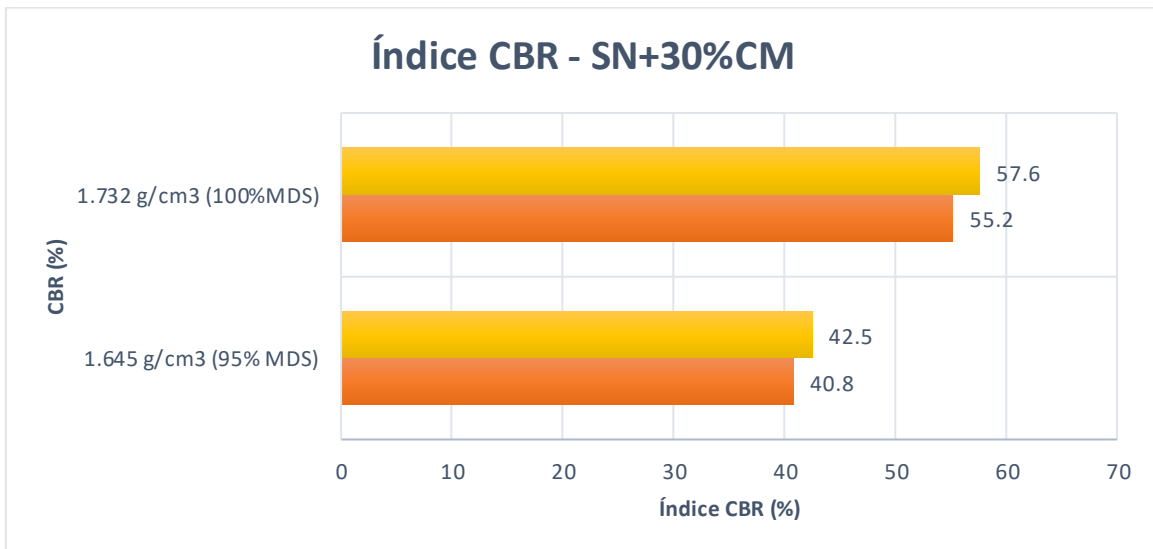
La figura 9 muestra los valores del índice CBR para la muestra de suelo natural adicionado con 10% de ceniza de madera, determina que para la MDS el índice CBR es de 33,0% y 37,7% con penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente; mientras que, si se usa el 95% de MDS, este índice toma valores de 22,3% y 25,4% para las penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente.



**Figura 10.** Resultado ensayo CBR a suelo natural + 20% de ceniza de madera.

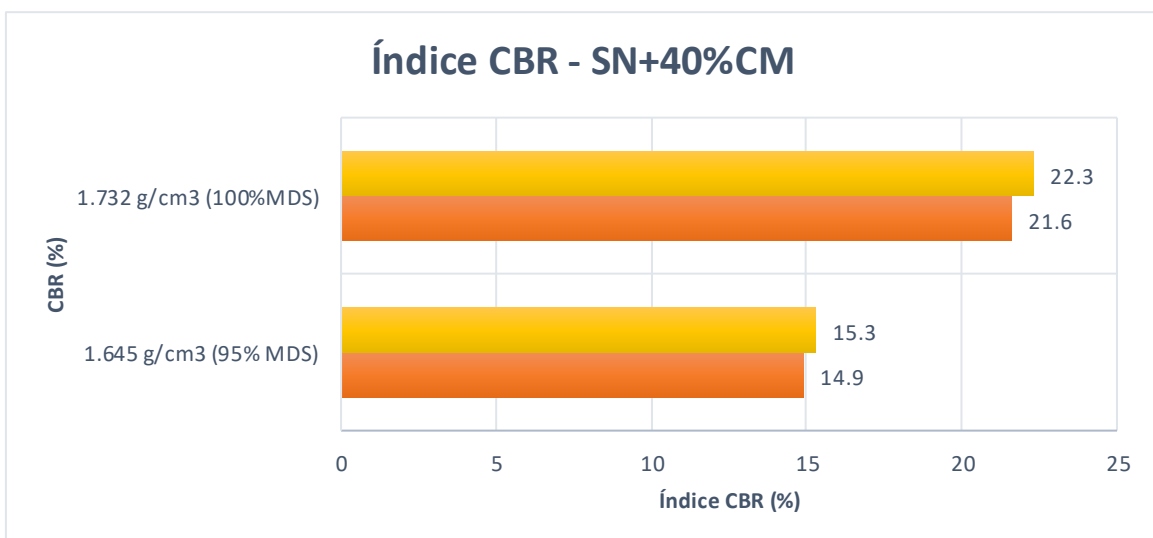
La figura 10 muestra los valores del índice CBR para la muestra de suelo natural adicionado con 20% de ceniza de madera, determina que para la máxima densidad seca (MDS) el índice CBR es de 54,3% y 59,1% con penetraciones de 0,1" y 0,2"

respectivamente; mientras que, si se usa el 95% de MDS, este índice toma valores de 38,8% y 42,0% para las penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente.



**Figura 11.** Resultado de ensayo CBR a suelo natural + 30% de ceniza de madera.

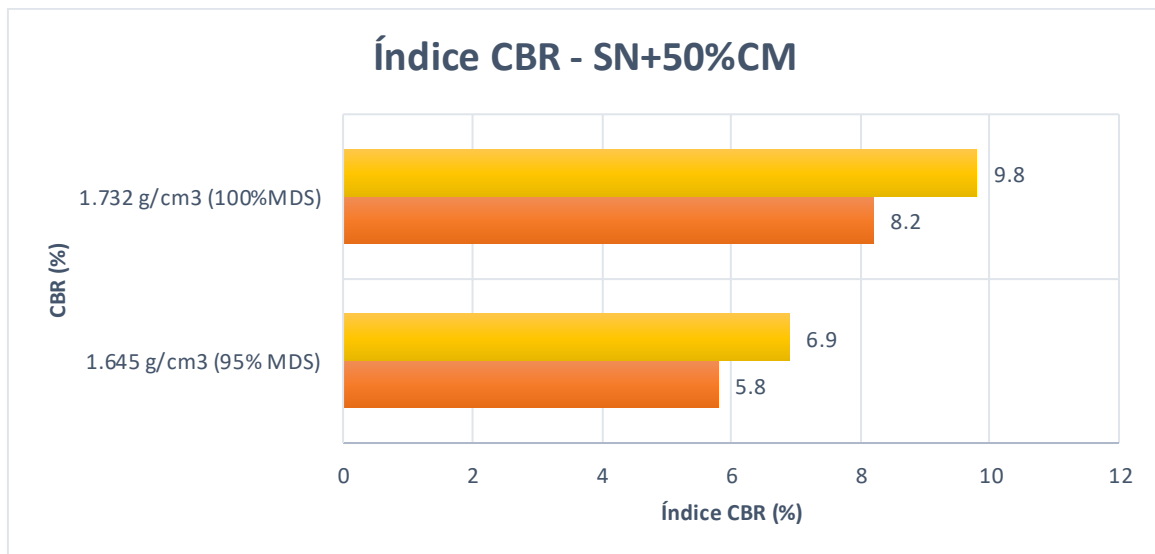
La figura 11 muestra los valores del índice CBR para la muestra de suelo natural adicionado con 30% de ceniza de madera, determina que para la MDS el índice CBR es de 55,2% y 57,6% con penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente; mientras que, si se usa el 95% de MDS, este índice toma valores de 40,8% y 42,5% para las penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente.



**Figura 12.** Resultado de ensayo CBR a suelo natural + 40% de ceniza de madera.

La figura 12 muestra los valores del índice CBR para la muestra de suelo natural adicionado con 40% de ceniza de madera, determina que para la MDS el índice CBR es de 21,6% y 22,3% con penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente;

mientras que, si se usa el 95% de MDS, este índice toma valores de 14,9% y 15,3% para las penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente. Entonces, la proporción de 40% de CM no logra mejoras notables para el valor del índice CBR.



**Figura 13.** Resultado de ensayo CBR suelo natural + 50% de ceniza de madera.

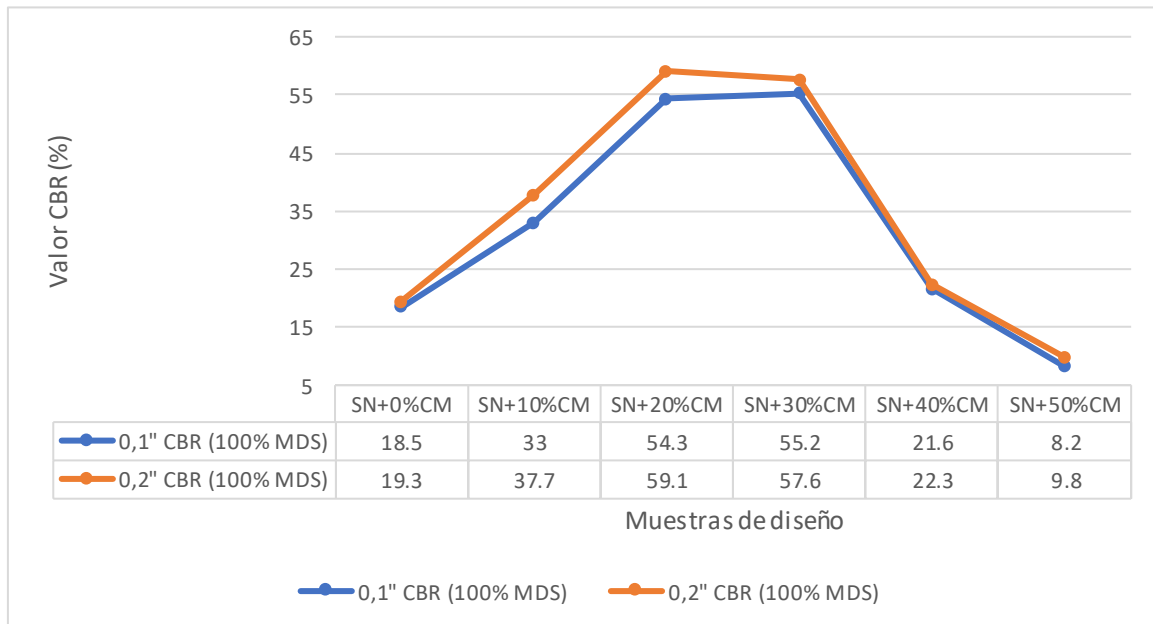
La figura 13 muestra los valores del índice CBR para la muestra de suelo natural adicionado con 50% de ceniza de madera, determina que para la MDS el índice CBR es de 8,2% y 9,8% con penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente; mientras que, si se usa el 95% de MDS, este índice toma valores de 6,9% y 5,8% para las penetraciones de 0,1" y 0,2" respectivamente. De los datos, se establece que la proporción de 50% de CM disminuye los valores del índice CBR.

**Tabla 6.** Resumen de resultados del ensayo CBR.

Muestra	0,1"		0,2"	
	CBR (100% MDS)	CBR (95% MDS)	CBR (100% MDS)	CBR (95% MDS)
<b>SN + 0% CM</b>	18,5	13,3	19,3	14,1
<b>SN + 10% CM</b>	33,0	22,3	37,7	25,4
<b>SN + 20% CM</b>	54,3	38,8	59,1	42,0
<b>SN + 30% CM</b>	55,2	40,8	57,6	42,5
<b>SN + 40% CM</b>	21,6	14,9	22,3	15,3
<b>SN + 50% CM</b>	8,2	5,8	9,8	6,9

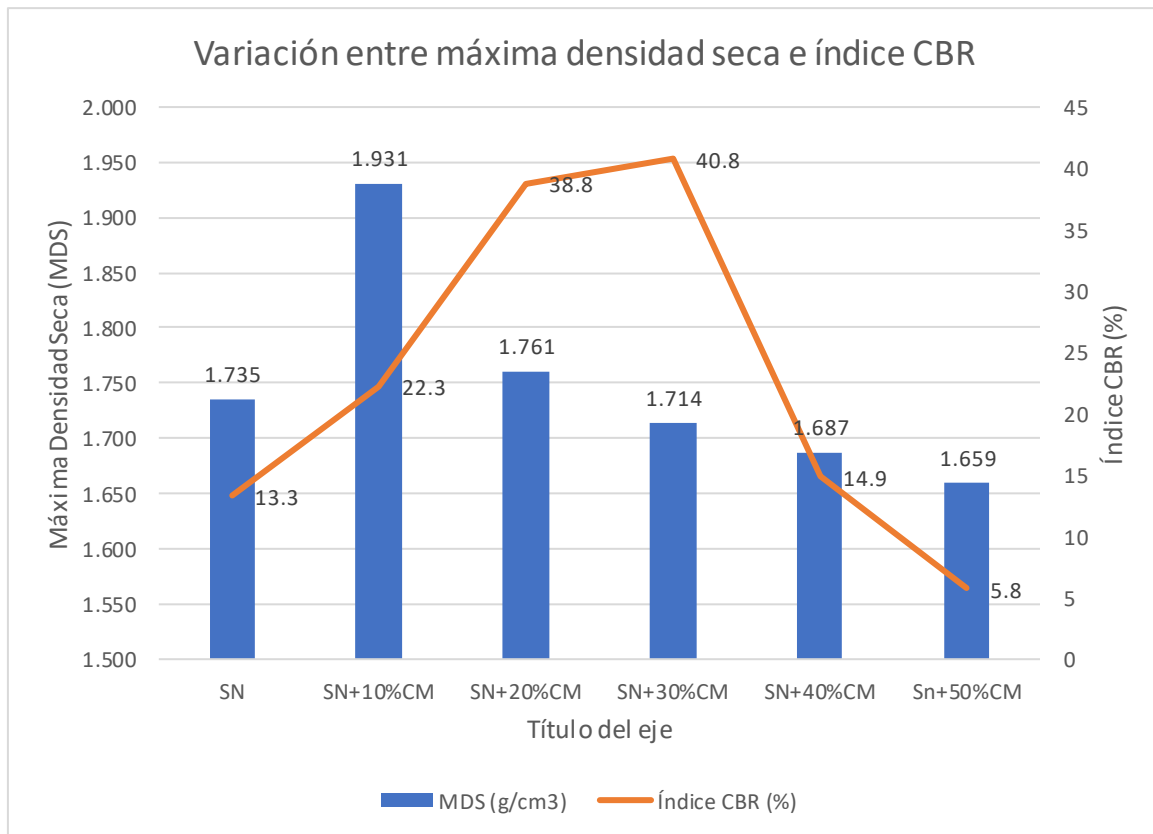
Fuente: Elaboración propia.

La tabla 6, muestra los valores obtenidos del ensayo CBR, determina que la muestra de suelo natural obtiene un valor del índice CBR de 19,30%; este valor presenta mejoras para las adiciones de 20% y 30%, hasta un índice CBR de 59,1% y 57,6%, respectivamente; mientras que, para la adición con 40% de ceniza de madera logra una ligera mejora hasta 22,3%; por otro lado, la mezcla con 50% de ceniza de madera, disminuye el valor del índice CBR hasta 9,8%.



**Figura 14.** Resumen de resultados de ensayo CBR.

La figura 14 muestra el resumen de los valores del índice CBR considerando el 100% de la MDS. De estos resultados se determina que el efecto de añadir 10%, 20%, 30% y 40% mejoran el valor de índice CBR; mientras que la adición del 50% disminuye notable este índice hasta 8,2% en pruebas con 0,1" de penetración, que representa una pérdida del 55,68% de su valor inicial. Por otro lado, la mezcla con la adición del 20% de ceniza de madera es aquella que alcanza el mayor valor del índice CBR, logrando 59,1% en prueba con 0,2" de penetración, que representa un incremento de 206,22% respecto del valor de la muestra de suelo natural.



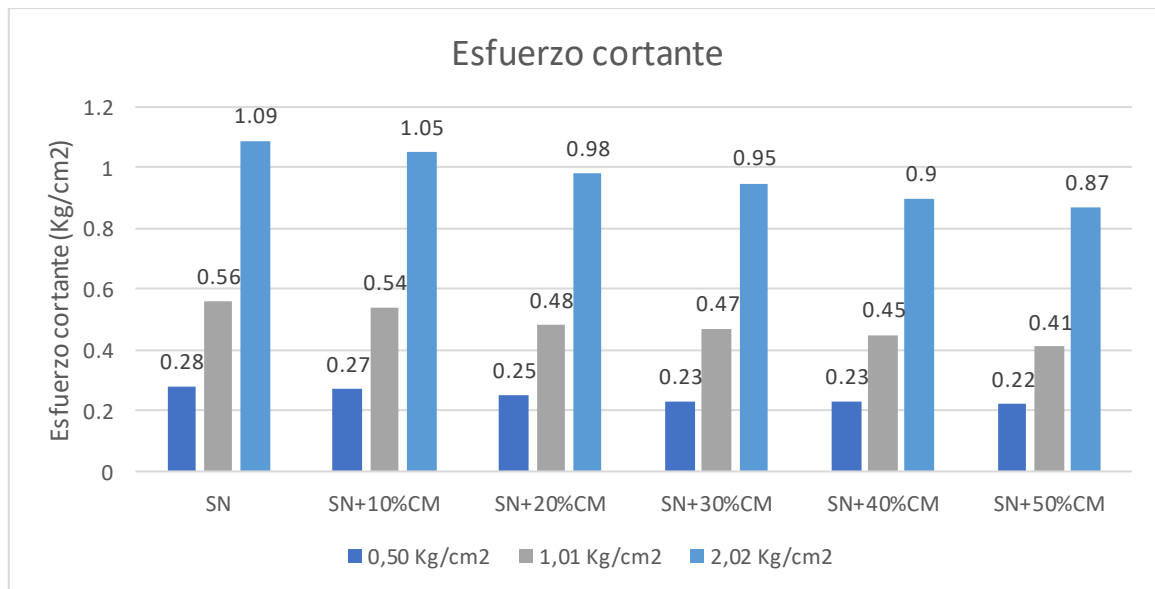
**Figura 15.** Relación entre máxima densidad seca e índice CBR.

La figura 15 muestra la relación entre los valores de la MDS y el índice CBR. De esta figura, podemos determinar que la MDS y el índice CBR tienen correlación para las proporciones de 10, 40 y 50%; ya que, los cambios que sufren estos indicadores están relacionados proporcionalmente. Mientras que, para las proporciones de 20 y 30% los resultados son inversos, ya que el índice CBR muestra un incremento al contrario de la disminución de la MDS.

### Ensayo de corte directo

Con la finalidad de obtener los parámetros de resistencia de una muestra al esfuerzo cortante, se ha realizado el ensayo de corte directo (ASTM D 3080) que se ha aplicado a todas las muestras de SN adicionados con 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de CM, estas muestras fueron preparadas con el índice de HO obtenido del ensayo de Proctor Modificado.





**Figura 16.** Resultados de esfuerzos cortantes respecto a esfuerzo normal.

La figura 16 muestra los esfuerzos cortantes obtenidos a determinados esfuerzos normales. Para un esfuerzo normal de  $0,50 \text{ Kg/cm}^2$  aplicado a la muestra de suelo natural se obtiene un esfuerzo de corte de  $0,28 \text{ Kg/cm}^2$  que disminuye hasta  $0,22 \text{ Kg/cm}^2$  en la muestra de suelo natural adicionado con el 50% de ceniza de madera; la misma tendencia se observa para los esfuerzos normales de  $1,01$  y  $2,02 \text{ Kg/cm}^2$ . Entonces, se determina que a medida que se agrega una proporción mayor de ceniza de madera al suelo, el esfuerzo cortante se va reduciendo respecto a una muestra de suelo arcilloso.

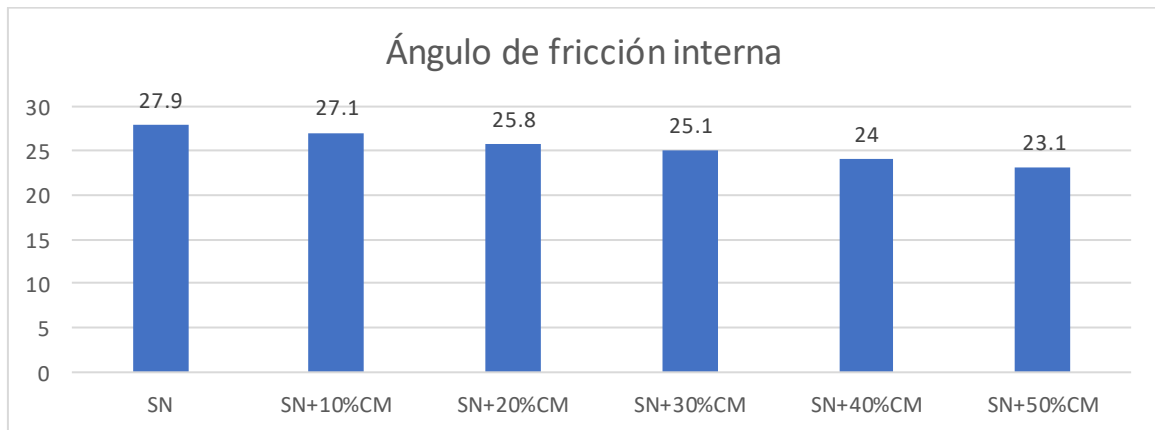
**Tabla 7.** Resultados para cohesión obtenidos del ensayo de corte directo.

Muestra	Índice cohesión ( $\text{Kg/cm}^2$ )
SN	0,02
SN+10%CM	0,01
SN+20%CM	0,00
SN+30%CM	0,00
SN+40%CM	0,00
SN+50%CM	0,00

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 7, se detallan los resultados obtenidos para el índice de cohesión. Para la muestra de suelo natural se obtiene  $0,02 \text{ Kg/cm}^2$ ; para la muestra con 10% de ceniza de madera agregada se obtiene  $0,01 \text{ Kg/cm}^2$  y; para las muestras con 20%, 30%, 40% y 50% se obtiene un valor de  $0,00 \text{ Kg/cm}^2$ , que es valor normal para

suelos más granulares tales como arenas. De los resultados obtenidos, se puede determinar que el índice de cohesión disminuye a medida que se incrementa la proporción de ceniza agregada a un suelo arcilloso.



**Figura 17.** Resultados del ángulo de fricción interna.

En la figura 17, se observan los resultados obtenidos para el ángulo de fricción. Para la muestra de suelo natural se obtiene 27,9°; mientras que para la muestra con un agregado de 10% de ceniza de madera se obtiene 27,1° que continúa disminuyendo hasta 23,1° para la muestra con un agregado de 50% de ceniza de madera. De los resultados podemos determinar que al añadir ceniza de madera a un suelo arcilloso el ángulo de fricción interna disminuye de forma proporcional.

## V. DISCUSIÓN

Como objetivo general se propone determinar cómo influye en la capacidad de soporte del suelo arcilloso agregar ceniza de madera a nivel de subrasante en Carabayllo. Según Bayshaki (2018) la ceniza de madera actúa como buen agente estabilizante que logra incrementar el contenido de humedad, resistencia a la compresión, en suelos finos. En esta investigación los resultados fueron favorables para los indicadores del índice CBR, MDS y HO, obteniendo buenos resultados para las proporciones de 10% y 30%; mientras que, también se determinó que la adición de ceniza de madera disminuye el ángulo de fricción interna y la cohesión. Los resultados obtenidos por Mamani y Yataco (2017) difieren con lo obtenido, ya que, si bien es cierto, lograron evidenciar mejoras en CBR, MDS y HO para su arcilla de alta plasticidad, también se alcanzó mejores resultados en ángulo de fricción interna y cohesión, por lo que su estudio logra confirmar totalmente la mejora en sus indicadores. De los datos, se puede presumir que la clase de arcilla en ambos estudiados influye en los resultados obtenidos.

Como primer objetivo específico se propone determinar la clasificación del suelo que será agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante. Al respecto Mohamedzein, Hassam, Al-Hasmi (2021) indica que identificar la clase de suelo es fundamental en un proyecto de pavimentación, y que los suelos finos deben ser analizados con la finalidad de asegurar su calidad. En la presente investigación, se encontró que el suelo se clasifica como arcilla arenosa del grupo CL, en el sistema SUCS y A-6(5), en el sistema AASHTO; es decir una arcilla arenosa. Además, se determinó el índice de plasticidad, que es 16. En el estudio realizado por Datta y Mofiz (2021) se encontró coincidencias con este resultado, ya que ambas muestras de suelos se clasifican como arcillas, con un índice de plasticidad bajo, para esta muestra es de 9,23%. Mientras que el estudio realizado por Rani (2019) muestra una coincidencia parcial; ya que se identificó como arcilla, pero con un índice de alto, que es de 22%. Dado esto, se puede comprender que las arcillas pueden poseer distintos grados de plasticidad, que son determinados por sus índices de plasticidad. Aunque, dada su naturaleza, estos suelos deben de ser tratados para

su aplicación en proyectos viales. Esto se debe a las características propias de este tipo de suelos.

Se plantea como segundo objetivo específico determinar el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima de un suelo arcilloso que ha sido añadido con ceniza de madera a nivel de subrasante. Según Elhakim, Mohammed y Elkhoully (2021), los suelos arcillosos son cambiantes respecto a las condiciones de humedad, estos cambios pueden afectar la estructura, utilidad y posición de los pavimentos; además, influye en el valor de la densidad del suelo. En los estudios realizados se ha determinado que el suelo natural contiene  $1,735 \text{ g/cm}^3$  de MDS y un 10,0 % de HO, el valor de la MDS se incrementa hasta  $1,931 \text{ g/cm}^3$  y 12,2% de HO con un agregado de 10% de ceniza de madera, para luego disminuir progresivamente hasta un valor de MDS de  $1,659 \text{ g/cm}^3$  y 9,3% de HO con 50% de agregado de ceniza de madera; es decir que con una pequeña proporción de ceniza de madera agregada al suelo arcilloso, el valor de HO aumenta, así como también un aumento en la MDS. Al respecto Brandan (2020) obtiene resultados que difieren con este estudio, ya que con un valor inicial de  $2,125 \text{ g/cm}^3$  de MDS y 6,0% de HO, determina que con adiciones de CM el valor de la MDS aumenta; de tal manera que con 50% de ceniza el valor de la MDS sube hasta  $2,184 \text{ g/cm}^3$  respectivamente; mientras que el HO aumenta a 6,7%. En el mismo sentido, el estudio realizado por Adeyanju y Okeke (2019) muestra coincidencias, ya que demuestra que la adición de 10% de ceniza de horno de cemento al suelo arcilloso aumenta la HO para alcanzar la MDS, desde 17,9% hasta 21.8% para alcanzar  $1,724 \text{ g/cm}^3$  como MDS. Entonces, podemos afirmar que la aplicación de ceniza a un suelo arcilloso, altera la MDS y por consiguiente la HO, que proporciones pequeñas (entre 10 y 20%) son aquellas que logran mayores incrementos en los indicadores MDS y HO; mientras que proporciones mayores no logran cambios significativos o en algunos casos disminuyen el valor de estos indicadores.

Se plantea como tercer objetivo específico determinar el valor CBR de un suelo arcilloso que ha sido agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante. Según Sharo (2021), el valor del índice CBR determina una de las principales propiedades de la capa subrasante que es necesario considerar en el diseño de pavimentos. En la presente investigación se determinó que el valor del CBR del suelo sin alterar es

de 13,3% (al 95% MDS) que se incrementa de forma proporcional al incremento de ceniza de madera hasta la mezcla con 30% de ceniza de madera y luego disminuye progresivamente hasta un valor de 5,8% para la mezcla con 50% de ceniza de madera. En el estudio realizado por Alarcón, Jimenez y Benitez (2020) obtiene coincidencias, debido a que, al agregar lodo aceitoso al suelo arcilloso, mostrando un incremento del 70 % CBR, respecto a la muestra original que alcanzó un valor de 30% de CBR; estos valores se alcanzaron para la muestra con 4% de agregado de lodo aceitoso. En el mismo sentido, el estudio realizado por Mina, Kusuma y Ulfah (2019) muestra coincidencias, ya que obtiene que la combinación con 20% de ceniza y 20% de escoria de acero, incrementa el CBR de 3,524% hasta 26,14%; es decir un incremento de 641,77%. Además, en estudio de Juliana (2020) obtiene una mejora en el CBR de 5,62% hasta 36,09% usando una adición de 4% de bolitas de caucho; es decir se logró un incremento del 84,47%. Por consiguiente, los datos indican que el valor del índice CBR puede ser alterado por la adición de un aditivo, que se encuentra obtienen resultados para proporciones cercanas al 20%, lo que en este experimento es parcialmente cierto, ya que para este estudio se obtuvo 30% como proporción óptima.

Se presenta como cuarto objetivo específico determinar el ángulo de fricción y el coeficiente de cohesión de un suelo arcilloso agregado con ceniza de madera. Según Xu y Wang (2021) el ángulo de fricción interna y la cohesión influyen directamente en la resistencia por fallamiento, es por ello que su estudio es fundamental en los proyectos viales. En la presente investigación se determinó que el ángulo de fricción interna del suelo original es de 27,9° y disminuye progresivamente a medida que se agrega mayor porcentaje de ceniza de madera, hasta 23,1° para el caso de la mezcla con 50% de ceniza de madera; para el caso de la cohesión, parte de 0,02 Kg/cm<sup>2</sup> y disminuye a 0 a partir de la mezcla con 20% de ceniza de madera. En el estudio realizado por Mamani y Yataco (2017) se obtiene resultados que difieren, ya que presenta un incremento desde 5,6° para el suelo original hasta 8,23 con la mezcla de 50% de ceniza de madera; para el caso de la cohesión, el valor original de 0,06 Kg/cm<sup>2</sup> aumenta progresivamente hasta 0,13 Kg/cm<sup>2</sup> para la muestra con 50% de ceniza de madera. En relación con lo obtenido, se podría considerar que la adición de ceniza de madera aumenta el ángulo de fricción interna y la cohesión, más en el presente estudio se da el efecto

contrario, por lo que la arcilla estudiada debe ser distinta o poseer cualidades que difieren a la muestra del antecedente, se hace necesario un estudio adicional sobre la composición detallada de la muestra objeto de este estudio.

## VI. CONCLUSIONES

1. No se puede asegurar que la adición de ceniza de madera a un suelo arcilloso influya positivamente en la capacidad de soporte a nivel de subrasante. En este estudio se determinó que, así como la adición de ceniza de madera logra mejorar los indicadores de MDS, HO y CBR y que para estos casos la proporción óptima se ubica entre 10% y 20% de ceniza de madera; también disminuye los valores de los indicadores ángulo de fricción interna y cohesión. Por ello, es necesario valorar los beneficios de estos indicadores y realizar estudios complementarios.
2. El suelo de la urbanización San Antonio, del distrito de Carabayllo, que es materia de estudio ha sido analizado y se ha determinado que su índice de plasticidad es de 16%; además, en el análisis granulométrico se determinó que 52,50% pasa el tamiz N° 200, mientras que su contenido de humedad es de 8%. Asimismo, ha sido clasificado como un suelo del grupo A-6 (5), en el sistema AASHTO (ASTM D3282) cuya calidad es regular; y según la clasificación SUCS es un suelo de tipo CL; es decir una arcilla arenosa.
3. La adición de ceniza de madera influye positivamente en los indicadores de máxima densidad seca y humedad óptima. En el estudio realizado se demuestra que el suelo presenta una HO de 10% para una MDS de 1,735  $g/cm^3$ . Además, la adición de 10% de ceniza de madera inicialmente eleva el contenido de humedad hasta 12,2% para alcanzar la MDS de 1,931  $g/cm^3$ ; mientras que las adiciones de 20%, 30%, 40 y 50% disminuyen progresivamente la HO hasta 9,3% para obtener una MDS de 1,659  $g/cm^3$ . De esta forma podemos concluir, que la adición de una proporción pequeña tal como un 10% de CM, alcanza mejores resultados; ya que a medida se agrega mayor cantidad de CM, los indicadores MDS y HO disminuyen.
4. En el estudio realizado, se determinó que el suelo arcilloso estudiado presenta un índice CBR de 13,3%; que se incrementa proporcionalmente a medida se agrega ceniza de madera, hasta la mezcla con 30% de ceniza de madera que alcanza un CBR de 40,8%, que representa un incremento de 206,77% respecto al valor original. Para las mezclas con 40% y 50% el CBR disminuye hasta un

valor de 5,8% siendo aún menor que el valor original, lo que sugiere que un exceso de ceniza de madera logra el efecto inverso al deseado.

5. La adición de ceniza de madera influye negativamente en el coeficiente de cohesión y el ángulo de fricción interna. El suelo natural mostró un ángulo de fricción interna de  $27,9^\circ$  y disminuyó progresivamente a medida que se agregaba mayor porcentaje de CM, hasta alcanzar  $23,1^\circ$  con la adición de 50% de ceniza de madera. Mientras que el coeficiente de cohesión inició en 0,02 y disminuyó hasta 0.



## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda ampliar los estudios empleando distintas mezclas con proporciones diferentes a las usadas en esta investigación; asimismo, se puede aplicar a estudios en otros tipos de suelo, para comprobar la aplica de ceniza de madera como agente estabilizador de suelos.

Se recomienda ampliar el estudio al suelo natural con otro tipo de ensayo que permitan detallar mejor su composición y naturaleza química.

El estudio se puede ampliar, utilizando otros instrumentos, tales como la prueba de compresión uniaxial o el ensayo triaxial, permeabilidad, que pueden brindar datos más precisos sobre los indicadores geotécnicos de un suelo estabilizado con ceniza de madera.

Considerar para siguientes estudios otro tipo de materiales producto de desechos de otras industrias como alternativa a las soluciones químicas tradicionales, podría lograr un beneficio tanto ecológico como económico.

## REFERENCIAS

AASHTO. Standard Specifications for transportation Materials and Methods of Sampling and Testing, American Association of State Highway and Transportation Officials, Whashington, 1986.

ADEYANJU, Emmanuel y OKEKE, Chukwueloka. Clay soil stabilization using cement kiln dust. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [online]*, 640(1), noviembre 2019. [Fecha de consulta: 16 de setiembre de 2021]. ISSN: 1757-8981.

ABDULLAH, Mohamad. Bottom Ash Utilization: A Review On Engineering Applications And Environmental Aspects. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering [online]*, 527(1), junio de 2019. [Fecha de consulta: 16 de setiembre de 2021]. ISSN: 1757-899X.

ALARCON, José; JIMENEZ, M. y BENITEZ, R. Stabilization of soils through the use of oily sludge. *Revista Ingeniería de construcción [online]*. 2020, vol.35, n.1, pp.5-20. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732020000100005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732020000100005&lng=es&nrm=iso). ISSN 0718-5073

ÁLVAREZ, Manuel. Estabilización química de suelos en proyectos de infraestructura vial en Antioquia. Tesis (Magister en Ingeniería). Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2015.

ARIAS, Fidas. Introducción a la metodología científica, 6<sup>ta</sup> Ed. Venezuela, 2017. ISBN: 980-07-8529-9.

ASTM. American Society for Testing and Materials. Práctica Estándar D2487-93 Clasificación de Suelos para Propósitos de Ingeniería, 1993.

BARRAZA, Arturo y BARRAZA, Salvador. Evidence Of Validity And Reliability Of The Scale Of Academic Procrastination In A Mexican Student Population. *Revista de Psicología y Ciencias del Comportamiento*, 9(1): 25-99, enero-junio 2018. ISSN: 2007-1833.

BARRIENTOS, Marianella. Metodología de Investigación. Piura, 2016.

BAYSHAKHI, Nath et al. Geotechnical Properties of Wood Ash-Based Composite Fine-Grained Soil. *Hindawi Advances in Engineering Civil [online]*. 2018(9456019), 8 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 8 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.hindawi.com/journals/ace/2018/9456019/>. ISSN: 1687-8086.

BRANDAN, Yoselin. Aplicación de Ceniza de Madera de fondo Para Estabilizar la Subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas 2020. Tesis (Bachiller en Ingeniería civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2020.

CASAGRANDE, Arthur. Clasification and Identification of Soils, *Transactions, ASCE, 1948*, p. 901.

CLAUSEN, Jhonatan y Triveli, Carolina. Explorando la Pobreza Multidimensional Rural: Una Propuesta Comprehensiva y Sensible al Contexto Peruano. Instituto de Estudios Peruanos. Lima, 2019. 52 pp.

DATTA, Srabanti and MOFIZ, Abdul. Stabilization of Road Subgrade Soil Using Recycled Aggregates. *International Journal on Emerging Technologies*, 12(1):87-93, enero 2021. ISSN: 0975-8364

DURÁN, Gary. Mejoramiento de un Suelo Arcilloso con Ceniza de Madera: agregando valor a los residuos de la industria de ladrillos artesanales en el Perú. *Formando Líderes innovadores con tecnología identificando nuevas oportunidades de crecimiento*. XXI Congreso Internacional de Ingeniería y XIII Arquiforo "Visión 2016", Lima, Perú.

ELHAKIM, Amr; MOHAMMED, Mustafa y ELKHOULY, Mohamed. Improvement of expansive soil using granulated scrap tires. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1): 82, noviembre 2021. ISSN: 23644176

ESTEBAN, Nicómedes. Tipos de Investigación. 2018.

GOUFI, Abd et al. Improvement of the Geotechnical Properties of a Clay–Sand Mixture Treated with Lime. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1), 114, noviembre 2021. ISSN: 23644176

HERNÁNDEZ, Roberto. Metodología de la investigación, 6ta Ed. México DF: Mc Graw-Hill Interamericana. 2014. 634 pp. ISBN: 9781456223960

JULIANA, Idrus et al. Effectiveness of crumb rubber for subgrade soil stabilization. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [online]*, Vol. 849(1), 2020. [Fecha de consulta: 1 de setiembre de 2021]. Disponible en <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/849/1/012029/pdf>. ISSN: 1757-8981

KERLINGER, Fred. Investigación del Comportamiento, 4ta Ed. California, 2016.

MAMANI, Lux y YATACO, Alejandro. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho. Tesis (Bachiller en ingeniería civil). Lima: Universidad San Martín de Porres, 2017.

MARTINEZ, Catalina y GALÁN, Arturo. Técnica e instrumentos de recogida y análisis de datos. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia, 2014. 544 pp. ISBN: 978-84-362-6822-5.

MINA, Enden, KUSUMA, Rai y ULFAH, Nadiana. Utilization of steel slag and fly ash in soil stabilization and their effect to california bearing ratio (CBR) value. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering [online]*, 673(1): 012034, diciembre 2019 [Fecha de consulta: 7 de octubre de 2021]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/337872834\\_Utilization\\_of\\_steel\\_slag\\_and\\_fly\\_ash\\_in\\_soil\\_stabilization\\_and\\_their\\_effect\\_to\\_california\\_bearing\\_ratio\\_CBR\\_value\\_Case\\_study\\_Kp\\_Kadusentar\\_road\\_Medong\\_village\\_Mekarjaya\\_Subdistric\\_t\\_Pandeglang\\_Distric](https://www.researchgate.net/publication/337872834_Utilization_of_steel_slag_and_fly_ash_in_soil_stabilization_and_their_effect_to_california_bearing_ratio_CBR_value_Case_study_Kp_Kadusentar_road_Medong_village_Mekarjaya_Subdistric_t_Pandeglang_Distric). ISSN: 17578981

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones (Perú). R.D. N°10-MTC/14 Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección: Suelos y Pavimentos, Versión abril 2014. Lima, 2014. 280 pp.

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones (Perú). D.S. N° 034-2008-MTC: Manual de Ensayo de Materiales. Lima, 2016. 1268 pp.

MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones (Perú). MTC: Manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para la construcción. Lima, 2014. 1282 pp.

MOHAMEDZEIN, Yahia; HASSAN, Hossam y AL-HASMI, Khalil. Effect of cement-by-pass dust stabilized-expansive soil subgrade on pavement rutting. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(1): 63, noviembre 2021. ISSN: 23644176

MORALES, Daniel. Valoración de las cenizas de carbón para la estabilizar el suelo mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. (Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad de Medellín, Facultad de Ingeniería Civil, Medellín, 2015, Colombia.

NUÑEZ, Wilfredo. Aplicación de geo sintéticos en la prevención de riesgo de inundación fluvial, por desborde del Rio Chillón en la Urbanización la Rinconada – Carabayllo – Lima. Tesis (Titulación en ingeniería civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. 76 pp.

OJEDA-FARIAS, Omar, MENDOZA-RANGEL, José. y BALTAZAR, Miguel. Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. *Revista de la Asociación Latinoamericana de Control de Calidad, Patología y Recuperación de la Construcción*, 8(2): 194-207, mayo-agosto 2018. ISSN: 20076833.

RANI, Shandya, et al. Stabilization of clay at Sunnam Cheruvu area in Nadergul, Hyderabad using organic waste. *Lecture Notes in Civil Engineering*, 14: 203-209, 2019. ISSN: 23662557

SHARO, Abdulla et al. Effect of alkali-resistant glass fibers and cement on the geotechnical properties of highly expansive soil. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 34 (2): 04021417, noviembre 2021. ISSN: 08991561

SHUBBER, Khawla y SAAD, Ahmed. Subgrade stabilization strategies effect on pavement thickness according to AASHTO pavement design method. (Review). *IOP Conferences Series: Materials Science and Engineering [online]*. 737(1): 012145, 2020 [Fecha de consulta: 17 de setiembre de 2021]. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/737/1/012145>

TAM, Jorge; VERRA, Giovanna y OLIVEROS, Ricardo. Tipos, Métodos y Estrategias de Investigación Científica. *Pensamiento y Acción*. 5:145 – 154, 2016.

TERRONES, Andrea. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Tesis (Titulación en ingeniería civil). Lima: Universidad Privada del Norte, 2018. 385 pp.

TORRES-RODRIGUEZ, Agustín y MONROY-MUÑOZ, Jesús. El problema de la definición del Problema de Investigación. *Boletín Científico de la Escuela Superior Atotonilco de Tula*. 7(13): 10-15, enero 2020. ISSN: 2007493X.

TORRES, Paul. Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual. *Atenas*, 2(34): 1-15, abril – junio 2016. ISSN: 16822749

UNIVERSIDAD Nacional de Ingeniería. Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelos I Proctor Modificado. Lima, 2019. 10pp.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar Proyectos de Investigación Científica. Cuantitativa, cualitativa y mixta. Lima: Editorial San Marcos, 2020. 495 pp. ISBN: 9786123028787

XU, Wenbim y WANG, Xiaochun. Effect of Freeze-Thaw Cycles on Mechanical Strength and Microstructure of Silty Clay in the Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Cold Regions Engineering*, 36(1): 04021018, noviembre 2021. ISSN: 0887381X

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización

Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Variable independiente (X) Ceniza de madera	Mamani (2017) indica que la ceniza es el residuo de la deflagración primaria de la madera producida en una cámara de combustión o incineración, que contiene sustancias no combustibles y se deposita en el fondo del lugar donde se produce la combustión.	Residuo orgánico producto de la combustión de la madera que será agregado al suelo arcilloso en determinadas proporciones para su uso a nivel de subrasante.	Dosificación de ceniza de madera	0%, 10%, 20% 30%, 40% y 50%	Razón
Variable dependiente (Y) Suelo arcilloso a nivel subrasante	Álvarez (2016) indica que el proceso de estabilizar la subrasante se refiere a los procedimientos físicos o químicos que buscan modificar las propiedades de un suelo con la finalidad de mejorar sus características para un determinado fin.	El suelo arcilloso será adicionado con ceniza de madera y luego será analizado para determinar algunos indicadores de sus propiedades, para establecer el nivel de mejora.	Propiedades físicas	Tamaño de las partículas	Razón
				Contenido de humedad	Razón
				Índice de plasticidad	Razón
			Compactación	Densidad máxima seca	Razón
				Humedad óptima	Razón
			Resistencia	Valor CBR	Razón
				Ángulo de fricción interna	Razón
				Coefficiente de cohesión	Razón

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2: Matriz de consistencia

Título: Análisis de la Capacidad de Soporte del Suelo Arcilloso Agregando Cenizas de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021						
Problema	Objetivos	hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente (X) Ceniza de madera	Dosificación	0%; 10%, 20%; 30%, 40% y 50%	Diseño de mezcla de suelo
¿Cómo influye en la capacidad de soporte del suelo arcilloso agregar ceniza de madera a un suelo arcilloso a nivel de subrasante en Carabaylo 2021?	Determinar cómo influye en la capacidad de soporte del suelo arcilloso agregar ceniza de madera a nivel de subrasante en Carabaylo 2021.	La adición de ceniza de madera influye positivamente en la capacidad de soporte del suelo arcilloso a nivel de subrasante en Carabaylo 2021.				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variable Dependiente (Y) Suelo arcilloso	Características físicas	Tamaño de las partículas	Análisis granulométrico por tamizado ASTM D 422
¿Qué clasificación tiene el suelo que será agregado con ceniza de madera a nivel subrasante, Carabaylo 2021?	Determinar la clasificación del suelo que será agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante, Carabaylo 2021.	El suelo que será estabilizado con ceniza de madera a nivel de subrasante, Carabaylo 2021, es de tipo arcilloso.			Contenido de humedad	ASTM D 2216
					Índice de plasticidad	Límites de consistencia ASTM D 4318
¿Cómo influye en el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima la adición de ceniza de madera a un suelo arcilloso a nivel de subrasante, Carabaylo 2021?	Determinar el contenido óptimo de humedad y la densidad seca máxima de un suelo arcilloso que ha sido añadido con ceniza de madera a nivel de subrasante, Carabaylo 2021.	El contenido óptimo de humedad y la densidad máxima seca mejoran en un suelo arcilloso agregando cenizas de madera a nivel de subrasante, Carabaylo 2021.		Propiedades índices	Densidad máxima seca	Ensayo de Proctor Modificado
				Humedad óptima	Ensayo de Proctor Modificado	
¿De qué manera influye en el valor CBR la adición de ceniza de madera a un suelo arcilloso a nivel de subrasante, Carabaylo 2021?	Determinar el valor CBR de un suelo arcilloso que ha sido agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante, Carabaylo 2021.	El valor CBR de un suelo arcilloso mejora agregando cenizas de madera a nivel de subrasante, Carabaylo 2021.	Resistencia	Valor CBR	California Bearing Ratio CBR	
¿Cómo influye en el coeficiente de cohesión y el ángulo de fricción interna agregar ceniza de madera a un suelo arcilloso a nivel de subrasante, Carabaylo 2021?	Determinar el ángulo de fricción interna y el coeficiente de cohesión de un suelo arcilloso agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante, Carabaylo 2021.	El coeficiente de cohesión y el ángulo de fricción interna mejoran en un suelo arcilloso agregado con ceniza de madera a nivel de subrasante, Carabaylo 2021.		Ángulo de fricción interna Coeficiente de cohesión	Ensayo de corte directo ASTM D3080	



## Anexo 3. Certificados de calidad y calibración

### Certificado de calidad otorgado por INACAL.

**Certificado**

 **INACAL**  
Instituto Nacional  
de Calidad  
Acreditación

La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad – INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, **OTORGA** el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

**TEST & CONTROL S.A.C.**

**Laboratorio de Calibración**  
En su sede ubicada en: Calle Condesa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma  
**NTP-ISO/IEC 17025:2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración**

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-acr-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019  
Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023



**ESTELA CONTRERAS JUGO**  
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cédula N° : 230-2019-INACAL/DA  
Contrato N° : Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA  
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cédula de notificación dado que el alcance puede estar sujeto a ampliaciones, reducciones, actualizaciones y suspensiones temporales. El alcance y vigencia debe confirmarse en la página web [www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados](http://www.inacal.gob.pe/acreditacion/categoria/acreditados) al momento de hacer uso del presente certificado.  
La Dirección de Acreditación del INACAL es firmante del Acuerdo de Reconocimiento Multilateral (MLA) del Inter American Accreditation Cooperation (IAAC) e International Accreditation Forum (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC).

DA-acr-01P-02M Ver. 02

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

**TC - 06446 - 2021**

Proforma : 2506A

Fecha de emisión : 2021-05-06

Página : 1 de 2

**SOLICITANTE : JJ GEOTECNIA S.A.C.**

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima - Lima - San Martín De Porres

**INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MUFLA**  
 Marca : YF  
 Modelo : No indica  
 N° de Serie : 201251  
 Intervalo de indicación : 0 °C a 1300 °C  
 Resolución : 1 °C  
 Fecha de Calibración : 2021-04-26  
 Ubicación : LABORATORIO

**LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Instalaciones de JJ GEOTECNIA S.A.C.

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se realizó por comparación directa usando un patrón de temperatura calibrado.

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	23,0 °C	22,9 °C
HUMEDAD RELATIVA	67,0 %hr	67,0 %hr

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.

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. 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.



**Lic. Nicolás Ramos Paucar**  
**Gerente Técnico.**  
**CFP: 0316**



 Jr. Condesa de Lemos N°117  
 San Miguel, Lima

 (01) 262 9536  
 (51) 988 901 065

 informes@testcontrol.com.pe  
 www.testcontrol.com.pe

Certificado : TC - 06446 - 2021

Página : 2 de 2

**TRAZABILIDAD**

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Medio Isotermo Termohigrómetro 2 Termómetros digitales LO JUSTO S.A.C	Termómetro Digital -200 °C a 1 200 °C	TE-1075-2020

**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INDICACIÓN DEL TERMÓMETRO ( °C )	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA ( °C )	CORRECCIÓN ( °C )	INCERTIDUMBRE ( °C )
1000,0	1002,9	2,9	0,6

**Temperatura Convencionalmente Verdadera = Indicación del Termómetro + Corrección**

**OBSERVACIONES**


Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

**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**



 Jr. Condesa de Lemos N°117  
San Miguel, Lima

 (01) 262 9536  
 (51) 988 901 065

 informes@testcontrol.com.pe  
 www.testcontrol.com.pe

# Anexo 4. Ensayos de laboratorio

## Análisis granulométrico



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra 59, Villalobos - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021  
 SOLICITANTE: Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalobos Alvarez, Raúl Emilio  
 UBICACIÓN : Carabayllo  
 Calicata : - Muestreado por: WILL  
 Muestra : - Ensayado por: C.JRT  
 Profundidad : 0.10-1.50 m Fecha de ensayo: 3/09/2021

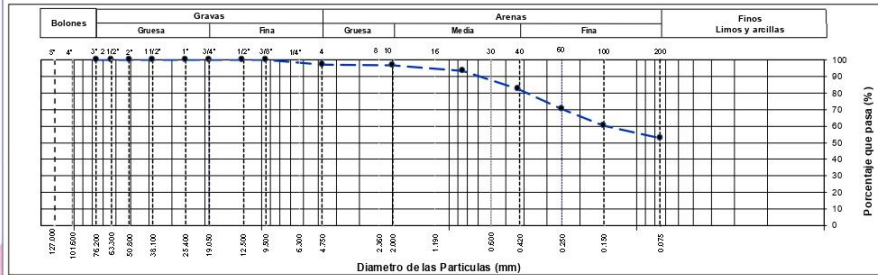
TAMZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200	100.00	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 8.0  LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 38 Límite Plástico (LP) 22 Índice Plástico (IP) 16  ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422) Grava (%) 2.7    Arena (%) 44.4    Finos (%) 52.9  CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) CL Clasificación AASHTO (ASTM D3282) A-6 (5)  Nombre del Grupo Arcilla arenosa de baja plasticidad
2 1/2"	63.500	100.00		
2"	50.800	100.00		
1 1/2"	38.100	100.00		
1"	25.400	100.00		
3/4"	19.050	100.00		
1/2"	12.700	100.00		
3/8"	9.530	100.00		
Nº 4	4.750	97.33		
Nº 10	2.000	96.77		
Nº 20	0.850	93.62		
Nº 40	0.430	82.64		
Nº 60	0.250	70.34		
Nº 100	0.150	60.38		
Nº 200	0.075	52.90		

DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA: CL Arcilla arenosa de baja plasticidad  
 ASTM 2488

INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:

- El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó horno a 110 ± 5°C.
- El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5°C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo inorgánico.
- El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

# Ensayo de Proctor modificado

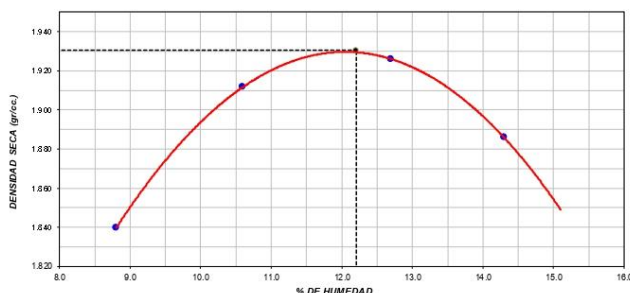





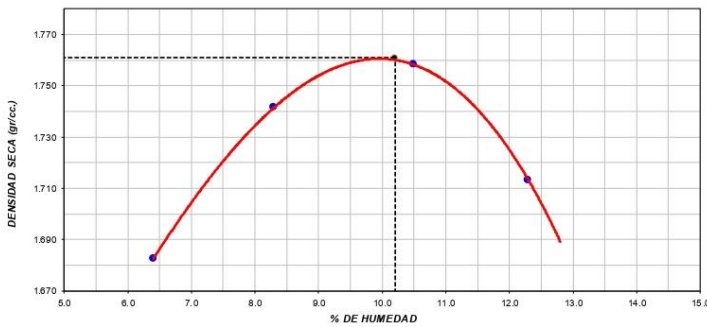



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel: 980703014 / 947260585  
 Av. A, Mz 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

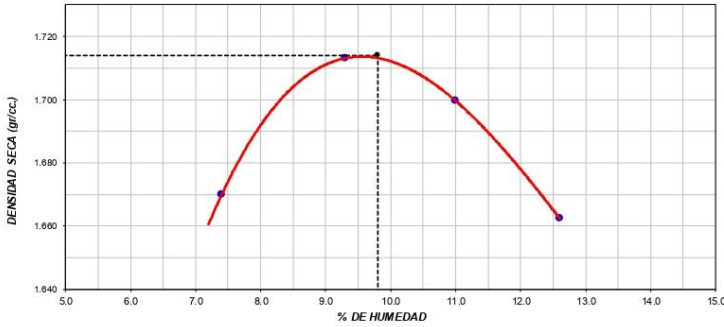



www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>			Código	FOR-LAB-MS-011																																																																																				
				Revisión	3																																																																																				
				Aprobado	CC-JJG																																																																																				
				Fecha	1/01/2021																																																																																				
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115																																																																																									
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio <b>SOLICITANTE</b> : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalez Alvarez, Raúl Emilio <b>TESIS</b> : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021 <b>UBICACIÓN</b> : Carabayllo <b>CALICATA</b> : -- Fecha de ensayo: 05/10/2021 <b>MUESTRA</b> : PATRON <b>PROFUNDIDAD</b> : --																																																																																									
Volumen Molde 2116 cm <sup>3</sup> Peso Molde 6513 gr.																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>NUMERO DE ENSAYOS</th> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso Suelo + Molde</td> <td>gr.</td> <td>10,296</td> <td>10,497</td> <td>10,560</td> <td>10,511</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Humedo Compactado</td> <td>gr.</td> <td>3,783</td> <td>3,984</td> <td>4,047</td> <td>3,998</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Volumetrico Humedo</td> <td>gr.</td> <td>1,788</td> <td>1,883</td> <td>1,913</td> <td>1,889</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Recipiente Numero</td> <td></td> <td>A</td> <td>B</td> <td>C</td> <td>D</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Humedo + Tara</td> <td>gr.</td> <td>625.2</td> <td>715.4</td> <td>598.3</td> <td>648.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Suelo Seco + Tara</td> <td>gr.</td> <td>583.8</td> <td>656.9</td> <td>540.0</td> <td>576.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de la Tara</td> <td>gr.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del agua</td> <td>gr.</td> <td>41.4</td> <td>58.5</td> <td>58.3</td> <td>72.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo seco</td> <td>gr.</td> <td>584</td> <td>657</td> <td>540</td> <td>576</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Contenido de agua</td> <td>%</td> <td>7.1</td> <td>8.9</td> <td>10.8</td> <td>12.5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Densidad Seca</td> <td>gr/cc</td> <td>1.669</td> <td>1.729</td> <td>1.726</td> <td>1.679</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5	Peso Suelo + Molde	gr.	10,296	10,497	10,560	10,511		Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,783	3,984	4,047	3,998		Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,788	1,883	1,913	1,889		Recipiente Numero		A	B	C	D		Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	625.2	715.4	598.3	648.2		Peso Suelo Seco + Tara	gr.	583.8	656.9	540.0	576.2		Peso de la Tara	gr.						Peso del agua	gr.	41.4	58.5	58.3	72.0		Peso del suelo seco	gr.	584	657	540	576		Contenido de agua	%	7.1	8.9	10.8	12.5		Densidad Seca	gr/cc	1.669	1.729	1.726	1.679	
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5																																																																																			
Peso Suelo + Molde	gr.	10,296	10,497	10,560	10,511																																																																																				
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,783	3,984	4,047	3,998																																																																																				
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,788	1,883	1,913	1,889																																																																																				
Recipiente Numero		A	B	C	D																																																																																				
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	625.2	715.4	598.3	648.2																																																																																				
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	583.8	656.9	540.0	576.2																																																																																				
Peso de la Tara	gr.																																																																																								
Peso del agua	gr.	41.4	58.5	58.3	72.0																																																																																				
Peso del suelo seco	gr.	584	657	540	576																																																																																				
Contenido de agua	%	7.1	8.9	10.8	12.5																																																																																				
Densidad Seca	gr/cc	1.669	1.729	1.726	1.679																																																																																				
<b>Densidad Máxima Seca:</b> 1.735 gr/cm <sup>3</sup> <b>Contenido Humedad Optima:</b> 10.0 %																																																																																									
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>																																																																																									
<p>The graph plots Dry Density (gr/cc) on the y-axis (ranging from 1.650 to 1.750) against Moisture Content (%) on the x-axis (ranging from 5.0 to 15.0). A smooth curve is drawn through five data points, showing a peak at approximately 10% moisture content and a dry density of 1.735 gr/cc. A vertical dashed line marks the peak, and a horizontal dashed line indicates the maximum dry density.</p>																																																																																									
<b>OBSERVACIONES:</b> * Muestra provista e identificada por el solicitante. * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA																																																																																									
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:																																																																																					
Jefe de Laboratorio		Ingeniero de Suelos y Pavimentos		Control de Calidad JJ GEOTECNIA																																																																																					



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>		Código	FOR-LAB-MS-011	
			Revisión	3	
			Aprobado	C.C.-JJG	
			Fecha	1/01/2021	
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115					
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio <b>SOLICITANTE</b> : Criaco Figueroa, Marcelino Goyo' Villalaz Alvarez, Raúl Emilio <b>TESIS</b> : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021 <b>UBICACIÓN</b> : Carabaylo <b>CALKATA</b> : <b>MUESTRA</b> : 10% <b>PROFUNDIDAD</b> : <b>Fecha de ensayo:</b> 12/10/2021					
			Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
			Peso Molde	6517	gr.
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Peso Suelo + Molde	gr.	10,752	10,991	11,110	11,078
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,235	4,474	4,593	4,561
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,001	2,114	2,171	2,155
Recipiente Numero		A	B	C	D
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	595.5	678.3	734.8	610.6
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	547.3	613.3	652.0	534.2
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	48.2	65.0	82.8	76.4
Peso del suelo seco	gr.	547	613	652	534
Contenido de agua	%	8.8	10.6	12.7	14.3
Densidad Seca	gr/cc	1.840	1.912	1.926	1.886
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		<b>1.931</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup>.</b>		<b>Contenido Humedad Óptima:</b>
					<b>12.2 %</b>
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>					
					
<b>OBSERVACIONES:</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Muestra provista e identificada por el solicitante.</li> <li>* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA</li> </ul>					
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>	
					
Jefe de Laboratorio		Ingeniero de Suelos y Pavimentos		Control de Calidad JJ GEOTECNIA	

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011		
		Revisión	3		
		Aprobado	CC-JJG		
		Fecha	1/01/2021		
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115					
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio <b>SOLICITANTE</b> : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio <b>TESIS</b> : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021 <b>UBICACIÓN</b> : Carabayllo <b>CALICATA</b> : - <span style="float: right;"><b>Fecha de ensayo:</b> 05/10/2021</span> <b>MUESTRA</b> : 20% de ceniza de madera <b>PROFUNDIDAD</b> : -					
Volumen Molde		2116	cm <sup>3</sup>		
Peso Molde		6513	gr.		
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					
Peso Suelo + Molde	gr.	10,301	10,504	10,624	10,584
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,788	3,991	4,111	4,071
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,790	1,886	1,943	1,924
Recipiente Número		A	B	C	D
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	577.4	614.2	588.2	621.1
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	542.7	567.1	532.3	553.1
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr.	34.7	47.1	55.9	68.0
Peso del suelo seco	gr.	543	567	532	553
Contenido de agua	%	6.4	8.3	10.5	12.3
Densidad Seca	gr/cc	1.682	1.742	1.758	1.713
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		1.761	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b> 10.2 %	
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>					
					
<b>OBSERVACIONES:</b> * Muestra provista e identificada por el solicitante. * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA					
Elaborado por:		Revisado por:		Aprobado por:	
					
Jefe de Laboratorio		Ingeniero de Suelos y Pavimentos		Control de Calidad JJ GEOTECNIA	

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>			Código	FOR-LAB-MS-011	
				Revisión	3	
				Aprobado	CC-JJG	
				Fecha	1/01/2021	
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115						
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio						
<b>SOLICITANTE</b> : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalez Alvarez, Raúl Emilo						
<b>TESIS</b> : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021						
<b>UBICACIÓN</b> : Carabayllo						
<b>CALICATA</b> : -- Fecha de ensayo: 05/10/2021						
<b>MUESTRA</b> : 30 % de ceniza de madera						
<b>PROFUNDIDAD</b> : --						
		Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>		
		Peso Molde	6513	gr.		
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Peso Suelo + Molde	gr.	10,308	10,475	10,505	10,474	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,795	3,962	3,992	3,961	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,793	1,872	1,887	1,872	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	621.4	599.6	593.2	576.8	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	578.6	548.6	534.4	512.3	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	42.8	51.0	58.8	64.5	
Peso del suelo seco	gr.	579	549	534	512	
Contenido de agua	%	7.4	9.3	11.0	12.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.670	1.713	1.700	1.662	
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		1.714 gr/cm <sup>3</sup> .		<b>Contenido Humedad Optima:</b>		9.8 %
<b>RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA</b>						
						
<b>OBSERVACIONES:</b>						
* Muestra provista e identificada por el solicitante.						
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA						
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>		<b>Aprobado por:</b>		
						
Jefe de Laboratorio		Ingeniero de Suelos y Pavimentos		Control de Calidad JJ GEOTECNIA		



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1557 / MTC E - 115

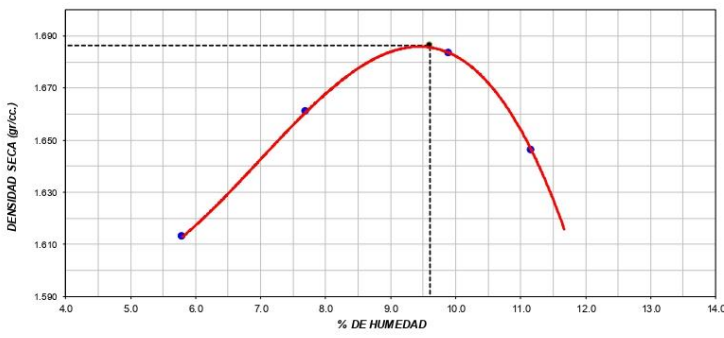
**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilo  
**TESIS** : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021  
**UBICACIÓN** : Carabayllo  
**CALICATA** : -- Fecha de ensayo: 05/10/2021  
**MUESTRA** : 40 % de ceniza de madera  
**PROFUNDIDAD** : --

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr.




NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,124	10,298	10,428	10,385	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,611	3,785	3,915	3,872	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,707	1,789	1,850	1,830	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	522.8	545.4	578.7	564.3	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	494.1	506.4	526.6	507.6	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	28.7	39.0	52.1	56.7	
Peso del suelo seco	gr.	494	506	527	508	
Contenido de agua	%	5.8	7.7	9.9	11.2	
Densidad Seca	gr/cc	1.613	1.661	1.684	1.646	

**Densidad Máxima Seca:** 1.687 gr/cm<sup>3</sup>    **Contenido Humedad Optima:** 9.6 %

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	01/01/2021

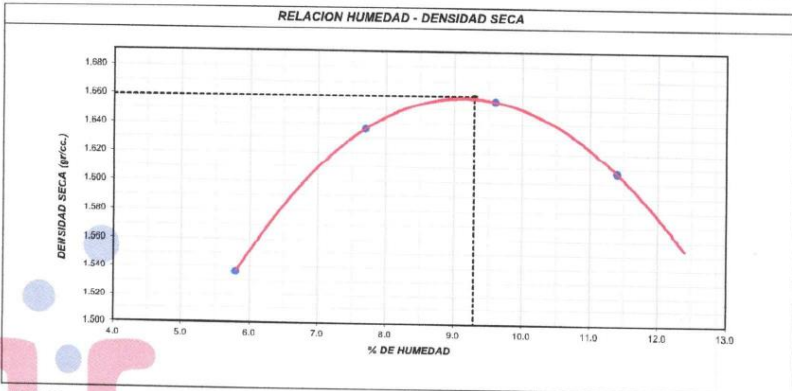
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1557 / MTC E - 115

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ciriaco Figueras, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio
<b>TESIS</b>	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021
<b>UBICACIÓN</b>	: Carabayillo
<b>CALICATA</b>	: --
<b>MUESTRA</b>	: 50% CENIZA DE MADERA
<b>PROFUNDIDAD</b>	: --
	<b>Fecha de ensayo:</b> 05/10/2021

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	9,853	10,242	10,353	10,301	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	3,440	3,729	3,840	3,788	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,626	1,762	1,815	1,790	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	525.5	588.3	547.4	612.0	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	496.7	555.5	499.5	549.4	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	28.8	42.8	47.9	62.6	
Peso del suelo seco	gr.	497	556	499	549	
Contenido de agua	%	5.8	7.7	9.6	11.4	
Densidad Seca	gr/cc	1.537	1.636	1.656	1.607	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.659	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	9.3 %
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  J.J. GEOTECNIA S.A.C. ELMER MOBENG HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210506 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  J.J. GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
---	--	---

# Ensayo de CBR



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jjgeotecniasac.com

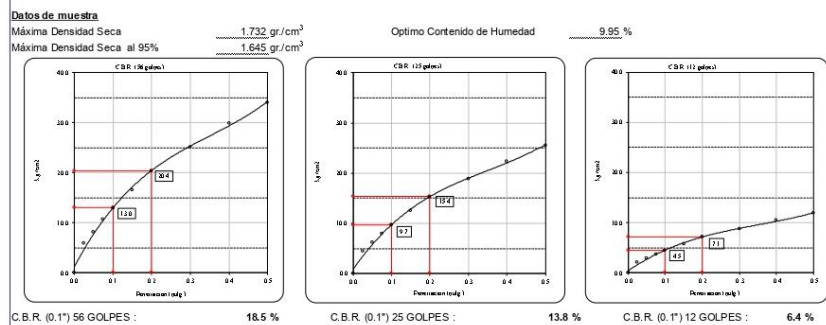
www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>				Código	FOR-LAB-MS-015							
					Revisión	2							
					Aprobado	JJG							
					Fecha	1/01/2021							
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132													
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio <b>SOLICITANTE</b> : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio <b>TESIS</b> : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021 <b>UBICACIÓN</b> : Carabayillo <b>CALICATA</b> : - <span style="float: right;">Fecha de ensayo : 9/10/2021</span> <b>MUESTRA</b> : PATRON <b>PROFUNDIDAD</b> : -													
<b>CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>													
Molde N°	13		14		15								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	12,675		12,326		11,636								
Peso molde (gr.)	8,607		8,449		8,129								
Peso suelo compactado (gr.)	4,068		3,877		3,507								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,137		2,129		2,141								
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1,903		1,821		1,638								
Humedad (%)	9.9		10.1		10.0								
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.732		1.654		1.489								
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>													
Tara+suelo húmedo (gr.)	621.3		583.6		545.1								
Tara+suelo seco (gr.)	565.3		530.1		495.5								
Peso de agua (gr.)	56.0		53.5		49.6								
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	565.3		530.1		495.5								
Humedad (%)	9.9		10.1		10.0								
<b>EXPANSIÓN</b>													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión mm %		Dial	Expansión mm %						
6-Oct	09:20:00	24	45	1.14	0.98	48	1.22	1.05					
7-Oct	09:20:00	48	61	1.55	1.33	63	1.60	1.37					
8-Oct	09:20:00	72	73	1.85	1.59	78	1.98	1.70					
9-Oct	09:20:00	96	85	2.16	1.85	93	2.36	2.03					
<b>PENETRACIÓN</b>													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	Molde N° 13				Molde N° 14				Molde N° 15			
		Carga kg.	kg/cm <sup>2</sup>	Corrección kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	Carga kg.	kg/cm <sup>2</sup>	Corrección kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	Carga kg.	kg/cm <sup>2</sup>	Corrección kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		118	6.0			89	4.5			41	2.1		
0.050		161	8.2			121	6.1			56	2.9		
0.075		210	10.7			158	8.0			74	3.7		
0.100	<b>70.307</b>	255	13.0	<b>13.0</b>	<b>18.5</b>	191	9.7	<b>9.7</b>	<b>13.8</b>	89	4.5	<b>4.5</b>	<b>6.4</b>
0.150		327	16.6			245	12.5			115	5.8		
0.200	<b>105.460</b>	400	20.3	<b>20.4</b>	<b>19.3</b>	300	15.2	<b>15.4</b>	<b>14.6</b>	140	7.1	<b>7.1</b>	<b>6.7</b>
0.300		495	25.1			371	18.9			173	8.8		
0.400		588	29.9			441	22.4			206	10.5		
0.500		670	34.0			503	25.5			235	11.9		
<b>OBSERVACIONES:</b>													
* Muestra provista e identificada por el solicitante.													
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA													
<b>Elaborado por:</b>				<b>Revisado por:</b>				<b>Aprobado por:</b>					
Jefe de Laboratorio				Ingeniero de Suelos y Pavimentos				Control de Calidad JJ GEOTECNIA					

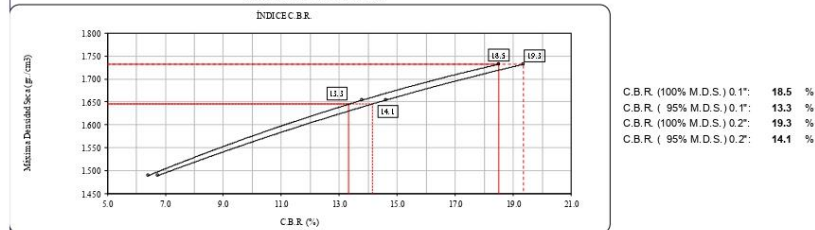
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132




REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Criaco Figueroa, Marcelino Goya/ Vilalaz Alvarez, Raúl Emilio
TESIS	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregado Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021
UBICACIÓN	: Carabayllo
CALICATA	: --
MUESTRA	: PATRON
PROFUNDIDAD	: --
	Fecha de ensayo : 9/10/2021






**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

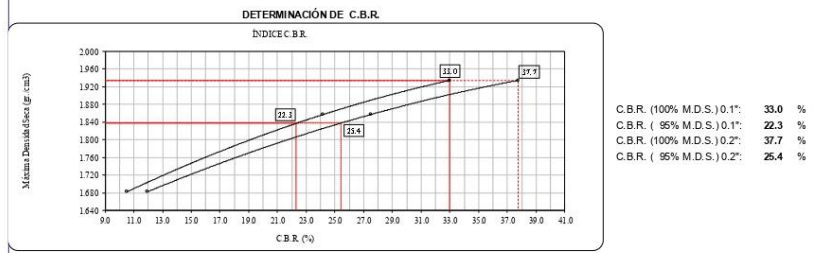
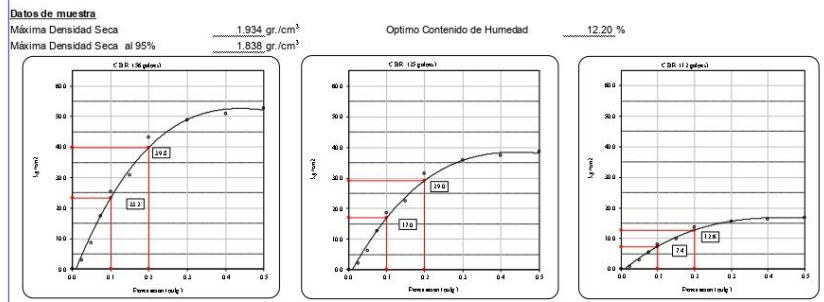


LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA				Código		FOR-LAB-MS-015						
					Revisión		2						
					Aprobado		JJG						
					Fecha		1/01/2021						
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132													
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio <b>SOLICITANTE</b> : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio <b>TESIS</b> : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021 <b>UBICACIÓN</b> : Carabayllo													
<b>CALICATA</b> : 10% <span style="float: right;"><b>Fecha de ensayo</b> : 16/10/2021</span> <b>MUESTRA</b> : <b>PROFUNDIDAD</b> :													
<b>CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>													
Molde Nº	25		26		27								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	68		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	11.727		11.069		11.157								
Peso molde (gr.)	7.128		6.508		7.245								
Peso suelo compactado (gr.)	4.599		4.561		3.912								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2.121		2.187		2.073								
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	2.168		2.085		1.887								
Humedad (%)	12.1		12.3		12.2								
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.934		1.857		1.682								
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>													
Tara+suelo húmedo (gr.)	532.5		548.3		554.1								
Tara+suelo seco (gr.)	475.0		488.5		493.9								
Peso de agua (gr.)	57.5		59.8		60.2								
Peso de tara (gr.)	475.0		488.5		493.9								
Humedad (%)	12.1		12.3		12.2								
<b>EXPANSIÓN</b>													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
13-Oct	09:20:00	24	83	2.11	1.82	94	2.39	2.08	98	2.44	2.15		
14-Oct	09:20:00	48	95	2.41	2.08	106	2.69	2.32	112	2.84	2.51		
15-Oct	09:20:00	72	108	2.74	2.38	115	2.92	2.62	131	3.33	2.94		
16-Oct	09:20:00	96	126	3.20	2.78	134	3.40	2.94	143	3.83	3.21		
<b>PENETRACIÓN</b>													
Penetración (p.f.g)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde Nº 25				Molde Nº 26				Molde Nº 27			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		59	3.0			43	2.2			19	1.0		
0.050		171	8.7			125	6.4			55	2.8		
0.075		341	17.3			249	12.6			109	5.5		
0.100	70.307	501	25.4	23.2	33.0	365	18.6	17.0	24.2	160	8.1	7.4	10.5
0.150		605	30.7			441	22.4			193	9.8		
0.200	105.460	848	43.1	38.8	37.7	619	31.4	29.0	27.5	271	13.8	12.6	11.9
0.300		982	48.9			702	35.7			308	15.6		
0.400		1004	51.0			733	37.2			321	16.3		
0.500		1030	52.8			758	38.5			332	16.9		
<b>OBSERVACIONES:</b>													
* Muestra provista e identificada por el solicitante.													
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA													
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>			<b>Aprobado por:</b>								
													
Jefe de Laboratorio		Ingeniero de Suelos y Pavimentos			Control de Calidad JJ GEOTECNIA								

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	10/10/2021




**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio
<b>TESIS</b>	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021
<b>UBICACIÓN</b>	: Carabaylo
<b>GALICATA</b>	
<b>MUESTRA</b>	: 10%
<b>PROFUNDIDAD</b>	
	Fecha de ensayo : 16/10/2021



**OBSERVACIONES:**  
\* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 <b>Jefe de Laboratorio</b>	 <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	 <b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

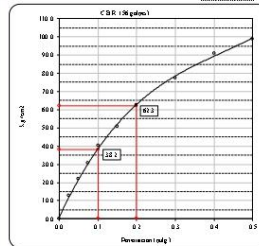
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>				Código	FOR-LAB-MS-015							
					Revisión	2							
					Aprobado	JJG							
					Fecha	1/01/2021							
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132													
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio <b>SOLICITANTE</b> : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio <b>TESIS</b> : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021 <b>UBICACIÓN</b> : Carabayllo <b>CALICATA</b> : - <b>MUESTRA</b> : 20% de ceniza de madera <span style="float: right;"><b>Fecha de ensayo :</b> 9/10/2021</span> <b>PROFUNDIDAD</b> : -													
<b>CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>													
Molde N°	D		E		F								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	12,391		12,125		11,629								
Peso molde (gr.)	8,251		8,170		8,089								
Peso suelo compactado (gr.)	4,140		3,955		3,540								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,131		2,123		2,119								
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1,943		1,863		1,671								
Humedad (%)	10.2		10.3		10.2								
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.763		1.689		1.516								
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>													
Tara+suelo húmedo (gr.)	542.3		525.4		531.3								
Tara+suelo seco (gr.)	492.1		476.3		482.1								
Peso de agua (gr.)	50.2		49.1		49.2								
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	492.1		476.3		482.1								
Humedad (%)	10.2		10.3		10.2								
<b>EXPANSIÓN</b>													
Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión						
		Hr	Dial	mm	%	Dial	mm	%	Dial	mm	%		
6-Oct	09:20:00	24	49	1.24	1.07	51	1.30	1.11	61	1.55	1.33		
7-Oct	09:20:00	48	64	1.63	1.39	65	1.65	1.42	70	1.78	1.53		
8-Oct	09:20:00	72	75	1.91	1.63	71	1.80	1.55	85	2.16	1.86		
9-Oct	09:20:00	96	88	2.24	1.92	90	2.29	1.96	98	2.49	2.14		
<b>PENETRACIÓN</b>													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm <sup>2</sup> )	D				E				F			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		249	12.6			187	9.5			87	4.4		
0.050		429	21.8			322	16.3			150	7.6		
0.075		605	30.7			454	23.0			212	10.8		
0.100	<b>70.307</b>	790	40.1	<b>38.2</b>	<b>54.3</b>	592	30.1	<b>28.8</b>	<b>41.0</b>	276	14.0	<b>13.5</b>	<b>19.2</b>
0.150		1002	50.9			751	38.2			351	17.8		
0.200	<b>105.460</b>	1236	62.8	<b>62.3</b>	<b>59.1</b>	927	47.1	<b>46.8</b>	<b>44.4</b>	433	22.0	<b>22.2</b>	<b>21.1</b>
0.300		1520	77.2			1140	57.9			532	27.0		
0.400		1793	91.1			1345	68.3			627	31.9		
0.500		1947	98.9			1460	74.2			638	32.4		
<b>OBSERVACIONES:</b>													
* Muestra provista e identificada por el solicitante.													
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA													
<b>Elaborado por:</b>		<b>Revisado por:</b>			<b>Aprobado por:</b>								
													
Jefe de Laboratorio		Ingeniero de Suelos y Pavimentos			Control de Calidad JJ GEOTECNIA								

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

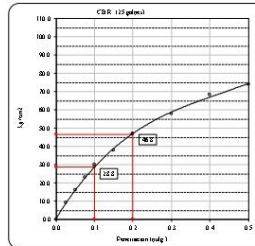
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Vilalaz Alvarez, Raúl Emilio		
TESIS	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregado Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021		
UBICACIÓN	: Carabaylo		
CALCATA	---	Fecha de ensayo :	9/10/2021
MUESTRA	: 20% de ceniza de madera		
PROFUNDIDAD	: ---		

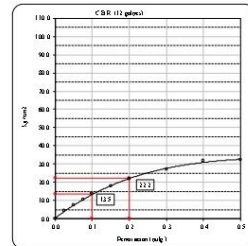
**Datos de muestra**  
Máxima Densidad Seca  $1.763 \text{ gr/cm}^3$       Optimo Contenido de Humedad  $10.20 \%$   
Máxima Densidad Seca al 95%  $1.675 \text{ gr/cm}^3$



C.B.R. (0.1') 56 GOLPES : 54.3 %

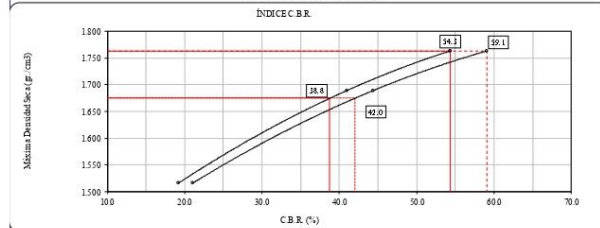


C.B.R. (0.1') 25 GOLPES : 41.0 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES : 19.2 %

**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1': 54.3 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1': 38.8 %  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2': 59.1 %  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2': 42.0 %

**OBSERVACIONES:**

- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Criaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio
<b>TESIS</b>	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021
<b>UBICACIÓN</b>	: Carabayillo
<b>CALICATA</b>	: -
<b>MUESTRA</b>	: 30 % de ceniza de madera
<b>PROFUNDIDAD</b>	: -

**Fecha de ensayo :** 9/10/2021

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

Molde N°	16	17	18
Número de capas	5	5	5
Número de golpes	56	25	12
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,972	11,571	11,193
Peso molde (gr.)	7,925	7,749	7,760
Peso suelo compactado (gr.)	4,047	3,822	3,433
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,148	2,131	2,120
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1.884	1.794	1.620
Humedad (%)	9.8	9.7	9.8
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.716	1.635	1.475

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Tara+suelo húmedo (gr.)	456.3	515.9	564.2
Tara+suelo seco (gr.)	415.6	470.3	513.8
Peso de agua (gr.)	40.7	45.6	50.4
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	415.6	470.3	513.8
Humedad (%)	9.8	9.7	9.8

**EXPANSIÓN**

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
6-Oct	09:20:00	24	43	1.09	0.94	49	1.24	1.07	52	1.32	1.13
7-Oct	09:20:00	48	58	1.47	1.26	62	1.57	1.36	73	1.85	1.59
8-Oct	09:20:00	72	67	1.70	1.46	75	1.91	1.64	88	2.24	1.92
9-Oct	09:20:00	96	81	2.06	1.76	89	2.26	1.95	92	2.34	2.01

**PENETRACIÓN**

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	Molde N° 16				Molde N° 17				Molde N° 18			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		210	10.7			158	8.0			74	3.7		
0.050		424	21.5			318	16.1			148	7.5		
0.075		647	32.9			485	24.6			225	11.5		
0.100	<b>70.307</b>	824	41.8	<b>38.8</b>	<b>55.2</b>	618	31.4	<b>29.2</b>	<b>41.5</b>	288	14.6	<b>13.4</b>	<b>19.1</b>
0.150		990	50.3			743	37.7			347	17.6		
0.200	<b>105.460</b>	1176	59.7	<b>60.7</b>	<b>57.6</b>	882	44.8	<b>45.5</b>	<b>43.1</b>	412	20.9	<b>21.2</b>	<b>20.1</b>
0.300		1390	70.6			1043	52.9			487	24.7		
0.400		1567	79.6			1175	59.7			548	27.8		
0.500		1707	86.7			1281	65.0			638	32.4		

**OBSERVACIONES:**

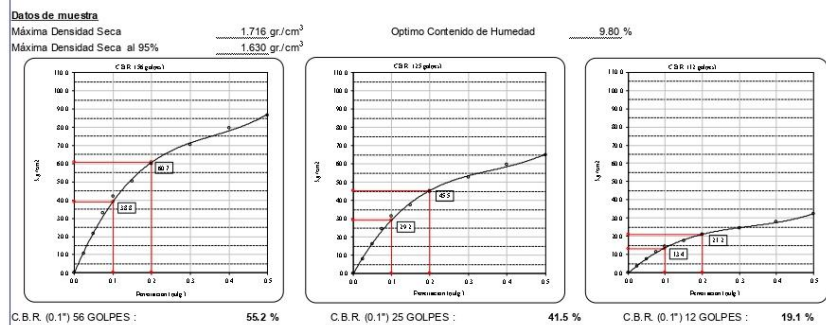
- \* Muestra provista e identificada por el solicitante.
- \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
		
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

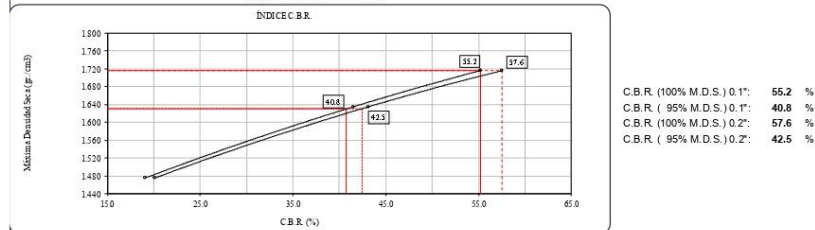
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Vilalaz Alvarez, Raúl Emilio		
TESIS	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregado Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021		
UBICACIÓN	: Carabayllo		
CALICATA	---	Fecha de ensayo :	9/10/2021
MUESTRA	: 30 % de ceniza de madera		
PROFUNDIDAD	: ---		






**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



**OBSERVACIONES:**  
\* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

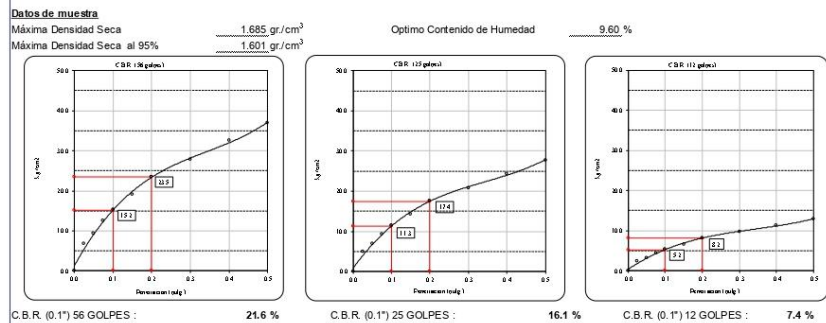
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA				Código	FOR-LAB-MS-015						
						Revisión	2						
						Aprobado	JJG						
						Fecha	1/01/2021						
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132													
<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio												
<b>SOLICITANTE</b>	: Ciriaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio												
<b>TESIS</b>	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021												
<b>UBICACIÓN</b>	: Carabaylo												
<b>CALICATA</b>	: -												
<b>MUESTRA</b>	: 40 % de ceniza de madera							<b>Fecha de ensayo :</b>	9/10/2021				
<b>PROFUNDIDAD</b>	: -												
<b>CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)</b>													
Molde N°	G		10		11								
Número de capas	5		5		5								
Número de golpes	56		25		12								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso suelo + molde (gr.)	11,671		12,120		11,976								
Peso molde (gr.)	7,786		8,336		8,507								
Peso suelo compactado (gr.)	3,885		3,784		3,469								
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,106		2,135		2,135								
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1.845		1.772		1.625								
Humedad (%)	9.5		9.6		9.6								
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1.685		1.617		1.483								
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>													
Tara+suelo húmedo (gr.)	458.6		435.9		482.1								
Tara+suelo seco (gr.)	418.8		397.7		439.9								
Peso de agua (gr.)	39.8		38.2		42.2								
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	418.8		397.7		439.9								
Humedad (%)	9.5		9.6		9.6								
<b>EXPANSIÓN</b>													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión				
			mm	%		mm	%		mm	%			
6-Oct	09:20:00	24	42	1.07	0.92	47	1.19	1.03	56	1.42	1.22		
7-Oct	09:20:00	48	56	1.42	1.22	61	1.55	1.33	75	1.91	1.64		
8-Oct	09:20:00	72	64	1.63	1.40	70	1.78	1.53	86	2.18	1.88		
9-Oct	09:20:00	96	79	2.01	1.72	85	2.16	1.85	90	2.29	1.96		
<b>PENETRACIÓN</b>													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	G				Molde N° 10				Molde N° 11			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %	kg	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		133	6.7			100	5.1			46	2.4		
0.050		185	9.4			139	7.0			65	3.3		
0.075		246	12.5			184	9.4			86	4.4		
0.100	<b>70.307</b>	301	15.3	<b>15.2</b>	<b>21.6</b>	226	11.5	<b>11.3</b>	<b>16.1</b>	105	5.3	<b>5.2</b>	<b>7.4</b>
0.150		376	19.1			282	14.3			132	6.7		
0.200	<b>105.460</b>	461	23.4	<b>23.5</b>	<b>22.3</b>	346	17.6	<b>17.4</b>	<b>16.5</b>	161	8.2	<b>8.2</b>	<b>7.8</b>
0.300		549	27.9			412	20.9			192	9.8		
0.400		641	32.5			481	24.4			224	11.4		
0.500		727	36.9			545	27.7			254	12.9		
<b>OBSERVACIONES:</b>													
* Muestra provista e identificada por el solicitante.													
* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA													
<b>Elaborado por:</b>			<b>Revisado por:</b>			<b>Aprobado por:</b>							
													
Jefe de Laboratorio			Ingeniero de Suelos y Pavimentos			Control de Calidad JJ GEOTECNIA							

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

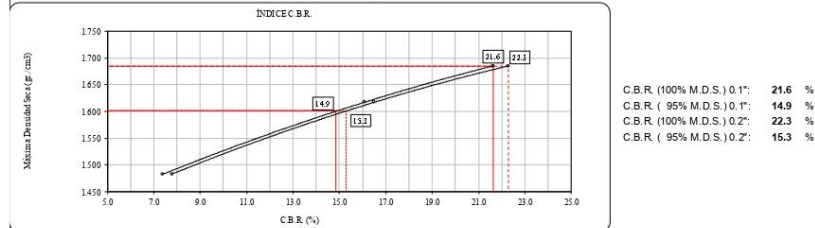
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Criaco Figueroa, Marcelino Goyol Villalaz Alvarez, Raúl Emilio
<b>TESIS</b>	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregado Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021
<b>UBICACIÓN</b>	: Carabaylo
<b>CALICATA</b>	: --
<b>MUESTRA</b>	: 40 % de ceniza de madera
<b>PROFUNDIDAD</b>	: --

Fecha de ensayo : 9/10/2021



**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



**OBSERVACIONES:**  
\* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
\* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

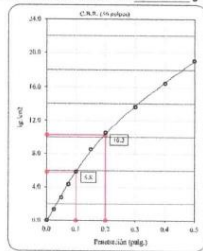


<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>		<b>Código</b>	<b>FOR-LAB-MS-015</b>
			<b>Revisión</b>	<b>3</b>
			<b>Aprobado</b>	<b>CC-JJG</b>
			<b>Fecha</b>	<b>01/01/2021</b>
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132</b>				
<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio			
<b>SOLICITANTE</b>	: Cirilco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio			
<b>TESIS</b>	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021			
<b>UBICACIÓN</b>	: Carabayillo			
<b>CALICATA</b>	: --			
<b>MUESTRA</b>	: 50% CENIZA DE MADERA			
<b>PROFUNDIDAD</b>	: --			
			<b>Fecha de ensayo :</b> 09/10/2021	

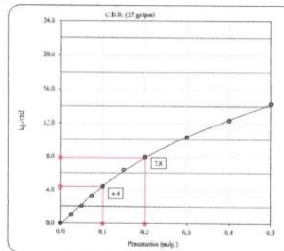
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca  $1,677 \text{ gr./cm}^3$   
Máxima Densidad Seca al  $1,593 \text{ gr./cm}^3$

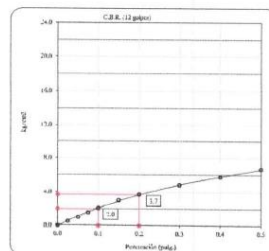
Óptimo Contenido de Humedad **9.30 %**



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : **8.2 %**

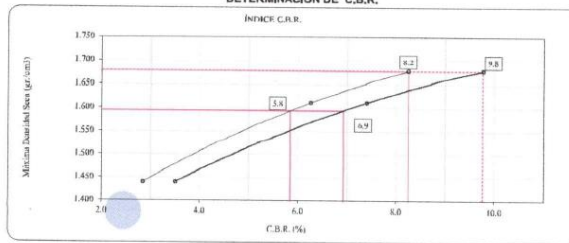


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : **6.3 %**



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : **2.8 %**

**DETERMINACIÓN DE C.B.R.**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **8.2 %**  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1": **6.8 %**  
C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **9.8 %**  
C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2": **6.9 %**

**OBSERVACIONES:**

- A Muestra provista e identificada por el solicitante.
- A Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

<b>Elaborado por:</b>  Jefe de Laboratorio	<b>Revisado por:</b>  Ingeniero de Suelos y Pavimentos	<b>Aprobado por:</b>  Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	---

<b>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES</b>	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>		<b>Código</b>	FOR-LAB-MS-015
			<b>Revisión</b>	2
			<b>Aprobado</b>	JJG
			<b>Fecha</b>	01/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D1883 / MTC E - 132

<b>REFERENCIA</b>	: Datos de laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: Cinaco Figueroa, Marcelino Goyo/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio
<b>TESIS</b>	: Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregado Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayllo 2021
<b>UBICACIÓN</b>	: Carabayllo
<b>CALICATA</b>	: -
<b>MUESTRA</b>	: 50% CENIZA DE MADERA
<b>PROFUNDIDAD</b>	: -

Fecha de ensayo : 09/10/2021

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	A		B		C	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,428		12,665		11,971	
Peso molde (gr.)	8,545		8,935		8,648	
Peso suelo compactado (gr.)	3,883		3,730		3,323	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2,115		2,115		2,108	
Densidad húmeda (gr./cm <sup>3</sup> )	1,835		1,764		1,576	
Humedad (%)	9,4		9,5		9,5	
Densidad Seca (gr./cm <sup>3</sup> )	1,677		1,611		1,440	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	804,2	571,2	595,4
Tara+suelo seco (gr.)	552,3	521,6	543,7
Peso de agua (gr.)	51,9	49,6	51,7
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	552,3	521,6	543,7
Humedad (%)	9,4	9,5	9,5

EXPANSION											
Fecha	Hor.	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
05-oct	###	24	51	1,30	1,11	54	1,37	1,18	65	1,55	1,42
07-oct	###	48	65	1,65	1,42	66	1,68	1,44	74	1,88	1,61
08-oct	###	72	78	1,88	1,70	75	1,91	1,64	88	2,24	1,92
09-oct	###	96	90	2,24	1,96	94	2,39	2,05	101	2,57	2,20

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm <sup>2</sup> )	A				B				C			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %	kg.	kg./cm <sup>2</sup>	kg./cm <sup>2</sup>	CBR %
0.025		27	1,4			20	1,0			9	0,5		
0.050		55	2,8			41	2,1			19	1,0		
0.075		86	4,3			64	3,3			30	1,5		
0.100		70.307	115	5,8	5,8	86	4,4	4,4	6,3	40	2,0	2,0	2,8
0.150		198	8,5			126	6,4			59	3,0		
0.200		195.460	208	10,6	10,3	156	7,9	7,8	7,4	73	3,7	3,7	3,5
0.300		269	13,7			202	10,3			94	4,8		
0.400		323	16,4			242	12,3			113	5,7		
0.500		376	19,1			282	14,3			132	6,7		

**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL RES. CIP N° 21055F Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	--

# Ensayos de corte directo



Telf.: (01) 632-9183  
 Cel: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D3080

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
 SOLICITANTE : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
 PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021  
 UBICACIÓN : Carabayillo  
 CALICATA : -  
 MUESTRA : 50% de ceniza de madera  
 PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m  
 Fecha de ensayo: 20/10/2021

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm
Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.434	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.433	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.432	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.432	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	7.9	%	Humedad Inic.:	7.9	%	Humedad Inic.:	8.0	%	Humedad Inic.:	8.0	%
Est. Normal:	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Normal:	1.01	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Normal:	2.02	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Normal:	2.02	kg/cm <sup>2</sup>
Est. Corte:	0.22	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Corte:	0.41	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Corte:	0.87	kg/cm <sup>2</sup>	Est. Corte:	0.87	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (ts)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (ts)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (ts)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.04	0.11	0.41	0.09	0.11	0.41	0.19	0.12
0.82	0.08	0.21	0.82	0.11	0.14	0.82	0.21	0.13
1.23	0.11	0.28	1.23	0.13	0.16	1.23	0.22	0.14
1.64	0.13	0.32	1.64	0.15	0.18	1.64	0.23	0.14
2.47	0.15	0.37	2.47	0.17	0.21	2.47	0.29	0.18
3.29	0.16	0.39	3.29	0.18	0.22	3.29	0.32	0.19
4.11	0.17	0.42	4.11	0.23	0.27	4.11	0.42	0.25
4.93	0.18	0.43	4.93	0.26	0.31	4.93	0.50	0.30
5.75	0.19	0.46	5.75	0.28	0.34	5.75	0.55	0.33
6.58	0.20	0.46	6.58	0.30	0.35	6.58	0.60	0.35
7.40	0.20	0.46	7.40	0.31	0.37	7.40	0.63	0.37
8.22	0.20	0.48	8.22	0.33	0.38	8.22	0.67	0.39
9.04	0.20	0.47	9.04	0.34	0.39	9.04	0.69	0.40
9.86	0.20	0.46	9.86	0.34	0.39	9.86	0.71	0.40
10.69	0.21	0.47	10.69	0.36	0.41	10.69	0.76	0.43
11.51	0.21	0.47	11.51	0.38	0.42	11.51	0.79	0.44
12.33	0.21	0.47	12.33	0.38	0.43	12.33	0.81	0.45
13.15	0.21	0.47	13.15	0.39	0.43	13.15	0.82	0.45
13.97	0.21	0.46	13.97	0.39	0.43	13.97	0.84	0.45
14.80	0.21	0.46	14.80	0.40	0.43	14.80	0.85	0.46
15.62	0.21	0.46	15.62	0.41	0.43	15.62	0.86	0.46
16.44	0.22	0.47	16.44	0.41	0.43	16.44	0.87	0.46

OBSERVACIONES:  
 Muestras remodeladas en laboratorio.  
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

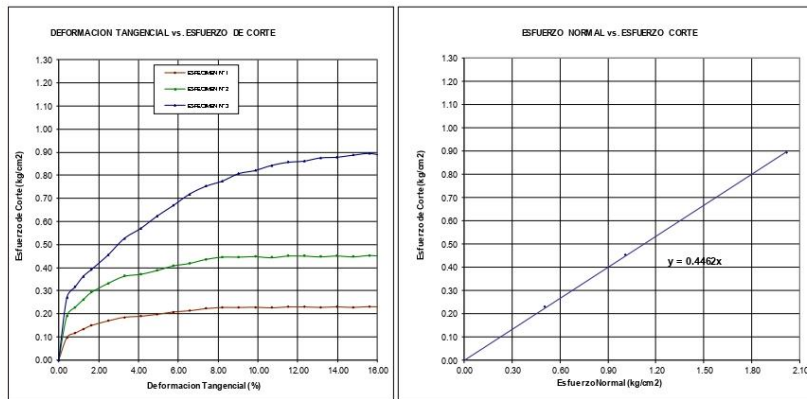
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ciríaco Figueroa, Marcelino Goyo' Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
**PROYECTO** : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021  
**UBICACIÓN** : Carabaylo  
**CALICATA** : -  
**MUESTRA** : 40% de ceniza de madera  
**PROFUNDIDAD** : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**  
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



**Resultados:**  
Cohesión  $c$  : 0.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Ángulo de fricción  $\phi$  : 24.0°

**OBSERVACIONES:**  
Muestras remodeladas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
**PROYECTO** : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021  
**UBICACIÓN** : Carabayillo  
**CALICATA** : -  
**MUESTRA** : 40% de ceniza de madera  
**PROFUNDIDAD** : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min								
ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm
Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.454	g/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.447	g/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.449	g/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	7.8	%	Humedad Inic.:	8.0	%	Humedad Inic.:	7.9	%
Esf. Normal:	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	1.01	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	2.02	kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0.23	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.45	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.90	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.10	0.25	0.41	0.19	0.24	0.41	0.27	0.17
0.82	0.12	0.29	0.82	0.23	0.29	0.82	0.32	0.20
1.23	0.13	0.33	1.23	0.26	0.33	1.23	0.36	0.23
1.64	0.15	0.37	1.64	0.29	0.37	1.64	0.39	0.24
2.47	0.17	0.42	2.47	0.33	0.41	2.47	0.45	0.28
3.29	0.19	0.45	3.29	0.36	0.44	3.29	0.53	0.32
4.11	0.19	0.46	4.11	0.37	0.45	4.11	0.57	0.35
4.93	0.20	0.48	4.93	0.39	0.47	4.93	0.62	0.37
5.75	0.21	0.50	5.75	0.41	0.49	5.75	0.67	0.40
6.58	0.21	0.51	6.58	0.42	0.50	6.58	0.72	0.42
7.40	0.22	0.52	7.40	0.44	0.51	7.40	0.75	0.44
8.22	0.23	0.53	8.22	0.45	0.52	8.22	0.78	0.45
9.04	0.23	0.52	9.04	0.45	0.51	9.04	0.81	0.46
9.86	0.23	0.52	9.86	0.45	0.51	9.86	0.82	0.47
10.69	0.23	0.51	10.69	0.44	0.50	10.69	0.84	0.48
11.51	0.23	0.52	11.51	0.45	0.51	11.51	0.86	0.48
12.33	0.23	0.51	12.33	0.45	0.50	12.33	0.86	0.48
13.15	0.23	0.50	13.15	0.45	0.49	13.15	0.86	0.48
13.97	0.23	0.50	13.97	0.45	0.49	13.97	0.88	0.48
14.80	0.23	0.49	14.80	0.45	0.48	14.80	0.89	0.48
15.62	0.23	0.49	15.62	0.45	0.48	15.62	0.90	0.48
16.44	0.23	0.48	16.44	0.45	0.47	16.44	0.88	0.47

**OBSERVACIONES:**  
Muestras remoldeadas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 	 	
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

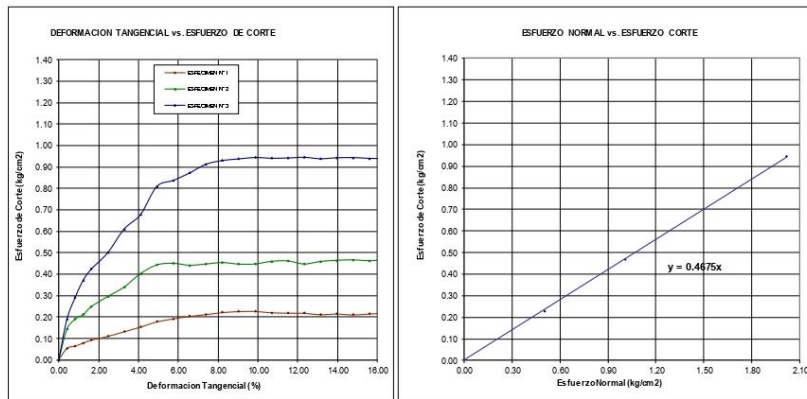
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
SOLICITANTE : Ciríaco Figueroa, Marcelino Goyo' Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021  
UBICACIÓN : Carabayillo  
CALICATA : -  
MUESTRA : 30% de ceniza de madera  
PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**  
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:  
Cohesión  $c$  : 0.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Angulo de fricción  $\phi$  : 25.1°

OBSERVACIONES:  
Muestras remodeladas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
SOLICITANTE : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021  
UBICACIÓN : Carabaylo  
CALICATA : -  
MUESTRA : 30% de ceniza de madera  
PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min								
ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm
Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.492	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.489	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.490	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	7.9	%	Humedad Inic.:	8.1	%	Humedad Inic.:	8.0	%
Esf. Normal:	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	1.01	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	2.02	kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0.23	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.47	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.95	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.06	0.14	0.41	0.14	0.18	0.41	0.19	0.12
0.82	0.06	0.16	0.82	0.19	0.24	0.82	0.29	0.18
1.23	0.08	0.20	1.23	0.21	0.26	1.23	0.37	0.23
1.64	0.09	0.23	1.64	0.25	0.31	1.64	0.42	0.26
2.47	0.11	0.27	2.47	0.30	0.36	2.47	0.50	0.31
3.29	0.13	0.32	3.29	0.34	0.42	3.29	0.61	0.37
4.11	0.15	0.37	4.11	0.40	0.49	4.11	0.68	0.41
4.93	0.18	0.43	4.93	0.44	0.53	4.93	0.81	0.49
5.75	0.19	0.46	5.75	0.45	0.54	5.75	0.84	0.50
6.58	0.20	0.48	6.58	0.44	0.52	6.58	0.87	0.51
7.40	0.21	0.50	7.40	0.45	0.52	7.40	0.91	0.53
8.22	0.22	0.52	8.22	0.45	0.53	8.22	0.93	0.54
9.04	0.23	0.52	9.04	0.45	0.51	9.04	0.94	0.54
9.86	0.23	0.52	9.86	0.45	0.51	9.86	0.94	0.54
10.69	0.22	0.50	10.69	0.46	0.52	10.69	0.94	0.53
11.51	0.22	0.49	11.51	0.46	0.52	11.51	0.94	0.53
12.33	0.22	0.49	12.33	0.45	0.49	12.33	0.95	0.52
13.15	0.21	0.47	13.15	0.46	0.50	13.15	0.94	0.52
13.97	0.22	0.47	13.97	0.46	0.50	13.97	0.94	0.51
14.80	0.21	0.46	14.80	0.47	0.50	14.80	0.94	0.51
15.62	0.22	0.46	15.62	0.46	0.49	15.62	0.94	0.50
16.44	0.22	0.46	16.44	0.47	0.49	16.44	0.94	0.50

OBSERVACIONES:  
Muestras remoldeadas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 	 	
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

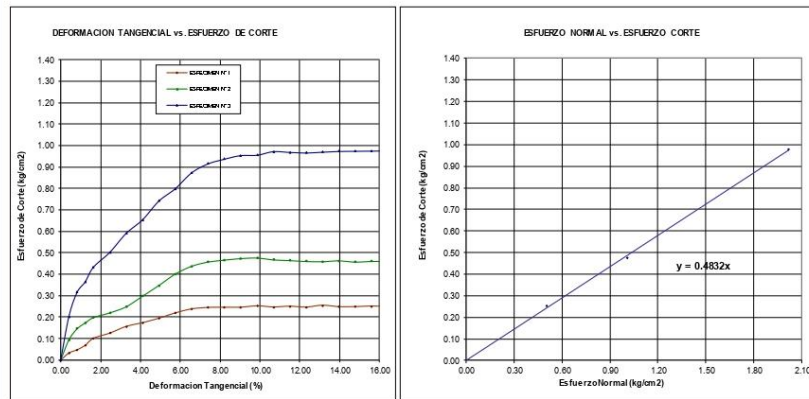
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
SOLICITANTE : Ciríaco Figueroa, Marcelino Goyo' Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021  
UBICACIÓN : Carabaylo  
CALICATA : -  
MUESTRA : 20% de ceniza de madera  
PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**  
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:  
Cohesión  $c$  : 0.00 kg/cm<sup>2</sup>  
Angulo de fricción  $\phi$  : 25.8°

OBSERVACIONES:  
Muestras remodeladas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
**PROYECTO** : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021  
**UBICACIÓN** : Carabayillo  
**CALICATA** : -  
**MUESTRA** : 20% de ceniza de madera  
**PROFUNDIDAD** : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min								
ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm
Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.496	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.489	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.495	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	8.2	%	Humedad Inic.:	8.0	%	Humedad Inic.:	8.2	%
Esf. Normal:	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	1.01	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	2.02	kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0.25	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.48	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.98	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.03	0.08	0.41	0.09	0.12	0.41	0.20	0.13
0.82	0.05	0.12	0.82	0.15	0.18	0.82	0.32	0.20
1.23	0.07	0.17	1.23	0.17	0.22	1.23	0.37	0.23
1.64	0.10	0.25	1.64	0.20	0.25	1.64	0.43	0.27
2.47	0.13	0.31	2.47	0.22	0.27	2.47	0.50	0.31
3.29	0.16	0.38	3.29	0.25	0.30	3.29	0.59	0.36
4.11	0.17	0.42	4.11	0.30	0.36	4.11	0.65	0.40
4.93	0.19	0.47	4.93	0.35	0.42	4.93	0.74	0.45
5.75	0.22	0.52	5.75	0.40	0.48	5.75	0.80	0.48
6.58	0.24	0.56	6.58	0.44	0.52	6.58	0.87	0.52
7.40	0.24	0.57	7.40	0.46	0.54	7.40	0.92	0.54
8.22	0.24	0.57	8.22	0.47	0.54	8.22	0.94	0.54
9.04	0.24	0.56	9.04	0.47	0.54	9.04	0.95	0.55
9.86	0.25	0.57	9.86	0.48	0.54	9.86	0.96	0.54
10.69	0.25	0.56	10.69	0.47	0.53	10.69	0.97	0.55
11.51	0.25	0.56	11.51	0.46	0.52	11.51	0.97	0.54
12.33	0.25	0.54	12.33	0.46	0.51	12.33	0.97	0.54
13.15	0.25	0.56	13.15	0.46	0.50	13.15	0.97	0.53
13.97	0.25	0.54	13.97	0.46	0.50	13.97	0.97	0.53
14.80	0.25	0.53	14.80	0.46	0.49	14.80	0.97	0.52
15.62	0.25	0.53	15.62	0.46	0.49	15.62	0.98	0.52
16.44	0.25	0.53	16.44	0.46	0.49	16.44	0.98	0.52

**OBSERVACIONES:**  
Muestras remoldeadas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

<b>Elaborado por:</b>	<b>Revisado por:</b>	<b>Aprobado por:</b>
 	 	
<b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>

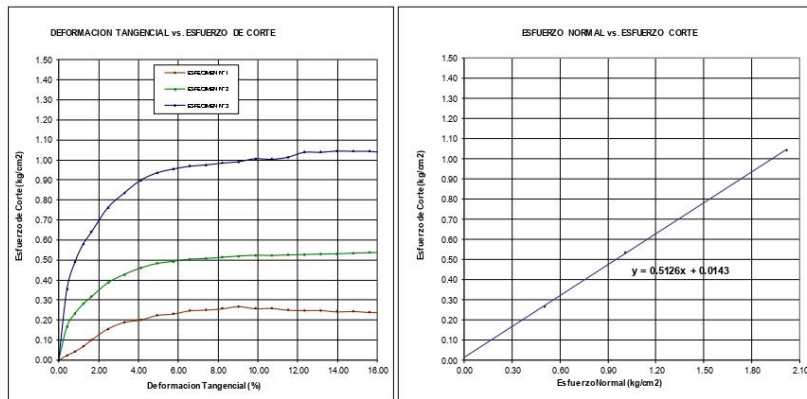
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
SOLICITANTE : Ciríaco Figueroa, Marcelino Goyo' Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021  
UBICACIÓN : Carabayillo  
CALICATA : -  
MUESTRA : 10% de ceniza de madera  
PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m  
Fecha de ensayo: 20/10/2021



**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**  
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:  
Cohesión (c) : 0.01 kg/cm²  
Angulo de fricción (φ) : 27.1°

OBSERVACIONES:  
Muestras remodeladas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
SOLICITANTE : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021  
UBICACIÓN : Carabayillo  
CALICATA : -  
MUESTRA : 10% de ceniza de madera  
PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min								
ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm
Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.506	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.505	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.506	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	8.0	%	Humedad Inic.:	8.1	%	Humedad Inic.:	8.1	%
Esf. Normal:	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	1.01	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	2.02	kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0.27	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.54	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	1.05	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.02	0.06	0.41	0.17	0.21	0.41	0.35	0.22
0.82	0.04	0.11	0.82	0.23	0.29	0.82	0.49	0.31
1.23	0.07	0.17	1.23	0.28	0.35	1.23	0.58	0.36
1.64	0.10	0.25	1.64	0.32	0.39	1.64	0.64	0.40
2.47	0.16	0.38	2.47	0.39	0.47	2.47	0.76	0.47
3.29	0.19	0.46	3.29	0.43	0.52	3.29	0.84	0.51
4.11	0.20	0.49	4.11	0.46	0.56	4.11	0.90	0.54
4.93	0.22	0.54	4.93	0.48	0.58	4.93	0.94	0.56
5.75	0.23	0.55	5.75	0.49	0.59	5.75	0.96	0.57
6.58	0.25	0.58	6.58	0.50	0.59	6.58	0.97	0.57
7.40	0.25	0.59	7.40	0.51	0.59	7.40	0.98	0.57
8.22	0.26	0.60	8.22	0.51	0.59	8.22	0.99	0.57
9.04	0.27	0.62	9.04	0.52	0.60	9.04	0.99	0.57
9.86	0.26	0.59	9.86	0.52	0.60	9.86	1.01	0.57
10.69	0.26	0.59	10.69	0.52	0.59	10.69	1.00	0.57
11.51	0.25	0.56	11.51	0.52	0.59	11.51	1.01	0.57
12.33	0.25	0.55	12.33	0.53	0.58	12.33	1.04	0.58
13.15	0.25	0.55	13.15	0.53	0.58	13.15	1.04	0.57
13.97	0.24	0.53	13.97	0.53	0.58	13.97	1.05	0.57
14.80	0.24	0.53	14.80	0.53	0.57	14.80	1.04	0.56
15.62	0.24	0.51	15.62	0.54	0.57	15.62	1.04	0.56
16.44	0.24	0.50	16.44	0.54	0.57	16.44	1.04	0.55

OBSERVACIONES:  
Muestras remoldeadas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 	 	
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

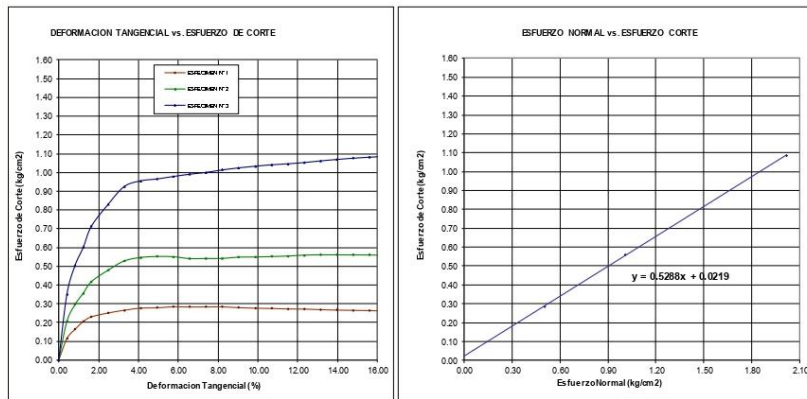
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
 SOLICITANTE : Ciríaco Figueroa, Marcelino Goyo' Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
 PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021  
 UBICACIÓN : Carabaylo  
 CALICATA : -  
 MUESTRA : Patrón  
 PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**  
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:  
 Cohesión (c) : 0.02 kg/cm²  
 Ángulo de fricción (φ) : 27.9°

OBSERVACIONES:  
 Muestras remodeladas en laboratorio.  
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080






REFERENCIA : Datos de laboratorio  
SOLICITANTE : Ciriaco Figueroa, Marcelino Goya/ Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabayillo 2021  
UBICACIÓN : Carabayillo  
CALICATA : -  
MUESTRA : Pabón  
PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min								
ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm
Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>	Area Inicial:	29.1	cm <sup>2</sup>
Densidad Seca:	1.520	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.518	gr/cm <sup>3</sup>	Densidad Seca:	1.521	gr/cm <sup>3</sup>
Humedad Inic.:	8.1	%	Humedad Inic.:	8.2	%	Humedad Inic.:	8.1	%
Esf. Normal:	0.50	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	1.01	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Normal:	2.02	kg/cm <sup>2</sup>
Esf. Corte:	0.28	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	0.56	kg/cm <sup>2</sup>	Esf. Corte:	1.09	kg/cm <sup>2</sup>

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo Normalizado (τ/σ)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.11	0.29	0.41	0.21	0.26	0.41	0.35	0.22
0.82	0.16	0.41	0.82	0.30	0.37	0.82	0.50	0.32
1.23	0.20	0.51	1.23	0.36	0.44	1.23	0.60	0.37
1.64	0.23	0.57	1.64	0.42	0.52	1.64	0.71	0.44
2.47	0.25	0.62	2.47	0.48	0.59	2.47	0.83	0.51
3.29	0.27	0.65	3.29	0.53	0.65	3.29	0.92	0.56
4.11	0.28	0.67	4.11	0.55	0.66	4.11	0.96	0.58
4.93	0.28	0.67	4.93	0.55	0.66	4.93	0.97	0.58
5.75	0.28	0.68	5.75	0.55	0.66	5.75	0.98	0.58
6.58	0.28	0.67	6.58	0.54	0.64	6.58	0.99	0.58
7.40	0.28	0.66	7.40	0.54	0.63	7.40	1.00	0.59
8.22	0.28	0.66	8.22	0.54	0.63	8.22	1.01	0.59
9.04	0.28	0.64	9.04	0.55	0.63	9.04	1.02	0.59
9.86	0.28	0.63	9.86	0.55	0.63	9.86	1.03	0.59
10.69	0.27	0.62	10.69	0.55	0.62	10.69	1.04	0.59
11.51	0.27	0.61	11.51	0.55	0.62	11.51	1.05	0.58
12.33	0.27	0.60	12.33	0.56	0.62	12.33	1.05	0.58
13.15	0.27	0.59	13.15	0.56	0.62	13.15	1.06	0.58
13.97	0.27	0.58	13.97	0.56	0.61	13.97	1.07	0.58
14.80	0.26	0.57	14.80	0.56	0.60	14.80	1.08	0.58
15.62	0.26	0.56	15.62	0.56	0.60	15.62	1.08	0.58
16.44	0.26	0.55	16.44	0.56	0.59	16.44	1.09	0.57

OBSERVACIONES:  
Muestras remoldeadas en laboratorio.  
Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 	 	
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

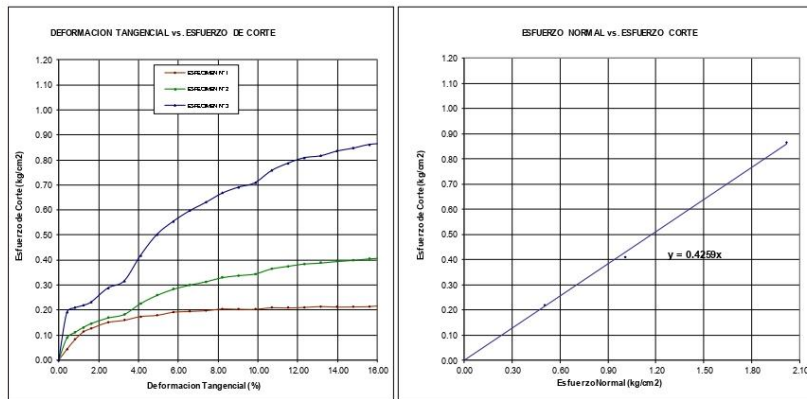
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
ASTM D3080

REFERENCIA : Datos de laboratorio  
 SOLICITANTE : Ciríaco Figueroa, Marcelino Goyo' Villalaz Alvarez, Raúl Emilio  
 PROYECTO : Análisis de la capacidad de soporte del suelo arcilloso Agregando Ceniza de Madera a Nivel del Subrasante, Carabaylo 2021  
 UBICACIÓN : Carabaylo  
 CALICATA : -  
 MUESTRA : 50% de ceniza de madera  
 PROFUNDIDAD : 0.10 - 1.50 m Fecha de ensayo: 20/10/2021




**ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS**  
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:  
 Cohesión (c) : 0.00 kg/cm<sup>2</sup>  
 Angulo de fricción (φ) : 23.1°

OBSERVACIONES:  
 Muestras remodeladas en laboratorio.  
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad de JJ GEOTECNIA SAC.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

## Anexo 5. Registro fotográfico









## Índice de símbolos y abreviaturas

AASHTO	: American Association of State Highway and Transportation Officials
CBR	: California Bearing Ratio
CM	: Ceniza de madera
HO	: Humedad óptima
MDS	: Máxima densidad seca
SN	: Suelo natural
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
MTC	: Ministerio de transportes y comunicaciones
CL	: Arcilla arenosa de baja plasticidad
G	: Grava
S	: Arena
C	: Arcilla
M	: Limo
H	: Alta plasticidad
L	: Baja Plasticidad