

Mechanical properties of a soil with the addition of Pine and Eucalyptus Ash, Baños del Inca - Cajamarca

Jacqueline Primitiva Rodríguez Ortiz, Bach.¹ , and Kely Elizabeth Núñez Vásquez, Ing² 

¹ Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, N00032201@upn.pe

² Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, kely.nunez@upn.edu.pe

Abstract: Many cultures in the highlands region have indirectly stabilized their soils or paths on their paths, being the case of Baños del Inca – Cajamarca, the people or community members of the area add pine and eucalyptus ashes indirectly to their roads; This research aims to evaluate the physical mechanical properties of a soil in the area of Baños del Inca – Shaullo chico, the research is of a quantitative approach, of an experimental type having a base sample of a soil without adding any type of ash and then with each type of ash that is extracted from Shaullo Chico and from there the addition of 2% and 4% of pine and eucalyptus ash, to obtain the Proctor and the C.B.R; the standard sample obtained a PROCTOR of 1.61 g/cm³ and CBR of 1.55 g/cm³, with 2% pine ash in Proctor it reaches 1.80 g/cm³ and CBR with 1.74 g/cm³, 4% pine ash 1.90 g/cm³ and in CBR with 1.89 g/cm³, 2% eucalyptus ash in PROCTOR 1.94 g/cm³ and in CBR at 1.90 g/cm³ and 4% eucalyptus ash PROCTOR 1.62 g/cm³ and CBR 1.73 g/cm³, the difference between the highest value reached in the standard sample being 16.79% with 2% eucalyptus ash; it is observed that there is an increase in soil resistance with the addition of eucalyptus and pine ash, as well as an increase in the C.B.R, concluding that there is an increase in both pine and eucalyptus of the CBR.

Keywords: Pine ash, Eucalyptus ash and Soil improvement.

Propiedades Mecánicas De Un Suelo Con Adición De Ceniza De Pino Y Eucalipto, Baños Del Inca - Cajamarca

Jacqueline Primitiva Rodríguez Ortiz, Bach.¹, and Kely Elizabeth Núñez Vásquez, Ing.²

¹ Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, N00032201@upn.pe

² Universidad Privada del Norte, Cajamarca, Perú, kely.nunez@upn.edu.pe

Resumen: *Muchas culturas en la región sierra indirectamente han establecido sus suelos o recorridos en sus caminos, siendo el caso de Baños del Inca – Cajamarca, las personas o comuneros de la zona agregan las cenizas de pino y eucalipto de forma indirecta a sus caminos; esta investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades físicas mecánicas de un suelo en la zona de Baños del Inca – Shaullo chico, la investigación es de enfoque cuantitativo, de tipo experimental teniendo una muestra base de un suelo sin agregar ningún tipo de ceniza y luego con cada tipo de ceniza que es la extraída de Shaullo Chico y a partir de ello la adición al 2% y 4% de ceniza de pino y eucalipto, para obtener el Proctor y el C.B.R; la muestra patrón se obtiene un PROCTOR de 1.61 g/cm³ y CBR de 1.55 g/cm³, con el 2% ceniza de pino en Proctor llega a 1.80 g/cm³ y CBR con 1.74 g/cm³, 4% de ceniza de pino 1.90 g/cm³ y en CBR con 1.89 g/cm³, al 2% de ceniza de eucalipto en PROCTOR 1.94 g/cm³ y en CBR a 1.90 g/cm³ y al 4% de ceniza de eucalipto PROCTOR 1.62 g/cm³ y CBR 1.73 g/cm³, siendo la diferencia entre el mayor valor alcanzado de la muestra patrón en 16.79% con el 2% de ceniza de eucalipto ; se observa que si existe un aumento en cuanto a la resistencia del suelo con la adición de ceniza de eucalipto y pino, como también un incremento del C.B.R concluyendo que si existe un aumento tanto en pino como en eucalipto del CBR.*
Palabras clave: *Ceniza de pino, Ceniza de eucalipto y Mejoramiento de suelo.*

combustibles contaminantes que se usan para cocinar alimentos presentando el 57%, por encima de Apurímac con un porcentaje de 53.5% y debajo de Huancavelica con el 63.6%. [3].

La utilización de cenizas dentro del mundo ha sido un proceso que se ha utilizado como medio de ritualización o componentes de otros materiales, por lo que la práctica se ha extendido en el mundo, en el Perú, Cajamarca específicamente en la zona de baños del inca aún existen personas que queman al pino y el eucalipto y lo utilizan en la fundación de sus viviendas, en caminos de acceso o zonas de rutas entre vecinos, etc.; viniendo a ser un uso común para la zona alta de Baños del Inca. [4].

Esta investigación se justifica en dados los antecedentes presentados que estudian las cenizas como una opción de mejoramiento para el tratamiento de suelos obteniendo buenos resultados y la utilización de un material que es prácticamente desechado como la ceniza de Pino y Eucalipto, dado que en la zona alta de baños del Inca y parte de la zona urbana aún continúan con estas tradiciones de arrojar la ceniza de este material ya quedan como residuo por su uso al cocinar u otra actividad que conlleve ser quemada; buscando esta investigación darle un uso a esta ceniza en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del suelo con la adición de ese material [5].

Luego de haber enmarcado la realidad problemática, se realizó la siguiente pregunta de investigación ¿La adición de ceniza de pino y eucalipto mejorará las propiedades físico-mecánicas del suelo en la zona Baños del Inca – Cajamarca? Para lograr responder a esta interrogante, se planteó como objetivo principal “Determinar las Propiedades mecánicas de un suelo con la adición de ceniza de Pino y Eucalipto al 2% y 4% en la zona de Baños del Inca – Cajamarca”. Así mismo en la Hipótesis de la presente investigación se ha determinado que “Las propiedades físico-mecánicas del suelo mejorarán en 5% su densidad seca máxima en C.B.R con la adición de ceniza de Pino y Eucalipto al 2% y 4% en la zona de Baños del Inca – Cajamarca ”[6].

Se considera suelo a todo aquello que es generado por la meteorización de las cocas, es la capa superior de la corteza terrestre transformada por la erosión y procesos físico – químicos y biológicos. (ISO, 2015); está compuesto por partículas sólidas que pueden ser gravas, arenas y mezclas arcillosas y/o limosas, con gases y líquidos que ocupan los espacios cavíos entre las partículas sólidas, por lo que se considera al suelo como un sistema multifase [7].

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el uso de las fuentes abiertas de combustión aún persiste en varias zonas rurales del mundo, por ende, más de 3000 millones de personas usan combustibles sólidos para cocción y calefacción tales como carbón, madera, residuos agrícolas o excrementos de animales, especialmente en lugares donde se dificulta el acceso a los servicios públicos y, que aún permanece debido a la tradición en las prácticas de cocción.[1].

Las cenizas son producidas como el subproducto del quemado del carbón, el cual previamente ha sido triturado y molido a una finura del 70% al 80%, para Estados Unidos se produce 50 millones de toneladas de cenizas de las cuales el 10 y 12% se utiliza en la producción de concreto. En el Perú, las cenizas se obtienen principalmente de la combustión de madera, quemado de la cáscara de arroz en la selva norte, entre otros. [2].

Según (INEI, 2017) en el último censo realizado, el 21.3 % de la población lo que corresponde a 1 757 409 hogares utilizan combustibles para cocinar los alimentos en los que se encuentra el carbón, bosta, estiércol, ramas, hojas secas, madera, leña, y entre otros residuos agrícolas. A nivel departamental Cajamarca se encuentra entre los departamentos con mayor proporción de

Hay dos sistemas de clasificación de suelos de uso común para propósitos de ingeniería, se puede efectuar por el sistema “*American Association of state Highway Officials*” – *ASHTO* y el “*Sistema Unificado de Clasificación de Suelos*” – *SUCS*, ambos sistemas utilizan los resultados de análisis granulométrico y la determinación de los límites de Atterberg (Limite líquido, Limite plástico e Índice de plasticidad), los cuales permite determinar la clasificación del suelo. [8].

Se denomina estabilización de suelo al proceso que consiste en mejorar sustancialmente el comportamiento esfuerzo – deformación de un suelo. En otras, estabilizar un suelo es modificar las propiedades del material existente para hacer que cumpla en mejor forma los requisitos deseados.[9].

Las propiedades mecánicas se estudian para verificar las condiciones en las que se encuentra el suelo, además de ello nos ayuda para la obtención de las propiedades como el peso unitario, clasificar el suelo y la relación de vacíos que existe en el suelo.[10].

A continuación, se presenta la definición de algunos términos básicos que se relacionan directamente con la investigación:

Análisis Granulométrico: Es la separación de las partículas de suelo por rangos de distintos tamaños, haciendo uso de mallas o tamices con aberturas cuadradas. (*N.T.P 339.128*) [16].

Consistencia en Suelos: Límites de Atterberg: se basan en concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contengan [16].

Proctor Modificado: El Proctor es el proceso artificial mediante el cual las partículas de un suelo son obligadas a estar más cerca y por ende más en contacto unas de otras, produciendo una reducción en su relación de vacíos. [16].

C.B.R: método de análisis de materiales desarrollado en el año 1929, con la finalidad de darle una clasificación a la capacidad del suelo para ser utilizado como material base o subbase. [16].

Cenizas: Se denomina ceniza al residuo finalmente dividido, resultante de la combustión del carbón, ya sea en trozos o en polvo, el cual es transportado desde su almacenamiento por los gases de combustión.

Es un polvo color gris claro, que queda después de la combustión completa, formada generalmente por sales alcalinas, sales terreas, sílice y óxidos metálicos. [15]

Obtención de la Ceniza de Pino y Eucalipto: La ceniza de madera de Pino y Eucalipto en muchas zonas rurales de nuestra región como el Distrito de Baños del Inca – Shaullo chico, aún es utilizada para procesos de cocción, los residuos de este serán obtenidos y recolectados directamente de los usuarios y pobladores en la zona rural de baños del Inca, para posteriormente utilizarlos en nuestros ensayos.

Una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de suelos es mediante la adición de materiales como cenizas. Las cenizas son subproductos de la combustión de biomasa como madera, cascarilla de arroz, bagazo de caña, entre otros. En particular, las cenizas de pino y eucalipto son ricas en sílice y tienen propiedades puzolánicas, lo que les permite reaccionar con la cal del cemento y formar compuestos cementantes, por lo que su uso natural de forma indirecta por los pobladores de Baños del Inca en sus caminos Shaullo – Baños del Inca ha mejorado su transitabilidad y estabilidad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

La Investigación es de tipo experimental y enmarca un enfoque cuantitativo, puesto que existe la manipulación intencional de variables; es decir, se obtendrá información de la actividad en el laboratorio, para obtener respuestas con el uso de fórmulas y procesadores de datos, para formular luego los cuadros y gráficos de resultados, que consistirán en analizar las Propiedades mecánicas del suelo (Y) con la adición de Ceniza de Pino y Eucalipto (X)

La investigación es de carácter no probabilístico no estadístico por conveniencia para el autor ya que se eligió el tipo de materiales y los porcentajes de adición de polvo de madera y aditivo.

En cuanto a la muestra, se determinó en dos porcentajes del 2% y 4% de adición de Ceniza de Pino y al 2 y 4% de Ceniza de Eucalipto.

En la presente investigación, la cantidad de muestras a ensayar es de 60 muestras del suelo arcilloso, obtenidas de cuatro calicatas ubicadas en la zona de Shaullo chico, de las cuales 12 fueron la muestra patrón, 12 fueron elaboradas al 2% de Ceniza de Pino, 12 elaboradas al 4% de Ceniza de Pino y 12 elaboradas al 2% de Ceniza de Eucalipto y 12 elaboradas al 4% de Ceniza de Eucalipto.

TABLA 1
MUESTRA DE SUELO NATURAL Y AL ADICIONARLE EL 2 Y 4 % DE CENIZA DE PINO Y EUCALIPTO.

CALICATAS	MUESTRA PATRÓN	2%	4%	2%	4%
		CENIZA PINO	CENIZA PINO	CENIZA EUCALIPTO	CENIZA EUCALIPTO
C - 01	3	3	3	3	3
C - 02	3	3	3	3	3
C - 03	3	3	3	3	3
C - 04	3	3	3	3	3
Total 60 muestras					

La técnica e instrumentos para la recolección de datos de esta investigación es la observación directa de cada uno de los ensayos de muestra patrón y al adicionarle Ceniza de Pino y Eucalipto en porcentajes del 2% y 4%.

Los materiales y equipos utilizados para la recolección y análisis de datos, fueron los que se describen a continuación:

Ceniza de Pino y Eucalipto, Es un polvo color gris claro, que queda después de la combustión completa, pasante por el tamiz N°200. Malla N° 200/ NTP 205.038

Muestra Seca, Material extraído de la zona de estudio.

Balanzas Eléctricas; Juego de tamices; Taras y recipientes; Copa de Casagrande; Molde cilíndrico para Proctor tipo A; Placa base; Anillo de Extensión; Pisón Proctor modificado, Equipo CBR (modelos cilíndricos con placa base y collar de extensión, 3 discos espaciadores, 3 placas de expansión, 3 sobrecargas cada una de 4.5 kg de peso y 3 trípode); Papel filtro; diales de expansión con divisiones de 0.01 mm; prensa hidráulica.

Para la recolección de datos, se utilizó los protocolos establecidos en laboratorio de Suelos de la “Universidad Privada del Norte” - Cajamarca.

Una vez obtenidos los protocolos o fichas de campo utilizados para recolección de datos, se procede a procesar los datos obtenidos en laboratorio, con el fin de analizar e interpretar los mismos, y de esta manera dar respuesta al planteamiento del problema y por ende comprobar la hipótesis planteada. Para el procesamiento de datos recurrimos a hojas de cálculo de la Herramienta “Excel”, para la presentación de resultados y gráficos.

Así mismo se mantuvo total veracidad con todos los datos de recolección en el presente estudio, en cuanto el contenido teórico se ha mencionado e indagando en fuentes confiables, artículos científicos, tesis de repositorios de universidades Nacionales e Internacionales, obteniendo información confiable de diversos autores citados correctamente.

DIAGRAMA DE PROCEDIMIENTO

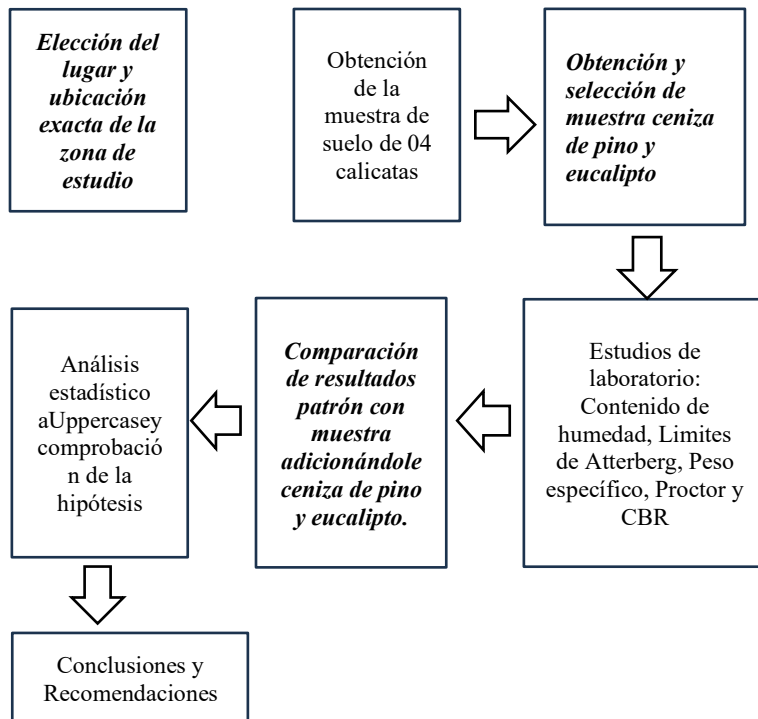


Fig. 1 Procedimientos del desarrollo de la Investigación.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La zona de estudio es baños del Inca, por lo que se realizaron 4 calicatas en la zona de estudio considerando que presenta, dentro de los resultados se muestran que el análisis se ha realizado de muestra Patrón, ceniza de pino al 2% (2% CP), ceniza de pino al 4% (4% CP), 2% de ceniza de eucalipto (2% CE) y 4% de ceniza de eucalipto (4% CE), por lo que en el análisis de las 20 C.B.R en las 4 calicatas se obtuvieron los siguientes resultados.

TABLA 2
RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD, CLASIFICACIÓN Y PESO ESPECÍFICO.

DESCRIPCIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD
C-1	2.46
C-2	2.60
C-3	2.50
C-4	2.58
PROMEDIO	2.53

Tabla 2 presenta el resumen de las 4 calicatas realizadas los contenidos de humedad son cercanos, teniendo un promedio de 2.53% de contenido de humedad, con una clasificación en SUCS de GM para todas las calicatas y en AASHTO de A-6.

TABLA 3
RESULTADOS DEL ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO POR CALICATA

DESCRIPCIÓN	PESO ESPECIFICO
C-1	2.10
C-2	2.02
C-3	2.57
C-4	2.61
PROMEDIO	2.33

Tabla 3 presenta el resumen de las 4 calicatas realizados el peso específico de la zona de estudio teniendo un promedio de 2.33%, puesto que no existe una gran variación.

TABLA 4
RESULTADOS CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN SUCS Y AASHTO

DESCRIPCIÓN	SUCS	AASHTO
C-1	GM	A-6
C-2	GM	A-6
C-3	GM	A-6
C-4	GM	A-6

Tabla 4 presenta la clasificación por SUCS de suelo de las 4 calicatas donde se ha encontrado el mismo suelo, siendo este predominante la grava arcillosa, Así mismo en la clasificación por AASHTO una clasificación A-6, por lo que no es adecuada para carreteras.

Obteniendo los resultados de las 4 calicatas

Tabla 5 presenta el resumen de las 4 calicatas realizados el peso específico de la zona de estudio teniendo un promedio de 2.33%, puesto que no existe una gran variación.

TABLA 5
RESULTADOS DEL ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CALICATA - 01

DESCRIPCIÓN	LL	LP	IP
MP	30.98	24.90	6.08
2%CP	30.56	16.80	13.76
4%CP	34.67	20.90	13.77
2%CE	31.99	21.14	10.84
4%CE	32.55	24.63	7.92

Tabla 5 presenta los límites de Atterberg la muestra de control y con el 2% CP, 4% CP, 2% CE y 4% CE, se puede observar que el índice de plasticidad para la muestra de control es de 6.08% y los valores con la adición de ceniza de pino y eucalipto son mayores, pero no significativamente siendo con el 4% CP el mayor valor 13.77%.

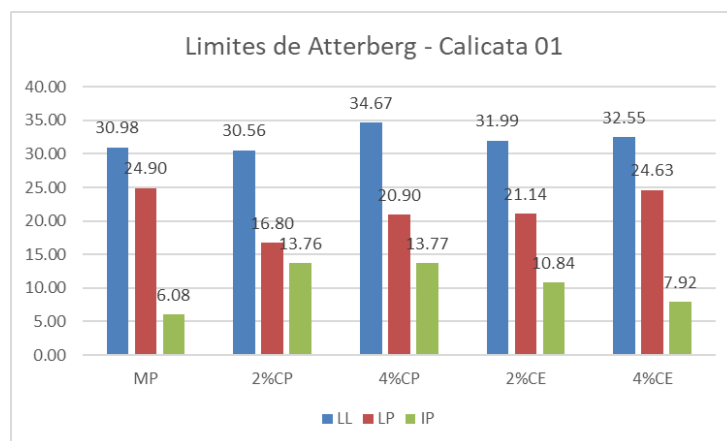


Fig. 2 La gráfica nos muestra que existen una tendencia con el índice de plasticidad que desde la muestra patrón a la ceniza de pino al 6.08%, para el máximo valor es de 4% de ceniza de pino con 13.77%.

TABLA 6
RESULTADOS DE PROCTOR DE LA CALICATA - 01

DESCRIPCIÓN	PROMEDIO	
MP	1.78	12.98%
2%CP	1.75	13.95%
4%CP	1.87	13.25%
2%CE	1.90	12.26%
4%CE	1.89	12.84%

La Tabla 6 presenta el resumen del ensayo de Proctor de la calicata 01 donde se observa que el Proctor que la máxima densidad seca es con el 2% de CE con un contenido de humedad de 11.27%, para los demás valores se acerca.

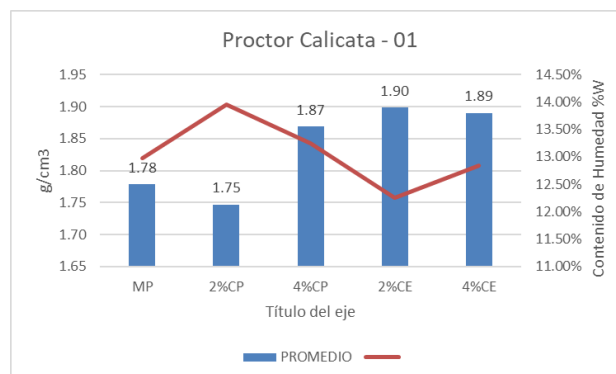


Fig. 4 Ensayo de Proctor de la calicata 01

TABLA 7
RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR – CALICATA 01

MUESTRA	PROMEDIO (GR/CM3)
MP	1.78
2%CP	1.75
4%CP	1.87
2%CE	1.90
4%CE	1.87

La Tabla 7 presenta el resumen del ensayo de CBR de la calicata 01, donde se observa que el máximo valor de densidad seca es al 2% de ceniza de eucalipto con 1.90 gr/cm³ y el menor valor con 1.78 gr/cm³ de densidad máxima densidad seca con la muestra patrón.

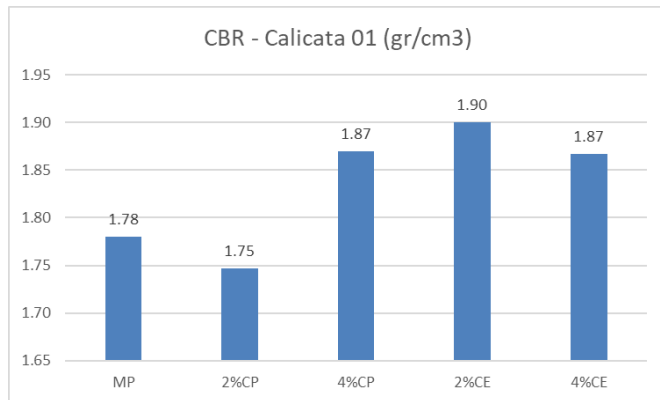


Fig. 4 Ensayo de CBR – Densidad Seca – Calicata 01.

TABLA 8

Resultados del ensayo de Límites de Atterberg de la calicata – 02

DESCRIPCIÓN	LL	LP	IP
MP	30.68	25.38	5.30
2%CP	31.35	25.81	5.53
4%CP	31.41	22.99	8.42
2%CE	31.64	21.77	9.87
4%CE	31.65	22.85	8.80

Tabla 8 presenta los límites de Atterberg de la muestra de patrón y con el 2% CP, 4% CP, 2% CE y 4% CE, se puede observar que el índice de plasticidad para la muestra de patrón es de 5.30% y los valores con la adición de ceniza de pino y eucalipto son mayores, pero no significativamente siendo con el 2% ceniza de eucalipto el mayor valor con 9.87%.

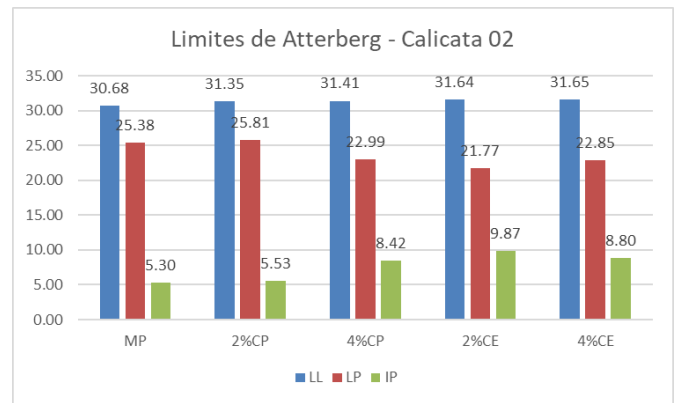


Fig. 5 La gráfica nos muestra que los límites de Atterberg donde el índice de plasticidad con el 2% ceniza de eucalipto ha obtenido 9.87% por lo que no existe una tendencia de crecer mientras más se incrementa la ceniza de eucalipto o pino

TABLA 9
RESULTADOS DE PROCTOR DE LA CALICATA – 02

DESCRIPCIÓN	PROMEDIO DE MUESTRAS	
MP	1.58	13.16%
2%CP	1.90	12.27%
4%CP	1.89	11.49%
2%CE	1.91	12.87%
4%CE	1.64	12.40%

La Tabla 9 presenta el resumen del ensayo de Proctor de la calicata 01 donde se muestra que los valores más alto del Proctor son de 2% con ceniza de eucalipto al 1.91 con una humedad óptima de 12.87%.

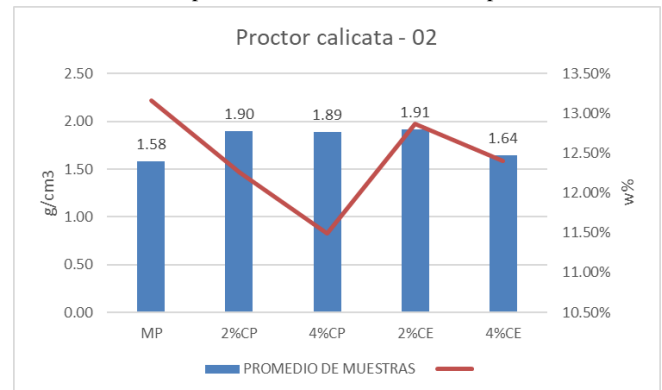


Fig. 6 Ensayo de Proctor de la calicata 02

TABLA 10
Resultados del ensayo de CBR – calicata 02

Muestra	PROMEDIO (gr/cm3)
MP	1.58
2%CP	1.89
4%CP	1.89
2%CE	1.91
4%CE	1.92

La Tabla 10 presenta el resumen del ensayo de CBR de la calicata 02, donde se muestra que la máxima densidad seca es obtenida máxima es con la ceniza de eucalipto al 4% con 1.92 g/cm3 y para el 2% y 4% de ceniza de pino valores cercanos muy lejanos de la muestra patrón de 1.58 g/cm3

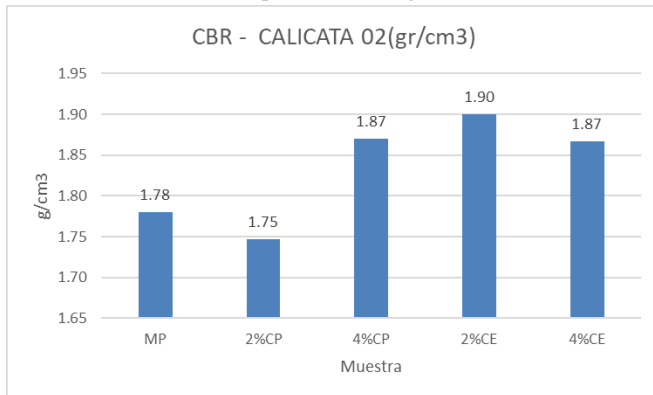


Fig. 7 Ensayo de CBR – Densidad Seca – Calicata 02.

TABLA 11
RESULTADOS DEL ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CALICATA – 03

DESCRIPCIÓN	LL	LP	IP
MP	30.35	23.76	6.59
2%CP	30.92	25.28	5.64
4%CP	33.00	24.87	8.13
2%CE	31.52	21.15	10.37
4%CE	26.90	21.92	4.98

Tabla 11 presenta los límites de Atterberg de la muestra de patrón con 6.59% y para 2% de CE presenta el mayor valor con 10.37, para los demás valores son cercanos en el índice de plasticidad.

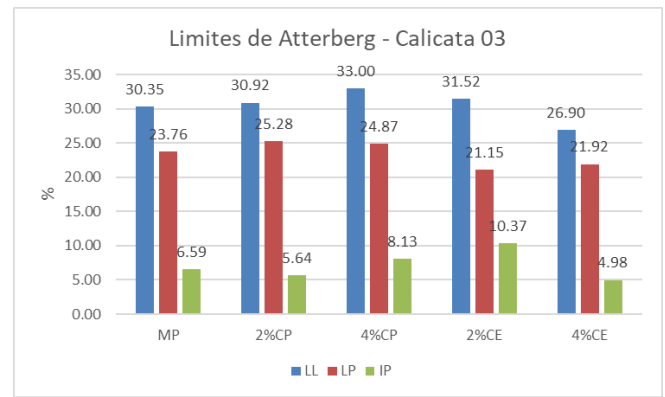


Fig. 8 La gráfica se observa que con el 2% de ceniza de eucalipto el índice de plasticidad llega al 10.37%, para las variaciones de ceniza de pino y eucalipto se muestran valores cercanos

TABLA 12
RESULTADOS DE PROCTOR DE LA CALICATA – 03

DESCRIPCIÓN	PROMEDIO DE MUESTRAS	
MP	1.62	12.81%
2%CP	1.80	10.93%
4%CP	1.86	12.40%
2%CE	2.00	11.27%
4%CE	1.59	12.23%

La Tabla 12 se observa que el Proctor que la máxima densidad seca es con el 2% de CE con un contenido de humedad de 11.27%, para los demás valores se acercan.

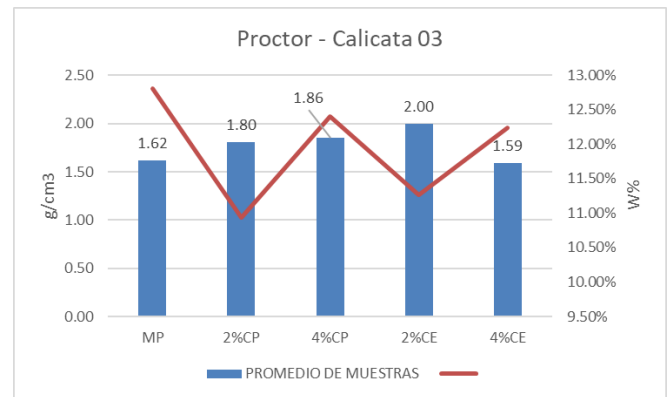


Fig. 9 Ensayo de Proctor de la calicata 02

TABLA 13
RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR – CALICATA 03

MUESTRA	PROMEDIO (GR/CM3)
MP	1.37
2%CP	1.57
4%CP	1.82
2%CE	1.92
4%CE	1.66

La Tabla 13 presenta el resumen del ensayo de CBR de la calicata 03, donde se muestra el CBR, con El 2% de CE llega a 1.92 g/cm3.

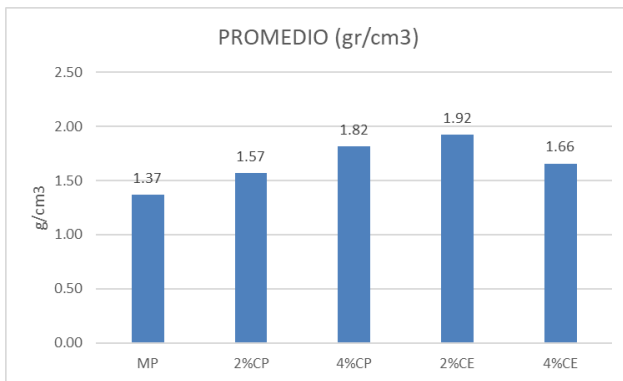


Fig. 10 Ensayo de CBR – Densidad Seca – Calicata 03.

TABLA 14

RESULTADOS DEL ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG DE LA CALICATA – 04

DESCRIPCIÓN	LL	LP	IP
MP	34.79	27.22	7.58
2%CP	33.78	23.99	9.79
4%CP	37.49	25.51	11.98
2%CE	27.91	20.57	7.34
4%CE	31.87	22.24	9.63

Tabla 14 presenta los límites de Atterberg, en los cuales se observa que el índice de plasticidad mayor alcanzado es con el 4% CP con 11.98%

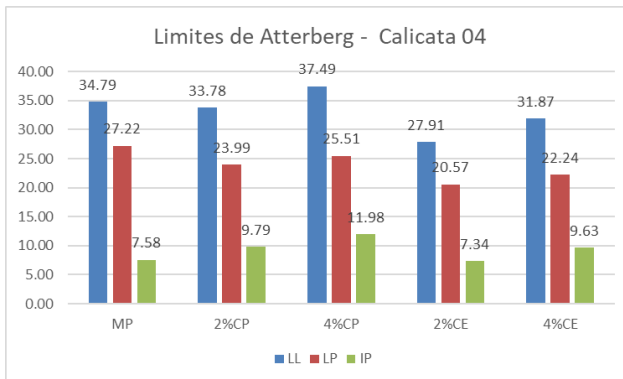


Fig. 11 Se observa en la figura que los índices de plasticidad conforme se van agregando más ceniza ya sea de pino o eucalipto va aumentando el índice de plasticidad del 2% al 4%.

TABLA 15

RESULTADOS DE PROCTOR DE LA CALICATA – 04

DESCRIPCIÓN	PROMEDIO DE MUESTRAS
MP	1.48
2%CP	1.77
4%CP	1.98
2%CE	1.97
4%CE	1.37

La Tabla 16 se observa que la máxima densidad seca obtenida es con el 4% de CP a 1.98 g/cm3 con un 12.38% de contenido de humedad, mostrando valores cercanos en el contenido de humedad, siendo la mínima densidad seca es de 1.37 g/cm3, con 4% CE.

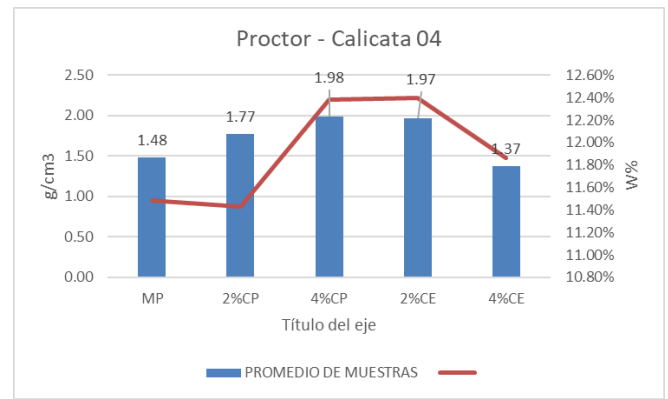


Fig. 12 Ensayo de Proctor de la calicata 04

TABLA 17

RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR – CALICATA 04

MUESTRA	PROMEDIO (GR/CM3)
MP	1.48
2%CP	1.77
4%CP	1.98
2%CE	1.88
4%CE	1.47

La Tabla 17 presenta el resumen del ensayo de CBR de la calicata 03, donde se observa que en la densidad seca con el 4% de ceniza de pino llega a 1.98 g/cm3, para las variaciones no se ha observado una tendencia o incremento significativo.

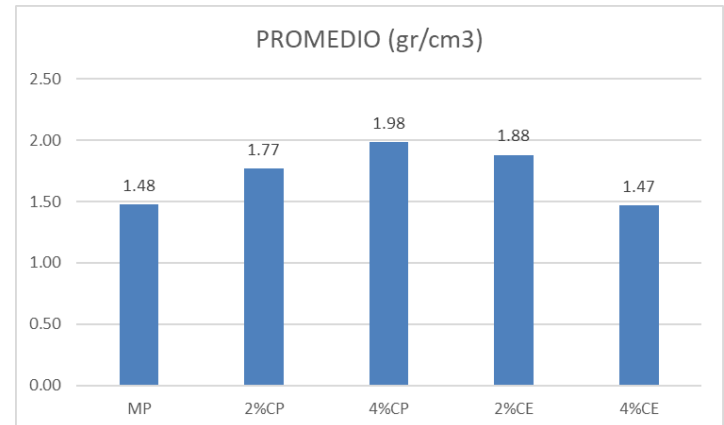


Fig. 13 Ensayo de CBR – Densidad Seca – Calicata 04.

TABLA 18

RESULTADOS DE LA COMPARACIÓN DE PROCTOR Y CBR

DESCRIPCIÓN	PROCTOR G/CM3	CBR G/CM3
MP	1.61	1.55
2%CP	1.80	1.74
4%CP	1.90	1.89
2%CE	1.94	1.90
4%CE	1.62	1.73

La Tabla 18 presenta el resumen de la comparación de los ensayos de Proctor y ensayo de CBR, donde se observa que con

el 2% de CE tiene un Proctor de 1.94 g/cm³ y un CBR de 1.90 g/cm³, siendo los máximos valores y para la muestra patrón se observa un incremento de 1.61 g/cm³ y en el CBR disminuye a 1.55 g/cm³.

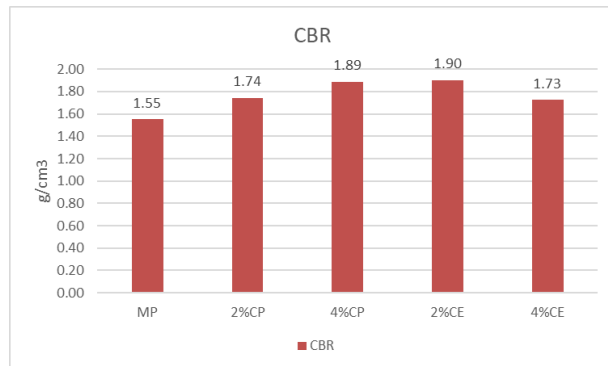


Fig. 14 Comparación Proctor vs CBR.

IV. CONCLUSIONES

Las propiedades físico-mecánicas mejoran en un 5% su densidad seca máxima en C.B.R con la adición de ceniza de Pino y Eucalipto al 2% y 4%; pero si existe una mejora con respecto a la muestra sin adición por lo que la hipótesis es parcialmente aceptada.

La muestra patrón se obtiene un PROCTOR de 1.61 g/cm³ y CBR de 1.55 g/cm³, con el 2% ceniza de pino en Proctor llega a 1.80 g/cm³ y CBR con 1.74 g/cm³, 4% de ceniza de pino 1.90 g/cm³ y en CBR con 1.89 g/cm³, al 2% de ceniza de eucalipto en PROCTOR 1.94 g/cm³ y en CBR a 1.90 g/cm³ y al 4% de ceniza de eucalipto PROCTOR 1.62 g/cm³ y CBR 1.73 g/cm³

Los valores de LL son de 31.70%, LP a 25.31% y IP en 6.39% para la muestra sin adición de ceniza de pino y eucalipto, para el 2% de CP se obtuvo LL a 31.65%, LP a 22.97% y IP a 8.68%, 4% de CP con LL a 34.14%, LP a 23.57% y IP a 10.57%, 2% de CE en LL a 30.76%, LP a 21.16% y IP a 9.60% y 4% de CE en LL a 30.74%, LP a 22.91% y IP a 7.83%

El contenido de humedad en el Proctor para la muestra sin adición es de 12.61%, para el Proctor 2% CP a 12.15%, Proctor 4% CP a 12.38%, Proctor 2% CE a 12.20%, Proctor 4% CE a 12.33%.

La muestra patrón se obtiene un CBR de 1.55 g/cm³, con el 2% ceniza de pino en CBR con 1.74 g/cm³, 4% de ceniza de pino CBR con 1.89 g/cm³, al 2% de ceniza de eucalipto en CBR a 1.90 g/cm³ y al 4% de ceniza de eucalipto CBR 1.73 g/cm³.

V. REFERENCIAS

- [1] Alanya, C. E. (2020). "Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal Antarumi – Macachacra, Ayacucho". Lima.
- [2] Banda Sanchez, D., & Paz Castro, J. (2021). Estabilización de suelos adicionando ceniza de paja de Pino en la vía carrozable Yacancate-El
- [3] Ape, provincia de Cutervo- Cajamarca – 2021.
- [4] Borja Suárez, M. (2012). Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo - Perú.
- [5] Cañar, E. S. (2017). ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA AL CORTE Y ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARENOSOS FINOS Y ARCILLOSOS COMBINADAS CON CENIZA DE CARBÓN. ECUADOR.
- [6] (s.f.). *Clasificaciones Normalizadas de Suelos*. Obtenido de <https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Publicaciones/pub-val/Suelos/suelos.pdf>
- [7] Espino Marquez, Y. M. (2021). Adición de ceniza de madera de fondo en la estabilización de suelos arcillosos y su aplicación a subrasante. HUANCAYO.
- [8] GRISALES, J. (2014). PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LOS SUELO. Villavicencio.
- [9] Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*. Mc GRAW - HILL.
- [10] Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. d. (2016). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*.
- [11] Idrogo, S. D. (2018). "PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ADOBE COMPACTADO TRADICIONAL Y EL ADOBE COMPACTADO CON CENIZA DE BIOMASA ARBÓREA". Cajamarca - Peru.
- [12] INEI. (2017). Censos Nacionales 2017: XII de Población y VII de Vivienda. Lima.
- [13] ISO, 1. (2015). *Soil quality -- Vocabulary*. Obtenido de <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:11074:ed-2:v1:en>
- [14] Mamani, L. E., & Yataco, A. J. (2017). Estabilización De Suelos Arcillosos Aplicando Ceniza De Madera De Fondo, Producto De Ladrilleras Artesanales En El Departamento De Ayacucho. Lima.
- [15] Mollo Onofre, V. (2021). Incorporación de ceniza de hojas de eucalipto para la estabilización de la subrasante en la calle Luceros de Francia, Cusco - 2021.
- [16] MTC. (2014). MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS GEOLOGIA, GEOTECNIC Y PAVIMENTOS SECCION DE SUELOS Y PAVIMENTOS R.D.N° 10 - 2014. Lima.