

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa
y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de
subrasante**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO CIVIL**

AUTOR

Yareli Nuñez Burga

ASESOR

Juan Merino Roncero

<https://orcid.org/0000-0002-5753-7664>

Chiclayo, 2024

**Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de
Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos
arcillosos a nivel de subrasante**

PRESENTADA POR
Yareli Nuñez Burga

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO CIVIL

APROBADO POR

Segundo Guillermo Carranza Cieza
PRESIDENTE

Angel Alberto Lorren Palomino
SECRETARIO

Juan Merino Roncero
VOCAL

Dedicatoria

A mis padres **Héctor y Felicita**, por su gran amor, trabajo y esfuerzo, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis **hermanos (as) y sobrinos**, por acompañarme a lo largo de esta etapa de mi vida universitaria.

A **Edin Gonzales**, por su amor incondicional, paciencia y su gran ayuda hasta donde tus alcances lo permitían.

Agradecimientos

Agradezco a Dios por brindarme salud, sabiduría y por guiarme en mi camino para concluir con mi objetivo.

A mis padres por estar siempre presentes y ser los pilares fundamentales a pesar de las adversidades que se presentaron y siempre me alentaron para concluir con la carrera profesional.

A mi familia en general, por su soporte, ayuda y por todos consejos brindados en todo momento, gracias a ellos he llegado a culminar un peldaño más en mi vida.

Finalmente, agradecer a los profesionales, por brindarme sus enseñanzas y conocimientos a lo largo de mi carrera profesional.

INFORME FINAL TESIS II-NUÑEZ BURGA YARELI

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	21 %	2 %	6 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	2 %
4	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	1 %
5	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	1 %
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
7	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
8	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
9	repository.usta.edu.co Fuente de Internet	<1 %

Índice

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Revisión de literatura	15
Antecedentes del problema.....	15
Bases teórico – científicas	18
Suelos	18
Clasificación de suelos	18
Ensayos de Laboratorio:	23
Definición de términos básicos:	32
Cascarilla de Oryza Sativa:.....	32
Ceniza de Cascara de Oryza Sativa:	33
Propiedad química de la ceniza de cascarilla de arroz	34
Métodos de Obtención de las cenizas de cascarilla de Oryza Sativa	34
Fibra de coco:	35
Estabilización:	36
Estabilización de suelos:.....	36
Tipos de estabilización	37
Subrasante:	38
Materiales y métodos:	39
Tipo de investigación	39
Diseño de Investigación.....	39
Hipótesis	39
Variables y operacionalización.....	40
Población, muestra de estudio y muestreo.....	41
Población:	41
Muestra:	41

Muestreo:	43
Criterios de selección.....	45
Procedimientos	48
Matriz de consistencia	63
Consideraciones éticas.....	64
Resultados y discusión.....	65
Resultados.....	65
Discusión	80
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES	86
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	87
ANEXOS	90
Anexo N° 01: Panel fotográfico.....	90
Anexo 02: Ensayos Químicos de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa	102
Anexo 03: Ensayos de Laboratorio	106

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1: Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO [2]	18
Ilustración 2: Clasificación SUCS [2]	19
Ilustración 3: Gráfica de plasticidad [18]	21
Ilustración 4: Curva para el cálculo del índice de CBR	32
Ilustración 5: Diagrama de flujo	44
Ilustración 6: Zona de estudio	49
Ilustración 7: Excavación y extracción de las muestras de la C-01	50
Ilustración 8: Zona de extracción de la C-02	50
Ilustración 9: Zona de extracción de la C-03	50
Ilustración 10: Zona de Excavación de la C-04	51
Ilustración 11: Zona de excavación de la C-05	51
Ilustración 12: Proceso de obtención de la fibra de coco	52
Ilustración 13: Llegada de las muestras al laboratorio de la USAT	53
Ilustración 14: Determinación del contenido de humedad	54
Ilustración 15: Granulometría por tamizado	54
Ilustración 16: Ensayo de gravedad específica	55
Ilustración 17: Ensayo de límite líquido	55
Ilustración 18: Ensayo del límite plástico	56
Ilustración 19: Ensayo de Proctor modificado	56
Ilustración 20: Ensayo de CBR	57
Ilustración 21: Colocación de la fibra de coco en el molde CBR	58
Ilustración 22: Peso de CCA para adicionar a las muestras para los límites de Atterberg	60
Ilustración 23: Pesos de la CCA para adicionar a las muestras para el ensayo de Proctor modificado	61
Ilustración 24: Pesos de la FDC para adicionar a las muestras en el ensayo de Proctor modificado	61
Ilustración 25: Pesos de la CCA para adicionar a las muestras para el ensayo de CBR	62
Ilustración 26: Pesos de la FDC para adicionar a las muestras en el ensayo de CBR	62
Ilustración 27: Representación en barras de los resultados de los límites de consistencia con y sin adición	69

Ilustración 28: Ensayo de gravedad específica.....	70
Ilustración 29: Representación gráfica de la CCA+FDC con la MDS	71
Ilustración 30: Representación gráfica de la CCA+FDC con el OCH	71
Ilustración 31: Representación gráfica con y sin adición de la MDS vs OCH-C-02	72
Ilustración 32: Representación gráfica con y sin adición de la MDS vs OCH-C-03	72
Ilustración 33: Representación gráfica con y sin adición de la MDS vs OCH-C-04	73
Ilustración 34: Análisis de los resultados con y sin adición del CBR al 95%	74

Lista de Tablas

Tabla 1: Clasificación de los Suelos AASHTO [20].....	20
Tabla 2: Clasificación (SUCS), para suelos tipo grava. [19].....	21
Tabla 3: Clasificación según (SUCS), para suelos arenosos [19]	22
Tabla 4: Clasificación (SUCS), para suelos limosos y arcillosos [19].....	22
Tabla 5: Correlación entre clasificación de suelos AASHTO y SUCS [20]	23
Tabla 6: Clasificación de suelos según sus dimensiones de las partículas de suelo [2] .	23
Tabla 7: Clasificación de tamices y aberturas	23
Tabla 8: Clasificación de suelos según el índice de plasticidad [20]	27
Tabla 9: Composición química de la Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa [8].....	34
Tabla 10: Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento [2].....	37
Tabla 11: Categorías de subrasante [20].....	38
Tabla 12: Operacionalización de variables.....	40
Tabla 13: Resumen de revisión de literatura utilizadas en la investigación	47
Tabla 14: Codificación de las muestras de suelo.....	51
Tabla 15: Matriz de consistencia	63
Tabla 16: Composición química de las CCA	66
Tabla 17: Dimensiones de la fibra de coco	66
Tabla 18: Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad	67
Tabla 19: Resumen de resultado del análisis granulométrico por tamizado	67
Tabla 20: Resultados de la clasificación SUCS/AASHTO	68
Tabla 21: Resultados de los Ensayos de Atterberg de muestras naturales y con adición	68
Tabla 22: Resultados del ensayo de gravedad específica	69
Tabla 23: Resultados del Ensayo del Proctor Modificado con y sin adición	70
Tabla 24: Resumen de los resultados de CBR con y sin adición	74
Tabla 25: Resultados de Densidad de Campo In situ.	76
Tabla 26: Datos para realizar la estabilización.....	78
Tabla 27: Porcentajes para estabilizar suelos arcillosos.....	78
Tabla 28: Análisis de Costos Unitarios para estabilizar una carretera de 1000 m	79
Tabla 29: Precio de la Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco.....	79

Resumen

La mejora de los suelos de subrasante ha sido una preocupación constante de los ingenieros de obra. Este trabajo surge de la necesidad de establecer nuevas mezclas que permitan mejorar los suelos de subrasante utilizando materiales orgánicos debidamente tratados que garanticen la durabilidad y la mejora de las propiedades mecánicas y físicas. Se propuso evaluar cómo influye la adición de ceniza de cáscara de *Oryza Sativa* y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante. En esta investigación se utilizaron residuos de cáscara de *Oryza Sativa* y de frutos de coco, buscando el porcentaje de adición óptimo para mejorar la baja capacidad portante del suelo arcilloso. Se incorporaron adiciones de ceniza de cáscara de *Oryza Sativa* (4,5%, 8,5%, 12,5% y 16,5% en peso) y fibra de coco (2%, 4%, 5% y 8% en volumen). Para alcanzar este objetivo, se analizó la temperatura óptima de quemado de la ceniza de cáscara de *Oryza Sativa*, así como la composición química de la ceniza de este producto. Durante el experimento se realizaron ensayos de plasticidad, compactación y CBR. Los resultados mostraron una disminución de la densidad seca máxima de la arcilla de 1,83 g/cm³ a 1,63 g/cm³ y del valor CBR de 3,83 % a 21,03 %, consiguiéndose un aumento del índice CBR del 17,2%. Esto permitió clasificar la subrasante como Excelente. Asimismo, el porcentaje óptimo de la mezcla se estableció en 16.5% de ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y 8% de fibra de coco.

Palabras clave: Subrasante, fibra de coco, cenizas, estabilización de suelos, suelo arcilloso.

Abstract

The improvement of subgrade soils has been of constant concern to site engineers. This work arises from the need to establish new mixtures that allow stabilizing subgrade soils using properly treated organic materials that guarantee durability and improvement of mechanical and physical properties. It was proposed to evaluate how the addition of *Oryza Sativa* husk ash and coconut fiber influences the stabilization of clay soils at the subgrade level. In this research, *Oryza Sativa* husk and coconut fruit residues were used, seeking the optimum percentage of addition to improve the low bearing capacity of the clayey soil. Additions of *Oryza Sativa* husk ash (4.5%, 8.5%, 12.5% and 16.5% by weight) and coconut fiber (2%, 4%, 5% and 8% by volume) were incorporated. To achieve this objective, the optimum calcination temperature of *Oryza Sativa* husk ash as well as the chemical composition of the ash of this product were analyzed. Plasticity, compaction and CBR tests were carried out during the experiment. The results showed a decrease in the maximum dry density of clay from 1.83 g/cm³ to 1.63 g/cm³ and in CBR value from 3.83 % to 21.03 %, achieving a 17.2% increase in the CBR index. This allowed the subgrade to be classified as Excellent. Likewise, the optimum percentage of the mixture was established at 16.5% *Oryza Sativa* husk ash and 8% coconut fiber.

Keywords: Subgrade, coconut fiber, ashes, soil stabilization, clayey soil.

Introducción

En Colombia Bogotá las carreteras no están en excelentes condiciones, debido a que se hallan fallas como el bacheo y los hundimientos lo cual estas se definen como un deslizamiento de manera perpendicular por los cambios de la capa freática, debido a que estas causan largas depresiones en el mismo. Además, estas pueden causar problemas de gran inseguridad a los automóviles y a la sociedad, esto se da cuando contiene una capa freática elevado, esto mayormente sucede por el inadecuado estudio del suelo o subrasante. Por otra parte, para que un proyecto vial sea viable y exista, lo más importante en tener en cuenta son los tipos de suelos donde se va trabajar, sino este camino no funcionará adecuadamente por que los suelos inestables son una dificultad principal en las carreteras. [1]

De acuerdo el contenido del Ministerio de Transportes y Comunicaciones menciona que en el Perú el 89.9% de la red de carreteras departamentales o regionales no se hallan pavimentadas, asimismo el 89% de la red de carreteras vecinales o rurales no están pavimentadas o se hallan en pésimas condiciones a causa que los terrenos de estos lugares presentan elevada inestabilidad, también en los últimos años el incremento poblacional es cada vez mayor, puesto que las zonas rurales y urbanas se han incrementado considerablemente. [2]

En Perú, hay una amplia gama de suelos arenosos y arcillosos que, en su estado típico, no son adecuados para soportar estructuras debido a su tamaño de grano, plasticidad o capacidad portante, ya que el componente es eliminado al no cumplir con las propiedades reglamentarias propuestas por las normativas nacionales. Esto hace que muchos de estos suelos no tengan capacidad portante debido a la falta de propiedades reglamentarias. [3]

También se analizan las características de las arcillas cuando se encuentran en condiciones saturadas, las cuales son plásticas, uniformes y flexibles, además estas no tienen rigidez ni retorno elástico, por lo que en épocas de lluvia las vías de comunicación se vuelven intransitables; por lo tanto, esto impide el acceso de los vehículos hasta los lugares más distantes de la ciudad y así la población pierda cualquier tipo de comunicación. Por otra parte, las arcillas en condiciones secas tienen un nivel alto de rigidez lo cual estas presentan deformaciones elásticas que se asignan cargas muy altas; en tanto, una de las dificultades que existen en nuestro país es las distintas características físicas y mecánicas de los suelos que se pueden encontrar en las diferentes regiones de nuestro país. [3]

La región selva se diferencia por tener suelos arcillosos en su mayor parte de sus calzadas no pavimentadas, los cuales presentan baja resistencia portante, es por ello que estos tipos de suelos no son aptos para se utilicen como subrasante en la construcción de calzadas, pues no cumplen con las condiciones mínimas establecidas reglamentarias. [4] Por lo tanto, en el departamento de Amazonas en el distrito La Peca, existen problemas para realizar las construcciones de las calzadas, en esta zona de estudio es difícil encontrar yacimientos con partículas granulares idóneos para ser utilizados como material en subrasante, y los distintos índices de plasticidad que se pueden encontrar en estas zonas.

Por otro lado, la ceniza de cáscara de Oryza de Sativa y la fibra de coco se están incorporando como residuos para mejorar el suelo. Esto se debe a que cuando se quema, la ceniza de cáscara de Oryza de Sativa tiene grandes propiedades puzolánicas y reduce los niveles de humedad en el suelo. Las propiedades mecánicas de la fibra de coco ayudan a aumentar el CBR del suelo, ya que su poderoso comportamiento mecánico como agente estabilizador influye en la capacidad del suelo para aumentar su capacidad de soporte debido a las cargas transmitidas por los vehículos.

Los siguientes puntos contextualizan la justificación de esta investigación: En términos teóricos, se destaca que este estudio aportará nuevos conocimientos y propone una nueva solución para estabilizar los suelos de partículas finas a nivel de subrasante mediante el uso de cenizas de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco, en lugar de otros materiales que se utilizan con frecuencia y son costosos. Este estudio tiene relevancia conceptual porque contribuirá con la teoría ligadas al tema. [5]

En el aspecto metodológico, está presente investigación se aplicará instrumentos como la observación directa, como consecuencia se realizará diversos ensayos que permitirán el avance constante de la investigación, con el fin de entender el comportamiento de la subrasante mejorada con ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco. [6]

En el aspecto social, la finalidad de este proyecto es mejorar la subrasante con la adición de cenizas de cascarilla de arroz y fibra de coco, así la población será beneficiada contribuyendo a los ciudadanos a tener un estilo de vida más confortable, pues las vías a nivel de subrasante se encontrarán en mejores condiciones. Así mismo se busca brindar soluciones ante las necesidades previstas en la zona de estudio, de manera más oportuna y eficiente, pues se reducirá tiempos de traslado hacia zonas donde puedan satisfacer sus necesidades. [5]

En el aspecto económico, la estabilización de suelos con ceniza de cascarilla de Oryza Sativa comúnmente empleada para el mejoramiento de suelos de baja capacidad portante

por su gran aporte de sílice, es un material de bajo costo, relativamente con costos parecidos con la fibra de coco que es un material residual, por lo cual tiende a ser de bajo costo igualmente.

Frente a lo explicado anteriormente surge la siguiente interrogante ¿De qué manera influye la adición de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante? Se propone como objetivo general es: Evaluar cómo influye la adición de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante y los objetivos específicos son: Hallar la composición química de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*; obtener las dimensiones de la fibra de coco en largo y ancho; determinar cómo influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y la fibra de coco en el índice de plasticidad del suelo arcilloso a nivel de subrasante; determinar cómo influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco en la compactación del suelo a nivel de subrasante; determinar cómo influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco en la capacidad portante a nivel de subrasante; proponer un proceso constructivo para estabilizar subrasantes con la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco y realizar una comparación de costos entre la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y la fibra de coco con otros métodos de mejora para la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante.

Revisión de literatura

Antecedentes del problema

Se menciona los diferentes estudios que están relacionados al proyecto de tesis “Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante”

En el 2020, se llevó a cabo un estudio en la Pontificia Universidad Católica del Perú con el objetivo de estabilizar una subrasante arcillosa de baja plasticidad con ceniza de cáscara de arroz. Los resultados que obtiene esta investigación en sus propiedades físicas es que su LL aumenta, pero el LP disminuye de acuerdo que se va incrementando sus proporciones de adición. Asimismo, los resultados de sus propiedades mecánicas se observan que su CBR incrementa según se va aumentando la CCA, lo cual su valor óptimo es el más cercano al 15 %, sin embargo, se llega a una conclusión si se aumenta los porcentajes de la CCA, el valor de CBR tiende a disminuir. Por otra parte, los resultados del ensayo de compactación, se observa que al incrementar los porcentajes de la adición su MDS disminuye, sin embargo, su OCH aumenta. En conclusión, el uso de la CCA demuestra ser un material adecuado y óptimo para estabilizar subrasantes arcillosas, ya que si se nota una mejora importante en su capacidad de soporte. También, tiene ventajas favorables ya que, utilizando este material, menora la contaminación ambiental en comparación con otros métodos de estabilización. [7]

En el año 2017, realizó una investigación similar en la ciudad de Lima. El resultado fue que el suelo estabilizado con CCA produce cambios que hacen posible el uso del ingrediente a nivel de subrasante. Pero cuando se mezcla el suelo de partículas finas con ceniza de cáscara de arroz y cal, se producen las variaciones más importantes. Por consiguiente, la CCA tiene principales beneficios, en cuanto este material orgánico sea un agente estabilizador secundario. [4]

Los estudios realizados por Camacllanqui y Rivera en el 2021, han demostrado que sus resultados de esta investigación es que según la clasificación ASSHTO, SUCS en el contenido de humedad de la C-01 es de 14.6 %, lo cual los resultados en la muestra C-01 en estado natural el límite líquido (LL) es de 30%, límite plástico (LP) es 27.47% y el índice de plasticidad (IP) es de 2.53, en el 7 % de adición de cenizas de madera el LL es de 45.25 %, el LP es de 42.62% y el IP de 2.63, asimismo, en el 13 % de adición de cenizas de madera el LL es de 55.24% y en el 18 % de adición de cenizas de madera el LL es de 58.96%. También se realizaron ensayos de la muestra C-01 en estado natural y el LL es de 30%, el LP es de 27.47% y el IP es de 2.53, en el 7 % de adición de fibra de

coco el LL es de 31.85%, el LP es de 29.49% y el IP es de 2.36, en el 13 % de incorporación fibra de coco el ensayo de LL es de 36.20%, el LP es de 33.67% y el IP es de 2.53, finalmente en el 18 % de incorporación de fibra de coco el LL es de 27.65%, el LP es de 24.67% y el IP es de 2.98. Se concluyó que el material residual que es la ceniza de madera posee mejores resultados que la ceniza de fibra de coco, si bien no tiene los valores cuantiosos en la mejora de las características del suelo. Su metodología de esta investigación es de tipo aplicada, diseño experimental, diseño cuasi experimental, nivel explicativo y enfoque cuantitativo. [5]

Un estudio similar se realizó en el año 2021 en la ciudad de Moyobamba por López Barbarán Junior, de la Universidad Nacional de Ciencias Aplicadas, esta investigación evaluó la adición de un material orgánico como es la ceniza de cáscara de arroz (CCA). Los porcentajes que utilizó fue de 5%, 10% y 15% de CCA, de tal manera, que la incorporación de ceniza de *Oryza Sativa* en el (IP) está aumentando, asimismo esto se corrobora en función de los próximos resultados el IP de los especímenes naturales es del 23.84 %, adicionando el 5% el valor que posee es de 26.45%, con el 10% se llegó al resultado de 26.73% y finalmente con el 15 % se tiene el 26.75 %. Por otra parte, los resultados del ensayo de compactación su MDS disminuye conforme se va adicionando la ceniza, pero el OCH incrementa. Después, se obtuvieron los siguientes resultados del ensayo de CBR al 95% de M.D.S el espécimen natural tenía un CBR de 3,96 %, con una incorporación de 5% de ceniza de cáscara de *Oryza Sativa* tenía un CBR de 6,90 %, con un 10% de CCA tenía un valor de 9,60 % y con la dosificación más alta de 15,0 % tenía un CBR de 10,0 %. Se concluye que los resultados presentan el incremento con la adición de ceniza de cáscara de *Oryza Sativa*, y esta técnica si es favorable para estabilizar subrasantes arcillosas. [8]

En su investigación de 2019, Rimachi y Sánchez descubrieron que la incorporación de cenizas de cáscara de coco al 3%, a nivel de subrasante, mejora las características mecánicas y físicas del suelo en el área donde se llevó a cabo la investigación. [9]

En 2019, se desarrolló un estudio comparable en la Ciudad de Lambayeque, en el que se emplearon porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz del 3%, 5%, 7% y 9% para estabilizar una combinación de suelo. Los hallazgos indicaron que la dosificación del 7% de cenizas de cascarilla de arroz en los suelos arenosos del Pueblo Joven La Dunas es la adición más adecuada de incorporación, dado que mejora las propiedades mecánicas de especímenes de suelos en estado natural, lo cual existe un cambio a favor de 2.55 %. [10]

De la misma manera, otro estudio similar se realizó en el año 2019 por el universitario Vílchez Burga Aldo Daniel, donde emplea la ceniza de cascarilla de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante. Se utilizaron porcentajes de 3%, 5% y 10% con respecto a las muestras naturales. Lo cual todas las combinaciones respondieron de manera positiva mejorando sus propiedades del suelo, es decir que este material residual si puede ser utilizado para la estabilización de subrasantes arcillosas y cumplir con lo señala en el Manual de Carreteras del MTC. Cuyos resultados de CBR al 100% de la MDS de 2.5 mm de penetración para las adiciones del (3%, 5% y 10%) sus valores obtenidos son de (6%, 8.8% y 12.4%) y los resultados para el CBR al 100% de MDS de 5 mm de penetración para los mismos porcentajes son de (7.1%, 10.3% y 15.1%). [11]

Un estudio realizado en la Universidad Privada del Norte (Lima), en el año 2020, su objetivo principal es estudiar la influencia en las características tanto físicas y mecánicas del material denominado como mortero al incorporar la adición de la fibra de estopa del fruto del coco de 2 dimensiones distintas las cuales sus dimensiones han sido de 1cm y 2 cm, lo cual estas dimensiones se aplicaron en el porcentaje de 0,5 %, de tal manera que esta investigación se basó en el peso del conglomerado fino; las cuales en dicho estudio se determinó la fluidez, peso unitario del agregado fino, compresión axial de cubos, compresión diagonal en muretes, esfuerzos de flexión en prismas. Se concluye que la fibra de estopa de coco, es un material residual que si aporta y a la vez influye de manera favorable. [12]

Los estudios realizados por ingenieros civiles del Instituto de Ciencias Bangalore de la India donde usan la fibra de coco para mejorar las características del suelo expansivo, lo cual en este proyecto de investigación se menciona que la fibra de coco está disponible en abundancia en el Sur de la India, y estas son aprovechadas en muchas zonas de la India ampliamente fibras de longitud de 15 mm y de diámetro de 0.25 mm a 0.35 mm. Asimismo en esta investigación se realizaron pruebas triaxiales estándar, consolidación y de hinchamiento de acuerdo a la norma de ASTM. En conclusión, esta investigación tiene resultados que el uso de la fibra de coco como material resistente aleatorio con el suelo expansivo puede resultar en un mejor comportamiento de ingeniería, la fibra de coco ayuda a reducir el potencial de hinchamiento del suelo. [13]

Bases teórico – científicas

Para lograr el desarrollo y culminación de este proyecto se tendrá en cuenta algunas bases teóricas – científicas que nos guiarán con la teoría, técnica y el cumplimiento de las normas lo cual se detallará a continuación:

Suelos

El suelo es un componente fundamental de la construcción más abundante y de principal utilidad a escala internacional. Asimismo, la interpretación del suelo varía de acuerdo con sus respectivos intereses. [14]; también se tiene otra definición según la normativa de Suelos y taludes, son aquellos conglomerados naturales de partículas gruesas y finas separables por medios mecánicos de poca energía o por agitación de agua [15].

Clasificación de suelos

Se han desarrollado ciertos procedimientos de organización de suelos a causa a la gran diversidad de suelos que existen en el ambiente. En la actualidad los sistemas de clasificación más empleados son la clasificación AASHTO y clasificación SUCS. Esta clasificación autoriza pronosticar el comportamiento cercano de los suelos, ya que estos ayudarán a determinar las zonas uniformes a partir de la perspectiva geotécnica. [16]

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: Simbología AASHTO

Ilustración 1: Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO [2]











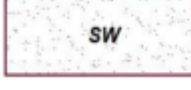




	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Ilustración 2: Clasificación SUCS [2]

Clasificación AASHTO M-145

Se divide en siete grupos principales, los cuales se numeran de A-1 a A-7. El grupo A-1 es el mejor suelo para la subrasante porque contiene arena y grava con una cantidad reducida de arcilla y actúa como un material cementante. Además, el suelo orgánico se conoce como A-8. [17]

La siguiente tabla muestra la clasificación del suelo.

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	min. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11 ^(a)	min. 11 ^(b)
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					

Tabla 1: Clasificación de los Suelos AASHTO [20]

Clasificación de suelos (SUCS) - ASTM D-2487

Este sistema clasifica a los suelos en dos amplias categorías:

Suelos de partículas gruesas: En este grupo los suelos son gravosos y arenosos según su naturaleza, también se encuentran los suelos que pasan menos de 50% por el tamiz N° 200, donde su nomenclatura de grupo comienza con los sufijos de G, para suelo gravosos y S para suelos arenosos.

Suelos de partículas finas: En esta categoría están los suelos que pasan más del 50% a través del tamiz N°200. Los sufijos se denominan de la siguiente manera C cuando posee arcillas inorgánicas y O cuando posee arcillas orgánicas.

Por otra parte, existen otros prefijos lo cual se denomina con la siguiente simbología W (bien gradado), P (pobrementemente gradado), L (baja plasticidad), H (alta plasticidad) para clasificación de suelos.

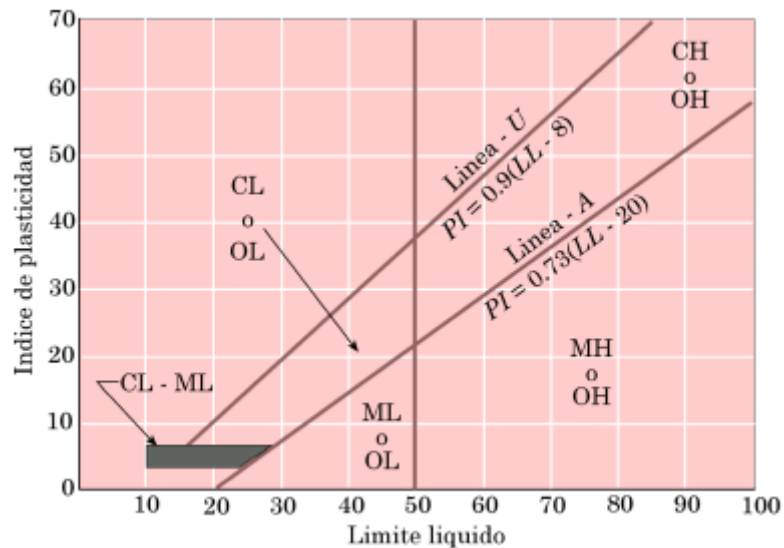


Ilustración 3: Gráfica de plasticidad [18]

A continuación, se muestran las tablas de los grupos de suelos:

Símbolo de grupo	Criterios
GW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 4; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
GP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para GW
GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad menor que 4
GC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
GC-GM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
GW-GM	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GM
GW-GC	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GC
GP-GM	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GM
GP-GC	El porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GC

Tabla 2: Clasificación (SUCS), para suelos tipo grava. [19]

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla No. 200; $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual a 6; $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla No. 200; no cumple ambos criterios para SW
SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12); o índice de plasticidad menor que 4
SC	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg se grafican arriba de la línea A (figura 2.12); índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más de 12% pasa la malla No. 200; los límites de Atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SM
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW y SC
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SM
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla No. 200 está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP y SC

Tabla 3: Clasificación según (SUCS), para suelos arenosos [19]

Símbolo de grupo	Criterios
CL	Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 7$; se grafica sobre o arriba de la línea A (véase zona CL en la figura 2.12)
ML	Inorgánico; $LL < 50$; $PI < 4$; o se grafica debajo de la línea A (véase la zona ML en la figura 2.12)
OL	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL < 50$ (véase zona OL en la figura 2.12)
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica sobre o arriba de la línea A (véase la zona CH en la figura 2.12)
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica debajo de la línea A (véase la zona MH en la figura 2.12)
OH	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL \geq 50$ (véase zona OH en la figura 2.12)
CL-ML	Inorgánico; se grafica en la zona sombreada en la figura 2.12
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánicos

Tabla 4: Clasificación (SUCS), para suelos limosos y arcillosos [19]

En la tabla 5 se observa cómo se clasificará el suelo según el sistema. Asimismo, esto puede descubrir un proceder aproximado del suelo, que esto nos ayudará a determinar en qué grupo se encuentra el suelo a clasificar. [20]

A continuación, se observa una correlación entre los dos sistemas de clasificación más utilizados, los cuales son AASHTO y SUCS:

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM -D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Tabla 5: Correlación entre clasificación de suelos AASHTO y SUCS [20]

Ensayos de Laboratorio:

Análisis granulométrico, por medio de este ensayo un suelo alcanza establecer la cantidad de los granos que forman al suelo, agrupándolos en función de su dimensión. [16]

En la tabla N.º 6 se observa el tipo de material y el tamaño de las partículas:

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Tabla 6: Clasificación de suelos según sus dimensiones de las partículas de suelo [2]

EQUIPOS:

- ✓ Balanzas, con precisión de ± 0.01 gr
- ✓ Horno de temperatura 110 ± 5 °C, con el fin de secar la muestra

MATERIALES:

- ✓ Tamices, con las siguientes aberturas:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075

Tabla 7: Clasificación de tamices y aberturas

Procedimiento

- La muestra después de extraerla de la zona de estudio, se debe secar al aire libre para realizar este ensayo, después de estar totalmente seca la muestra se desmenuza con un mortero los terrones de tierra.
- Se deja la muestra secar en el horno de 110 ± 5 °C por 24 horas.
- Al día siguiente se saca la muestra del horno, se deja enfriar, luego se toma aproximadamente 500 gr de la misma para realizar el ensayo.
- Se procede a colocar en un recipiente de plástico, se satura con agua y se deja reposar por 24 horas.
- Luego se lavará el suelo seleccionado por el tamiz N.º 200 con bastante agua y cuidado para no perder las partículas retenidas.
- Se deja en el horno el espécimen retenido por 24 horas.
- Luego se retira el espécimen, se deja enfriar y se procede con el tamizado.
- Los tamices se ordenan desde el tamiz de 3" hasta N.º 200, o estos se colocan de acuerdo al tipo de espécimen o lo que especifica en ensayo.
- Una vez ordenado lo tamices se procede a mover de un lado a otro en forma de un círculo, asimismo se va colocando la muestra de cada tamiz retenido en taras de metal.
- Finalmente, lo que se retiene en cada tamiz se pesa y se realiza los cálculos correspondientes.

CÁLCULOS:

- ✓ El % que pasa la malla número 200:

$$\% \text{ Pasa N}^\circ 200 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido En El Tamiz N}^\circ 200}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- La cantidad de partículas retenidas expresadas en %, según cada tamiz:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido En El Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- El % de partículas que pasa, según cada abertura:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

Límites de Consistencia, (MTC E 110)

Esta propiedad determina la susceptibilidad del suelo de acuerdo a la cantidad de agua que este necesita para ser estable, y no se quiebre fácilmente hasta cierto límite.

El ensayo de plasticidad no necesariamente depende de los componentes de partículas gruesas, sino depende únicamente de sus partículas finas. Sin embargo, si solo se realiza la granulometría este ensayo no permite apreciar las características del suelo, es por ello que se debe realizar los límites de consistencia.

Límite líquido (LL) -MTC E 110, es el momento en que el suelo se transforma de un estado semilíquido a uno plástico que es capaz de moldearse. [16]

Equipos y Materiales

- Recipientes para mezclar el suelo
- Ranurador
- Copa de Casagrande
- Espátula de hoja flexible de 75 a 100 mm.
- Agua destilada
- Balanza calibrada de 0.01 g
- Horno de temperatura de 110 ± 5 °C
- Taras de metal para depositar la muestra.

Procedimiento:

- Se tamiza la muestra por la malla N.º 40, luego se pesa aproximadamente 150 gr del material que pasa.
- Una vez obtenida la muestra se mezcla con el agua destilada y se deja saturada por 24 horas.
- Se procede a calibrar el equipo lo cual se denomina Copa de Casagrande, ubicando la cazuela de 1 cm aproximadamente.
- Luego de tener la muestra preparada, se coloca una cierta parte de la muestra en la cuchara, se comprime y se esparce sobre la misma, obteniendo un valor de profundidad de 1cm.
- Después, con la ayuda de un acanalador, se realiza una ranura en el eje central de la muestra.
- Se procede a girar la manivela de arriba hacia abajo, se anota los golpes correspondientes, hasta que la ranura haya cerrado a lo largo de 13mm.

- Se procede a extraer una parte del espécimen donde cerró la ranura y se coloca en un envase para luego ser pesado y llevarlo en el horno.
- Luego, se realiza el mismo procedimiento para las demás muestras que faltan agregando un poco más de agua destilada hasta que esta tenga la consistencia de la primera muestra realizada.
- Se procede a lavar y limpiar los equipos utilizados en este caso son el ranurador y la cazuela, para realizar dos tantos más. Lo cual es necesario que los datos de los golpes estén dentro de los valores de 25-35, 20-30 y 15-25.
- Finalmente se coloca la muestra al horno por 24 horas, se retira, se deja enfriar y se anota los pesos para los cálculos correspondientes.

$$LL = W \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

Donde:

- ✓ LL = Límite líquido.
- ✓ N = N° de golpes
- ✓ W = Porcentaje de humedad del suelo (%)

Límite plástico (MTC E 111-ASTM D4318), se determina como una pequeña dosis de humedad, puesto que el suelo retorna al estado de plasticidad. [16]

Equipos y Materiales

- Tamiz N°40
- Placa de vidrio
- Tara para almacenar
- Balanza calibrada
- Horno de secado
- Espátula, según lo establece la norma.

Procedimiento

- De las muestras que sobraron del ensayo del LL, se selecciona una parte de esta, para formar una estructura elipsoidal.
- Luego se procede a hacer rodar la cantidad de la muestra seleccionada entre la palma de la mano o los dedos y el vidrio esmerilado, aplicando una presión firme y no mayor a la necesaria para formar rollos.

- Para así formar un rollo de diámetro uniforme en la totalidad de la longitud, hasta que este alcance un diámetro de aproximadamente 3.2 mm.
- Finalmente se pesa y se lleva al horno por 24 horas, y después se procede a pesar y realizar los cálculos que correspondan.

El índice de plasticidad se determina con la diferencia entre el límite líquido y límite plástico de un suelo. [20]

$$IP = LL - LP$$

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Tabla 8: Clasificación de suelos según el índice de plasticidad [20]

Contenido de humedad (MTC 108-ASTM D2216), es la relación que existe entre el porcentaje de agua al hallarse en la muestra la situación normal y el peso de esa luego de ser apartada del horno de secado. [20]

Equipos y Materiales

- Estufa de temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$
- Balanza ca exactitud de 0.01 gr
- Contenedor, resistente a los cambios de temperatura
- Guantes

Procedimiento

- Se procede a pesar el recipiente vacío de manera limpia y seca.
- Luego se coloca la muestra inalterada y se procede a pesar.
- Se coloca a la estufa de temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$
- Se deja reposar por 24 horas, después se retira la muestra y se realiza los cálculos correspondientes.

Para el ensayo del contenido de humedad se calcula con la siguiente formula:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

- ✓ W = Contenido de humedad (%).
- ✓ W_W = Peso de agua contenido en la muestra (gr.)
- ✓ W_S = Peso seco de la muestra (gr.)

Gravedad específica (MTC E 113)

El propósito de este ensayo es determinar la densidad del material de los sólidos y también es utilizado para calcular la relación de vacíos y la saturación a través del picnómetro de agua. [16]

Equipos y materiales

- Balanza de 1000 gr
- Estufa de temperatura de 110 °C
- Embudo
- Cocina eléctrica
- Picnómetro
- Recipiente
- Secado
- Matraz
- Agua destilada
- Tamiz N° 4

Procedimiento

- Pesar el picnómetro limpio y seco en una balanza de 1000 gr
- Después se procede a pesar el picnómetro, con el líquido elemento que es el agua, en seguida desairar hasta que llegue a la marca de calibración
- Asimismo, se dispersa el suelo con una cierta cantidad de agua en este caso es 100 ml de agua y se coloca al picnómetro mediante un embudo.
- Se añade el agua entre una cierta distancia lo cual es un tercio o un medio de la profundidad del picnómetro y se procede a agitar hasta sacar el aire.
- De la misma manera se utiliza una cocina eléctrica para sacar el aire o también se puede realizar agitando el picnómetro por un aproximado de tiempo de 2 horas.
- Después de dejar reposar la muestra por 24 horas, para finalmente pesarla y tomar nota al peso de cada muestra estudiada.

Proctor modificado (MTC 115), es un método fundamental en el análisis para determinar la calidad y control de compactación del suelo, asimismo este es un ensayo más efectivo y más empleado para mejorar las propiedades de la subrasante. [16]

Equipos y Materiales

- Molde 4" o 6" (según el método elegido)
- Martillo o pisón manual
- Estufa de secado 110 °C
- Balanzas de gramos y kilogramos
- Ranurador para enrasar
- Bandeja de metal
- Cucharón de metal
- Tamiz N.º 40
- Probetas graduadas

Procedimiento

- ✓ Definir el método a emplear, lo cual los métodos para el ensayo son A, B y C.
- ✓ Se utilizará una cantidad de 5500 kg de espécimen, se tiene que realizar al menos cuatro puntos con la finalidad de formar una curva de compactación.
- ✓ Se procederá a pasar la muestra por el tamiz que corresponde según el método a trabajar.
- ✓ Se determinará los porcentajes de agua que se van a colocar en los cuatro especímenes, de tal manera que estos se encuentren en el rango del contenido óptimo de humedad.
- ✓ Luego se procederá a mezclar en una bandeja de metal grande el suelo con la cantidad de agua, de tal forma que este sea uniforme, esta muestra se dejará saturar en bolsas plásticas por un tiempo determinado.
- ✓ Después se realizará el cuarteo en cinco partes iguales de la muestra a trabajar, las cuales las cinco capas serán compactadas. Asimismo, se tomará una pequeña cantidad de la muestra para obtener su contenido de humedad.
- ✓ Se procederá a compactar con el pisón capa por capa con el número de golpes según el método escogido hasta llegar a las cinco capas o al final del molde, para después enrasar la muestra a nivel del molde, también se debe limpiar el molde para finalmente proceder a pesarlo.

- ✓ Por último, se procede a realizar los cálculos, que, al trazar el valor de la densidad seca establecido en función del contenido de humedad, se dibuja una curva de compactación, obteniendo la MDS y el OCH. lo cual se tiene que dibujar la curva de compactación de los especímenes analizados.

EL CBR, es un método que se utiliza para analizar la resistencia del suelo, este ensayo varía de acuerdo al grado de compactación y contenido de humedad en el transcurso de la realización del mismo. Asimismo, este ensayo se basa en situaciones establecidas de densidad y humedad. [16].

Equipos y Materiales

- Molde cilíndrico metálico
- Disco espaciador circular
- Pisón o martillo de compactación
- Prensa, de acuerdo a la normativa
- Dial de expansión
- Pesas circulares de metal
- Bandeja de metal grande
- Cucharón metálico
- Regla de metal para enrasar
- Brocha
- Estufa de temperatura de 110 ° C
- Dos balanzas para kilogramos y gramos
- Tamiz N.º 04
- Recipiente que soporte al calor
- Círculos de papel filtro

Procedimiento

- Inicialmente para realizar este ensayo se debe conocer la MDS y el OCH del ensayo de compactación.
- Se utilizará 5 kilogramos de espécimen para cada punto del método, lo cual para realizar este ensayo se realiza tres puntos diferentes, esta muestra se debe tamizar por la malla N°4.
- Se procede a mezclar la muestra con el porcentaje de agua en una bandeja grande de metal, hasta obtener la humedad óptima. Este procedimiento se realizará para

tres puntos diferentes. También, se retira una cierta cantidad de la muestra saturada para obtener la humedad.

- Para iniciar con el ensayo se prepara el molde, se pesa el molde, se coloca el anillo y el disco espaciador circular dentro de este, asimismo se coloca los círculos de papel filtro del mismo calibre.
- Luego, se compacta el espécimen en los tres moldes a utilizar, en cinco capas, con 56, 25 y 12 golpes por cada molde.
- Se limpia el molde y se procede a pesar el molde con la muestra, pero sin collar del mismo.
- El siguiente paso, de este ensayo es sumergir la muestra, pero para realizar este paso se coloca el anillo del molde y las pesas circulares, en seguida se mide la expansión de cada molde compactado con el equipo del dial de expansión y se anota.
- Se deja saturar la muestra por 96 horas, lo cual la muestra se toma lectura de las expansiones cada 24 horas.
- Después, se retira los moldes de la saturación y se voltea los moldes de manera horizontal por el tiempo aproximado de 15 minutos.
- Posterior a ello, se pesa los moldes saturados sin collar, se procederá a colocar una carga de 5 kg para que el pistón se asiente y se colocará en la prensa de penetración, donde se tomará lectura con un dial de velocidad según los tiempos establecidos lo cuales son los siguientes 0'00", 0'30", 1'00", 1'30", 2'00", 3'00", 4'00", 5'00", 6'00", 8'00" y 10'00'.
- Finalmente se anota los valores de cada lectura para así realizar los cálculos correspondientes.

Cálculos

La humedad óptima de compactación se calcula con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de agua añadir} = \frac{H - h}{100 + h} * 100$$

Donde:

H = Humedad prefijada,

h = Humedad natural

Se dibuja una curva que enlace presiones vs penetraciones, tal como se detalla en la

ilustración N°4, se estudia si la curva tiene o no punto de inflexión, se tienen en cuenta los valores de 0.1” y 0.2” de penetración, sin embargo, si el gráfico presentara punto de inflexión, se deberá de modificar como establece la normativa vigente.

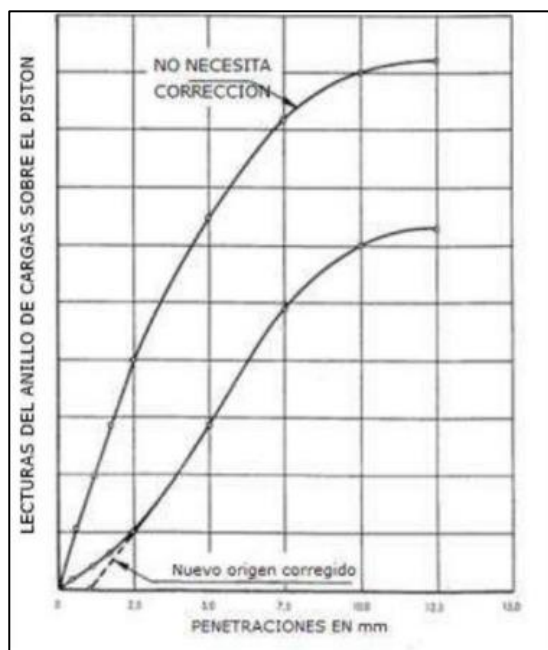


Ilustración 4: Curva para el cálculo del índice de CBR

Manual de carreteras: El siguiente manual nos servirá para desarrollar la parte de suelos y pavimentos, y este está adecuado especialmente para caminos. La finalidad es ayudar al ingeniero proyectista con las pautas y criterios técnicos que hagan más fácil el diseño de los estratos principales y de la superficie de la rodadura en calzadas pavimentadas y también para las no pavimentadas para obtener una buena estabilidad estructural vial y lograr un correcto desempeño en términos de eficiencia y economía. [20]

Definición de términos básicos:

Cascarilla de Oryza Sativa:

Es un producto derivado del proceso del pilado de la semilla de arroz que viene de los campos de cultivo. Lo cual esta planta de arroz es llamada científicamente Oryza Sativa [21]

Donde la cascarilla de Oryza Sativa forma parte de las poaceae y éstas están constituidas por elementos principales tales como endospermo, germen, epidermis y cascarilla de Oryza Sativa. Lo cual el componente más importante en este caso es el germen ya que este es más abundante en nutrientes, ácidos grasos, aminoácidos y

enzimas, lo cual estos constan una cierta parte germinativa que constituye la parte germinativa que causa el crecimiento de la semilla. [8]

La cáscara de *Oryza Sativa* es un tejido vegetal compuesto por sílice y celulosa. Además, este material residual equivale al 20% del peso del grano de arroz, aunque también tiene valores que van del 16% al 28%. [22]

La paja de arroz es material residual que genera el sector agrícola industrial, lo cual este residuo se produce en grandes cantidades y esto se da en las zonas de sembrío y en las molineras. Por consiguiente, este material se puede aprovechar como fuente de silicio para conseguir silicato de calcio. Este elemento es usado en la elaboración de bloques de ladrillo de cal, en el cemento y en diferentes aplicaciones. [8]

Ceniza de Cascara de *Oryza Sativa*:

Este es un residuo orgánico de mayores residuos que sobran de la productividad agraria de los granos, lo cual este producto de desperdicio agrícola establece cerca del 20% de la utilidad mundial de granos. Lo cual este material silíceo debe ser almacenado o empleado idóneamente para evitar contaminar el medio ambiente. Además, la temperatura a la que produce este residuo cuando cambia de estructura a cristalina se encuentra alrededor de los 500 °C a 900° C. [23]

Asimismo, con este material mencionado anteriormente, han desarrollado diferentes investigaciones, en lo cual este residuo orgánico se produce a través de la calcinación, que origina la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*. Este residuo se convierte en un material muy importante con alto contenido de sílice y características puzolánicas, debido a su gran disponibilidad a nivel mundial, por otra parte, podemos mencionar que ese material si está haciendo aprovechado en diferentes aplicaciones. Del mismo modo, la puzolana es un elemento principal que contiene un componente importante que es la sílice y aluminio, pues estos elementos absorben la cantidad de agua. [8]

Respecto al uso de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* como estabilizador de suelos arcillosos, algunas investigaciones han comprobado que este material orgánico es parte de una técnica rentable y asequible. De tal manera, que este residuo por sus propiedades morfológicas parecida a la arcilla por sus partículas, es más fácil utilizar este material orgánico como reemplazo con distintas dosificaciones de peso del espécimen, ya que este residuo reduce el hinchamiento e incrementa de manera notable la resistencia del suelo. Sin embargo, debemos de tener en cuenta el proceso de obtención y las propiedades principales en el proceso de calcinación de los materiales orgánicos que se van a utilizar

como agentes estabilizadores, ya que este punto es muy importante, porque así podemos alcanzar resultados favorables para investigaciones, y este proceso de calcinación debe ser controlado según especifica la normativa vigente.

Propiedad química de la ceniza de cascarilla de arroz

Los principales componentes químicos de la ceniza de cáscara de *Oryza Sativa*, se observa que tiene un alto contenido de sílice (SiO_2), que corresponde al 83.20%, puesto que sus elementos principales demuestran que si son adecuados como material estabilizante. [8]

Componente Químico	Porcentaje
SiO_2	83.20
Al_2O_3	0.95
Fe_2O_3	1.05
CaO	1.02
MgO	1.03
K_2O	1.29
Na_2O	0.15
P_2O_5	0.40
SO_3	0.13
TiO_2	0.08
CL	0.07
Total	99.97

Tabla 9: Composición química de la Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa [8]

Métodos de Obtención de las cenizas de cascarilla de Oryza Sativa

Este material orgánico se determina a través de distintas alternativas de quemado, las más importantes son las siguientes:

- **Campo abierto:** Este procedimiento se realiza de una manera práctica ya que, para reducir la cáscara de arroz, se coloca en un muro de ladrillos de forma circular de medidas no mayores a 16 m de diámetro y la cáscara apilada tiene 2.5 metros de altura. Por lo cual, en esta técnica no se puede controlar la temperatura de quemado, por tanto, los componentes químicos son bajos. [3]
- **Hornos (circulares o cuadrados).** Esta técnica se utiliza en hornos que están contruidos con paredes de ladrillo, y estos tienen diferentes alternativas de manera que facilita el acceso de aire interno y su chimenea se prolongue hasta el fondo del horno, también podemos decir que este está compuesto de malla de alambre fino, ya que este

material va permitir que el aire circule e impida el acceso de cenizas. Según esta técnica de calcinación tiene elevado contenido de sílice. [3]

Fibra de coco:

Es un material orgánico y es aprovechable, lo cual este residuo contribuye grandes beneficios para el progreso radicular de las plantas, asimismo este material residual proviene del fruto del coco, lo cual sus elementos son la cáscara en una cantidad de (35%), el casco posee un valor de 12%, el albumen en un porcentaje de 28% y el agua es de un 25%. Asimismo, el coco no solo es un fruto que es comestible, sino que este al descortezar se consigue una fibra que dispone mucho aprovechamiento para la construcción de suelos. También podemos decir que la fibra dispone de baja conductividad al calor, compuesta por celulosa, tiene una alta capacidad de retención a la humedad y resistencia al impacto. Lo cual este residuo orgánico es muy apropiado en el sector de la construcción y se también se emplea para investigaciones en la ingeniería, incluso es sostenible ecológicamente. Además, la fibra de coco sus esenciales elementos que producen que este tenga mayor resistencia y rigidez logrando que este sea más resistente al agua y a las bacterias. [24]

Uso de la fibra de coco en la construcción

Este residuo es utilizado para la resistencia del suelo, puesto que este material residual dispone el equilibrio entre la detención y la aireación del agua, de modo que evite el incremento excesivo de humedad y problemas.

La fibra de coco también es usada en la construcción desde hace mucho tiempo. Donde dicha fibra tuvo mucho interés ya que cuando se realizó la incorporación al concreto premezclado, prefabricado dio buenos resultados. [12]

Asimismo, los factores principales que verifican el rendimiento del material residual están compuestos de los siguientes puntos:

- ✓ Características físicas de las fibras y de la matriz.
- ✓ La fibra y la matriz se adhiere por la resistencia de esta. Asimismo, las fibras se incorporan en bajos volúmenes, de frecuencia su porcentaje es menor que el 1%, y han mostrado capacidad en el control de fisuras por contracción, llegando a reducir la abertura de las fisuras.

Extracción de la fibra de coco

Inicialmente para la extracción de este material residual existe dos formas una es artesanal y con una maquinaria especial, luego se procede a recoger los cocos de manera manual. Después, de haber estado en la planta por un tiempo de cinco y seis meses, ya que cada arbusto puede dar entre cincuenta y cien cocos al año. Dependiendo de la maduración de los cocos se determinará que tipo de fibras se puede obtener, las cuales pueden ser fibras de color marrón, menos flexibles, pero con mayor grosor y resistencia a la abrasión. Las fibras se obtienen a través del empleo de agua dulce. Asimismo, podemos decir que cuando el coco no está completamente maduro sus fibras son claras, más delgadas y tienen poca resistencia y sus fibras son más finas y con menor resistencia. [25].

Para el proceso de extracción inicialmente se procede a la recolección de los cocos, luego se realiza el desfibrado, lo cual esta técnica consiste en separar las fibras que pueden ser utilizadas de las partes que ya no deseadas para el proceso de los ensayos a realizar. Luego, se procede a lavar, para que estas eliminen las sales que presentan. El siguiente paso, es el secado y la desinfección de las fibras, someténdolas a elevadas temperaturas, de tal manera que se logra un secado más eficiente. Después se determinará los procesos que logran separar las fibras por dimensiones por los métodos del cribado y prensado. Finalmente, las fibras son sometidas a un riguroso control para garantizar la calidad de los resultados finales. [26]

Estabilización:

Es el proceso mecánicos, físicos, físicos químicos y este se convierten en las características del pavimento donde se mejorará las condiciones mecánicas del suelo. [20]

Estabilización de suelos:

Es aquel procedimiento que se basa en mejorar esencialmente el comportamiento esfuerzo-deformación de un suelo. Esto quiere decir que estabilizar un suelo es cambiar de manera que los requisitos deseados. Lo cual tiene tres maneras de cambiar las propiedades que muestra el suelo natural, asimismo estas son las estabilizaciones físicas mecánica y química. [20]

Tipos de estabilización

Estabilización mecánica: Esta técnica de estabilización trata de mejorar el suelo, sin modificar la estructura y composición principal de la misma. La manera de estabilizar la subrasante es la compactación. [20]

Estabilización por combinación de suelos: Este método es la mezcla de los materiales del terreno cuando existe materiales de préstamo. [16]

Estabilización con cal: De acuerdo al Manual de Carreteras menciona que la cal en el suelo su plasticidad es cambiante, asimismo incrementa humedad óptima de compactación, por otra parte, no indica que los suelos que son estabilizados con el material de la cal son los de partículas finas. [20]

Estabilización con cemento: Este método de estabilización de suelos con cemento se aplica en suelos gruesos con partículas finas, y su IP menores que el 18 % es decir de baja a mediana plasticidad. Según el Manual de carreteras propone el siguiente cuadro de rango de dosificaciones de cemento en función del tipo de suelo. [20]

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 - 5
A-1-b	5 - 8
A-2	5 - 9
A-3	7 - 11
A-4	7 - 12
A-5	8 - 13
A-6	9 - 15
A-7	10 - 16

Tabla 10: Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento [2]

Estabilización con cloruro de sodio: Este tipo de estabilización consiste que el componente que en este caso es la sal se denomina como un estabilizante natural, su principal característica es absorber la humedad del aire y de los materiales que se encuentran en su alrededor, de tal forma que así mejoran la cohesión del suelo. Esta técnica mejora la estabilización de suelos a los que tengan un $IP > 8\%$. [20]

Estabilización con asfalto: En este método de estabilización se utilizará asfalto para obtener propiedades impermeabilizantes y adherentes en el suelo. Para este tipo de estabilización el contenido de asfalto de las propiedades físicas del suelo. Según el Manual de Carretera menciona que para estabilizar el suelo con el material de asfalto los suelos deben ser granulares con pocas partículas finas y que su plasticidad sea baja. [20]

Suelo arcilloso:

Estos tipos de suelos se definen como suelos fuertes, porque tienen permeabilidad baja al agua y muy alta a retener nutrientes. Asimismo, muestra un amplio número de poros pequeños y estos no solo tienen arcillas en su totalidad, pero estos tipos de suelos tienen limo y arena. Lo cual así se menciona un suelo arcilloso el porcentaje de suelo estima obligatoriamente que exceder la malla N°200. [27]

Características:

A) Plasticidad: Es una de las propiedades características fundamentales de los suelos con partículas finas lo cual se denomina como suelos arcillosos. [20]

B) Hinchamiento: Esta característica del suelo es el incremento de volumen de material de suelo ocasionado por la retención de agua. [20]

C) Superficie específica: Se define entre la relación con una partícula del suelo y su masa, también nos indica que los suelos arcillosos tienen partículas finas en su mayor parte de la superficie específica y estas son altas.

D) Tixotropía: Esta característica es particular de las arcillas. Por lo tanto, la tixotropía es cuando un material está en una función de un período de descanso de este, ya que tiene dificultad en sus índices naturales, porcentaje de agua y porosidad del material. [20]

Subrasante:

Es la superficie concluida de la calzada a nivel de movimiento de tierras, sobre la estructura del pavimento o afirmado. [16]. Lo cual la subrasante para que sea apta en una estabilización debe cumplir con los siguientes parámetros que se detallan a continuación:

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Tabla 11: Categorías de subrasante [20]

Materiales y métodos:**Tipo de investigación**

Esta investigación presenta un tipo aplicada por que se utilizará documentación indexada de diferentes autores relacionados al tema, pues el autor propondrá datos actualizados sobre el tema propuesto.

Diseño de Investigación**Hipótesis**

La adición de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco mejora significativamente la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante.

Esta investigación está basada en un diseño experimental por que se manipulará una variable a diferentes estímulos lo cual se analizará la aplicación de su incorporación de las cenizas de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco para su uso en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante.

Objeto de Estudio

Suelos arcillosos a nivel de subrasante.

Variables y operacionalización

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	RANGO DE APLICACIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN
INDEPENDIENTE	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	ELEMENTOS	COMPOSICIÓN	%	ENSAYOS QUÍMICOS DE LABORATORIO
CENIZA DE CASCARILLA DE ORYSA SATIVA	DOSIFICACION	EN PESO SECO	4.5	%	ENSAYOS DE LABORATORIO
			8.5	%	ENSAYOS DE LABORATORIO
			12.5	%	ENSAYOS DE LABORATORIO
			16.5	%	ENSAYOS DE LABORATORIO
INDEPENDIENTE	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	TAMAÑO	LARGO	CM	ENSAYOS DE LABORATORIO
FIBRA DE COCO	DOSIFICACION	EN VOLUMEN	ANCHO	CM	ENSAYOS DE LABORATORIO
			2	M3	ENSAYOS DE LABORATORIO
			4	M3	ENSAYOS DE LABORATORIO
			5	M3	ENSAYOS DE LABORATORIO
			8	M3	ENSAYOS DE LABORATORIO
VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA	MÉTODO DE MEDICIÓN	
DEPENDIENTE	PROPIEDADES FÍSICAS	GRANULOMETRÍA	-	ENSAYO DE GRANULOMETRÍA	
		INDICE DE PLASTICIDAD	%	ENSAYO DE INDICE DE PLASTICIDAD	
CONTENIDO HUMEDAD		%	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD		
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS		PROPIEDADES MECÁNICAS	CLASIFICACION SUCS	-	CLASIFICACION DE SUELOS
			CLASIFICACION AASHTO	-	CLASIFICACION DE SUELOS
	COMPACTACION DEL SUELO		%	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO	
		CAPACIDAD PORTANTE DE LA SUBRASANTE	%	ENSAYO DE CBR	

Tabla 12: Operacionalización de variables

Población, muestra de estudio y muestreo

Población:

Las vías sin asfaltar del Distrito La Peca, Provincia Bagua, Región Amazonas.

Muestra:

El análisis de estudio se realizará en el Centro Poblado El Triunfo ubicado en el Distrito La Peca.

En la presente investigación se tendrá en cuenta las diferentes cantidades muestrales tanto de un suelo natural (S) como el suelo experimental, suelo mezclado con ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* (CCA) y fibra de coco (FDC), se representará con las denominaciones, S+4.5 CCA+2 FDC, S+8.5 CCA+4 FDC, S+12.5 CCA+5 FDC, S+16.5 CCA+8 FDC.

La cantidad muestral de los ensayos se muestran a continuación en las presentes tablas.

Descripción	Ensayo	CALICATA		
		C-01	C-02	C-03
Ensayo de Atterberg	Limite Liquido	1	1	1
	Limite plástico	1	1	1
	Índice de Plasticidad	1	1	1
SUBTOTAL		3	3	3
TOTAL		9		

Descripción	Ensayo	CALICATA		
		C-01	C-02	C-03
Ensayo de Atterberg	S	3	3	3
	S+4.5CCA+2FDC	3	3	3
	S+8.5 CCA+4 FDC	3	3	3
	S+12.5 CCA+5FDC	3	3	3
	S+16.5 CCA+8FDC	3	3	3
SUBTOTAL		15	15	15
TOTAL		45		

Descripción	Ensayo	CALICATA		
		C-01	C-02	C-03
Ensayo de Proctor modificado	S	3	3	3
	S+4.5CCA+2FDC	3	3	3
	S+8.5 CCA+4 FDC	3	3	3
	S+12.5 CCA+5FDC	3	3	3
	S+16.5 CCA+8FDC	3	3	3
SUBTOTAL		15	15	15
TOTAL		45		

Para determinar la cantidad de ensayos de CBR que se realizarán en esta investigación se empleó la fórmula de muestra infinita lo cual se detallará a continuación:

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * p * q}{e^2}$$

Donde:

El tamaño de la muestra deseada, el tamaño de la población o el universo, y el parámetro estadístico que depende del nivel de confianza (NC) son n y N.

El error de estimación máximo que se ha aceptado es e.

La probabilidad de que suceda el evento estudiado se conoce como p.

La probabilidad de que no ocurra el evento estudiado es q= (1-p).

Nivel de confianza	Z _{alfa}
99.7%	3
99%	2,58
98%	2,33
96%	2,05
95%	1,96
90%	1,645
80%	1,28
50%	0,674

Para calcular la muestra infinita se tomó los valores para el nivel de confianza de 90% y un error de 15 %, ya que con esos valores nos sale un tamaño de muestra ($n=30$), lo cual se hará 30 ensayos de CBR por cada una de las dosificaciones.

Este cálculo da un total de 150 CBR, 30 para la muestra natural y 30 para cada una de las cuatro dosificaciones.

PARAMETRO	INSERTAR VALOR
Z	1.645
p	50%
q	50%
e	15%

Tamaño de muestra	
n=	30

Descripción	Ensayo	CALICATA		
		C-01	C-02	C-03
Ensayo de CBR	S	10	10	10
	S+4.5CCA+2FDC	10	10	10
	S+8.5 CCA+4 FDC	10	10	10
	S+12.5 CCA+5FDC	10	10	10
	S+16.5 CCA+8FDC	10	10	10
SUBTOTAL		50	50	50
TOTAL		150		

Muestreo:

En este proyecto se utilizará un muestreo probabilístico.

Técnicas, instrumentos y métodos de recolección de datos

TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
La observación	Formatos de laboratorio y fotos
Revisión de literatura	Investigaciones de suelos arcillosos <u>utilizando ceniza y fibra de coco</u>
Procesamiento de datos	Softwares Word, Excel y Google Earth
Análisis de datos	Normativas vigentes

Estrategia metodológica para demostración de la hipótesis

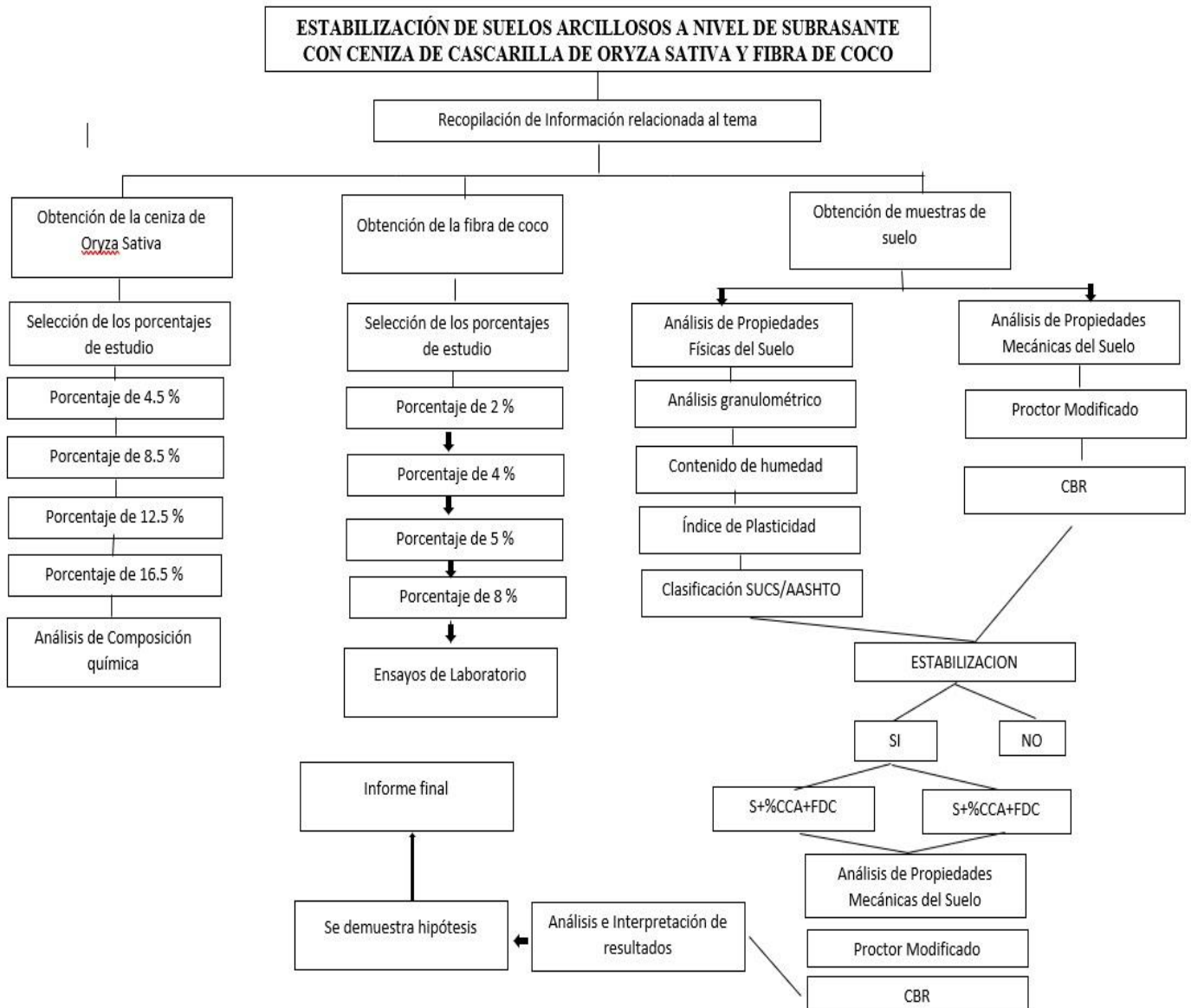


Ilustración 5:Diagrama de flujo

Criterios de selección

La perspectiva del investigador determinará los criterios de selección, incluidos los puntos de distribución de las calicatas en la zona de trabajo y la elección del estrato de muestra.

En el presente estudio se utilizará los materiales orgánicos tales como la ceniza de *Oryza Sativa* y la fibra de coco como agentes estabilizantes del suelo arcilloso de la vía sin asfaltar del CC. PP el Triunfo. La perspectiva utilizada para la elección de estos materiales como agentes estabilizantes de un suelo de partículas finas, se basan en la composición de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y Fibra de coco. El material residual que es la ceniza está compuesto en su mayor parte por sílice (SiO_2), óxido de sodio (Na_2O), cal (CaO) y otros componentes, asimismo la fibra de coco posee características físicas como la absorción, y sus dimensiones tanto en su longitud y ancho promedio, la cual este residuo está presente en la gran parte de los materiales de construcción tales como el mortero, concreto, suelos y ladrillos. Por lo cual estos materiales orgánicos como adición contribuirá a aumentar el IP de los suelos, su resistencia en su capacidad de soporte del suelo. Asimismo, un factor importante en el residuo de la ceniza es que tiene una gravedad específica, generalmente, mayor que la de un suelo de partículas finas, por lo cual al incorporar al suelo arcilloso podría incrementar la densidad seca de suelo. Los porcentajes de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* a usar son de 4.5%, 8.5%, 12.5% y 16.5% en peso seco, y para la fibra de coco sus dosificaciones a usar son de 2%, 4%, 5% y 8% estos porcentajes serán utilizados en volumen. El criterio para la selección de estos porcentajes de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra coco, se tomó en cuenta las conclusiones de las investigaciones que se han colocado como antecedentes. Las dosificaciones utilizadas en la literatura de referencia para la CCA sus valores de porcentajes utilizados están en el promedio de 4% al 20% y de la fibra de coco 0% al 8%, lo cual con esos porcentajes se obtienen resultados beneficiosos y mejorarán considerablemente, la resistencia del suelo de partículas finas a estabilizar. Los antecedentes utilizados como referencia, la gran mayoría de ellos establecen que el contenido óptimo de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco se encuentran en la cercanía de los porcentajes planteados en esta investigación en peso seco del suelo. Del mismo modo, se ha propuesto plantear cuatro adiciones de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*, 4.5%, 8.5%, 12.5% y 16.5% en peso seco del suelo y de la fibra de coco de 2%, 4%, 5% y 8% en volumen, para evaluar su efecto estabilizador

de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y la fibra de coco y así lograr el contenido más óptimo para estabilizar el suelo.

Además, de los antecedentes mencionados anteriormente, se hará uso de dimensiones de la fibra de coco de 1.5 cm de longitud y su ancho es de 2mm; con la finalidad de analizar el tamaño de la fibra de coco sobre el efecto estabilizante sobre el suelo arcilloso.

N°	AUTOR	PROCEDENCIA	TITULO DE LA INVESTIGACION	AÑO	CLASIFICACION DEL SUELO	DOSIFICACION	ENSAYOS REALIZADOS	CONCLUSION
1	Camacllanqui Ccoillar, Gino Josué y Rivera Cervantes, Jhonatan Stiven	Huancavelica, Perú	“Estabilización de la subrasante incorporando cenizas de madera y fibra de coco en la Av. Andrés Avelino Cáceres, Huancavelica-2021”	2021	GC-CL	7%, 13% y 18%	Clasificación SUCS Y AASHTO, ensayos de Atterberg, Proctor modificado y CBR.	Se obtuvieron mejores resultados con el porcentaje de 7%.
2	López Barbarán, Junior	San Martín, Perú	Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín	2021	CH/ A-7-6 (20)	5%, 10% y 15%	Análisis granulométrico, Clasificación SUCS Y AASHTO, ensayos de Atterberg, Proctor modificado y CBR.	Se obtuvieron mejores resultados con el porcentaje de 15% pero al 10% se tiene buena subrasante.
3	López Valdiviezo, Roy Dennys y Zapata Sernaqué, Gian Anthony	Tumbes, Perú	Estabilización de suelo con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante en el distrito – Tumbes, 2021	2021	A-7-6	0%, 4% y 6%	Análisis granulométrico, Clasificación SUCS Y AASHTO, ensayos de Atterberg, Proctor modificado y CBR.	Se obtuvieron mejores resultados con el porcentaje de 6%
4	G. L. Sivakumar Babu A. K. Vasudevan M. K. Sayid	India	Uso de fibras de coco para mejorar las propiedades de ingeniería de suelos expansivos	2008	Suelos expansivos	Longitud de 15 mm diámetro de 0.25 mm a 0.35 mm		Se comprobó que la fibra de coco mejora las propiedades del suelo expansivo con esas dimensiones dadas
5	Luis Ángel Gutiérrez Espinoza	Lima	La influencia de la adición de la fibra de coco en propiedades físicas y mecánicas del mortero en la ciudad de Lima	2020	Mortero	1 cm a 2 cm	Peso unitario agregado fino del mortero Compresión diagonal de murete Resistencia a la flexión	se concluye que la adición de fibra de estopa de coco, si influyó en las propiedades físicas y mecánicas del mortero convencional, tanto como, de manera favorable o viceversa.

Tabla 13: Resumen de revisión de literatura utilizadas en la investigación

Procedimientos

En este punto se explicará los materiales y los métodos que serán utilizados para el estudio experimental. Antes de iniciar con la investigación experimental, se procedió con la recolección de los residuos orgánicos a emplear, y así poder desarrollar la presente investigación. Los materiales residuales a usar para esta investigación son ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*, fibra de coco y suelo arcilloso del CC. PP El Triunfo, departamento de Amazonas.

Para extraer la muestra arcillosa se llevó a cabo trabajos de campo. Luego se reconoció el área de investigación y se determinó la ubicación precisa de los puntos de investigación según la perspectiva del estudiante. Luego se realizó cinco calicatas, las cuales se depositaron en bolsas herméticas y en sacos, posteriormente las muestras extraídas se llevaron al laboratorio. Lo cual la cantidad del material que se extrajo se determinará de acuerdo a las pruebas que se pretende desarrollar.

El material de la fibra de coco fue obtenido del distrito de La Peca, departamento de Amazonas.

La ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* se recogió las muestras del Molino Molicentro de la ciudad de Chiclayo, para enviar la muestra al Laboratorio de la ciudad de Trujillo para que realizar el ensayo de la composición química.

Posterior a la recolección de los materiales orgánicos, ambos son llevados a laboratorio de la universidad, para iniciar con el estudio experimental. Primero se realizó la caracterización y clasificación del suelo arcilloso sin adición mediante las pruebas de laboratorio. Después se desarrollaron los mismos ensayos para las muestras con adición de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* en dosificaciones de 4.5 %, 8.5%, 12.5% y 16.5% en peso seco del suelo y fibra de coco 2%, 4%, 5% y 8% en volumen.

Asimismo, para realizar los ensayos con el material de la fibra de coco en un primer instante se determinó utilizar dimensiones de 10 cm, 20 cm y 30 cm, lo cual estas dimensiones no fueron factibles porque son demasiados grandes, ya que al momento de realizar los ensayos de consistencia la fibra de coco de esas longitudes mencionadas anteriormente no alcanzaban en la cuchara de casa grande ya que sus dimensiones de esta son más pequeñas que la fibra de coco, también para realizar el ensayo de compactación no era factible por el volumen del molde; es por ello basándose en antecedentes sobre suelos expansivos y mortero se llegó a la conclusión de utilizar dimensiones de 1.5 cm* 2mm tanto de longitud como de ancho, ya que con esas dimensiones si se logró realizar los ensayos de límites de consistencia, compactación y CBR.

También al momento de realizar la mezcla y la compactación del S+CCA+FDC, la fibra de coco si se dispersa de manera homogénea.

A continuación, se explica cada uno de los materiales a utilizar para la investigación experimental en estado natural, también de los ensayos de laboratorio que se desarrollaron para lograr los objetivos propuestos.

Materiales sin adición

Suelo arcilloso

El suelo a estabilizar es un suelo de partículas finas provenientes de la vía sin asfaltar del CC. PP El Triunfo, departamento de Amazonas. Asimismo, se realizaron cinco calicatas con las dimensiones de 1m x 1m tanto de largo como de ancho y 1.50 m de profundidad, lo cual se observó que solo existe un estrato de material de partículas finas, por lo que las muestras fueran extraídas de una profundidad de 1.50 m. Cabe recalcar que en ninguna calicata se encontró presencia de nivel freático.



Ilustración 6: Zona de estudio

En la ilustración N° 06 se observa de manera gráfica la ubicación de las calicatas realizadas en la vía sin asfaltar en el Centro Poblado El Triunfo.

Posteriormente, se observan las ilustraciones N° 07, 08, 09, 10 y 11 donde se muestra el lugar exacto en el que se realizó las calicatas. Lo cual estas se realizaron en un área descampada, asimismo, la excavación de las calicatas se realizó con equipo de maquinaria retroexcavadora, a un costado del eje de la carretera, en un clima cálido y en un horario no muy transitado.



Ilustración 7: Excavación y extracción de las muestras de la C-01



Ilustración 8: Zona de extracción de la C-02



Ilustración 9: Zona de extracción de la C-03



Ilustración 10: Zona de Excavación de la C-04



Ilustración 11: Zona de excavación de la C-05

Los especímenes extraídos de las cinco (05) calicatas se clasificarán y caracterizarán de manera independiente para determinar si hay diferencias entre ellos y para analizar el efecto estabilizador de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y la fibra de coco en diferentes tipos de suelos de partículas finas. La codificación de los especímenes de suelos se muestra en la siguiente tabla.

Descripción	Codificación
Calicata N.º 01	C-01
Calicata N.º 02	C-02
Calicata N.º 03	C-03
Calicata N.º 04	C-04
Calicata N.º 05	C-05

Tabla 14: Codificación de las muestras de suelo

Ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*

La recolección de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* se realizó en el Molino Molicentro ubicado en la Ciudad de Chiclayo, lo cual dicha muestra se envió al laboratorio de físicos químico ambiental Perú S.AC. para que realice los ensayos químicos de dicha muestra.

Fibra de coco

El material de la fibra de coco fue obtenido del distrito de La Peca, provincia de Bagua, departamento de Amazonas, lo cual se realizó de la siguiente manera:

1. Se procedió a cosechar los cocos de la misma planta, donde se obtuvo aproximadamente unos 80 cocos, después de obtener el coco se empezó con el pelado de cada uno, asimismo se dejó en tinas con agua la cascara de coco 24 horas para que sea más suave al extraer la fibra.
2. Una vez que ya se dejó en agua 24 horas se procedió a chancar con un martillo la cascara para obtener la fibra de coco.
3. Finalmente se empezó a secar la fibra de coco para ser trasladado al laboratorio para realizar los ensayos correspondientes.

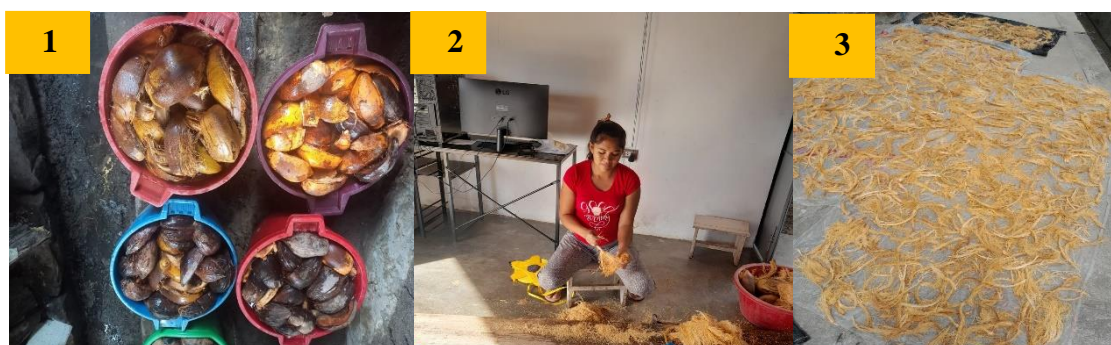


Ilustración 12: Proceso de obtención de la fibra de coco

Luego de extraer el material de la zona de estudio se realizó el traslado de los sacos de tierra desde el distrito de La Peca hacia la ciudad de Chiclayo al laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. (Ver ilustración N° 13).



Ilustración 13: Llegada de las muestras al laboratorio de la USAT

Ensayos: Métodos y procedimientos

Los ensayos físicos y mecánicos se realizaron en el Laboratorio de suelos, de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, donde estos fueron desarrollados según el manual de ensayos del MTC.

- Ensayo de contenido de humedad MTC E 108
- Ensayo de Análisis Granulométrico: MTC E 107
- Ensayo de Gravedad Específica MTC E 113
- Ensayo de Límites de Atterberg: MTC E 110
- Ensayo Proctor Modificado: MTC E 115
- Ensayo de CBR: MTC E 133

El procedimiento para cada ensayo se hace solo con el suelo natural, de los cuales se determinará con cuales se trabajará para la combinación con cenizas de cascarilla de *Oryza Sativa* y la fibra de coco.

Determinación del contenido de humedad

Para realizar este ensayo se pesó la muestra inalterada, luego se colocó al horno por 24 horas y finalmente se pesa.



Ilustración 14: Determinación del contenido de humedad

Granulometría por tamizado

Para realizar este ensayo se pasa por el tamiz N°4 se pesa 500 gr, luego se satura la muestra por 24 horas, después se lava por el tamiz N.° 200 y se coloca al horno por 24 horas y finalmente se pasa por los tamices N.° 200, 100, 50, 40, 30, 20, 10, 4, asimismo se pesa la muestra que se retiene por cada tamiz.



Ilustración 15: Granulometría por tamizado

Ensayo de gravedad específica

Para este ensayo se pasó por el tamiz N.º 10, se pesó 50 gramos de muestra, después se colocó la muestra en la fiola, asimismo se colocó el agua destilada, luego se calentó agua y se colocó la fiola con la muestra y el agua destilada para que salga el aire, también se agitó la fiola para que bote las burbujas de aire, a continuación, se dejó por 24 horas y finalmente se pesa.



Ilustración 16: Ensayo de gravedad específica

Límites de Atterberg

Este ensayo se realizó de la siguiente manera se tamizó por la malla N.º 40, se pesó 150 gr de muestra, se saturó por 24 horas, después se colocó la muestra saturada en la cuchara de casa grande dando los golpes de 35, 25 y 15, asimismo para realizar el ensayo del límite plástico se realizaron rollitos hasta que esta se rompa, luego se colocaron al horno por 24 horas y finalmente se pesa la muestra.



Ilustración 17: Ensayo de límite líquido

Límites plásticos

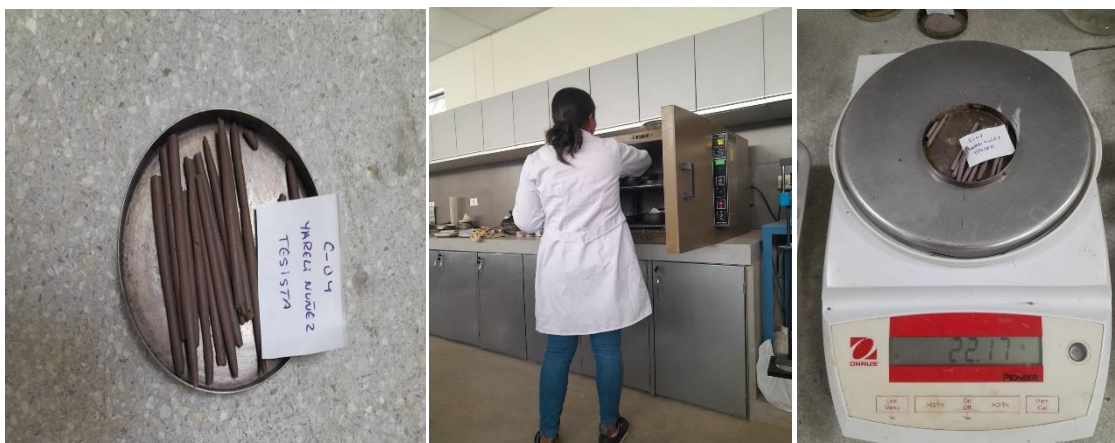


Ilustración 18: Ensayo del límite plástico

Ensayo de Proctor modificado

Para realizar este ensayo se tamizó la muestra pasando por la malla N°4, se pesó 3 kilos de muestra para 4 puntos, después se saturó la muestra colocando en bolsas plásticas, para luego compactar y finalmente se pesa la muestra más el molde.



Ilustración 19: Ensayo de Proctor modificado

Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) MTC E 133

Para realizar este ensayo se pasó por el tamiz N°4, se pesó 5 kilos para 3 puntos, la cual se saturó la muestra y se colocó en bolsas plásticas, después se compactó, se colocó en una poza con agua por cuatro días, luego cada 24 horas se mide su expansión para finalmente realizar la penetración del CBR.



Ilustración 20: Ensayo de CBR

De los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio se determinó realizar la combinación de suelo natural con cenizas de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco para las muestras de las calicatas C-02, C-03 y C-04, y se realizaron los mismos ensayos que para el suelo natural pero ahora adicionando CCA con los porcentajes de 4.5%, 8.5%, 12.5% y 16.5% y para la fibra de coco se agregó los porcentajes de 2%, 4%, 5% y 8%.

Para sacar el volumen de la fibra de coco para los límites de Atterberg se utilizó una probeta de vidrio donde allí se colocó la muestra lo cual esta se pesó inicialmente 150 gr y cuando esta se colocó en la probeta se obtuvo 130 ml lo cual de esa cantidad se sacó sus porcentajes de 2%, 4%, 5% y 8%.

Asimismo, para sacar el volumen de la fibra de coco para el ensayo de Proctor modificado se midió su altura del molde que es de 11.76 cm para luego multiplicar con sus porcentajes de 2%, 4%, 5% y 8%, y esos resultados que se obtuvo se midió la fibra de coco en el molde, y finalmente se pesó la fibra de coco que se colocó en el molde para realizar la combinación y realizar el ensayo correspondiente.

También, para sacar el volumen de la fibra de coco para el ensayo de CBR se midió la altura del molde que es de 11.1 cm, luego con la altura del molde se multiplico con los porcentajes planteados en la investigación los cuales son de 2%, 4%, 5% y 8%, y esos resultados que se obtuvo se midió la fibra de coco en el molde, para finalmente pesar la fibra de coco que se colocó con el suelo y la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa.



Ilustración 21: Colocación de la fibra de coco en el molde CBR

A continuación, se detallará como se realizó los cálculos de los porcentajes para agregar la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco.

Cálculos:

Porcentajes de CCA y FDC para la determinación de los límites de Atterberg

Peso de la muestra 150 gr

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 4.5 % de CCA y 2% de FDC

$$CCA = 4.5 \% * 150$$

$$CCA = 6.75 \text{ gr}$$

$$FDC = 2\% * 130$$

$$FDC = 2.6 \text{ ml}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 8.5 % de CCA y 4% de FDC

$$CCA = 8.5\% * 150$$

$$CCA = 12.75 \text{ gr}$$

$$FDC = 4\% * 130$$

$$FDC = 5.2 \text{ ml}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 12.5 % de CCA y 5% de FDC

$$CCA = 12.5\% * 150$$

$$CCA = 18.75 \text{ gr}$$

$$FDC = 5\% * 130$$

$$FDC = 6.5 \text{ ml}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 16.5 % de CCA y 8% de FDC

$$CCA = 16.5\% * 150$$

$$CCA = 24.75 \text{ gr}$$

$$FDC = 8\% * 130$$

$$FDC = 10.4 \text{ ml}$$

Porcentajes de CCA y FDC para el Ensayo de Proctor Modificado

Peso de la muestra 3000 gr

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 4.5 % de CCA y 2% de FDC

$$CCA = 4.5\% * 3000$$

$$CCA = 135 \text{ gr}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 8.5 % de CCA y 4% de FDC

$$CCA = 8.5\% * 3000$$

$$CCA = 255 \text{ gr}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 12.5 % de CCA y 5% de FDC

$$CCA = 12.5\% * 3000$$

$$CCA = 375 \text{ gr}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 16.5 % de CCA y 8% de FDC

$$CCA = 16.5\% * 3000$$

$$CCA = 495 \text{ gr}$$

Porcentajes de CCA y FDC para el Ensayo de CBR

Peso de la muestra de 5000 gr

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 4.5 % de CCA y 2% de FDC

$$CCA = 4.5\% * 5000$$

$$CCA = 225 \text{ gr}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 8.5% de CCA y 4% de FDC

$$CCA = 8.5\% * 5000$$

$$CCA = 425 \text{ gr}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 12.5% de CCA y 5% de FDC

$$CCA = 12.5\% * 5000$$

$$CCA = 625 \text{ gr}$$

- ✓ Para la C-02, C-03 y C-04 con 16.5% de CCA y 8% de FDC

$$CCA = 16.5\% * 5000$$

$$CCA = 825 \text{ gr}$$

Preparación de la muestra de la Ceniza de Cascarilla de Oryza Sativa y Fibra de Coco.

Luego de hallar el porcentaje de la adición de la CCA y el volumen de la FDC para agregar a las muestras de las C-02, C-03 y C-04.



Ilustración 22: Peso de CCA para adicionar a las muestras para los límites de Atterberg



Ilustración 23: Pesos de la CCA para adicionar a las muestras para el ensayo de Proctor modificado



Ilustración 24: Pesos de la FDC para adicionar a las muestras en el ensayo de Proctor modificado



Ilustración 25: Pesos de la CCA para adicionar a las muestras para el ensayo de CBR



Ilustración 26: Pesos de la FDC para adicionar a las muestras en el ensayo de CBR

Finalmente se realizó los mismos ensayos que al suelo natural (Límites de Atterberg, Proctor Modificado, CBR).

Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante					
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES		
¿De qué manera influye la adición de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante?	OBJETIVO GENERAL	La adición de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco mejora significativamente la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante.	VARIABLE INDEPENDIENTE : Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa		
	Evaluar cómo influye la adición de la ceniza de cascarilla de Oryza de Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante.		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
			Características químicas	Elementos	Ensayos Químicos
			Dosificación	En peso seco	Ensayos de Laboratorio
	Hallar la composición química de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa		VARIABLE INDEPENDIENTE: Fibra de coco		
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
			Características físicas	Tamaño	Ensayos de Laboratorio
	Dosificación		En peso seco		
	Obtener las dimensiones de la fibra de coco en largo y ancho		VARIABLE DEPENDIENTE : Estabilización de Suelos Arcillosos		
	Determinar como influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y la fibra de coco en el índice de plasticidad del suelo arcilloso a nivel de subrasante.		DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
			PROPIEDADES FISICAS	Granulometria	Ensayo de granulometria
				Indice de Plasticidad	Ensayo de indice de Plasticidad
				Contenido de humedad	Ensayo de Contenido de humedad
				Clasificacion SUCS	Clasificacion de suelos
Clasificacion AASHTO	Clasificacion de Suelos				
Determinar como influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y la fibra de coco en la compactación del suelo a nivel de subrasante.	PROPIEDADES MECANICAS	Compactacion del Suelo	Ensayo de Proctor Modificado		
Determinar como influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y la fibra de coco en la capacidad portante a nivel de subrasante.		Capacidad Portante de la Subrasante	Ensayo de CBR		
Realizar una comparación de costos entre la ceniza de cascarilla de arroz y la fibra de coco.					

Tabla 15: Matriz de consistencia

Consideraciones éticas

En esta investigación se focalizó el interés por el desarrollo de la misma, asimismo se describe un arduo trabajo tanto en campo y en el laboratorio, para lograr resultados favorables con los materiales aplicados, lo cual estos se han desarrollado según la normativa vigente. Asimismo, para realizar este estudio se consideró algunos aspectos éticos lo cuales son los siguientes:

Compromiso, ya que de esta manera se logra tener un resultado exitoso, también ser auténticos por lo cual en este punto se verificó que esta investigación no haya sido desarrollada por ninguna persona o institución, otro punto es la honestidad, lo cual uno se compromete a desarrollar y presentar en su totalidad resultados obtenidos a través de las pruebas de laboratorio que sean verídicos.

Resultados y discusión

Resultados

En este apartado se presentan los resultados de los ensayos de laboratorio realizados sobre muestras naturales y experimentales de suelo arcilloso de la vía sin asfaltar del centro poblado El Triunfo. Se agregó ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco a los porcentajes ya mencionados. Los ensayos físicos se realizaron para la caracterización y clasificación del suelo de acuerdo a la normativa SUCS y AASHTO, sin embargo, las pruebas mecánicas se llevaron a cabo para analizar cómo influye como agente estabilizador con los materiales orgánicos de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco sobre el indicador de resistencia del terreno. Cabe resaltar que, según al apartado de métodos y materiales ya mencionado anteriormente, los especímenes de suelo elegidos para ser analizados con las dosificaciones de Ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco fueron las pertenecientes a la calicata (C-02, C-03 y C-04), ya que las muestras seleccionadas son las que presentan peores condiciones de resistencia.

Hallar la composición química de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*.

La ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* se sometió a ensayos químicos para determinar sus principales propiedades. La realización de estas investigaciones tuvo lugar en el Laboratorio Físico Químico Ambiental Perú S.A.C. Ensayos Químicos y Servicios Generales, ubicado en Trujillo. Se logró obtener la sílice en un 85.70 % como componente químico principal.

Para los ensayos de Fluorescencia de rayos X, se utilizó los siguientes equipos:

- ✓ Bruker, Modelo S2-PICOFOX
- ✓ Fuente de rayos x: Tubo de Mo
- ✓ Tiempo de medida: 2000 segundos
- ✓ Muestra tamizada previamente a malla 200

COMPOSICIÓN QUÍMICA	UNIDADES	RESULTADO
Si O ₂	%	85.70
Al ₂ O ₃	%	0.68
Fe ₂ O ₃	%	0.46
Ca O	%	1.38
Mg O	%	0.43
Na O	%	0.18
K ₂ O	%	1.81
Ti O ₂	%	0.012
PÉRDIDA DE CALCINACIÓN	%	9.348

Tabla 16: Composición química de las CCA

Fuente: Laboratorio Físico Químico Ambiental Perú S.A.C

Obtener las dimensiones de la fibra de coco en largo y ancho.

Basándose en antecedentes, lo cual se ha explicado anteriormente sobre las dimensiones, donde se detallará a continuación:

DIMENSIONES DE FIBRA DE COCO	
LARGO (CM)	ANCHO(MM)
1.5	2

Tabla 17: Dimensiones de la fibra de coco

Contenido de Humedad

Se observa los valores del contenido de humedad de las cinco calicatas de las muestras sin adición los valores que poseen son de 20.80%, 15.70% y 13.10%, 10 % y 24.90 %, para las calicatas C-01, C-02, C-03, C-04 y C-05.

CALICATA	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
MUESTRA	M-01	M-01	M-01	M-01	M-01
HUMEDAD NATURAL	20.80%	15.70%	13.10%	10%	24.90%

Tabla 18: Resumen de resultados del ensayo de contenido de humedad

En la prueba del contenido de humedad no se realiza para las muestras con adición, ya que los porcentajes de los materiales se miden en peso para la ceniza y en volumen para la fibra.

Análisis granulométrico

El ensayo se llevó a cabo de acuerdo con la norma MTC E 107, utilizando muestras en estado natural de las cinco calicatas analizadas.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			
CALICATAS	% GRAVA	% ARENA	% LIMOS + ARCILLA
C-01	7.3	29.6	63.1
C-02	0.1	19.3	80.6
C-03	0.3	16.5	83.3
C-04	1.7	23.8	74.5
C-05	3.9	10.3	85.8

Tabla 19: Resumen de resultado del análisis granulométrico por tamizado

Clasificación de suelos

En la tabla N° 20 se observa los valores obtenidos de los ensayos de acuerdo a la clasificación SUCS para las calicatas (C-01, C-02, C-03, C-04) se clasifica como “CL” lo cual esta se denomina como arcilla arenosa de baja plasticidad, sin embargo, para muestra de la calicata (C-05) se clasifica como “CH” que se denomina arcilla arenosa de alta plasticidad.

De acuerdo con sus clasificaciones AASHTO, la muestra C-01 se clasifica como A-6 (10), la muestra C-02 se clasifica como A-6 (13), la muestra C-03 se clasifica como A-6 (12), la muestra C-04 se clasifica como A-6 (12) y la muestra de calicata C-05 se clasifica como A-7-6 (17). Este suelo arcilloso tiene características portantes deficientes y no puede ser utilizado como subrasante.

La siguiente tabla muestra un resumen de la clasificación del suelo de las calicatas según SUCS y AASHTO:

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS/ AASHTO		
CALICATAS	SUCS (ASTM D 2487)	AASHTO (ASTM D 3282)
C-01	CL (Arcilla de baja plasticidad)	A-6 (10)
C-02	CL (Arcilla de baja plasticidad)	A-6 (13)
C-03	CL (Arcilla de baja plasticidad)	A-6 (12)
C-04	CL (Arcilla de baja plasticidad)	A-6 (12)
C-05	CH (Arcilla de alta plasticidad)	A-7-6 (17)

Tabla 20: Resultados de la clasificación SUCS/AASHTO

Determinar cómo influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y la fibra de coco en el índice de plasticidad del suelo arcilloso a nivel de subrasante

Límites de Atterberg

En la tabla N.º 11 se muestran los resultados obtenidos a través de los ensayos de los límites de consistencia, lo cual podemos observar que, para el límite líquido, plástico y el índice de plasticidad existe un aumento cuando se adiciona los materiales orgánicos utilizados en esta investigación, asimismo, estas pruebas de laboratorio se desarrollaron de acuerdo a la normativa vigente.

LÍMITES DE CONSISTENCIA									
TIPO DE MUESTRA	CALICATA 02			CALICATA 03			CALICATA 04		
	LL(%)	LP(%)	IP(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)	LL(%)	LP(%)	IP(%)
S	32.51	11.92	20.59	35.59	16.67	18.93	37.99	18.54	19.46
S+4.5%CCA+2%FDC	41.65	24.16	17.49	39.41	17.86	21.55	37.27	27.27	10
S+8.5%CCA+4%FDC	45.45	21.24	24.21	39.43	21.1	18.33	39.36	19.71	19.65
S+12.5%CCA+5%FDC	46.47	20.65	25.82	40.25	19.94	20.31	38	18.5	19.5
S+16.5%CCA+8%FDC	48.68	24.93	23.75	41.76	21.06	20.69	44.44	20.94	23.5

Tabla 21: Resultados de los Ensayos de Atterberg de muestras naturales y con adición

En la siguiente ilustración se observa que adicionando los porcentajes a cada calicata se aumenta su índice de plasticidad.

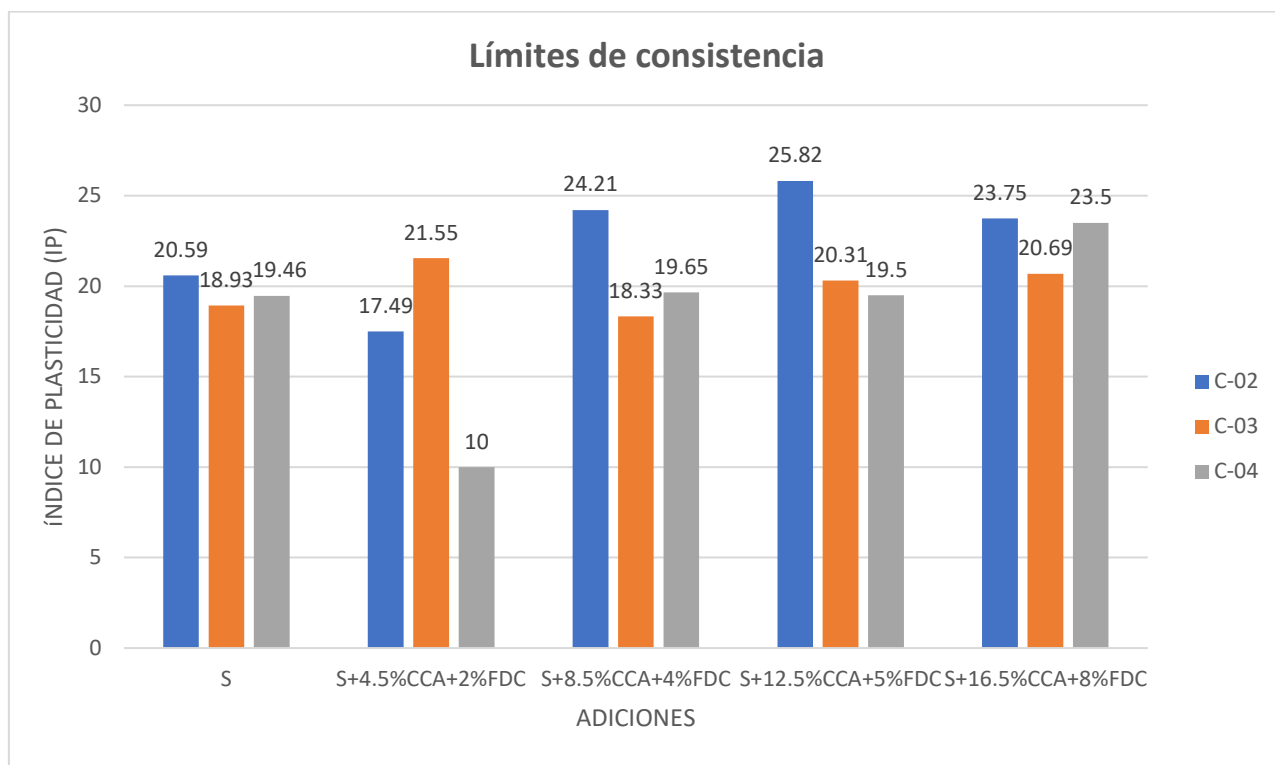


Ilustración 27: Representación en barras de los resultados de los límites de consistencia con y sin adición

Gravedad Específica

En la tabla N° 22 se observa los resultados del ensayo de la gravedad específica de las cinco calicatas, y también se puede apreciar gráficamente los resultados de este ensayo, donde en la C-01 es de 2.392 g/cm³, C-02 es de 2.285 g/cm³, C-03 es de 2.214 g/cm³, C-04 es de 2.255 g/cm³ y C-05 es de 2.311 g/cm³.

ENSAYO DE LA GRAVEDAD ESPECÍFICA					
	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Peso específico relativo de los sólidos (g/cm³)	2.392	2.285	2.214	2.255	2.311

Tabla 22: Resultados del ensayo de gravedad específica

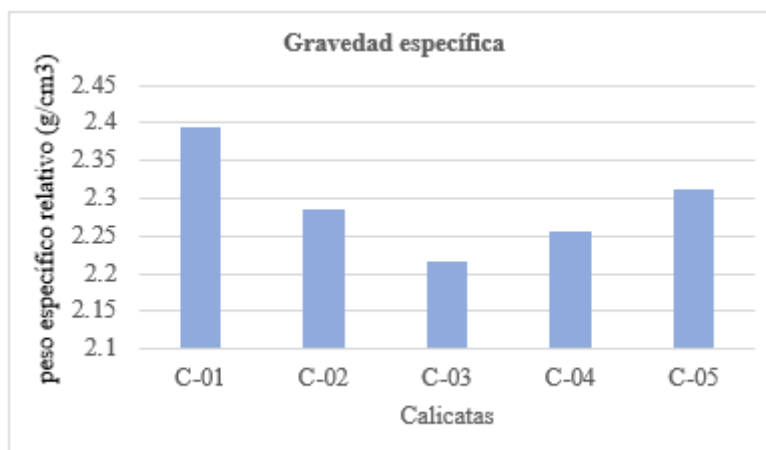


Ilustración 28: Ensayo de gravedad específica

Determinar cómo influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la compactación del suelo a nivel de subrasante.

Los resultados se detallan en la siguiente tabla, lo cual observamos que la MDS disminuye cuando se adiciona los porcentajes de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y de la fibra de coco, sin embargo, para el OCH aumenta para todas las muestras ensayadas, asimismo los valores obtenidos para la C-02 es de 1.81 g/cm³ a 1.68 g/cm³, para la C-03 posee los valores de 1.84 g/cm³ a 1.66 g/cm³ y para la C-04 los resultados son de 1.9 g/cm³ a 1.55 g/cm³ todos esos valores descritos anteriormente pertenecen a la MDS. Por otra parte, para su OCH los valores son para la C-02 de 14.31% a 16.43%, para la C-03 es de 13.73% a 17.7% y para la C-04 los valores son de 14.88% a 23.08%, lo cual este ensayo se desarrolló el procedimiento de acuerdo a la normativa vigente.

PROCTOR MODIFICADO -MUESTRAS CON Y SIN ADICIÓN						
ADICIONES	C-02		C-03		C-04	
	DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm ³)	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm ³)	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm ³)	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)
SN	1.81	14.31	1.84	13.73	1.9	14.88
4.5%CCA+2%FDC	1.74	16.57	2.03	15.13	1.73	17.32
8.5%CCA+4%FDC	1.87	16.57	1.82	15.2	1.71	16.73
12.5%CCA+5%FDC	1.71	16.4	1.72	16.13	1.63	20.47
16.5%CCA+8%FDC	1.68	16.43	1.66	17.7	1.55	23.08

Tabla 23: Resultados del Ensayo del Proctor Modificado con y sin adición

Con los resultados obtenidos de la tabla N.º 23 del ensayo de compactación, se realizó de una representación de manera gráfica de las adiciones planteadas como son la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco vs la MDS.

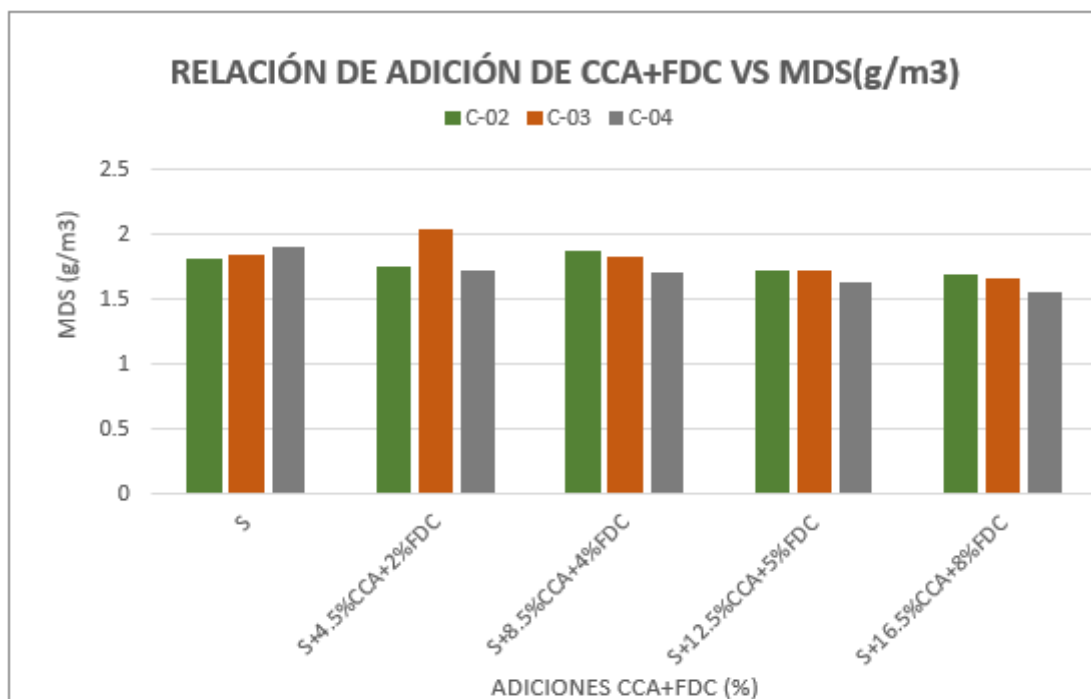


Ilustración 29: Representación gráfica de la CCA+FDC con la MDS

A continuación, se observa gráficamente las adiciones de la Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco con el OCH.

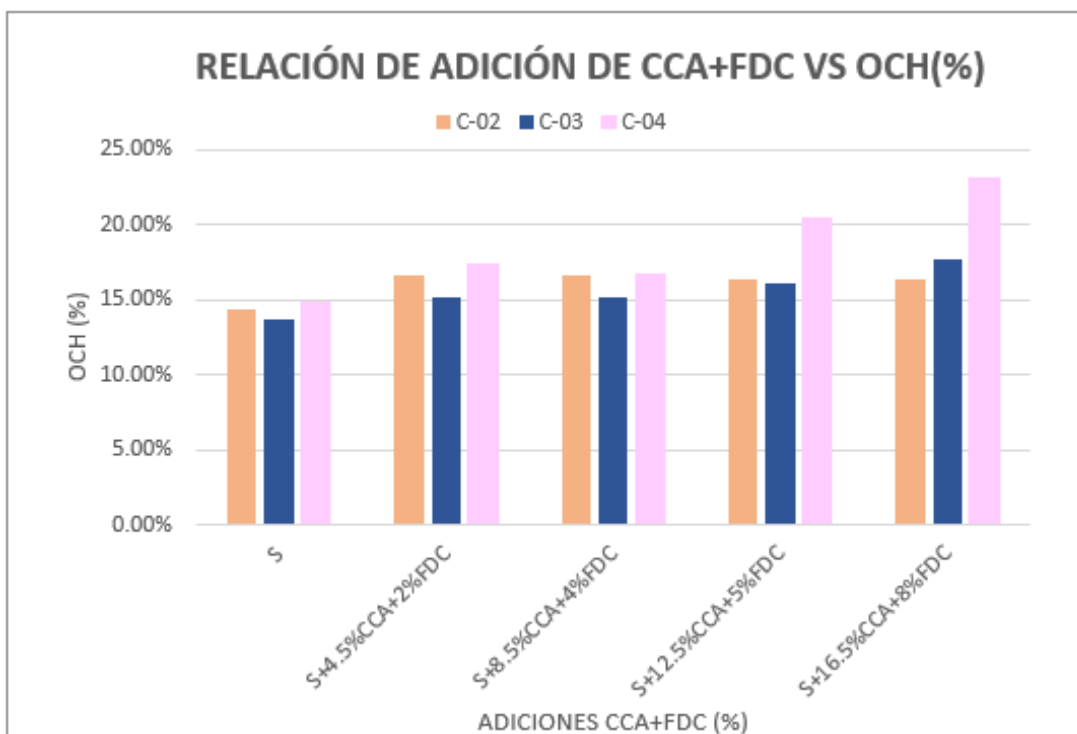


Ilustración 30: Representación gráfica de la CCA+FDC con el OCH

En la ilustración N.º 30 se observa gráficamente la relación de la MDS vs el OCH mediante curvas de la muestra natural y de las experimentales de la C-02.

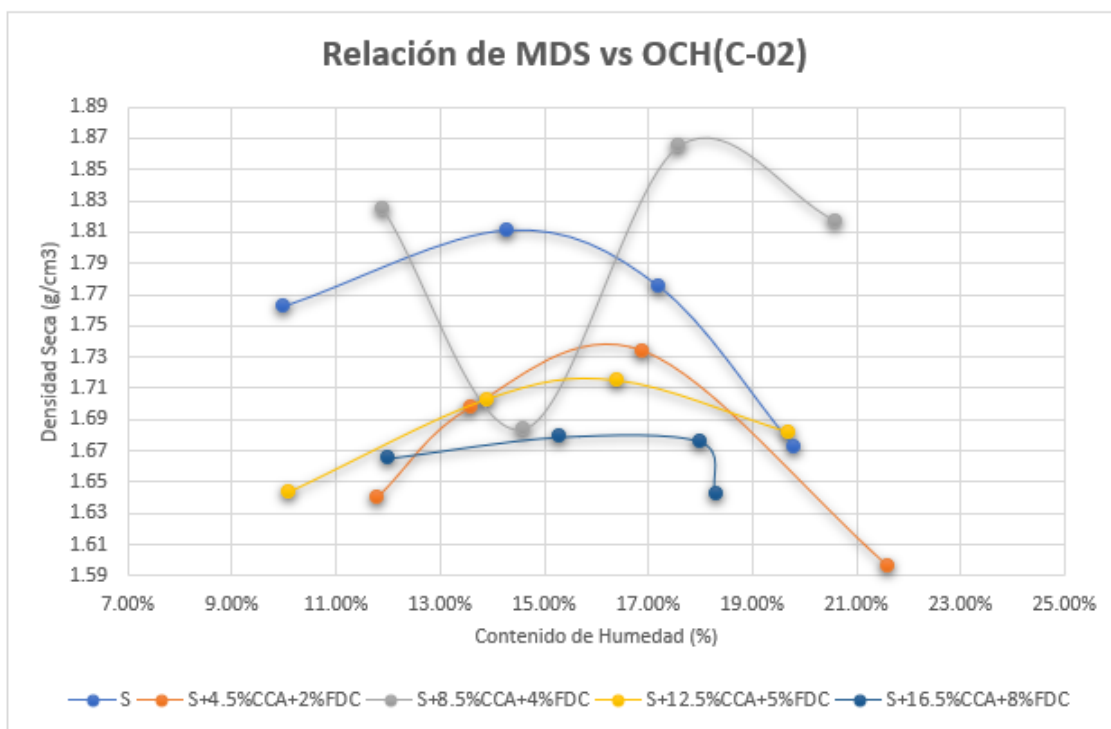


Ilustración 31: Representación gráfica con y sin adición de la MDS vs OCH-C-02

Asimismo, en la ilustración N.º 31 se observa gráficamente la relación de MDS vs OCH mediante para la muestra natural y de las experimentales de la C-03.

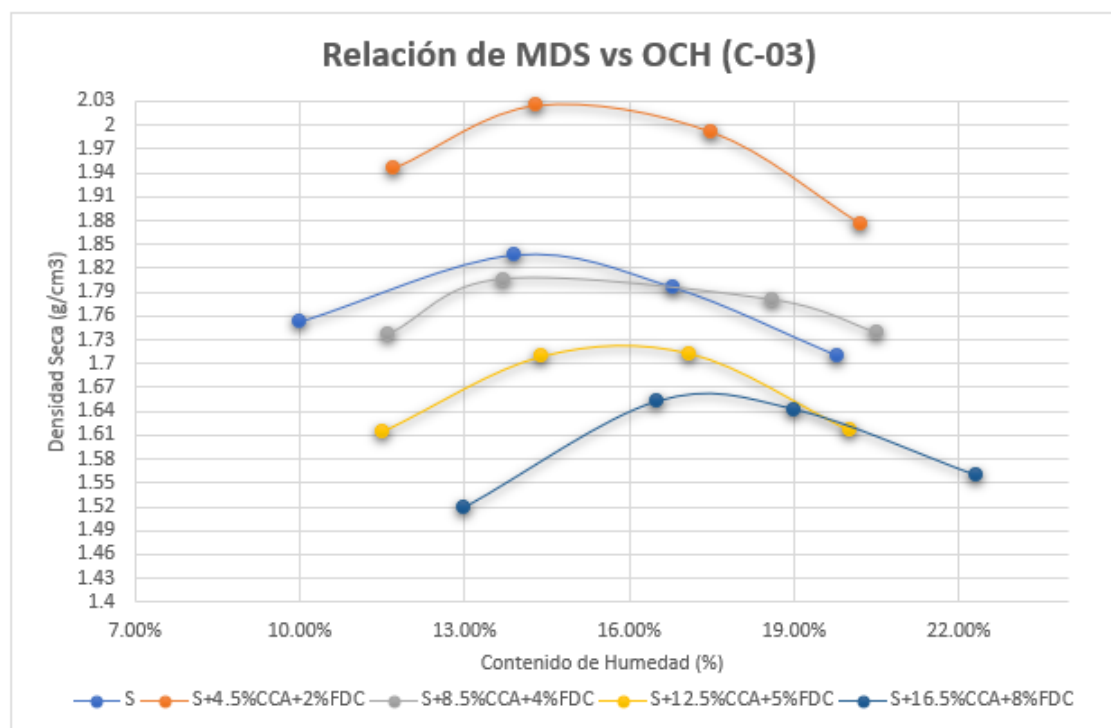


Ilustración 32: Representación gráfica con y sin adición de la MDS vs OCH-C-03

A continuación, se observa gráficamente mediante curvas la MDS vs el OCH tanto de la muestra natural y de las experimentales de la C-04.

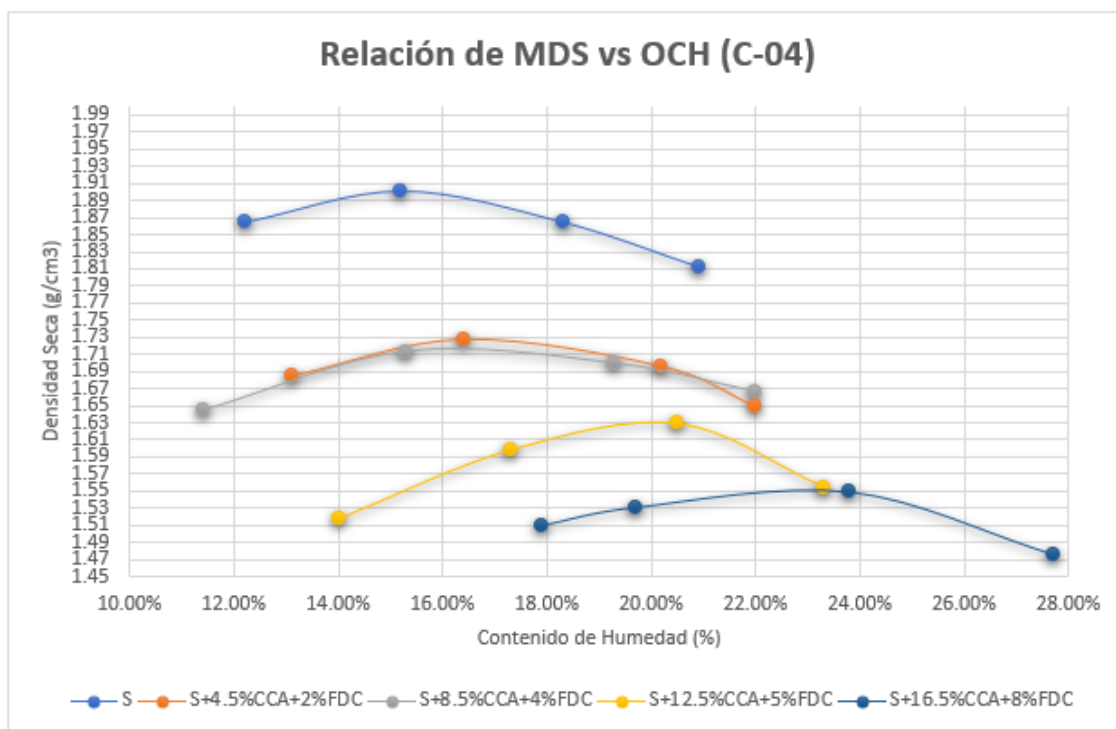


Ilustración 33: Representación gráfica con y sin adición de la MDS vs OCH-C-04

Determinar cómo influye el uso combinado de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la capacidad portante a nivel de subrasante.

En la tabla N.º 24 se observa los valores de CBR al 95% de la MDS (0.1”) para las muestras naturales el valor que poseen es de 3.2% a 4.2%, de igual forma para las muestras experimentales, la C-02 con los porcentajes de (4.5%CCA+2%FDC), (8.5%CCA+4%FDC), (12.5%CCA+5%FDC) y (16.5%CCA+8%FDC), sus valores obtenidos son de 4.5%, 10.2%, 13.4% y 21.2%.

Asimismo, se observa que los valores de CBR al 95% de la MDS para la C-03 con las adiciones siguientes (4.5%CCA+2%FDC), (8.5%CCA+4%FDC), (12.5%CCA+5%FDC) y (16.5%CCA+8%FDC), sus valores que poseen son de 10.27%, 13.3%, 20.9%, y 21.1%.

Finalmente se observa los resultados de la C-04 con los porcentajes siguientes (4.5%CCA+2%FDC), (8.5%CCA+4%FDC), (12.5%CCA+5%FDC) y (16.5%CCA+8%FDC), sus valores resultan 11.9%, 6.2%, 17.2% y 20.8%.

CBR	MUESTRA	SN	SN+4.5%CCA+ 2%FDC	SN+8.5%CCA +4%FDC	SN+12.5%CCA +5%FDC	SN+16.5%CCA+ 8%FDC
CBR al 95% (0.1")	C2	3.2%	4.5%	10.2%	13.4%	21.2%
	C3	4.1%	10.3%	13.3%	20.9%	21.1%
	C4	4.2%	11.9%	6.2%	17.2%	20.8%
CBR al 100% (0.1")	C2	4.3%	4.9%	10.9%	14.6%	23.4%
	C3	4.8%	9.9%	14.3%	24.1%	22.5%
	C4	4.7%	13.1%	6.9%	19.4%	25.7%

Tabla 24: Resumen de los resultados de CBR con y sin adición

A continuación, se detallan los datos del ensayo de CBR al 95% de su MDS de manera gráfica.

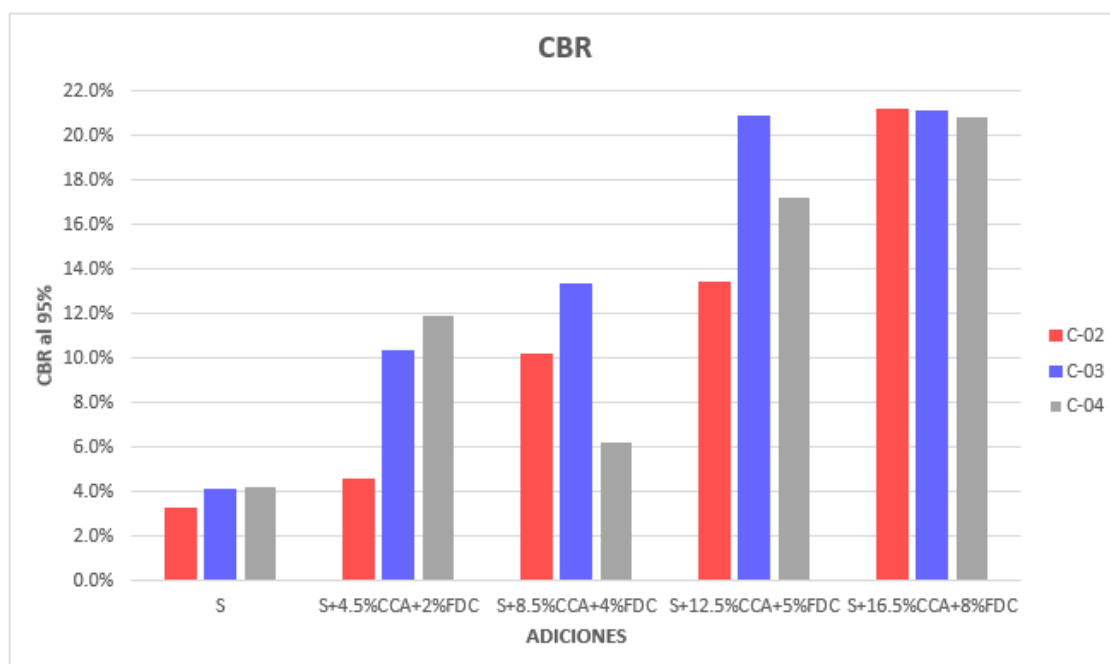


Ilustración 34: Análisis de los resultados con y sin adición del CBR al 95%

Proceso constructivo para estabilizar subrasantes con la ceniza de cascarilla de *Oryza sativa* y fibra de coco

Preparación previa

Para realizar este proceso constructivo se debe tener en cuenta algunos puntos, lo cual uno de ellos es que antes de empezar con el procedimiento, se tiene que garantizar el perfilado de la superficie del camino tanto transversal y longitudinalmente.

También, se realizará la verificación previamente de todos los equipos que se van a utilizar, garantizando que se encuentren en perfectas condiciones y que cumplan con los requisitos del trabajo.

Uno de los materiales que se van a utilizar son las estacas, ya que estas, servirán como guía, para la ubicación del operador. Asimismo, para llevar un mejor control en este tipo de trabajos se debe realizar un cronograma, para el recibo, manejo y distribución de los materiales orgánicos que se van a emplear en esta investigación los cuales son la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco, así como el agua que se va requerir. El prehumedecido, incorporando agua antes de dispersar la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco, en lo general es utilizado, y de esa manera se ahorra tiempo durante el proceso constructivo.

Proceso Constructivo

Determinar las cantidades de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco que se van a utilizar en este proceso constructivo.

Luego se realiza la escarificación y pulverización inicial de la carretera estudiada, es decir la subrasante puede ser escarificada a la profundidad y ancho que se establece y después realizar la pulverización parcialmente. Es mejor mover todos los materiales que en este caso no sean suelos y que sean superiores que 3 pulgadas, tales como las malezas (troncos, raíces, plantas, césped y piedras). Lo cual, podemos decir que una subrasante escarificada y pulverizada es más adecuada para trabajar ya que nos brinda más área de contacto superficial de suelo para la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco en el instante de la aplicación.

Se realizará el mezclado de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco in situ, estos materiales que van a mejorar deberán estar dispersados a lo largo y ancho del tramo que se va estabilizar, asimismo se distribuye en el suelo para luego realizar un mezclado en seco, se sugiere añadir una cierta cantidad de agua para evitar el polvo en este caso de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*, porque la fibra de coco no tiene mucho polvo cuando se esparce este tipo de material. En seguida se incorpora el agua requerida y se procura la mezcla realizando un curado hasta de 48 horas ya que el suelo es tipo arcilloso.

La mezcla del suelo arcilloso, ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco deberán ser compactadas a la densidad solicitada, por tanto, el valor de la MDS tiene que basarse en la curva del ensayo del Proctor Modificado de los especímenes representativos

de la combinación del suelo arcilloso, ceniza de *Oryza Sativa* y fibra de coco, más no del suelo natural. La compactación tendrá que comenzar de manera inmediata luego de la mezcla final. Finalmente, se realizará el curado final, donde consiste en conservar la superficie húmeda por a través de un ligero roció.

DENSIDAD DE CAMPO

En esta investigación se ha realizado el ensayo de la densidad de campo para verificar el funcionamiento de los materiales orgánicos de la Ceniza de Cascarilla de *Oryza Sativa* y la Fibra de coco en la incorporación a suelos arcillosos, por ende, con este ensayo se busca comprobar los resultados de laboratorio.

Asimismo, con este ensayo se realiza la comparación de los resultados tanto de la compactación de laboratorio entre la compactación in situ, con el propósito de determinar el grado de compactación alcanzada en campo.

La finalidad del grado de compactación del terreno es contribuir en el conocimiento de su comportamiento, en el momento que estas son sometidas a cargas, lo cual esto es fundamental en conocer y mejorar las propiedades del terreno, de tal forma que estas necesiten para así lograr óptimos resultados en la construcción de calzadas y poder mejorar su funcionamiento y así mismo tengan más tiempo de vida en las carreteras.

En la tabla N° 25 se observan los resultados del grado de compactación.

N° de Prueba / N° Base		D -01	D -02		
Cono		3	3		
Placa		B	B		
II.- Datos de Campo y de Laboratorio					
1.-Peso de frasco + arena calibrada	g.	7462	7402		
2.-Peso de frasco + arena que queda	g.	3285	3125		
3.-Peso de la arena en el cono	g.	1613	1613		
4.-Densidad de la arena	g/cm ³	1.335	1.335		
5.-Volumen del material extraído	cm ³	1921	1996		
6.-Peso del material + recipiente	g.	3640	3789		
7.-Peso del recipiente	g.	9.0	9.0		
8.-Peso del material retenido 3/4"	g.	648	672		
9.-Peso específico de la grava	g/cm ³	2.41	2.41		
10.-Volumen de la grava	cm ³	269	279		
11.-Peso de finos	g.	2983	3108		
12.-Volumen de finos	cm ³	1652	1717		
13.-Densidad natural húmeda	g/cm ³	1.806	1.810		
III.- Contenido de Humedad					
14.-Humedad (Speedy)	(%)	24.1	23.2		
15.-Densidad natural seca	g/cm ³	1.455	1.470		
IV.- Resultados de Laboratorio (Proctor Modificado)					
16.-MÁXIMA DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.55	1.55		
17.-OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.08	23.08		
V.- Resultados Final					
18.-GRADO DE COMPACTACIÓN	(%)	94	95		

Tabla 25: Resultados de Densidad de Campo In situ.

Los resultados obtenidos en el ensayo de la densidad de campo el grado de compactación del suelo con la incorporación de los materiales orgánicos analizados en los dos puntos son del 94% y 95% de la densidad del Proctor realizado en laboratorio, es decir que el funcionamiento de los materiales estabilizantes en el suelo es de manera positiva. Lo cual el grado de compactación mínima es del 95%.

También, se alcanza la MDS para cada punto analizado un valor de 1.55 g/cm³ para ambos puntos, con un OCH de 23.08 %.

Realizar una comparación de costos entre la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y la fibra de coco con otros métodos de mejora para la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante.

En el presente estudio se ha desarrollado el análisis económico de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco, lo cual este apartado es la culminación de esta tesis, ya que la misma, tiene como finalidad determinar el valor de estos materiales orgánicos como agentes estabilizadores. Asimismo, el precio de la ceniza y la fibra de coco va depender del uso y el valor que se da en las molineras y en las zonas agrícolas a estos materiales residuales, otro punto es la zona de ubicación para su respectiva recolección. Considerando la producción de la materia orgánica y cantidad de residuos que puede ocasionar al realizar dicho trabajo. En este apartado se va tener en cuenta el precio de la obtención de la ceniza y la fibra de coco del lugar donde se recolectó los residuos.

Se recolectaron los residuos de dos lugares, en la procesadora de la ciudad de Chiclayo se recolectó las muestras de la ceniza y en el distrito de La Peca se recolectó la fibra de coco, en lo cual los lugares mencionados anteriormente no cuentan con un plan de manejo de los residuos generados tanto de la semilla de arroz y el fruto del coco, en el caso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa la población o el mismo personal que trabaja en los molinos lo utilizan como abono para sus cultivos de terreno y la fibra de coco lo emplean como leña o para la crianza de animales, pero estos son utilizados en mínimas cantidades, sin embargo, lo que sobra lo desechan en cualquier lugar o en botaderos, porque no tienen el conocimiento en que más utilizarlo.

Es por ello, que para este estudio se recolectó la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa del Molino "Molicentro", y la fibra de coco se optó cosechar de las tierras de cultivo del lugar antes mencionado. De tal manera que la ceniza se analizó su composición química, para saber que propiedades que aporta para la estabilización de subrasantes arcillosas.

Por tanto, se procedió a realizar una comparación económica entre la estabilización de arcillas utilizando la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco y la estabilización utilizando los materiales como la cal y el cemento, asimismo, la comparación económica solo se considerará los costos unitarios de los materiales estabilizadores, sin el costo de la maquinaria, mano de obra, ni el transporte que se encuentran en la partida de estabilización de subrasante. En la tabla N.º 26 se muestran los datos que se van a utilizar para realizar dicho proceso.

Profundidad de estabilización	0.6	m
Número de carriles	2	
Ancho de carriles	3.5	m
Longitud de carretera	1000	m
Volumen de suelo estabilizado	4200	m ³

Tabla 26: Datos para realizar la estabilización

En la tabla N.º 27 se muestra los porcentajes de los agentes estabilizadores que se han considerado, según el manual de carreteras el porcentaje máximo para estabilizar suelos con cemento es el 10%, ya que con esa dosificación este material contribuirá a la mejora de las características mecánicas de las subrasantes arcillosas, asimismo para la cal se estimó un rango de porcentaje del 3%, según lo establece el MTC, por tanto, se realizó la comparación con estos insumos debido a que estos son similares para estabilizar el tipo de suelo.

Los porcentajes que se van a analizar para la ceniza es de 16.5% y el 8% para la fibra de coco. A continuación, se observa en la siguiente tabla:

Cantidades para estabilizar	
Ceniza de cascarilla de <i>Oryza Sativa</i>	16.50%
Fibra de coco	8%
Cemento	10%
Cal	3%

Tabla 27: Porcentajes para estabilizar suelos arcillosos

Los costos de análisis unitario de los tres materiales a estabilizar, sus unidades a considerar son su peso y el precio por m³. Lo cual el costo de la ceniza y la fibra de coco se consideró un precio relativamente menor porque no es utilizado de manera adecuada, su precio es un aproximado de S/. 0.20 a S/. 0.30, y los otros materiales se cotizó de manera envasada.

Para realizar el cálculo sobre la ceniza de cáscara de arroz se realizó de la siguiente manera, ya que el porcentaje que se va utilizar es el de 16.5% entonces cuando se realizó el ensayo de CBR se calculó por peso en gramos lo cual para ese porcentaje es de 825 gr de ceniza, entonces necesitamos saber cuánto de ceniza se va utilizar para 1 m³ lo cual es de 389.89 kg/m³, del mismo modo se realiza para la fibra de coco lo cual su peso es de 15.1 gr y lo que se necesita para 1 m³ es 7.14 kg/m³.

Materiales	Adiciones	Volumen	m³	PU	Precio parcial
Cal	3%	4200	126	S/ 1,161.88	S/ 146,396.25
Cemento	10%		420	S/ 970.56	S/ 407,635.07
Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa	16.5%		693	S/ 77.98	S/ 54,038.28
Fibra de coco	8.0%		336	S/ 1.43	S/ 479.55

Tabla 28: Análisis de Costos Unitarios para estabilizar una carretera de 1000 m

<i>Materiales</i>	<i>Precio</i>
<i>Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa</i>	<i>S/ 54,038.28</i>
<i>Fibra de coco</i>	<i>S/ 479.55</i>
<i>Total</i>	<i>S/ 54,517.83</i>

Tabla 29: Precio de la Ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco

En la tabla N.º 29 se observa que al analizar los costos unitarios por m³ para la estabilización de suelos, los materiales utilizados en esta investigación son más económicos que los otros materiales que se realizaron la comparación.

Discusión

En este estudio se establecieron objetivos específicos que den respuesta al objetivo general e hipótesis. Lo cual esta investigación tiene como objetivo general evaluar cómo influye la adición de la ceniza de cascarilla de *Oryza de Sativa* y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante. Para lo cual se realizaron pruebas físicas y mecánicas, para el suelo sin adición y con adición con los porcentajes siguientes 4.5%, 8.5%, 12.5% y 16.5% de ceniza y el 2%, 4%, 5% y 8% para la fibra de coco. Con la finalidad de obtener resultados de los ensayos físicos y mecánicos.

En base a la normativa de la referencia **MTC E 107**, donde se observa en todas las muestras que el material pasante del tamiz N° 200 es mayor al 70 %, por tanto, significa una granulometría muy fina, confirmando la presencia de material arcilloso.

Observando los resultados realizados para límites de consistencia, se muestra que para las dosificaciones de 16.5%CCA+8%FDC para todas las calicatas se observa el mayor incremento tanto en el LL, LP y IP, resaltando por así decirlo el LL de la C-02 que pasa del 32.51% a 48.68%, del LP de 11.92% a 24.93% y del IP de 20.59% a 23.75%, estos incrementos y en cada uno de los límites y en su índice de plasticidad es un dato positivo debido a que ese aumento en el límite hace que haga falta una mayor cantidad de agua, de humedad en el suelo para que cambie de su estado de sólido a plástico y de plástico a viscoso, además, el incremento de su IP hace que el rango de diferencia entre el estado plástico del suelo sea mucho mayor, esto se puede comparar con el estudio anterior de **López Barbaran (2021) en Lima**, en lo cual observamos que para una dosificación del 15%CCA se tiene un incremento del LL de 51.01% a 55.19%, luego menciona de los incrementos en los LP y IP, en este caso para el LL es mayor, lo cual esto puede ser debido a los factores como el porcentaje de CCA planteado en esta investigación es mayor. También puede ser debido a la combinación de la fibra de coco y la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*.

De igual manera, se desarrolló el ensayo del Proctor Modificado con la normativa **MTC E 115**, lo cual se observa los resultados realizados de la MDS y del OCH tanto para las muestras naturales y experimentales. Observando que la MDS para la C-02 es del 1.81 g/cm³ a 1.68 g/cm³, asimismo, para la C-03 pasa de 1.84 g/cm³ a 1.66 g/cm³, y para la C-04 está entre los valores de 1.90 g/cm³ a 1.55 g/cm³, es decir que la MDS disminuye a medida que se la adiciona las mezclas de los materiales orgánicos. Puesto que, a comparación del suelo, la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco tiene menor densidad. Del mismo modo, para los parámetros del OCH se observa que para todas las

calicatas estudiadas existe un incremento en su mayor dosificación lo cual es el de 16.5% CCA + 8% FDC, asimismo, se aprecia que para la C-02 está entre los rangos de 14.31 % a 16.43%, para la C-03 pasa de 13.73% a 17.7% y para la C-04 sus valores están entre 14.88 % a 23.08%, por tanto, podemos resaltar que el mayor OCH se encuentra en la calicata N° 04 en la mayor dosificación.

Esto se puede comparar con la investigación de *Vílchez Burga (2019) en Lima*, lo cual observamos que en sus resultados de la MDS disminuye ya que al adicionar la CCA en un 10 % tiende a bajar su MDS de 1.865 g/cm³ a 1.756g/cm³, y su OCH aumenta para la dosificación del 10 % de CCA de 12.8% a 14.7%, lo cual estos resultados de dicho estudio concuerdan con los resultados de esta investigación puesto que al emplear la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco de igual manera disminuye su MDS, esto se debe a que la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* es un material mucho más fino, que la granulometría del suelo, por ende, hacen que tenga mayor superficie específica y esta absorbe mayor cantidad de agua, también, esto se debe a la fibra de coco ya que este es un material orgánico y retiene mayor cantidad de agua.

Por último, se realizaron pruebas de CBR para las muestras con adición y sin adición, las cuales estuvieron sumergidas 96 horas antes de la prueba de penetración. Obteniendo resultados de CBR al 95 % (0.1”), para las muestras naturales de las tres calicatas estudiadas se obtuvieron valores de CBR bajos, de entre 3.2%, 4.2% y 4.1%, categorizando como una subrasante insuficiente, de acuerdo al Manual de Carreteras. Por ende, estos resultados son favorables para esa investigación, puesto que este suelo no se puede utilizar como subrasante porque no cuenta con las propiedades de resistencia adecuada. Asimismo, los resultados para las muestras experimentales con las dosificaciones de 4.5% a 16.5% de ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y de 2% a 8% de fibra de coco, obteniendo valores para la C-02 de 4.5% a 21.2%, luego para la C-03 entre los valores de 10.27% a 21.1 % y para la C-04 es de 11.9 % a 20.8%, donde se puede determinar que al adicionar la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco, se incrementa a medida que se va adicionando los porcentajes de cada material orgánico, lo cual los mayores resultados están en la dosificación de 16.5% CCA+8% FDC, obteniendo valores de CBR superiores al 20%, categorizando como una “subrasante muy buena”, de acuerdo al Reglamento del Manual de Carreteras, es decir que estos materiales mejoran notablemente la capacidad portante del suelo.

De igual manera, *Castro Alex (2017) en Lima*, en su investigación añade la mezcla de la ceniza de cáscara de arroz en los porcentajes de 10%, 20%, 30% y 40%, lo cual obtuvo

resultados parecidos a mi investigación, ya que para el 10%CCA el valor de CBR es de 16.30%, para el 20% CCA es de 19.40 %, sin embargo, para los dos últimos porcentajes sus valores obtenidos son de 13.2 % y 13 % lo que se puede determinar que cuando se incrementa los porcentajes como en este caso, que a partir del 30%CCA y 40%CCA disminuye sus valores de CBR. Por tanto, los valores obtenidos de CBR son superiores al 10%, lo cual se categoriza como una subrasante buena, según el MTC. En esta misma investigación, combinan la CCA + CAL, en los mismos porcentajes, puesto que logró un aumento de 5% a 38.50%, con un 20 % CCA.

De acuerdo con *Lopez Barbaran (2021) en Lima*, en su estudio menciona que la estabilización de suelos utilizando la materia orgánica de la ceniza de cáscara de arroz aumenta sus características mecánicas de la subrasante, teniendo un aumento de 3.96% a 10.5% al 95 % M.D.S, con el porcentaje de 15%, catalogando como una “subrasante buena”, según el Manual de Carreteras.

Ambas investigaciones mencionadas anteriormente concuerdan con los resultados de esta tesis, ya que tenemos valores parecidos o inferiores, lo cual se obtienen valores de CBR superiores, por lo cual no podemos diferenciar cual sería la influencia de uno u otro o la proporción, sin embargo, si tenemos el conocimiento que la combinación de ambos como es la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco generan un incremento mayor que únicamente añadiríamos la ceniza de cáscara de arroz.

Para determinar la composición química de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*, se realizó un estudio llamado “Espectrómetro de fluorescencia de rayos X, logrando como resultado 85.7% de Dióxido de sílice (Si O₂), 1.38 % de óxido de calcio (Ca O), 0.46 % de óxido de hierro, esto se debe a que va influir mucho en las propiedades de mejora del terreno de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* es el dióxido de sílice, ya que la sílice es un material cementante, lo cual estos elementos generan cohesión entre las partículas más importantes de la naturaleza, el hecho de que tenga bastante dióxido de sílice es un indicador que va ser un material que va estabilizar el suelo. Del mismo modo, *Capuñay y Pastor (2020) en Nuevo Chimbote*, en su investigación presenta un análisis de fluorescencia de rayos X para el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar, obteniendo resultados de 58.35% de Dióxido de Silicio (Si O₂), 4.87 % (Ca O), 7.88% de (Al₂ O₃), entre otros elementos de la tabla periódica.

Con respecto al análisis económico, se obtuvo los costos de cada material que se utilizará para estabilizar subrasantes arcillosas, lo cual los valores obtenidos para el 16.5% de ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* es de S/. 54,038.28 y para el 8% de fibra de coco

su precio es de S/. 479.55 para un m³, sin embargo, para los otros materiales estabilizantes su precio para la cal es de S/. 146,451.17 y para el cemento su precio obtenido para estabilizar un m³ de suelo es de S/. 407,635.17, lo cual sus precios son relativamente bajos de los residuos que se utilizan en esta investigación, también otro punto favorable es que la adición planteada es mayor que las otras adiciones de los otros materiales.

CONCLUSIONES

El uso de ceniza de cáscara de *Oryza Sativa* mezclada con fibra de coco ha sido una solución muy útil para establecer subrasantes de arcilla. Se obtuvieron resultados positivos, ya que esta alternativa de ambos residuos representa una gran mejora estabilización de subrasantes arcillosas. Asimismo, el uso de ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco no sólo ayudan a mejorar la capacidad del suelo, sino que estos residuos también contribuyen con el medio ambiente, lo que lo convierte en un método para la mejora de suelos. En resumen, el uso de ceniza de cáscara de *Oryza Sativa* y de fibra de coco es una nueva posibilidad para mejorar los suelos arcillosos que merece ser apreciada y analizada con mayor detalle.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las pruebas del informe de medición y análisis de muestras por el (ATD) y (ATG) muestran que la ceniza de cáscara de *Oryza Sativa* posee características térmicas fundamentales que pueden ser útiles en diferentes estudios industriales. En conclusión, cuando se realiza el ATG de la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa*, muestra una temperatura pico de 299° C, que esta evaluación se encuentra dentro de un rango de 254 a 385° C. Por lo tanto, indica que su capacidad para soportar altas temperaturas.

Del mismo modo, se concluye que se realizó el análisis de fluorescencia de rayos X a la ceniza de cáscara de *Oryza Sativa*, en el que se ha descubierto la existencia de varios componentes principales. Lo cual el elemento que más destaca es el dióxido de sílice. Por tanto, este material orgánico demuestra la capacidad de la ceniza de cáscara de *Oryza Sativa* como producto puzolánico para su aplicación en la mejora de suelos.

En conclusión, se caracterizó y clasificó el suelo de los especímenes naturales procedentes de la vía sin asfaltar del CC. PP El Triunfo, determinando que todas las pruebas naturales al pasar por la malla N° 200 es mayor que el 70%, confirmando que es un suelo de tipo arcilloso de baja plasticidad, de acuerdo con la clasificación SUCS para las tres calicatas estudiadas son CL que se denomina un suelo de baja plasticidad y según su clasificación AASHTO, para la C-02 es un suelo de tipo A-6 (13), y para las C-03 y C-04 son un suelo de tipo A-6 (12). Por su parte, los tres especímenes naturales se catalogaron como una subrasante insuficiente.

En el ensayo de los límites de consistencia se concluye que sus resultados del IP para todas las muestras del suelo estudiadas son favorables ya que se encuentran en un rango

de 18% a 25%, clasificándose como un suelo de plasticidad media y alta, demostrando que el IP aumenta en tanto se incrementa el porcentaje de dosificaciones.

Se determinó que, en el ensayo del Proctor Modificado, para las muestras experimentales su MDS disminuye a comparación de las muestras naturales, sin embargo, para el OCH sus valores se incrementan a medida que el porcentaje aumenta su adición.

Se determinó que el ensayo de CBR al 95% a (0.1”), en los especímenes naturales presentaron valores de la MDS bajos, es decir su CBR < 6%, determinándose no apto para ser utilizada como subrasante de un suelo, sin embargo, añadiendo los porcentajes de las adiciones presentó un aumento progresivo en la capacidad de soporte sorprendente, obteniendo un resultado de CBR de 21.03% con el porcentaje de 16.5% de ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y el 8% de fibra de coco, clasificando como una subrasante muy buena. Se concluye que las características físicas y mecánicas si mejoran significativamente, pasando de una subrasante insuficiente (CBR<6%) a una subrasante muy buena (CBR > 20%).

Con respecto al proceso constructivo más apropiado para mezclar la ceniza y la fibra de coco con lo que sería el terreno para su mejora sería principalmente utilizar métodos similares para estabilizar, como la cal y el cemento ya que estos materiales son elementos que se fabrican el polvo y el sistema de mezclado de compactación es similar por las características físicas del elemento estabilizador.

Se concluye que para el porcentaje de 16.5 % de ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y el 8% de fibra de coco su costo es de S/ 54,51.783 por m³, del mismo modo, se calculó para la cal al 3% donde su precio es de S/. 146,451.17 y para el cemento es de S/. 407, 635.07. Lo cual podemos concluir que los materiales utilizados en esta investigación son muchos más rentables, a comparación de los otros materiales para la estabilización de subrasantes arcillosas.

Se concluye que con los valores obtenidos con el ensayo de la densidad de campo se verifica los resultados de laboratorio, alcanzando el grado de compactación de 94% y 95% para la MDS de 1.55 g/ cm³ y un OCH de 23.08% para la mezcla óptima de 16.5% de CCA y el 8% FDC.

RECOMENDACIONES

Se recomienda a los estudiantes que llevan el curso de proyecto de tesis de la carrera de ingeniería civil, que quieran continuar con el desarrollo de este estudio, realicen la caracterización de la fibra de coco para así lograr mejores resultados.

Se recomienda realizar otros ensayos en el laboratorio como la resistencia al corte, triaxial, módulos de elasticidad, permeabilidad al suelo, ya que estos ensayos van aportar un análisis más completo y eficaz tanto de las características mecánicas y estructurales del suelo.

Se recomienda aplicar estos materiales orgánicos que es la ceniza de cascarilla de *Oryza Sativa* y fibra de coco en otros tipos de suelos para determinar su comportamiento y conocer si mejorará los suelos, ya que esta investigación se realizó para el tipo de suelo arcillosos de baja plasticidad.

Realizar el corte de la sub rasante a la medida calculada por el ingeniero responsable del proyecto, luego batir en campo, los materiales orgánicos estudiadas.

Humedecer la ceniza con la finalidad de haya más concentración para que el aire no lo disperse y se adhiere fácilmente a la arcilla.

Y por último que, al momento de compactar dispersar bien el material en forma homogénea, esto con la finalidad que el material de fibra del coco no se acumule en un solo lado y genere un vacío de aire, al no ser esto generará un desprendimiento de sus partículas y se volverá inestable la sub rasante.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] G. J. Camacllanqui Ccoillar y J. S. Rivera Cervantes, «Estabilización de la subrasante incorporando cenizas de madera y fibra de coco en la Av. Andrés Avelino Cáceres, Huancavelica-2021,» Lima, 2021.
- [2] M. d. T. y. comunicaciones, «Manual de Carreteras Suelos geología, geotecnia y pavimentos-Seccion de Suelos y Pavimentos,» Lima, 2014.
- [3] L. Y. Llamoga Vásquez,, «Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz , Cajamarca 2016.,» Cajamarca, 2017.
- [4] A. F. Castro Cuadra, «Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante,» Lima, 2017.
- [5] G. J. Camacllanqui Ccoillar y J. S. Rivera Cervantes, «“Estabilización de la subrasante incorporando cenizas de madera y fibra de coco en la Av. Andrés Avelino Cáceres, Huancavelica-2021,» Lima, 2021.
- [6] E. A. Chicaiza Estévez, «Estabilización de arcillas expansivas de la provincia de Manabí con puzolana extraída de ceniza de cascarilla de arroz,» Quito, 2018.
- [7] R. B. Huarcaya Quiquia, «Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz,» Lima, 2020.
- [8] J. Lopez Barbaran, «Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba –Departamento de San Martín,» Lima, 2021.
- [9] I. Rimachi Pariona y R. . F. Sánchez Ruiz, «Estabilización de suelos con adición de ceniza de cáscara de coco al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%, a nivel de subrasante en el sector de Lampanin Distrito de Cáceres del Perú Provincia del Santa, Ancash – 2019,» Chimbote, 2019.
- [10] R. S. Requejo Carrillo, «Estabilización de suelos arenosos utilizando Oryza Sativa (arroz), pueblo joven Las Dunas – Lambayeque- Perú 2019,» Universidad Señor de Sipán, Chiclayo , 2020.
- [11] A. D. Vilchez Burga, «“Aplicación de ceniza de cascara de arroz para mejorar la estabilidad de la subrasante en la vía de Evitamiento Jaén- Cajamarca, 2019”,» Lima, 2019.

- [12] L. A. Guitierrez Espinoza, «La Influencia de la Adición de Fibra de Coco en las propiedades físicas y mecánicas del Mortero, en la ciudad de Lima, año 2020,» Lima, 2020.
- [13] A. K. V. M. K. S. G. L. Sivakumar Babu, «Use of Coir Fibers for Improving the Engineering Properties of Expansive Soils,» *Journal of Natural Fibers*, vol. 5, p. 18, 2019.
- [14] E. Juarez Badillo y A. Rico Rodriguez , «Mecánica de Suelos: Fundamento de Mecánica de Suelos,» Mexico, Limusa Noriega editores, 2005, p. 33.
- [15] M. d. C. y. Saneamiento, *Norma, CE.020: Suelos y Taludes, sencico*, Lima, 2010.
- [16] M. d. T. y. Comunicaciones, «Manual de Ensayos de Materiales,» Lima, 2016.
- [17] U. T. d. Chile, «Propiedades Indices de los Suelos,» Santiago de Chile.
- [18] ULPGC, «Clasificación de Suelos,» [En línea]. Available: <https://www2.ulpgc.es/hege/almacen/download/31/31448/suelos.pdf>. [Último acceso: 19 mayo 2023].
- [19] D. Brajas M, Fundamentos de Ingeniería Geotecnia, Mexico: Cengage Learning, 2013.
- [20] M. d. T. y. comunicaciones, «Manual de Carreteras Suelos geología, geotecnia y pavimentos-Sección de Suelos y Pavimentos,» Lima, 2014.
- [21] M. A. Novoa Galeano, L. D. Becerra León y . M. P. Vásquez Piñeros, «La ceniza de cascarilla de arroz y su efecto en adhesivos tipo mortero,» *Dialnet*, p. 10, 2016.
- [22] O. Llanos Paz , A. Rios Navarro, C. A. Jaramillo Paez y L. F. Rodriguez Herrera, «La cascarilla de arroz como una alternativa en procesos de descontaminación,» *Scielo*, vol. 11, nº 2, p. 4, 2016.
- [23] L. Behak y W. Peres Núñez, «Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación,» *Ingeniería de Construcción*, nº 1, p. 8, 2008.
- [24] A. Escudero Siosi y . J. . S. Aristizábal Restrepo, «Metodología De La Mecánica De Fibras De Coco Como Refuerzo De Materiales,» p. 20, 2017.
- [25] J. A. Mula, «Agromatica,» 2015. [En línea]. Available: <https://www.agromatica.es/sustrato-de-fibra-de-coco/#:~:text=Ventajas%20de%20la%20fibra%20de%20coco&text=Tiene%20>

una%20gran%20capacidad%20de,pretende%20corregir%20una%20carencia%20mineral.. [Último acceso: 5 Junio 2023].

- [26] «Florka,» 14 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://florka.es/proceso-producción-la-fibra-coco/>. [Último acceso: 5 Junio 2023].
- [27] M. d. T. y. comunicaciones, «Infraestructura vial existente según Departamento,2019,» MTC, Lima, 2019.
- [28] M. d. T. y. Comunicaciones, Manual de Ensayo de Materiales RD, Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú, 2016.

ANEXOS**Anexo N° 01: Panel fotográfico**

Lugar de extracción de las arcillas en el CC, PP El Triunfo, Amazonas



Se realizó el trazo para las calicatas



Material en las Instalaciones del Laboratorio de la USAT



Proceso de trituración de las muestras



Obtención de la fibra de coco



Límites de Atterberg con adición



Se observa la fibra de coco cuando se realiza la compactación



Se observa en las fotografías como se dispersa la fibra de coco de manera homogénea al momento de realizar la compactación



Se observa el cuarteo de la muestra para realizar el ensayo de Proctor modificado



Ensayo de Proctor modificado



Se observa los moldes de CBR saturados, asimismo se observa la penetración de CBR



Se observa realizando el tamizado de la muestra y adicionando la CCA



Mezclado del suelo con la CCA+FDC



Pesos de los moldes de CBR con la muestra compactada



Se observa las dimensiones de la fibra de coco



Dimensiones de la fibra de coco



Excavación para realizar el Ensayo de Densidad de Campo



Combinación de la CCA y FDC con el suelo arcilloso natural



Colocación del material al área excavada



Compactación del material de la CCA y FDC con el suelo natural



Compactación de material por capas en la zona de estudio



Rocío de agua al material de la CCA y FDC con el suelo natural



Zona de estudio compactada con el material de la CCA y FDC



Extracción de las muestras compactadas para los ensayos correspondientes



Se realizó los puntos de extracción para los ensayos correspondientes

Anexo 02: Ensayos Químicos de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES RUC: 20605355189

**REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE
MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X**

SOLICITANTE	YARELI NUÑEZ BURGA
TESIS	"ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL USO DE LA CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA Y FIBRA DE COCO EN LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO A NIVEL DE SUBRASANTE"
MUESTRA	CENIZA DE CÁSCARA DE ORYZA SATIVA
FECHA	03 DE MAYO DEL 2023
INSTITUCION	

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca **BRUKER, MODELO S2-PICOFOX.**

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

**ESTANDAR INTERNACIONAL PARA
CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)**

Concentración: lg/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó la muestra de cenizas de cáscara de ORYZA SATIVA, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06

JEFE DE LABORATORIO **ING. CARLOS VALQUI MENDOZA**
ANALISTA RESPONSABLE **ING. CARLOS VALQUI MENDOZA**

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: faaperusac@gmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



4. RESULTADOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	UNIDADES	RESULTADO
Si O ₂	%	85.70
Al ₂ O ₃	%	0.68
Fe ₂ O ₃	%	0.46
CaO	%	1.38
MgO	%	0.43
NaO	%	0.18
K ₂ O	%	1.81
TiO ₂	%	0.012
PERDIDA DE CALCINACIÓN	%	9.348

Método de Ensayo para Sulfatos por digestión – espectrofotómetro

Método de Ensayo por Absorción Atómica de hierro y aluminio

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente silice (Si), Calcio (Ca) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; fósforo (P), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).

[Firma]
 GUSTAVO ALBERTO WAZQUI MENDOZA
 INGENIERO QUÍMICO
 CIP 122588



Tujillo, 12 de Mayo del 2023

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.



ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL: ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	YARELI NUÑEZ BURGA
TESIS	"ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL USO DE LA CENIZAS DE CASCARILLA DE ORYZA SATIVA Y FIBRA DE COCO EN LA ESTABILIZACION DE SUELO ARCILLOSO A NIVEL DE SUBRASANTE"
MUESTRA	CENIZA DE CÁSCARA DE ORYZA SATIVA
FECHA	03 DE MAYO DEL 2023
INSTITUCION	

1. MUESTRA: CENIZA DE CÁSCARA DE ORYZA SATIVA

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1		

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG, DTA, DSC CAP. MAX 1600°C
SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967,
ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN
51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 920°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA:

JEFE DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

LABORATORIO FÍSICO QUÍMICO AMBIENTAL PERÚ S.A.C.

ENSAYOS QUÍMICOS Y SERVICIOS GENERALES

RUC: 20605355189



4. RESULTADOS

c. CURVA TGA Y ATD



5. CONCLUSION

- Para la presente investigación de la ceniza de cáscara de *ORYZA SATIVA*, El porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.25%.
- El análisis termo gravimétrico de ceniza de cáscara de *ORYZA SATIVA* indica un pico de temperatura máxima de 299.0°C por un periodo de tiempo de 2hr. entre 254 y 385 °C

TRUJILLO 12 DE MAYO DEL 2023

CARLOS ALBERTO VALCUI
INGENIERO QUÍMICO
CIP 122588



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITES - CARBON - CAL

CELULAR: 944 077 288 - 949 959 632 CORREO ELECTRÓNICO: fqaperusac@gmail.com

Anexo 03: Ensayos de Laboratorio



UNIVERSIDAD CATOLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL



Tesista : Yareli Nuñez Burga
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y Fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
Fecha de emisión : Chiclayo-2023

ENSAYO : Peso específico relativo de sólidos (G_s)-Material que pasa la malla N° 10
REFERENCIA : NTP 339.131 - ASTM D - 854

	C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
1. N° de fiola	F-2	F-3	F-2	F-3	F-3
2. Peso de la fiola	g. 90.14	90.14	90.15	91.8	89.29
3. Peso de la muestra de suelo - seco	g. 50.0	50.0	50.0	40.0	50.0
4. Peso de la muestra de suelo seco + peso de la fiola: (2+3)	g. 140.1	140.1	140.2	131.8	139.3
5. Peso de la muestra + Fiola + agua	g. 368.1	367.1	369.4	367.3	368.4
6. Peso de la fiola + peso de agua	g. 339.0	339.0	342.0	345.0	340.0
7. Peso específico relativo de sólidos (G_s) $(3)/(3+6)-5$ g/cm ³	2.392	2.285	2.214	2.255	2.311

Rosendo J. Rojas Benry
TÉCNICO DE LABORATORIO

Firma del Técnico de Laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Yareli Nuñez Burga
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarrilla de Dryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
Fecha de emisión : Chiclayo-2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 339.128: 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Via de acceso (trocha)

Calicata: C-01

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.



FECHADO EN LABORATORIO

Risako Ayta Jblitas Jany
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Yareli Nuñez Burga
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascariña de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
Fecha de emisión : Chiclayo-2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 339.128: 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Via de acceso (trocha)

Calicata: C-02

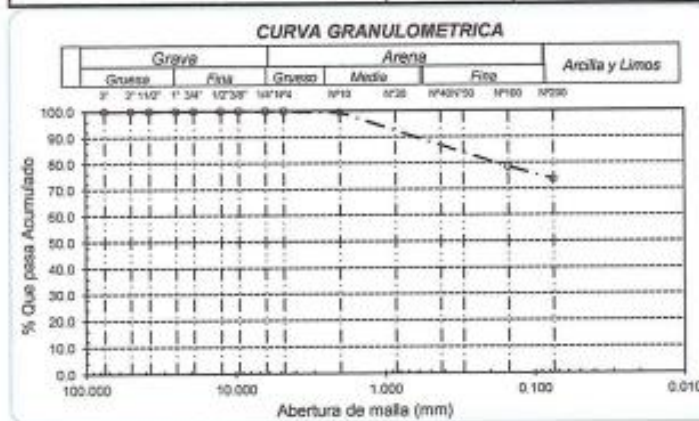
Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.1	99.9
N° 10	2.000	0.6	99.4
N° 20	0.850	2.2	97.8
N° 50	0.300	13.7	86.3
N° 100	0.150	21.6	78.4
N° 200	0.075	28.3	73.7

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	0.1
	G.F. %	0.1	
	A.G. %	0.5	
% Arena	A.M. %	8.6	26.2
	A.F. %	17.1	
	% Arcilla y Limo	73.7	
Total		100.0	

Ensayo de Limite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	32.51 (%)
Límite Plástico (LP)	11.92 (%)
Índice Plástico (IP)	20.59 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	
Arcilla de baja plasticidad con arena	
Clasificación (AASHTO)	A-6 (12)
Descripción	
MALO	



Rivanderis Abitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Yarelí Nuñez Burga
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascariña de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
Fecha de emisión : Chiclayo-2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 339.128: 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998 Vía de acceso (trocha)

Calicata: C-03 Muestra: M-1 Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

Análisis Granulométrico por tamizado			
N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	0.2	99.8
N° 10	2.000	0.4	99.6
N° 20	0.850	3.2	96.8
N° 50	0.300	11.0	89.0
N° 100	0.150	15.0	85.0
N° 200	0.075	16.7	83.3

Distribución granulométrica			
% Grava	G.G. %	0.0	0.2
	G.F. %	0.2	
	A.G. %	0.2	
% Arena	A.M. %	8.0	16.5
	A.F. %	8.3	
	A.A. %	8.3	
% Arcilla y Limo		83.3	83.3
Total			100.0

Ensayo de Límite de Atterberg	
Límite líquido (LL)	35.59 (%)
Límite Plástico (LP)	16.67 (%)
Índice Plástico (IP)	18.93 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	
Arcilla de baja plasticidad con arena	
Clasificación (AASHTO)	A-6 (12)
Descripción	
MALO	



Rivind...
Rivind...
TECNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Yareli Nuñez Burga
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascariilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 339.128: 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Via de acceso (trocha)

Calicata: C-04

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.

N° Tamiz	Abertura (mm)	% Acumulados	
		Retenido	Que pasa
3"	75.000	0.0	100.0
2"	50.000	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	0.0	100.0
1"	25.000	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.0	100.0
3/8"	9.500	0.0	100.0
1/4"	6.300	0.0	100.0
N° 4	4.750	1.7	98.3
N° 10	2.000	8.8	91.2
N° 20	0.850	15.8	84.2
N° 50	0.300	21.8	78.2
N° 100	0.150	24.3	75.7
N° 200	0.075	25.5	74.5



% Grava	G.G. %		1.7
	G. F %	A. G %	
% Arena	A. M %	11.3	23.8
	A. F %	5.4	
% Arcilla y Limo	74.5		74.5
Total	100.0		100.0

Límite líquido (LL)	37.99 (%)
Límite Plástico (LP)	18.54 (%)
Índice Plástico (IP)	19.46 (%)
Clasificación (S.U.C.S.)	CL
Descripción del suelo	Arcilla de baja plasticidad con arena
Clasificación (AASHTO)	A-6 (12)
Descripción	MALO



Rivadeneira Jolitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

Firma del Técnico de Laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



Tesista : Yareli Nuñez Burga
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascavilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

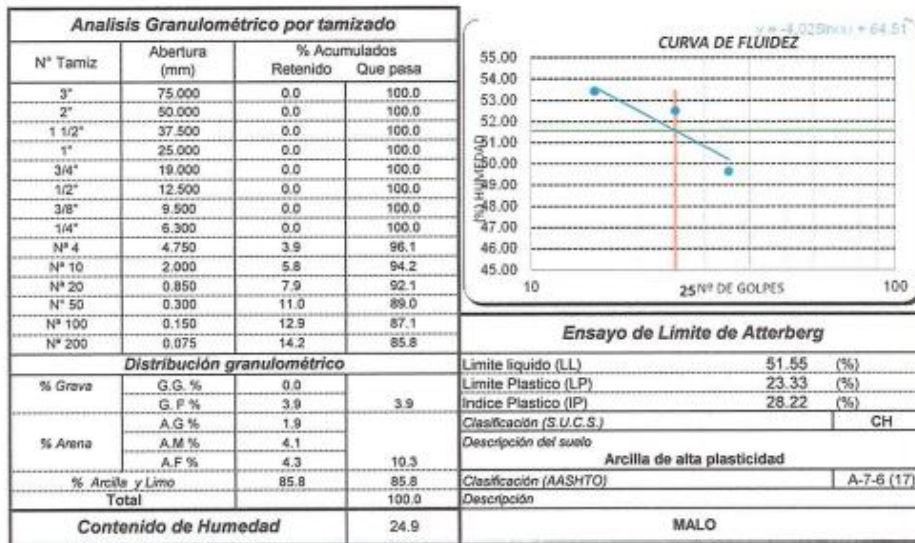
ENSAYO : SUELO. Método de ensayo para el análisis granulométrico
 : SUELO. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo
 : SUELOS. Métodos de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo. 1a. ed.
 NORMA DE REFERENCIA : N.T.P. 339.128: 1999
 : N.T.P. 399.131
 : N.T.P. 339.127: 1998

Via de acceso (trocha)

Calicata: C-05

Muestra: M-1

Profundidad: 0.00m. - 1.50m.



Rivada y Juntas Henry
 Firmado por el Técnico de Laboratorio





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pe³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Testista : Yareli Nuñez Burga
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
Fecha de emisión : Chiclayo-2023

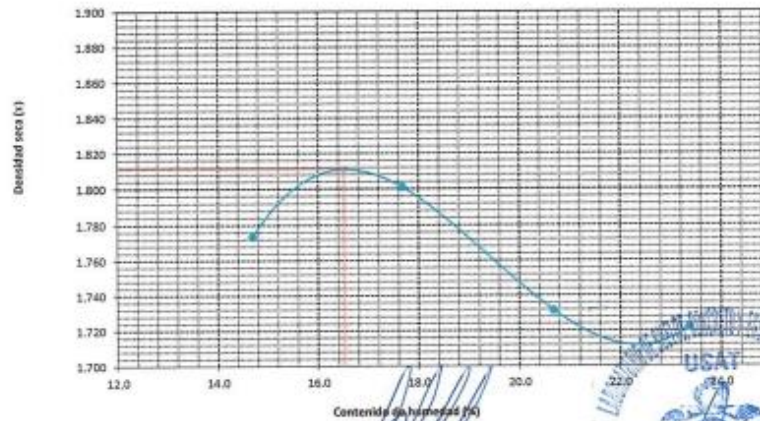
CAUCATA: C-2
 MUESTRA: M-1
 PROFUNDIDAD: 0.00 m - 1.50 m

Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g.	6090	6170	6142	6175
Peso del molde	g.	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g	1910	1990	1962	1995
Volumen del molde	cm ³	939	939	939	939
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	2.034	2.119	2.089	2.125

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g.	144.23	148.12	150.98	210.60
Peso del suelo seco + tara	g	129.41	130.13	129.97	176.00
Peso de tara	g.	28.54	28.31	28.38	28.38
Peso de agua	g	14.82	17.99	21.01	34.5
Peso de suelo seco	g	100.87	101.82	101.59	147.62
Contenido de agua	%	14.7	17.7	20.7	23.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.774	1.801	1.731	1.722

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.811	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	16.52	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Rivenderya Spitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557



Tesista : Yarel Nuñez Burga
Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascavilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
Ubicación : Distrito de La Peza, Provincia de Sagua, Departamento de Amazonas
Fecha de emisión : Chiclayo-2023

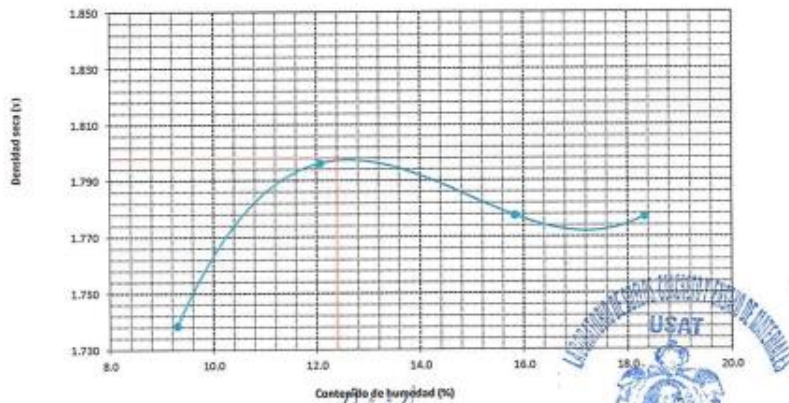
CALICATA : C-2
MUESTRA : M-2
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

Número de ensayo	1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g. 5915	6018	6060	6100
Peso del molde	g. 4182.52	4182.52	4182.52	4182.52
Peso del suelo húmedo compactado	g. 1732.48	1835.48	1877.48	1917.48
Volumen del molde	cm ³ 911.9	911.9	911.9	911.9
Peso del volumen húmedo	g/cm ³ 1.900	2.013	2.059	2.103

CONTENIDO DE HUMEDAD				
N° Recipiente	1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g. 366.90	310.50	338.90	310.50
Peso del suelo seco + tara	g. 330.00	282.00	298.00	269.00
Peso de tara	g. 40.50	45.80	39.60	42.60
Peso de agua	g. 26.90	28.50	40.9	41.5
Peso de suelo seco	g. 269.50	236.2	258.4	226.4
Contenido de agua	% 9.3	12.1	15.8	18.3
Peso volumétrico seco	g/cm ³ 1.738	1.796	1.778	1.777

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.798	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	12.40	%

GRAFICO DEL PROCTOR



Rivendeyro Jblitas Henry
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES



SUELOS. Método de ensayo para la compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lb/pie³))
 N.T.P. 339.141 ASTM D - 1557

Tesista : Yareli Nuñez Burga
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Proyecto/Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

CALICATA : C-2
 MUESTRA : M-2 + 4.5% CCA+25%FDC
 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

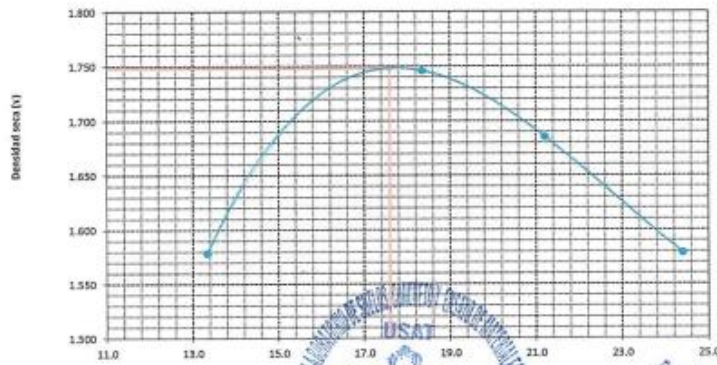
Número de ensayo		1	2	3	4
Peso del suelo + molde	g	5860	6120	6098	6024
Peso del molde	g	4180	4180	4180	4180
Peso del suelo húmedo compactado	g	1680	1940	1918	1844
Volumen del molde	cm ³	939	939	939	939
Peso del volumen húmedo	g/cm ³	1.789	2.066	2.043	1.964

CONTENIDO DE HUMEDAD

Nº Recipiente		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo + tara	g	150.00	148.15	146.72	132.64
Peso del suelo seco + tara	g	135.50	129.50	126.04	112.16
Peso de tara	g	26.80	27.92	26.54	28.23
Peso de agua	g	14.50	18.65	20.68	20.48
Peso de suelo seco	g	108.70	101.58	97.5	83.93
Contenido de agua	%	13.3	18.4	21.2	24.4
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.579	1.746	1.685	1.579

DENSIDAD MAXIMA SECA	1.748	g/cm ³
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	17.60	%

GRAFICO DEL PROCTOR



USAT
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES
 TÉCNICO DE LABORATORIO

1 del área de Control de Calidad: Jefe de Control de Calidad en Suelos y Pavimentos, Ing. Especialista de Suelos y Pavimentos ó Ingeniero de Laboratorio de PEA

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Yareli Nuñez Burga
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

CALICATA : C-02
 MUESTRA : M-1
 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-9				A-2				A-6					
Nº Capa	5				5				5					
Nº Golpes por capa	56				25				12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado			
Peso molde + Suelo húmedo	13114	13252	12910	12990	12512	12854								
Peso de molde (g)	8730	8710	8395	8395	8366	8396								
Peso del suelo húmedo (g)	4404	4542	4215	4595	4146	4458								
Volumen del molde (cc)	2056	2056	2112	2112	2113	2113								
Densidad húmeda (g/cc)	2.142	2.209	1.996	2.176	1.962	2.124								
% de humedad	16.55	19.74	16.62	25.79	17.35	25.74								
Densidad seca (g/cc)	1.838	1.845	1.711	1.730	1.672	1.699								
HUMEDAD														
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	224.6	224.6	454.2	454.2	365.6	365.6	4595	4595	201.2	201.2	4488.0	4488.0		
Tarro + Suelo seco (gr.)	196.7	196.7	440.4	440.4	313.5	313.5	4215	4215	173.7	173.7	4146.0	4146.0		
Peso del Agua (gr.)	27.9	27.9	138.0	138.0	52.1	52.1	380.0	380.0	25.6	25.6	342.0	342.0		
Peso del tarro (gr.)	28.38	28.38	0	0	0	0	0	0	28.26	28.26	0	0		
Peso del suelo seco (gr.)	168.3	168.3	432.4	432.4	313.5	313.5	4144.1	4144.1	147.4	147.4	4077.8	4077.8		
% de humedad	16.55	16.55	19.74	19.74	16.62	16.62	25.79	25.79	17.35	17.35	25.74	25.74		
Promedio de Humedad (%)	16.55		19.74		16.62		25.79		17.35		25.74			
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN					
			DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%	DIAL	Pulg	%			
10/05/2023	14.3	0	15.56	0	0	12.5	0	0	8.8	0	0			
11/05/2023	14.3	24	22	0.550		15.9	0.398		14.8	0.370				
12/05/2023	14.3	48	24.8	0.615		19.5	0.488		16.55	0.371				
13/05/2023	14.3	72	26.34	0.674		22.0	0.565		14.93	0.373				
14/05/2023	14.3	96	27.1	0.678		23.8	0.590		18.5	0.463				
			4.57	total	14.83	4.57	total	12.92	4.57	total	10.13			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-9				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-6			
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN	
			Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lbs/ pulg2	%
0.000	0.000	0'00"	0	2			0	2			0	2		
0.640	0.025	0'30"	14	8			15	8			10	8		
1.270	0.050	1'00"	31	14			30	14			29	13		
1.810	0.075	1'30"	45	19			42	18			39	17		
2.540	0.100	2'00"	66	28	23.7	2.4	50	21	20.4	2.0	45	19	19.1	1.9
3.810	0.150	3'00"	89	36			62	26			67	24		
5.080	0.200	4'00"	105	38	45.8	3.1	74	30	31.3	2.1	66	27	27.5	1.8
6.350	0.250	5'00"	115	46			84	35			73	30		
7.620	0.300	6'00"	124	49			97	39			78	32		
10.180	0.400	8'00"	136	54			105	42			85	35		


 Rito de Negre Jbilita Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Tesis : Yareli Nuñez Burga
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascara de Cryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883
 GRÁFICO CARGA - PENETRACIÓN

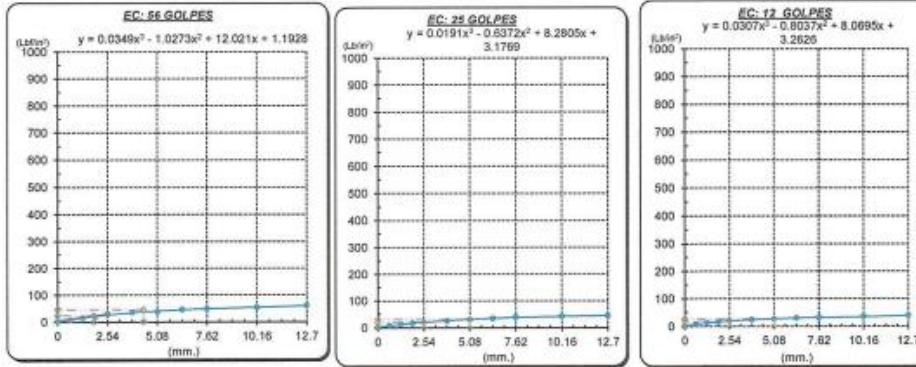


GRÁFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.809 g./cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.719 g./cm ³
ÓPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.31 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	2 %	3 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	2 %	2 %



Riviera Jhon
 Riviera Jhon Jhon
 TÉCNICO DE LABORATORIO

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Tesista : Yareli Nuñez Burga
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarrilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

CAUCATA : C-02 PROFUNDIDAD : 1.00 m - 1.50 m
 MUESTRA : M-2

COMPACTACIÓN														
Nº Molde	A-6		A-2		A-12									
Nº Capa	5		5		5									
Nº Golpes por capa	56		25		12									
CONDICION DE LA MUESTRA														
	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado	Sin Saturado	Saturado								
Peso molde + Suelo húmedo	12710	12954	12610	12990	12342	12898								
Peso de molde (g)	8366	8366	8395	8395	8610	8610								
Peso del suelo húmedo (g)	4344	4588	4215	4595	3732	4088								
Volumen del molde (cc)	2119	2119	2112	2112	2118	2118								
Densidad húmeda (g/cc)	2.090	2.170	1.996	2.176	1.762	1.930								
% de humedad	13.17	19.13	16.62	25.79	13.62	23.31								
Densidad seca (g/cc)	1.811	1.822	1.711	1.730	1.551	1.565								
HUMEDAD														
Tarro Nº	-	-	-	-	-	-								
Tarro + Suelo húmedo (gr.)	193.2	193.2	4598	4598	365.6	365.6								
Tarro + Suelo seco (gr.)	174.0	174.0	4344	4344	313.5	313.5								
Peso del Agua (gr.)	19.2	19.2	254.0	254.0	52.1	52.1								
Peso del tarro (gr.)	28.38	28.38	0	0	0	0								
Peso del suelo seco (gr.)	145.6	145.6	4266.7	4266.7	313.5	313.5								
% de humedad	13.17	13.17	19.13	19.13	16.62	16.62								
Promedio de Humedad (%)	13.17	19.13	16.62	25.79	13.62	23.31								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	EXPANSIÓN		EXPANSIÓN		EXPANSIÓN							
			DIAL	%	DIAL	%	DIAL	%						
10/05/2023	14.3	0	5.38	0	10.6	0	16.10	0						
11/05/2023	14.3	24	11.4	0.285	14.6	0.365	21.25	0.549						
12/05/2023	14.3	48	13.0	0.345	16.5	0.463	22	0.550						
13/05/2023	14.3	72	15.65	0.391	21.1	0.528	21.9	0.548						
14/05/2023	14.3	96	18.65	0.391	21.7	0.543	21.9	0.548						
			4.57	total	8.57	4.57	total	11.99						
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-6				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-12			
			CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN				
mm.	pulg.	Lbf/in2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2	Lect. Dial	Lbs/ pulg2
0.000	0.000	0'00"	8	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
0.040	0.025	0'30"	11	6	13	7	12	7	12	7	12	7	12	7
1.270	0.050	1'00"	19	9	20	10	22	11	23	11	23	11	23	11
1.910	0.075	1'30"	22	14	21	14	30	14	30	14	30	14	30	14
2.540	0.100	2'00"	45	19	40	17	48	17	48	17	48	17	48	17
3.810	0.150	3'00"	62	26	51	21	64	19	64	19	64	19	64	19
5.080	0.200	4'00"	76	31	65	27	78	21	78	21	78	21	78	21
6.350	0.250	5'00"	85	35	75	31	88	23	88	23	88	23	88	23
7.620	0.300	6'00"	88	39	80	33	92	25	92	25	92	25	92	25
10.160	0.400	8'00"	114	45	105	41	118	28	118	28	118	28	118	28



Ribaldenebra Jblitas Henry
 TÉCNICO DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL AMBIENTAL
 LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ENSAYOS DE MATERIALES

Testista : Yareli Nuñez Burgos
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tema : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peza, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

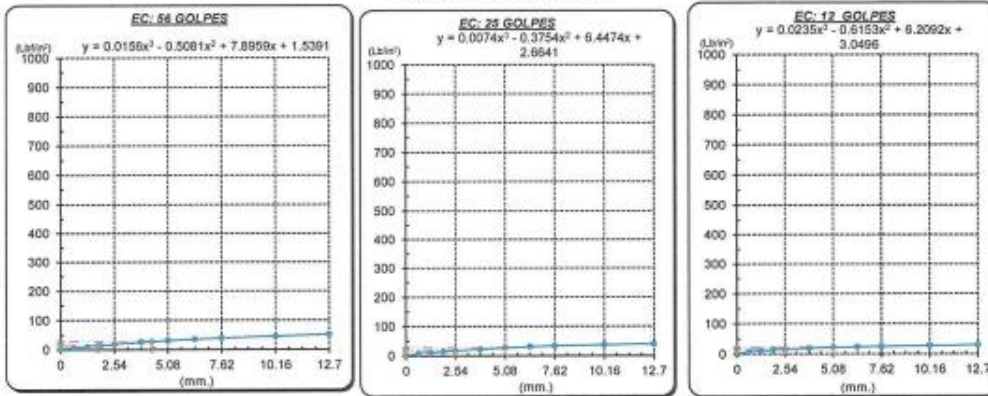


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.806 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.719 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	14.31 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	1 %	2 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	2 %	2 %



Rita Genyra Jblitas Jency
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. / Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

Testista : Yareli Nuñez Burga
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tests : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarrilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

CALCATA : C-2
 MUESTRA : MN3+4.5% CCA + 2% FDC PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

COMPACTACIÓN																
Nº Molde		A-1				A-2				A-3						
Nº Capa		5				5				5						
Nº Golpes por capa		56				25				12						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado		Saturado		Sin Saturado						
Peso molde + Suelo húmedo		11990		12340		11660		12040		11680						
Peso de molde (g)		7843		7843		7871		7871		7840						
Peso del suelo húmedo (g)		4147		4497		4009		4369		3840						
Volumen del molde (cc)		2120		2120		2112		2112		2113						
Densidad húmeda (g/cc)		1.958		2.121		1.898		2.069		1.817						
% de humedad		14.67		23.26		16.44		25.57		17.17						
Densidad seca (g/cc)		1.706		1.721		1.630		1.647		1.571						
HUMEDAD																
Tarro Nº		-		-		-		-		-						
Tarro + Suelo húmedo (gr.)		410.2		410.2		4497		4497		4240.0						
Tarro + Suelo seco (gr.)		367.5		367.5		4147		4147		3840.0						
Peso del Agua (gr.)		42.7		42.7		350.0		350.0		400.0						
Peso del tarro (gr.)		76.5		76.5		0		0		0						
Peso del suelo seco (gr.)		291.0		291.0		4077.4		4077.4		3781.3						
% de humedad		14.67		14.67		23.26		23.26		27.75						
Promedio de Humedad (%)		14.67		23.26		16.44		25.57		17.17						
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				Pulg	%		Pulg	%		Pulg	%					
10/06/2023	14.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0					
11/06/2023	14.3	24	25	0.625	29	0.500	15	0.375	23	0.575	0.900					
12/06/2023	14.3	48	42	1.050	31	0.775	26	0.900	48	1.200	28.28					
13/06/2023	14.3	72	51	1.275	42	1.050	48	1.200	4.57	total	26.28					
13/06/2023	14.3	96	65	1.625	51	1.275	48	1.200	4.57	total	26.28					
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> 4.57 total 35.58 4.57 total 27.92 4.57 total 26.28 </div>																
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	TIEMPO	CARGA STAND.	MOLDE Nº A-1				MOLDE Nº A-2				MOLDE Nº A-3					
			CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN		CARGA		CORRECCIÓN			
			Lect. Dial	Lbr/ pulg ²	Lbr/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbr/ pulg ²	Lbr/ pulg ²	%	Lect. Dial	Lbr/ pulg ²	Lbr/ pulg ²	%		
mm.	pulg.	Lbf/in ²														
0.000	0.000	0'00"	0	2												
0.540	0.025	0'30"	85	34												
1.270	0.050	1'00"	88	39												
1.910	0.075	1'30"	165	65												
2.540	0.100	2'00"	197	77	55.7	5.6	121	48	49.2	4.9	85	34	36.8	3.7		
3.610	0.150	3'00"	255	103												
5.080	0.200	4'00"	315	123	109.4	7.3	175	82	85.1	5.7	121	48	62.9	4.2		
6.350	0.250	5'00"	345	135												
7.620	0.300	6'00"	390	152												
10.160	0.400	8'00"	421	165												

ROLANDO J. JIMÉNEZ JIMÉNEZ
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Tesista : Yarel Nuñez Burga
 Escuela : Ingeniería Civil Ambiental
 Tesis : Estudio experimental del uso de la ceniza de cascarilla de Oryza Sativa y fibra de coco en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante
 Ubicación : Distrito de La Peca, Provincia de Bagua, Departamento de Amazonas
 Fecha de emisión : Chiclayo-2023

Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. I Diagrama de penetración
 N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

GRAFICO CARGA - PENETRACION

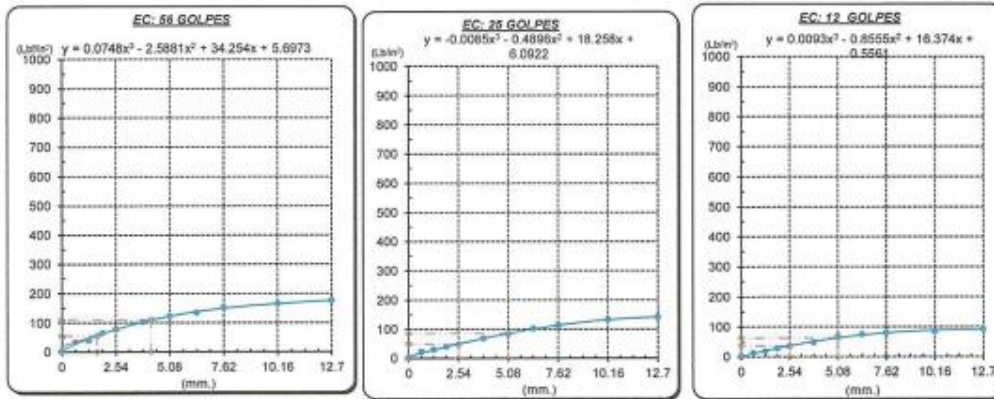


GRAFICO PARA DETERMINAR EL C.B.R.

DATOS DEL PROCTOR

DENSIDAD SECA AL 100%	1.735 g/cm ³
DENSIDAD SECA AL 95%	1.648 g/cm ³
OPTIMO CONT. DE HUMEDAD	16.57 %

VALOR DEL C.B.R.

	2.54 cm.	5.08 cm.
C.B.R. AL 100 % M.D.S.	6 %	8 %
C.B.R. AL 95 % M.D.S.	5 %	6 %

GRAFICO DEL PROCTOR



DETERMINACION DEL C.B.R.



Rivarreyta Jblitas Henry
 TECNICO DE LABORATORIO