



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y
madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Mendoza Peralta, Percy Wilster (ORCID:0000-0001-6688-2542)

ASESOR:

Dr. Gutiérrez Vargas, Leopoldo Marcos (ORCID: 0000-0003-2630-6190)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

CHICLAYO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

La presente Tesis lo dedico a nuestro creador, a mi esposa por brindarme su amor, paciencia y apoyo para realizar una más de mis metas. A mis padres y hermanas por su comprensión durante esta carrera profesional.

Percy Wilster Mendoza Peralta

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haber permitido lograr mis metas y a mi esposa y padres por sus ánimos, a cada docente que colaboró en mi desarrollo profesional por concederme las puertas de la experiencia laboral.

Percy Wilster Mendoza Peralta

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	30
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	30
3.2. Variables y operacionalización	31
3.3. Población, muestra y muestreo	31
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	32
3.5. Procedimientos	33
3.6. Método de análisis de datos.....	34
3.7. Aspectos éticos.....	35
IV. RESULTADOS.....	36
V. DISCUSIÓN.....	61
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES.....	65
REFERENCIAS	66
ANEXOS.....	72

Índice de tablas

Tabla 1. Composición Química de la Cascara y Ceniza de Arroz.....	19
Tabla 2 Simbologías de suelos granulares de la clasificación SUCS	20
Tabla 3: Simbologías de suelos finos de la clasificación SUCS.	20
Tabla 4. Nombres típicos del Material.....	22
Tabla 5. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.....	23
Tabla 6. Clasificación de Suelos AASTHO – SUCS.....	23
Tabla 7. Clasificación de suelos Índice de Plasticidad.....	26
Tabla 8. Parámetros de CBR para las categorías de la subrasante.	26
Tabla 9. Medidas de los tamices de malla cuadrada.	27
Tabla 10. Datos de las muestras IP, SUCS, AASHTO – Subrasante.	36
Tabla 11. CBR Patrón - Calicata 1,3,5 y 7.....	37
Tabla 12. Resultados del CBR, Humedad óptima y densidad - Patrón.....	37
Tabla 13. Resultados comparativos – ceniza de cáscara de arroz en calicata 01.....	40
Tabla 14. Resultados comparativos – ceniza con cáscara de arroz en calicata 02.....	42
Tabla 15. Resultados comparativos – ceniza madera en calicata 01	44
Tabla 16. Resultados comparativos – ceniza de madera en calicata 02	46
Tabla 17. Resultados comparativos - Ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 01	48
Tabla 18. Resultados comparativos - ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 02.....	50
Tabla 19. Resultados resumen de la adición de cenizas 3%, 10% y 15%	52
Tabla 20. Comparación de Variación del CBR.....	53
Tabla 21. Comparación de variación de la humedad óptima	54
Tabla 22. Comparación de Variación de la Densidad	56
Tabla 23: Comparación del CBR	59

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1 La simbología de finos se basa en los límites de Atterberg.....	21
Gráfico 2 Rangos del límite líquido e índice de plasticidad para suelos AASHTO	24
Gráfico 3. Proceso de selección del tipo de estabilización.	25
Gráfico 4. CBR 95%.....	38
Gráfico 5. Humedad Óptima	38
Gráfico 6. Resultados de Densidad.....	39
Gráfico 7. Variación del CBR-ceniza cascara de arroz en calicata 01	40
Gráfico 8. Variación de la Humedad-ceniza cascara de arroz en calicata 01	41
Gráfico 9. Variación de la densidad-ceniza cascara de arroz en calicata 01	41
Gráfico 10. Variación del CBR -Ceniza con cascara de arroz en calicata 02	42
Gráfico 11. Variación de la Humedad Óptima-Ceniza cáscara de arroz en calicata 02	43
Gráfico 12. Variación de la Densidad-Ceniza con cáscara de arroz en calicata 02.....	43
Gráfico 13. Variación del CBR– ceniza madera en calicata 01	44
Gráfico 14. Variación de la Humedad Optima – ceniza de madera en calicata 01	45
Gráfico 15. Variación de la densidad- ceniza de madera en calicata 01	45
Gráfico 16. Variación del CBR – ceniza de madera en calicata 02	46
Gráfico 17. Variación de la Humedad Optima - ceniza de madera en calicata 02	47
Gráfico 18. Variación de la Densidad - ceniza de madera en calicata 02.....	47
Gráfico 19. Variación del CBR con ceniza cáscara de arroz más madera calicata 01	48
Gráfico 20. Variación de la Humedad Óptima con ceniza cáscara de arroz más madera en calicata 01	49
Gráfico 21. Variación de la densidad con ceniza cáscara de arroz más madera en calicata 01	49
Gráfico 22. Variación del CBR con ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 02	50
Gráfico 23. Variación de la Humedad Optima con ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 02	51
Gráfico 24. Variación de la densidad con ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 02 ..	51
Gráfico 25. COMPARATIVO CBR –CALICATA 01.....	53
Gráfico 26. Comparativo CBR –CALICATA 02.....	54
Gráfico 27. Comparativo Humedad – CALICATA 01.....	55
Gráfico 28. Comparativo Humedad – CALICATA 02.....	55
Gráfico 29. Comparativo Densidad – Calicata 01	56
Gráfico 30. Comparativo Densidad – Calicata 02	57

RESUMEN

La ceniza de cascara de arroz y madera en porcentajes adecuados es empleada como aditivo para estabilizar suelos arcillosos en carreteras. La presente investigación consiste en ejecutar la estabilización de subrasante en la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, incorporando ceniza de cascara de arroz y madera, con combinaciones de 3%, 10% y 15% respecto al suelo sin humedad. Este proceso es 100% experimental, realizándose ensayos para obtener el valor de humedad óptima, máxima densidad seca, CBR, de la muestra patrón y muestras con adición de tres tipos de aditivos. Para la obtención de los resultados, se ha establecido que muestras pueden llegar a los requerimientos mínimos para ser utilizados en una subrasante, como se estipula el Manual de Carreteras – Suelos, Geología, geotecnia y pavimentos del MTC; se realizaron 27 probetas, sometidas a ensayo de CBR, Proctor modificado, humedad óptima, densidad seca.

Con los resultados se determinó que la adición del 15%, en la mayoría de muestras cumple con mejorar la resistencia de la Subrasante, demostrando que es posible mejorar la estabilización del suelo, permitiendo beneficios positivos en la infraestructura vial y siendo un residuo, genera menores costos en la obtención del producto conllevando a un menor costo en el mantenimiento.

Palabras clave: Estabilización de suelos arcillosos, subrasante, ceniza de cascara de arroz, ceniza de madera, CBR.

ABSTRACT

Rice hull and wood ash in suitable percentages is used as an additive to stabilize clay soils on roads. The present investigation consists of executing the stabilization of the subgrade on the Pueblo Libre-La Libertad road, Amazonas, incorporating ash from rice husks and wood, with combinations of 3%, 10% and 15% with respect to the soil without humidity. This process is 100% experimental, carrying out tests to obtain the optimum humidity value, maximum dry density, CBR, of the standard sample and samples with the addition of three types of additives. To obtain the results, it has been established that samples can reach the minimum requirements to be used in a subgrade, as stipulated in the MTC Manual of Roads - Soils, Geology, Geotechnics and Pavements; 27 specimens were made, tested for CBR, modified Proctor, optimal humidity, dry density.

With the results, it was determined that the addition of 15%, in most samples, complies with improving the resistance of the Subgrade, demonstrating that it is possible to improve soil stabilization, allowing positive benefits in the road infrastructure and being a waste, it generates less costs in obtaining the product leading to a lower cost in maintenance.

Keywords: Stabilization of clay soils, subgrade, rice husk ash, Wood Ash, CBR.

I. INTRODUCCIÓN

Ha sido de mucho interés el enlace de localidades a nivel nacional e internacional, teniendo el transporte por tierra en primer lugar, implicando que se debe tener una red vial óptima acorde a geográfica del lugar, es por ello que se han realizado estudios experimentales con el fin de obtener una vía con los materiales y proporciones adecuados para cumplir con las características suficientes para soportar el paso de cualquier medio de transporte terrestre, una vez que se obtuvieron estos datos surgió la necesidad de realizar el mejoramiento de suelos ya sea en sus propiedades físicas, químicas o biológico así como de sus agregados.

En el contexto de esta problemática se observó, que en el caso de los suelos que contienen arcilla, limo se presenta una inadecuada resistencia, por lo tanto, se vienen realizando ensayos experimentales para mejorar la capacidad resistente de dichos suelos.

La provincia de Utcubamba del departamento de Amazonas cuenta con condiciones geográficas donde las precipitaciones se dan durante casi todo el año en su mayoría en la estación de invierno, esta situación favorece el deterioro de las vías terrestres a nivel de afirmado en su mayoría las cuales priman en la zona. En el caso de la vía Pueblo Libre - La Libertad, que pertenece a la provincia de Utcubamba, la cual fue aperturada con apoyo de maquinaria siendo está afectada por las precipitaciones que se dan en los meses de invierno con gran frecuencia, causando deslizamientos de terrenos continuos afectando a dicha carretera y también causándose deformaciones en la superficie de rodadura, a causa de tales ocurrencias se viene afectando el libre tránsito de personas y vehículos. Estos problemas afectan a la comunidad demandando malestar e incomodidad ya que requieren transportarse cómoda y rápidamente, así como transportar sus productos o materias primas que son para su consumo o para comercio dentro y fuera de su comunidad.

Es por eso que se realizó esta investigación basándose en antecedentes globales donde se demostraron resultados favorables con suelos arcillosos para la estabilización de suelos en los cuales se observó qué método de aplicación utilizaron, qué herramientas y qué cantidades se añadieron,

basándose en los resultados que obtuvieron, se plantea desarrollar un estudio en el cual se añade mezcla de CCA y cenizas de madera para la estabilización y así para que quede como antecedente para futuras investigaciones y así poder generar nuevos conocimientos en la estabilización de suelos. La Realidad Problemática, donde actualmente se observa un notable crecimiento poblacional y extensión del territorio con acceso a una grande demanda y adquisición de los productos de las industrias, de manera que se incrementan los desechos materiales, los cuales provocan impactos dañino para el medio ambiente, mencionaremos a la ceniza de arroz y ceniza de madera y puede ser encontrado en los grandes molinos en todas las ciudades del norte y nor oriente.

Países como España, Bélgica y Alemania, en la actualidad han prosperado en una adecuada política ambiental, estando actualizados en el tema de aprovechamiento de los residuos, previo tratamiento para lograr una disminución porcentual del material residual para utilización final, pero estos prototipos de Europa no se adecuan y utilizan en el continente americano. (Pacheco Bustos, Rondón Quintana, & Cotte, 2017).

La construcción en el país ha crecido rápidamente, generando diversos problemas, por el inadecuado proceso constructivo, el aumento de los costos, bajo rendimiento, lo que conlleva a tener baja calidad de vida en la población.

Uno de ellos es la construcción de carreteras, obra civil más costosa, y que tiene alta incidencia e impacto, pero beneficiosa ya que aporta a mejorar la calidad de vida, al conectar diversas localidades.

Es indispensable conocer el tipo de suelo antes de realizar una infraestructura vial, determinando la calidad de éstos para un adecuado funcionamiento a largo plazo y su capacidad portante para soportar cargas. (Hernández, Mejía y Zelaya, 2016)

Por ello, la utilización de CCA y madera permitirá obtener resultados positivos en algunas características físicas y mecánicas del suelo presentes en el camino, permitiendo que éstas cenizas no sean desechados ya que elevan el índice de contaminación ambiental, la contaminación por explotación de

cantera y uso de combustibles, ya que al adicionar las CCA y de madera se mejorará así su subrasante.

La subrasante de la zona presenta contenidos de arcilla y limo originando una capacidad portante baja, por lo que en el presente estudio es el Ensayo de CBR, Proctor modificado, humedad óptima y densidad seca, las cuales indicará la necesidad del muestrario obtenidas a ser estabilizadas, por ello se busca adicionar la CCA y cenizas de madera para que mejore su resistencia al corte de este suelo. Para la **Formulación al problema** se planteó la formulación del problema general: ¿Será factible la estabilización del suelo natural empleando cenizas de cáscara de arroz, cenizas de madera y la combinación de ceniza de arroz y madera, para mejorar la subrasante del suelo de la vía Pueblo Libre – La Libertad, Amazonas, 2021? En la **Justificación del estudio**, la presente tesis es elaborada con el propósito de conocer las ventajas que podemos obtener de la aplicación de esta puzolana a las muestras, para estabilizarlos, mejorando ciertas propiedades físicas y mecánicas. En la zona es muy fácil de obtener ceniza de Arroz que muchas veces es desechada sin darle un uso adecuado. La justificación técnica, radica en la adición de CCA y de madera en suelos, que mejora sus condiciones y calidad.

La justificación económica, resultaría muy económica empleando el uso de la CCA y madera que no tiene un costo elevado. La justificación ambiental, al emplear estos se incrementaría su reciclaje, disminuyendo la contaminación ambiental.

Se eligió 3%, 10% y 15% tomando como referencia la tesis, en la cual el efecto de la incorporación de las CCA en las subrasantes arenosas, Mory Espinoza, Wuelmer Antenor (2020) donde concluye que la CCA, en ese estado puede ser adicionado hasta en un 15% en las subrasantes arenosas, pero la cual incluye colocar la adición de una pequeña dosis de cemento, actuando adecuadamente en un suelo fino no plástico, por lo cual se decidió que para los suelos limosos la cohesión no es un gran problema donde podría utilizarse hasta porcentajes mayores, debido a esto en nuestro estudio se tomaron porcentajes de 3%, 10% y máximo 15%, además la incorporación de varios porcentajes hacen más exactos los resultados.

Se propone la consolidación de subrasante mediante la adicción de cenizas de cáscara de arroz y madera, utilizándolo para mejorar la calidad del suelo de la vía Pueblo Libre- La Libertad, Región Amazonas, debido que en la zona de investigación, se debe tener en cuenta la vulnerabilidad de la construcción de caminos por evidenciar tramos de suelos arcillosos, siendo indispensables de estabilizarlos. **Hipótesis.** La ceniza de cascará de Arroz y madera mejorará sus características de la subrasante en suelos arcillosos de la vía pueblo Libre-La Libertad, Región Amazonas.

El **Objetivo General** es mejorar las propiedades físicas para estabilizar la subrasante, con la ceniza de cáscara de arroz (CCA) y madera en la vía Pueblo Libre - La Libertad, región de Amazonas. Los **Objetivos Específicos** del estudio son:

- a) Determinar los ensayos de CBR, Proctor modificado, humedad óptima y densidad seca a las muestras del suelo natural.
- b) Determinar el mejoramiento de la subrasante con la incorporación de CCA, con los porcentajes de 3%, 10%, 15% en volumen.
- c) Determinar el mejoramiento de la subrasante con la adición de ceniza de madera, con los porcentajes de 3%, 10%, 15% en volumen.
- d) Comparar las propiedades físicas en la subrasante sin y con la incorporación de la CCA y madera.

II. MARCO TEÓRICO

Tenemos a nivel nacional, Según: Flores K. (2020). En la tesis titulada “Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martín-2020”. Realizada en Tarapoto - Perú. 2020. Incorporó el 15% de MPCA y cal, donde concluye que los resultados óptimos para la presente investigación. Con la combinación que se realizó el estudio, combinaciones de 3% a 15%: se obtuvo que el 85% de arcilla, el 9% de puzolána de casca de arroz y el 6% de cal, se pudo lograr que se alcance un CBR al 100% de 10.20%, lo que lo caracteriza como una “Subrasante Buena”. También podemos observar los estudios realizados por Castro A. (2017), en la tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante”, en este estudio el autor realizó varias mezclas suelo con ceniza de cáscara de arroz (CCA.) en con porcentajes diferentes a fin de poder determinar el comportamiento geotécnico, de este insumo como un estabilizador primario. Es por ello que agrego mezclas de suelo arcilloso con ceniza de cáscara de arroz y cal, incrementando una mejoría de sus propiedades y poder conocer si las cenizas de cáscara de arroz funcionan como agente estabilizador secundario. Obtuvo como resultados una mejora debido la presencia de ceniza de cáscara de arroz en el suelo arcilloso. Sin embargo con las proporciones de suelo arcilloso, ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal logró mejor resultado demostrando mayores ventajas que las combinaciones de suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz. Se observó que noto una mejoría en el valor de (CBR) de un valor de 5% hasta 19,4% realizando incorporaciones de suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz, teniendo la mezcla un 20% de ceniza de cáscara de arroz. Y en lo concerniente a la resistencia a la compresión no confinada se apreció un aumento de 6.91 hasta 8.77 kg/cm², para la combinación de suelo arcilloso con 20% de ceniza de cáscara de arroz La resistencia a la compresión no confinada para la combinación de suelo arcilloso con 10% de ceniza de cáscara de arroz y cal generó un incremento de 6.91 hasta llegar a 9.96 kg/cm². El aporte de esta tesis a la presente investigación

es la confirmación de que es conveniente utilizar dichos residuos naturales en el mejoramiento de la estabilidad de suelos ya que su elevado % de elementos silícico que contiene la ceniza de cáscara de arroz, garantiza su uso como potencial agente de consolidación de suelos. Gracias a estos estudios se proyecta a una disminución en la contaminación ambiental ya que estos residuos son utilizados para fines de mejora y no sería desechados como contaminantes del aire o agua, reduciendo así el impacto ambiental a causa de la acumulación de estos.

Según Caroline Lima, L. (2016). Study of Permanent Deformation and Granulometric Distribution of Graded Crushed Stone Pavement Material. *Procedia Engineering*, volume 143, 854-861.

Los deterioros estructurales del pavimento están vinculados a deformaciones resilientes y permanentes, que se acumulan durante la vida útil del pavimento. La elección del material para base y sub base es importante para tener un buen desempeño del pavimento. La selección del tamaño de las partículas del material granular triturado es importante para disminuir la deformación permanente, pero no es una práctica común. Para esta información, el presente estudio tiene como objetivo exhibir que la distribución del tamaño de partícula de material granular no ligado puede dañar la estructura del pavimento. Para ello, se estudiaron dos tipos similares de piedra triturada de granito-gneis en dos curvas granulométricas distintas en probetas de 10x20 cm mediante ensayos repetidos de deformación permanente con carga triaxial utilizando nueve pares de esfuerzos diferentes a una frecuencia de 1 y 2 Hz para ciclos de carga superiores 150.000 para predecir el shakedown y los parámetros del modelo de Guimarães. Las diferentes curvas granulométricas son similares para ambos materiales y se basan en el método Fuller y el método Bailey. El artículo muestra nuevos parámetros del modelo de Guimarães y la necesidad de prestar atención al análisis de distribución granulométrica del esqueleto de piedra para capas de base y subbase granulares.

Para Gidday, B. G. (2020). Improving the characteristics of dispersive subgrade soils using lime. *Heliyon*

El suelo dispersivo plantea problemas importantes que requieren atención en Ingeniería geotécnica. Dichos suelos son fácilmente erosionables y se mantienen separados debido a la diferencia en el contenido de humedad y el sodio intercambiable. Este estudio se enfoca en mejorar la subrasante de la vía mediante la estabilización del suelo dispersivo con cal, y proporciona mejores propiedades de índice, reduce la dispersividad, aumenta la resistencia a la compresión no confinada y el valor de California Bearing Ratio con una cantidad creciente de cal y curado en diferentes condiciones de prueba. El contenido efectivo de cal debe ser del 7% al 9% del peso del suelo seco, ya que proporciona una alta resistencia y calidad de la clasificación del pavimento de la subrasante.

MahdiZalnezhad, EbrahimHesami. (April de 2020). Effect of steel slag aggregate and bitumen emulsion types on the performance of microsurfacing mixture. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, volume 7, 215-226.

Recientemente, la micro-superficie ha sido ampliamente aceptada como un método eficaz para el mantenimiento preventivo de pavimentos. La micro-superficie es una mezcla de emulsión bituminosa modificada con polímero catiónico, agregado fino 100% bien clasificado, relleno mineral, agua y aditivos químicos. En esta investigación, con el fin de conocer el comportamiento de la escoria de acero en la mezcla de micro-superficies, se utilizaron dos tipos de emulsiones bituminosas (catiónica de fraguado rápido y catiónica de fraguado lento) junto con tres tipos de mezclas en las que se utilizó como control agregado 100% silíceo. mezcla y luego escoria de acero se reemplazó por 61% y 100% de agregado de mezcla de control. El rendimiento de las muestras se evaluó mediante experimentos que incluyeron la prueba de cohesión en húmedo, la prueba de abrasión en pista húmeda y la prueba de rueda cargada, de acuerdo con la guía A143 de la asociación internacional de pavimentos de lechada (ISSA) y la norma ASTM D6372. Los resultados de las pruebas mostraron que el agregado de escoria de acero tiene una compatibilidad adecuada con ambos tipos de emulsión bituminosa, a juzgar por sus deseables características físicas, químicas y mecánicas. La característica alcalina de la escoria de acero conduce a una adhesión más fuerte de estos materiales al

betún ácido y provocó que se evitara la decapado en las proximidades del agua en comparación con la mezcla de control. Además, las mezclas que contienen escoria de acero mostraron un comportamiento más apropiado en términos de fallas y angustias por decapado.

Martínez de Sánchez, A. M. (2017). Diseño De Investigación. Principios Teórico-Metodológicos Y Prácticos Para Su Concreción. Córdoba

El autor no indica que el diseño de una investigación requiere de dar un paso muy importante para poder redactar de un producto científico. Estos pasos deben estar bajo los lineamientos del ámbito de la Metodología Pragmática, para que se pueda construir un conocimiento nuevo, por lo que es indispensable que se tome un orden y se asuma una metodología que permita llegar, desde el planteamiento del tema, y se termine con la elaboración de un cronograma que se encuentre dentro de los parámetros de tiempo y se cuente con los materiales disponibles. Estos medios son los fines, los objetivos, las hipótesis y y en especial los métodos a aplicar de acuerdo al objeto de estudio y a cada momento del proceso de descubrimiento.

Md MehediHasan, Md RashadullIslam, Rafiqul A.Tarefdera. (June de 2018). Characterization of subgrade soil mixed with recycled asphalt pavement. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), Volume 5, Issue 3, 207-214.

Debido a la concienciación sobre un medio ambiente más ecológico, el uso de material asfáltico reciclado se ha vuelto popular en la industria del pavimento asfáltico. El empleo de elementos de pavimento de asfalto reciclado (RAP) en el terreno de la subrasante puede ser un alcance adicional del uso de RAP. El estudio investiga el efecto de RAP en el módulo resiliente (MR) de suelos de subrasante combinados con materiales RAP. Donde el MR es el parámetro importante de entrada de material para el diseño de pavimento de asfalto a través del software de diseño de pavimentos empírico-mecanicista. Primeramente se procedió a realizar la mezcla completamente diferentes porcentajes de RAP y humedad con los suelos de la subrasante. Luego, se determinó la RM de estos suelos mixtos RAP utilizando el AASHTO T 307

(1999) a diferentes niveles de estrés en el laboratorio. Los resultados muestran que la MR del suelo mixto RAP aumenta con el desviador aplicado y las tensiones masivas, sin embargo, es poco preciso a la presión de confinamiento aplicada. El uso de materiales RAP ha hecho que los suelos sean lo suficientemente rígidos como para no responder a la presión de confinamiento. Como era de esperar, el valor de MR alcanza un máximo en el contenido de humedad óptimo y aumenta linealmente con el contenido de RAP. Los valores MR y las características de los suelos de subrasante mixta RAP, según lo determinado por el estudio actual, se pueden usar para el diseño y estabilización de la sub rasante usando RAP para un mejor diseño de pavimento.

MohsenSandiani, JavadTanzadeh. (November–December de 2020).

The liquefaction potential and resistance characteristics of sandy soils added with a mixture of nanoclay and fiberglass under dynamic and static load are evaluated in the laboratory. *Journal of Materials Research and Technology*, Volume 9, 12661-12684.

Este estudio evaluó un método de mejora basado en pruebas estáticas y dinámicas para suelos arenosos de dunas en la costa de la ciudad de Bandar Anzali. Este suelo tiene un rendimiento mecánico muy pobre e insuficiente para muchos proyectos de construcción, así como el potencial de licuefacción. En este método de mejora se han utilizado fibras de vidrio cortas para reforzar el suelo modificado con nanoarcilla. Los efectos de la adición simultánea de fibras de vidrio y nanoarcilla modificada en porcentajes de peso óptimos en la muestra de arena se evaluaron mediante pruebas triaxiales estáticas en condiciones de drenaje consolidadas. Concluye que la adición simultánea de fibras de vidrio y nanoarcilla a presiones de confinamiento más bajas tuvo efectos más significativos y fue más útil para la modificación del suelo. Los resultados indicaron aumentos de más del 31% y aproximadamente el 23% en la tensión desviadora máxima de la muestra de arena modificada a las tensiones de confinamiento de 50 y 100 kPa, respectivamente, en comparación con la muestra de arena pura. Además, la muestra de arena modificada tuvo una reducción del 20% y un aumento del 50% en la deformación axial de falla, en comparación con la muestra de arena pura, bajo la prueba triaxial estática a las

presiones de confinamiento de 50 y 200 kPa, respectivamente; sin embargo, su deformación axial de falla no cambió a la presión de confinamiento de 100 kPa en comparación con la muestra de arena pura. Los resultados de las pruebas triaxiales estáticas determinaron que la adición simultánea de fibras de vidrio y nanoarcilla en los porcentajes de peso óptimos aumentó la cohesión de la muestra de arena y no cambió su ángulo de fricción interno. Para investigar el efecto de este método de mejora en la arena de dunas bajo carga dinámica, se evaluó el potencial de licuefacción cíclica de muestras de arena pura y modificada mediante ensayos cíclicos triaxiales en condiciones consolidadas sin drenaje. Los resultados mostraron un efecto significativo de la mejora del suelo arenoso en la reducción de su potencial de licuefacción. El N° de ciclos de carga que provocan la licuefacción se incrementó en más de 5,5 veces en la relación de tensión cíclica de 0,27, en aproximadamente 3 veces en la relación de tensión cíclica de 0,3 y, finalmente, en más de 2 veces en la relación de tensión cíclica de 0,34. Para la muestra de arena modificada en comparación con la muestra de arena pura. Al definir la relación de tensión cíclica correspondiente a la licuefacción en el vigésimo ciclo de carga como la resistencia cíclica de la muestra, la resistencia cíclica de la muestra de arena modificada se incrementó en más del 13% en comparación con la muestra de arena pura. Con fundamento en los resultados de diferentes experimentos llevados a cabo en este estudio, se concluyó que la adición simultánea de fibras de vidrio y nanoarcilla modificada en sus porcentajes de peso óptimos (0.5% y 1% por peso seco total de la muestra, respectivamente) mejoró significativamente muchas características de resistencia diferentes del suelo arenoso de dunas de Bandar

Manoj Anaokar, Sharad Mhaikar, (Setiembre de 2020). Experimental and numerical assessment of efficacy of lime stabilized capping material in controlling swelling displacements within flexible pavement embankments, heliyon, Volume 6, ISSUE 9, E04961.

El rendimiento de los pavimentos flexibles construidos sobre terraplenes cimentados sobre subrasante de arcilla expansiva se ve muy afectado por la angustia causada en estos terraplenes, ya que están sujetos a desplazamientos por hinchamiento. Estos, causados por las variaciones de volumen en el suelo

expansivo de la subrasante debido a la variación de humedad. Los autores han sugerido la técnica del taponamiento estabilizado con cal en forma de "C" en sus estudios anteriores, que es útil para controlar los desplazamientos de hinchamiento dentro de la subrasante expansiva. En el presente estudio, los autores han intentado evaluar la eficacia del propio material de remate para controlar los desplazamientos de hinchamiento en la parte superior e inferior del terraplén, que es directamente responsable de mejorar el rendimiento de los pavimentos en estos terraplenes. Esta evaluación se lleva a cabo con respecto a la rigidez y la disminución de la permeabilidad del material de remate. La rigidez de la capa de amortiguación controla los desplazamientos de hinchamiento dentro del terraplén debajo del pavimento flexible y la permeabilidad reducida del recubrimiento controlará las variaciones de humedad y el correspondiente deterioro del pavimento. La evaluación de la rigidez se lleva a cabo mediante pruebas de laboratorio de UCS para la estimación del módulo mediante el curado de las muestras para obtener una ganancia de resistencia a corto y largo plazo. La evaluación de la reducción de la permeabilidad se lleva a cabo mediante el estudio de la permeabilidad de suelos expansivos después de la estabilización con cal. Los desplazamientos de hinchamiento se estiman mediante el análisis de elementos finitos (FEA) del modelo numérico. Los resultados del análisis experimental y numérico indican que con el módulo aumentado y la permeabilidad reducida del material de la capa de amortiguación, se han reducido los desplazamientos de hinchamiento en la parte superior e inferior del terraplén del pavimento. Esto ayudará a mejorar el rendimiento del pavimento construido en el terraplén fundado en la subrasante expansiva.

NitinTiwari NeelimaSatyam. (Octubre de 2020). An experimental study on the behavior of lime and silica fume treated coir geotextile reinforced expansive soil subgrade. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, Volume 23, Issue 5, 1214-1222.

Las estructuras construidas en suelos expansivos están experimentando una mayor presión hacia arriba debido a la naturaleza de hinchamiento-contracción del suelo expansivo. India tiene 15-20% de suelo expansivo, lo que causa graves daños a la estructura existente, incluidos pavimentos, presas, edificios

de varios pisos, muros de contención. El objetivo del estudio es reducir adecuadamente el malestar causado por el suelo expansivo en las estructuras pavimentadas. En este artículo se ha presentado el resultado experimental de una subrasante expansiva de suelo reforzada con y sin estera de geotextil de bonote. Se ha utilizado cal y humo de sílice, estera de geotextil de coco tratada y sin tratar con red de fibra de polipropileno. Se ha colocado una capa simple y doble de geotextil de fibra de coco a varias profundidades para determinar el efecto del refuerzo en la subrasante expansiva del suelo. El tratamiento se llevó a cabo para mejorar la eficiencia del geotextil de bonote para reducir la presión de hinchamiento de la subrasante expansiva del suelo. Los componentes químicos y microestructurales de muestras de suelo expansivas se investigaron utilizando Difracción de Rayos X (XRD) e Infrarrojos por FTIR. Las pruebas de presión de hinchamiento de volumen constante, California Bearing Ratio (CBR) y cizallamiento directo de gran tamaño (300 mm x 300 mm x 150 mm) se han realizado para conocer el efecto del geotextil de coco tratado y sin tratar en la subrasante expansiva del suelo. Los resultados experimentales analizados indican que la estera geotextil de coco tratada con cal reduce la presión de hinchamiento hacia arriba en un 52,19% en monocapa y en un 81,89% en doble capa. La mejora tangible en la resistencia al corte y la capacidad de carga de la subrasante expansiva del suelo se observó con la inclusión de geotextil de bonote tratado con cal. Se puede usar un geotextil de coco tratado con cal en una capa simple o doble para estabilizar la subrasante expansiva del suelo. La propiedad mejorada de la subrasante de suelo expansiva reforzada puede reducir el grosor de la subbase y la capa de la capa base en la estructura pavimentada.

Rizgar A.Blayi, Aryan Far H.Sherwani, Hawkar HashimIbrahim, Rabar H.FarajcAkoDaraei. (2020). Strength improvement of expansive soil by utilizing waste glass powder. *Case Studies in Construction Materials*, Volume 13, 30-56. Los suelos expansivos se expanden y pierden su fuerza cuando se humedecen y se encogen cuando se secan, y esto produce un cambio de volumen considerable. La construcción en suelos expansivos ha creado problemas en todo el mundo para diferentes proyectos de ingeniería civil como carreteras, ferrocarriles, terraplenes y cimentaciones. Por lo tanto, la mejora de suelos

expansivos es crucial, especialmente para la construcción de carreteras. La mejora de la resistencia de estos tipos de suelos se puede ganar agregando otro material, y para este estudio se seleccionó el polvo de vidrio de desecho (WGP). El WGP se trituró y se mezcló con la muestra de suelo con varios porcentajes: 2,5%, 5%, 10%, 15% y 25% por el peso seco del suelo. Se realizaron varias verificaciones de laboratorio para el suelo expansivo tratado y no tratado con los diferentes porcentajes de WGP, incluidos los límites de Atterberg, compactación, hinchamiento libre, resistencia a la compresión no confinada (UCS), resistencia al corte directo y pruebas de relación de carga de California (CBR). De acuerdo con los resultados de la prueba, agregar WGP a los suelos expansivos tiene un impacto significativo en la consistencia y resistencia al corte de la muestra de tierra. Además, la mejora del suelo expansivo de la subrasante con un 15% de WGP reduce el espesor de la subbase en aproximadamente un 63%. El porcentaje óptimo de WGP para la mejora de este tipo de suelo ronda el 15%.

SamerRabab'ah, OmarAl Hattamleh, HusseinAldeeky, BilalAbu Alfoulb. (Junio de 2021). Effect of glass fiber on the properties of expansive soil and its utilization as subgrade reinforcement in pavement applications. Case Studies in Construction Materials, Volume 14.

Se estudió el uso de fibras de vidrio como refuerzo aleatorio discreto en suelo de subrasante expansivo para mejorar su resistencia para la aplicación del pavimento. El contenido de fibra varió entre 0,25% y 1,0% en peso de suelo seco. Se realizaron diferentes ensayos de oleaje libre, resistencia a la compresión no confinada (UCS), resistencia a la tracción indirecta (ITS) y relación de carga de California (CBR) en muestras de suelo expansivo reforzado y no reforzado. Además, la inclusión de la fibra al diseñar y ver el desempeño del pavimento flexible utilizando la Guía de Diseño Mecanismo-Empírico Pavim. (MEPDG). Los resultados de la prueba mostraron que la inclusión de fibras de vidrio en el suelo de la subrasante aumenta significativamente el UCS, ITS y CBR, y disminuye los valores de oleaje libre. Los análisis de MEPDG mostraron que las fibras de vidrio podrían ser un refuerzo adecuado para la capa de subrasante para la construcción de pavimentos. Se puede lograr una disminución significativa en el espesor del

pavimento mediante la inclusión de fibras de vidrio en la estabilización de la subrasante.

Sigurdur Erlingsson, Shafiqur Rahman, Farhad Salour. (2017). Characteristic of unbound granular materials and subgrades based on multi stage RLT testing. *Transportation Geotechnics*, Volume 13, 28-42.

Las capas granulares sueltas (UGM) y la subrasante de una estructura de pavimento brindan un soporte significativo para la estructura en su conjunto. Por lo tanto, las propiedades mecánicas de estos materiales son importantes para el rendimiento general de la estructura. Estos materiales exhiben una dependencia de la tensión no lineal y sus propiedades mecánicas se ven muy afectadas por su contenido de humedad. Este artículo describe dos de las propiedades materiales más importantes de las capas sueltas de los pavimentos, es decir, la elasticidad y las propiedades de deformación permanente. La dependencia del estrés de las UGM puede ser capturada por el modelo universal o el modelo mejorado de Cary y Zapata (2011) para materiales con alto contenido fino. El enfoque de estrés efectivo de Bishop se puede utilizar para materiales de alto contenido fino para estimar el efecto de la succión. Los UGM y los materiales de la subrasante dependen en gran medida del contenido de humedad. Se puede utilizar el modelo sigmoideal AASHTO para describir la dependencia de la humedad o el modelo exponencial simple descrito en este documento. El documento analiza además cuatro modelos para caracterizar la acumulación de deformación permanente con el N° de repeticiones de carga en pruebas triaxiales de carga repetida (RLT). Todos los modelos están desarrollados para adaptarse a los resultados de las pruebas RLT de una sola etapa (SS), pero se han ampliado para adaptarse a los resultados de las pruebas RLT de varias etapas (MS) con la ayuda del esquema de endurecimiento del tiempo. La ventaja de las pruebas MS RLT sobre las pruebas SS RLT es que aplica una gama de trayectorias de tensión en una sola muestra, teniendo en cuenta el efecto del historial de tensión y reduciendo el tiempo y el esfuerzo necesarios para probar una muestra separada para cada tensión. camino.

RAVICHANDRAN, P.T [et al], Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation. Indian Journal of Science and Technology [en línea], Vol. 9. 9 de Febrero de 2016. Se investigó la posibilidad de utilizar polvo de caucho granulado como aditivo para mejorar la resistencia de la tierra blanda. Métodos: Se estabilizan dos tipos de suelos arcillosos problemáticos con los distintos porcentajes de caucho en migajas (5, 10, 15 y 20%). Las propiedades de resistencia de los suelos estabilizados se mejoraron aumentando los porcentajes de caucho en polvo hasta un 10%, según lo estudian las pruebas CBR. Además del desarrollo de la resistencia, también se estudian las influencias de este tipo de estabilizador y diferentes cantidades sobre las características de drenaje. Hallazgos: La adición de caucho granulado en ambos suelos muestra cambios deseables en la permeabilidad. Con la adición de caucho desmenuzado del 10% se muestra que la mejora en el valor CBR del suelo es del 161% y del 130% en el suelo A1 y A2. Los resultados muestran que tanto la modificación de la resistencia como la permeabilidad dan como resultado una mejor estabilización para suelos arcillosos. Aplicaciones: El aumento en el valor CBR del suelo estabilizado puede reducir significativamente el grosor completo de la losa y, por lo tanto, el precio definitivo involucrado en la construcción de la carretera.

TERRONES, Andrea. Estabilización de suelos arcillosos incorporando CBCA para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Tesis (Ingeniero Civil).

Donde se determinó que la incorporación del 15% de CBCA a la muestra de tierra alcanzó una resistencia promedio de 150.60 kPa y un % de CBR de 23.67%.

AKBARIMEHR, Davood y AFLAKI, Esmael. Experimental investigation of the effect of car tire dust on the geotechnical characteristics of clayey soils. Civil Engineering Journal [en línea], Vol. 4. 7 de abril de 2018.

Clay soils, as problematic soils, have always caused geotechnical problems including high Atterberg limits and consequently low workability. Tire powder, as one of the products of tire wastes, lacks clay cohesion and it can be effective

in altering the plasticity of clay soils. As no comprehensive study has been conducted in this regard specifically on Tehran clay soil yet, this research studies experimentally the effect of adding different percentages of tire powder to clay soil at the Atterberg limits of clay soils with two different types of plasticity.

ANGELONE, Silvia, GANBAY, María y CAUCHAPÉ, Marina. Permeabilidad de los SUELOS. Argentina: Universidad Nacional de Rosario, 2006.

Los materiales que cuentan con alta permeabilidad, presentan altos vacíos continuos, y esto se presenta en las arcillas que tienen un alto grado de compactación, así como en los materiales como por ejemplo el granito sano y la pasta de cemento. Esta permeabilidad que se presenta en los terrenos donde tiene un efecto decisivo sobre el precio y las dificultades a encontrar en varios procesos constructivos, principalmente se da en construcciones a tajo abierto como son las pavimentaciones, y en suelos arenosos que se encuentran saturados, es por ello que este estudio toma gran importancia.

CAAMAÑO, Iván. Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente. Especialización en Ingeniería de Pavimentos. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada., 2016.

En la investigación experimental se busca un desarrollo de las Propiedades físicas y geomecánicas del suelo blando de subrasante, generando un mayor soporte del terreno, se ha realizado la evaluación del comportamiento con la ayuda de pruebas de clasificación y de resistencia como parámetros que tornen indicadores del suelo. Para poder evaluar cuál es el efecto de la CCA, que será después evaluada mediante un ensayo triaxial cíclico, y esto sirva para construir pavimentos adecuados, económicas y mejorando el diseño del mismo.

LÓPEZ, Jose. Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET). Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2017.

En la presente tesis se averigua el mejoramiento de las características mecánicas de terrenos arcillosos, por lo que incorporó fibras de 3,0 y 5,0 cm de largo de polietileno Tereftalato reciclado, mediante la preparación de 48 probetas de suelo mediante la adición de cuatro valores en porcentaje de fibra de polietileno Tereftalato (0,2%, 0,5%, 1,0% y 1,5% del peso del suelo), obteniendo cambios en el suelo debido a la adición de las fibras.

KOKILA, Ms L. [et al]. Experimental study on soil stabilization using tire crumbs in expansive terrain. World Journal of Research and Review [en línea], Vol. 4. 4 de abril de 2017.

To increase the engineering properties and to make it suitable for the construction purpose it is required to stabilize the soil.

CUBAS, Diego. Resistencia mecánica de un material para afirmado adicionando caucho en diferentes porcentajes. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2019.

La muestra patrón tiene un valor de 2.30 gr/cm³, luego de realizar los ensayos se concluye que la MDS seca se reduce por cada incorporación de 3%, 5% y 7% obteniendo: 2.19, 2.16 y 2.065 gr/cm³. Así mismo la resistencia del suelo se nota que se reduce a valores de 55.63% para la muestra patrón, 16.50% para el afirmado con 3% al adicionar caucho, 13.91% para el afirmado con 5% de adición y 8.80% para el afirmado con 7% de adición, entonces se afirma que la resistencia mecánica del material para afirmado baja en más de 70% respecto a la muestra patrón.

BRICEÑO, Luis. Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible entre las metodologías de la AASHTO-93 y la del instituto del asfalto para el camino vecinal de Julcán al caserío de chuan parte baja, distrito de Julcán, la libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: UPAO, 2018.

El presente estudio se ha realizado para diseñar la estructura del pavimento flexible de la progresivas 0+000.00 km hasta la progresiva 7+ 554.00 km en la carretera antes mencionada, mediante las variables de diseño y procedimientos siguiendo las guías metodológicas del MTC. Para ello, se realizó el

levantamiento topográfico y un estudio de suelos con fines de pavimentación, en la cual se presenta suelos arcillosos inorgánicos de baja compresibilidad, con CBR de valores de 8.1% y 53.5% en tramos críticos, después se realizó un análisis comparativo entre los dos diseños. Enfatizando el diseño, en un contexto con propiedades mecánicas definidas.

Se concluye, que el método recomendable para el diseño es la de la AASHTO-93 por el método de ecuación, obteniendo más exactitud en sus cálculos, al tener mayores variables de diseño.

SOCOLA, Marcos. Diseño y análisis comparativo de costos pavimento flexible según AASHTO 93 y con geomallas biaxiales en el sector Los Laureles del distrito de El Porvenir - Trujillo - La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2018.

La presente investigación se realizó con el fin de comparar el uso y la no utilización de Geomallas Biaxiales.

En el artículo científico, estabilización de la subrasante utilizando geopolímero a base de ceniza de cáscara de arroz (GRHA) y polvo de horno de cemento (CKD), (diciembre 2020), este estudio explora el uso de dos desechos (ceniza de cáscara de arroz (RHA) y el CKD para mejorar la resistencia mecánica de un suelo de subrasante obtenido de un tramo de carretera averiado en Nigeria. Los estabilizantes se combinaron con el suelo en proporciones que iban del 7,5 al 15% para la estabilización de la ERC. Los resultados muestran una mecánica mejorada con ambos estabilizadores. Sin embargo, la estabilización realizada con CKD al 10% y geopolímero 3 (8% RHA y 10% CKD) fue la óptima.

Tabla 1. Composición Química de la Cascara y Ceniza de Arroz.

Composición química del arroz y cenizas de cascarilla de arroz			
CASCARILLA DE ARROZ		CENIZAS DE CASCARILLA DE ARROZ	
Componente	%	Componente	%
Carbono.	39.01	Ceniza de sílice (SiO ₂).	94.10
Hidrogeno.	5.02	Oxido de calcio (CaO).	0.55
Nitrógeno.	0.60	Oxido de magnesio (MgO).	0.95
Oxigeno.	37.2	Oxido de potasio (K ₂ O).	2.10
Azufre.	0.10	Oxido de sodio (Na ₂ O).	0.11
Cenizas.	17.8	Sulfato	0.06
		Cloro	0.05
		Oxido de titanio (TiO ₂).	0.05
		Oxido de aluminio (Al ₂ O ₃).	0.12
		Otros componentes(P ₂ O ₅ 1O ₃).	1.82
TOTAL	100.00	TOTAL	100.00

Fuente: Tabla extraída de VARON descomposición térmica de la cascarilla de arroz una alternativa de aprovechamiento integral,2005, p.156.

Estabilizadores se refiere en este caso a lo que estamos empleando la cascarilla de arroz. La cáscara de arroz se compró localmente y se quemó a una temperatura promedio de aproximadamente 500 ° C durante 6 h. Además, se dejó reposar durante 24 h para quemar más [38]. La ceniza (RHA) obtenida cumplió con la especificación de ASTM C-618-12, para materiales puzolánicos. Para asegurar la consistencia y el aumento de la superficie, la ceniza de cáscara de arroz se pasó a través del tamiz n ° 200. La cantidad de estabilizador y activador utilizado se basó en una mezcla de prueba inicial realizada y en el coste económico. (CASE STUDIES IN CONSTRUCTION MATERIALS, 2020)

Por otro lado, Giordani y Leone señalan que “los enlosados firmes están conformados de una losa de concreto sobre un cimiento y descansan en una subrasante compactada” (p. 4).

Al respecto el Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) menciona que la sub rasante es el recubrimiento superior del terraplén o el fondo de las exploraciones en terreno natural, que sostiene la estructura del pavimento (p. 29).

Los suelos se clasifican según SUCS y AASHTO conforme a los tamaños de sus partículas obtenidos mediante el ensayo de granulometría por tamizado, con el fin de determinar las características del terreno a intervenir. Se debe indicar que los suelos gruesos siempre serán retenidos en tamiz N° 200, y los finos pasan dicho tamiz, también se conoce que son finos si más del 50% pasa el tamiz N° 200, y si se retiene es grueso”.

Tabla 2 Simbologías de suelos granulares de la clasificación SUCS

Grava	G	El 50% o más son retenidos en el T#4.		
Arena	S	Si más del 50% pasa el T#4.		
Bien gradado	W	P	Mal gradado	Es dependiente del Cu y Cc.
Limoso	M	C	Arcilloso	Es dependiente de WL y el IP.

Fuente: Duque y Escobar (2003) p. 1.

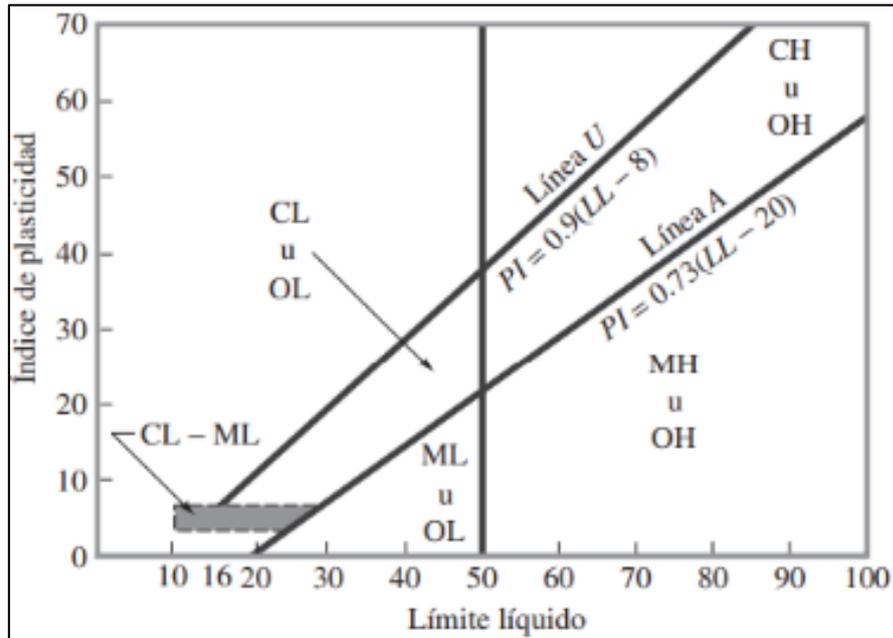
Tabla 3: Simbologías de suelos finos de la clasificación SUCS.

Prefijo	Sufijos		
Limo	Baja plasticidad (WL<50%)	Alta plasticidad (WL>50%)	En la Carta de Plasticidad L y H están separados por la línea B.
Arcilla			
Orgánicos	Se debe reportar este suelo.		Suelos por debajo de la línea A.

Fuente: Duque y Escobar (2003) p. 1.

Gráfico 1 La simbología de finos se basa en los límites de Atterberg.

Carta de plasticidad - Rangos del LL e IP



Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica - Braja M. Das (2013) p. 84.

Mencionar que a través de la AASHTO, según Duque y Escobar (2003) indican que mediante esta metodología fue aceptada por la “American Association of State Highway Officials” que muy empleado en obras viales.

Tabla 4. Nombres típicos del Material

GRUPO	NOMBRES TÍPICOS DEL MATERIAL
GW	Grava bien gradada, mezclas gravosas, poco o ningún fino.
GP	Grava mal gradada, mezclas grava-arena, poco o ningún fino.
GM	Grava limosa, mezclas grava, arena, limo.
GC	Grava arcillosa mezclas grava -arena arcillosas.
SW	Arena bien gradada
SP	Arena mal gradada, arenas gravosas poco o ningún fino.
SM	Arenas limosas ,mezcla arena-arcilla
SC	Arenas arcillosas, mezclas arena -arcilla
ML	Limos Orgánicos y arenas muy finas, limo arcilloso, arenas finas limosas .
CL	Arcillosas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas, arcillas limosas
OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.
MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos
CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas gruesas.
OH	Arcillosas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.
Pt	Turba (carbón en formación) y otros suelos altamente orgánicos.

Fuente: Montejo F., Alfonso. Ingeniería de pavimentos.1998

Tabla 5. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS

Clasificación general		Materiales granulados 35% o menos pasan la malla 200							Materiales limosos y arcillosos más del 35% pasa la malla N° 200				
Grupos		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 por mallas.	10	50 Max											
% que pasa la malla	40	30 Máx.	50 Máx.	51 Min									
No	200	15 Máx.	25M áx	10 Max	35 Max	35 Max	35 Max	35 Max	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min	36 Min
características de la fracción que pasa la malla 40	LL	6 Max	6 Max		40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	40 Max	41 Min	41 Min
	LP			NP	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	10 Max	10 Max	11 Min	11 Min	11 Min
Índice de grupo		0	0	0	0	4 Max	8 Min	4 Max	8 Max	12 Max	16 Max	20 Max	20 Max
Tipo usual de materiales contribuyentes		Piedra Grava Arena		Arena	Arena limosa o arcillosa, arena				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Comportamiento general como sub base		EXCELENTE BUENO						ACEPTABLE A MALO					

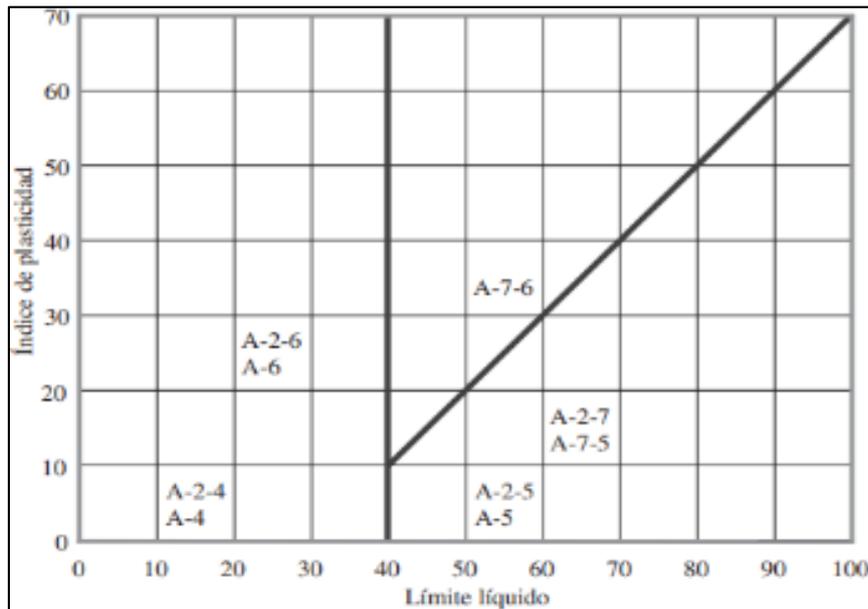
Fuente: Montejo F., Alfonso. Ingeniería de pavimentos.1998

Tabla 6. Clasificación de Suelos AASTHO – SUCS

Clasificación de suelos AASTHO (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

Fuente: Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) p.45

Gráfico 2 Rangos del límite líquido e índice de plasticidad para suelos AASHTO



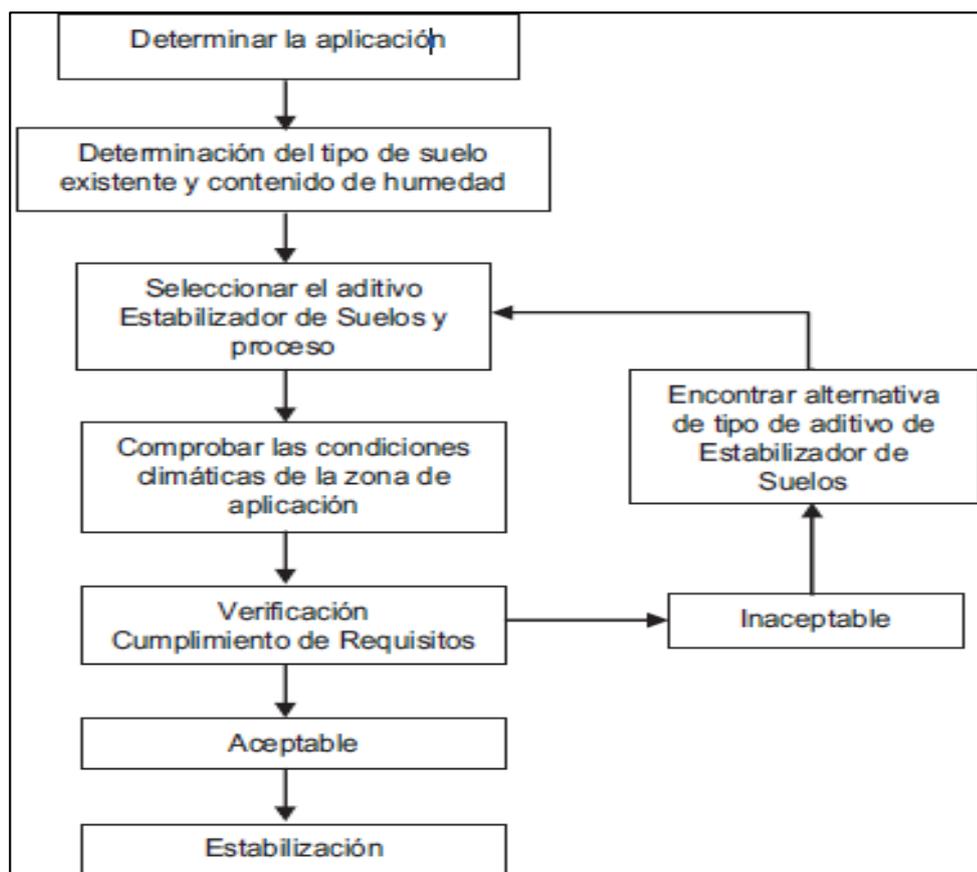
Fuente: Tesis “Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera tramo cruce el Porongo – aeropuerto – Cajamarca”, (2018), p.15

La estabilización de un terreno se hace con la finalidad de incrementar sus características físicas, empleadas como material de relleno, debiendo cumplir las inspecciones de calidad y valores aceptables de resistencia, para poder ser usados en los proyectos de ingeniería.

Para mejorar un terreno se toma en cuenta los criterios geotécnicos según el Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2013) que sostienen que:

La sub rasante debe tener una capacidad de soporte $CBR \geq 6\%$, $<6\%$ viene a ser una sub rasante inadecuada y hay que consolidarlo, mejorarlo o cambiar el material, además la sub rasante está por encima de la napa freática, mín. 60 cm para extraordinaria y muy buena, a 80 cm es buena y regular, 100 cm cuando es pobre y a 120 cm es inadecuada. Por lo tanto se tiene que conocer el factor para usar un tipo de estabilizador” (p.114).

Gráfico 3. Proceso de selección del tipo de estabilización.



Fuente: MTC (2013).

En la subrasante la plasticidad influye bastante. Al respecto Juárez y Rico (2005) mencionan que “la plasticidad se define como la disposición de un material para sostener distorsiones de forma adecuada, sin ser flexible, sin alteración de su volumen ni grietas” (p. 129). La conformación de un suelo será definido a través de los límites de Atterberg ya que representan el rango de humedades en el que un terreno tiene un comportamiento plástico.

Tabla 7. Clasificación de suelos Índice de Plasticidad.

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 extensos de arcilla

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia, y pavimentos (2013).

Tabla 8. Parámetros de CBR para las categorías de la subrasante.

Categorías de subrasante	CBR
So= Subrasante Inadecuada	CBR<3%
S1=Subrasante pobre	De CBR≥3% A CBR < 6%
S2= Subrasante Regular	De CBR≥6% A CBR<10%
S3=Subrasante Buena	De CBR≥10% A CBR < 20%
S4=Subrasante muy Buena	De CBR≥20% A CBR < 30%
S5= Subrasante Excelente	De CBR≥30%

Fuente: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia, y pavimentos (2013)

A continuación, se presentan las pruebas necesarias que se tiene en este trabajo de tesis:

El Ensayo de contenido de humedad (MTC E108) con el fin de determinar si el terreno se encuentra en estado no saturado y saturado.

El Ensayo de análisis granulométrico por tamizado (MTC E107) se emplea para conocer cuantitativamente la distribución del % de grava gruesa (3" a 3/4"), grava fina (3/4" a N°4), arena gruesa (N° 4 a N° 10), arena media (N° 10 a N° 40), arena fina (N° 40 a N° 200) y finos (atraviesa el N° 200).

Tabla 9. Medidas de los tamices de malla cuadrada.

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1½"	38.100
1"	25.400
¾"	19.000
⅜"	9.500
N° 4	4.760
N°10	2.000
N°20	0.840
N°40	0.425
N°60	0.260
N°140	0.106
N°200	0.075

Fuente: Manual de ensayo de materiales (2016).

El **Ensayo del LL de los suelos (MTC E110)** se hace con la “copa de Casagrande” para determinar la humedad a los 25 golpes.

El **Ensayo del LP de los suelos (MTC E111)** es la humedad en el cual el suelo se quiebra tras formarse barritas de 3mm de diámetro.

Ambos se emplean para poder identificar y clasificar los suelos.

El **Ensayo de compactación (Proctor Modificado) MTC E111** consistió en colocar una energía modificada de [2700 kN-m/m³], con la finalidad de mejorar las características del terreno, de ésta forma bajar la cantidad de espacios vacíos.

El **Ensayo de CBR (California Bearing Ratio) MTC E111** utilizado para conocer la capacidad resistente de la subrasante. La relación CBR es definida para 0.1 “y 0.2 “que va a ser penetrado, para el esfuerzo de 1000 y 1500 lb/plg² en el muestrario.

Cada muestra es sumergida en agua hasta su saturación. El ensayo CBR se efectúa a las muestras compactadas en el laboratorio e inalteradas obtenidas en el terreno y sobre suelos in situ.

Suelos, término con múltiples o varias definiciones, pero la más importante, es aquella que se aplica a la parte superficial de la corteza terrestre que permite sustentar de esta manera la vida vegetal en nuestro planeta tierra. (Juárez, 2005).

Subrasante, viene a ser la capa conformante del paquete estructural de un pavimento rígido o flexible de un camino de algún lugar determinado. (Fonseca, 2001).

Ceniza de Cascara de Arroz, la cascarilla de arroz es un material de desecho agrícola constituyendo un 20% de la producción a nivel mundial, que se aproximó a los 700 millones de toneladas en el año 2011.

Como mayor residuo del proceso de la producción agrícola de granos y su disposición final es uno de los mayores problemas existentes en los países productores de arroz, tal como lo es en el Perú. Según estudios recientes, en

el país se producen cerca de 2 100.000 toneladas de arroz al año, permitiendo emplear este puzolánico para aumentar la resistencia de subrasantes.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Según Vargas (2009) indica que la investigación aplicada “necesita elegir teorías donde se planteen conceptos céntricos y sus características contextuales conforme a la problemática identificada” (p. 7).

El estudio será aplicado ya que algunos de los antecedentes realizados son de otras indagaciones.

Según Niño (2011) sustenta que “un diseño experimental establece vínculos de causa y efecto, también muestra, verifica, rechaza o corrobora teorías” (p. 34). La tesis está basada en un proyecto experimental ya que emplea una de las variables, donde se designa % de adición de ceniza de cáscara de arroz y madera al muestrario de la variable independiente.

Al respecto Hernández, Fernández y Baptista (2014) indica que “los diseños cuasi experimentales se fundamenta en utilizar una variable independiente para poder examinar el efecto que simboliza en las variables dependientes” (p. 184).

Así mismo, tiene un diseño cuasi experimental, que es procedente del diseño experimental, donde el tesista seleccionará el sitio del cual se sacará el muestrario a analizar.

Por lo que Niño (2011) menciona que “hay implicancia en conocer las causas del objeto y hechos reales, contestando interrogantes esenciales con el fin de saber el porqué de los hechos” (p. 35).

La investigación es de forma aclaradora ya que va a diagnosticar a mediante conclusiones el mejoramiento de la subrasante con la adición de cenizas, detallando claramente los procedimientos utilizados.

Según Niño (2011) menciona que “está conectado con la cantidad y emplea mayormente las mediciones y cálculos” (p. 31).

El presente trabajo es de **enfoque cuantitativo** partiendo de una suposición donde el producto será expresado en números, es decir, en cuanto mejorará su CBR, humedad óptima y densidad seca de la subrasante.

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente

Ceniza de Arroz, ceniza de madera

Variable dependiente

Estabilización de la subrasante

3.3. Población, muestra y muestreo

La investigación comprendió en detallar y realizar la comparación de múltiples muestrarios de los suelos arcillosos, limoso, mediante las adiciones de la puzolana obtenida de la CCA, para conocer sus características y propiedades con este aditivo reciclable, con las pruebas en un laboratorio correspondiente. Este estudio permite obtener beneficios que aporta este aditivo en muestras de suelos de algunos tramos que presenta suelos arcillosos, limosos en la vía pueblo libre la libertad, Región de Amazonas.

Población

Al respecto Niño (2011) indica que "la población se conforma por un conjunto total de componentes que integran el entorno de la indagación" (p. 56).

La población en ésta investigación está constituida por la vía Pueblo Libre-La Libertad.

Muestra

Según Niño (2011) expone "el muestrario es una representación de la población, que es escogida con el objeto de examinar las particularidades de una población total" (p. 56).

El muestrario está constituida por toda la subrasante de la vía Pueblo Libre-La Libertad. En la vía, se ejecutaron 2 calicatas de 150cm de profundidad a cada 2 km, y después de sacar la tierra, se procedió a desarrollar las pruebas indicadas.

Muestreo

Según Niño (2011) indica que “el muestreo es como la método por el cual se obtiene la muestra de la población” (p. 57).

Será de tipo no probabilístico debido a que está demarcado por el tesista. Se escogió el tramo más afectado para la extracción de las muestras de la presente tesis.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Técnica. Niño (2011) indica “es la actividad que conlleva a la investigación, conocidos como métodos a aplicar a una investigación” (p. 30).

Según Niño (2011) manifiesta que “la observación nos lleva a acceder al entendimiento del mundo ordinario y eludir sus riesgos y resolver sus necesidades” (p. 62).

La técnica aplicada en esta investigación será la observación, donde éste es el método más creíble que nos lleva a la veracidad. Técnica de observación: para recopilar de datos, con el fin de tener una relación directa con la realidad. Mediante visita in situ, se realiza el recorrido de la vía, en la cual se eligen 2 tramos críticos para su estudio.

Instrumentos

Al respecto Baena (2017) nombra “los instrumentos son considerados como base de la técnica con el fin de que cumpla con su objetivo” (p.83). En las variables se emplearán los distintos instrumentos, así que los ensayos realizados en laboratorio obtengan productos confiables, y para los diversos ensayos, poder diagnosticar el

comportamiento de las CCA y madera en la consolidación de subrasante de la vía Pueblo Libre-La Libertad.

Ficha de observación: facilitará determinar y analizar lo que se observa en el contorno del investigador, ya que facilita identificar aspectos del sitio a estudiar.

Fichas normadas por ensayo: facilitará ensayar y evaluar las características físicas de las muestras de tierra con y sin la adición de la CCA y madera.

Ensayos normados en laboratorio: serán realizados para el análisis de las calicatas, permitiendo conocer las características más sustanciales de las muestras con y sin la adición de la CCA y madera.

Validez. Según Hernández et al. (2014) nombra que “la validez está vinculada con el grado en que un instrumento calcula la variable que procura medir” (p. 233).

La tesis será validada por el juicio de un profesional en Ingeniería Civil, el cual validará las herramientas que se usarán en la realización de las pruebas de laboratorio.

Confiabilidad. Según Hernández et al. (2014) indica que “es el grado en que un instrumento produce los resultados consistentes y racionales” (p. 233).

En la presente tesis, está vinculado con la calibración correcta del equipamiento utilizado en las pruebas de laboratorio, con el propósito de garantizar productos más exactos posibles y confiables.

3.5. Procedimientos

Se realizaron actividades de recolección de muestras y ensayos en el laboratorio, los que se mencionan de la forma siguiente:

1. Escoger el lugar para de toma muestras, el más representativo.
2. Hacer las calicatas y proceder a extraer las muestras.
3. Recolecta la cáscara de arroz y ceniza de madera.

4. Traslado de muestra de suelo y cenizas de cascara de arroz y ceniza de madera al Laboratorio.

Para el suelo en estado natural, se extraerá muestras por cada calicata, con el propósito de conocer su contenido de humedad, el análisis granulométrico, límites de Atterberg y luego se realizará la clasificación del suelo mediante SUCS y AASHTO. Así mismo se realizará la compactación del suelo a través del Proctor Modificado para conocer los valores de la MDS y el OCH y finalmente realizar el ensayo del CBR para conocer el % del índice de resistencia del terreno natural. Seguidamente se obtendrá el suelo tratado, que consistirá en la incorporación de ceniza de cascara de arroz y madera a la muestra, se comenzará a realizar el compactado del suelo con una energía modificada, sin la combinación de aditivos y luego 3 muestras con la mezcla de las diferentes dosificaciones del ceniza de arroz (3%, 10% y 15%), madera (madera) tipo aserrín (3%, 10% y 15%), ceniza de arroz más madera (3%, 10% y 15%), con la finalidad de calcular los nuevos valores de la MDS y OCH, finalmente, se calculará el CBR del terreno tratado con la adición de las diversas dosificaciones, para poder obtener el índice de resistencia del suelo tratado.

3.6. Método de análisis de datos.

Después de la toma de las muestras, se realizarán los correspondientes ensayos en un laboratorios de suelos, para poder determinar su varias propiedades, seguidamente se adicionará por separado y en combinación de las muestras los porcentajes determinados de cenizas de cascara arroz y cenizas de madera para conocer sus nuevas propiedades. Estas pruebas se trabajan en el programa MS Excel para la elaboración de histogramas y gráficos para su interpretación y descripción de los resultados.

Al respecto Baena (2017) nos menciona que “las investigaciones necesitan recopilación de información claras, entendibles y seguras

con la finalidad de interpretar la realidad que se está averiguando y poder obtener resultados útiles”

En éste estudio se elaborarán pruebas a los suelos tales como contenido de humedad, análisis granulométrico de suelos por tamizado, LL, LP e IP, Proctor Modificado y también el ensayo de CBR en laboratorio para la muestra patrón. Así mismo, se indicará el proceso del desarrollo de los ensayos de manera sintetizada conforme al Manual de Ensayos de Materiales 2016 dispuesto por el MTC.

3.7. Aspectos éticos.

Se garantizó en presentar una tesis con fuentes confiables y resultados con la mayor veracidad.

La investigación es auténtica y original en base a la recopilación de datos y procesamiento de los mismos, respetando las normas y guías de elaboración para la realización de la presente tesis y conforme a las disposiciones del Vicerrectorado de investigación.

IV. RESULTADOS

Los resultados de la tesis denominado “Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021” es a través del análisis de propiedades físicas tales como la granulometría, límite de Atterberg y en lo que respecta a los análisis de las propiedades mecánicas que comprende el análisis del Proctor, análisis del CBR (100%) y análisis del CBR (95%) obteniendo los resultados con significancia.

4.1. Resultado del estudio de suelos para la muestra patrón

Se tiene la muestra Patrón indicando resultados siguientes

Tabla 10. Datos de las muestras IP, SUCS, AASHTO – Subrasante.

CALICATA/KM	CH	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO	4-200	<200
C1, 0+000	6.23	39.36	26.54	12.8	ML, LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	A-6 (9), MALO	7.86	92.14
C2, 1+000	5.12	39.28	26.45	12.8	ML, LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	A-6 (9), MALO	11.22	88.78
C3, 2+000	4.38	39.32	26.19	13.1	ML, LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	A-6 (9), MALO	14.31	85.69
C4, 3+000	7.3	29.47	22.55	6.92	CL-ML, ARCILLA LOMOSA DE BAJA PLASTICIDAD	A-4 (9), REGULA R-MALO	12.01	87.99
C5, 4+000	5.09	39.19	25.84	13.4	ML, LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	A-6 (9), MALO	12.01	87.99
C6, 5+000	5.4	39.2	26.19	13.0	ML, LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	A-6 (9), MALO	13.29	86.71
C7, 6+000	6.31	29.44	23.76	5.68	ML, LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	A-4 (9), REGULA R-MALO	11.16	88.84
C8, 6+900	5.73	29.38	22.55	6.83	ML, LIMO DE BAJA PLASTICIDAD	A-4 (9), REGULA R-MALO	10.82	89.18

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

Se tiene la muestra Patrón indicando resultados de CBR, Proctor modificado, humedad óptima y densidad seca en sub rasante, en la muestra Patrón.

Tabla 11. CBR Patrón - Calicata 1,3,5 y 7

CALICATA 1	AL 100%	0.1	12.39%	0.2	13.49%
	AL 95%	0.1	6.40%	0.2	8.50%
CALICATA 3	AL 100%	0.1	8.77%	0.2	10.51%
	AL 95%	0.1	6.40%	0.2	8.80%
CALICATA 5	AL 100%	0.1	10.15%	0.2	11.43%
	AL 95%	0.1	6.50%	0.2	7.35%
CALICATA 7	AL 100%	0.1	9.99%	0.2	12.53%
	AL 95%	0.1	7.75%	0.2	10.35%

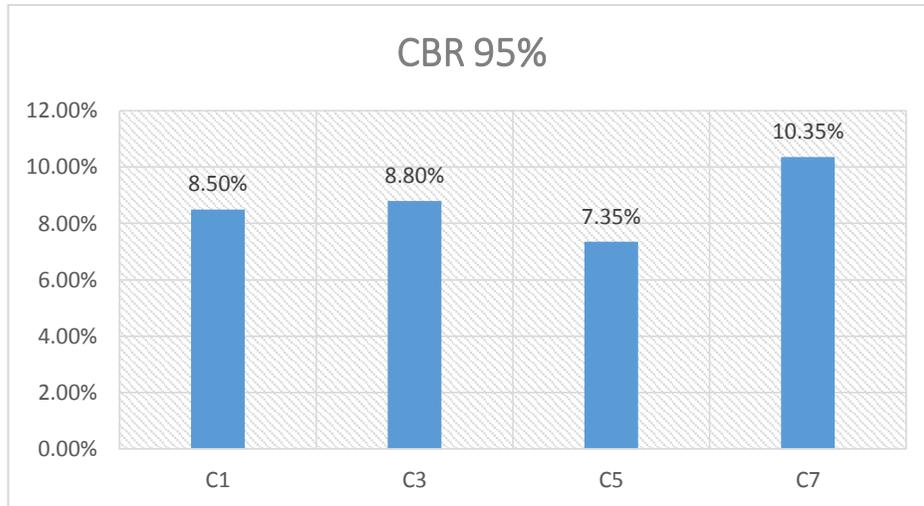
Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

Tabla 12. Resultados del CBR, Humedad óptima y densidad - Patrón

CALICATA	CBR 95%	HUMEDAD OPTIMA	DENSIDAD
C1	8.50%	10.00%	1.885
C3	8.80%	10.50%	1.86
C5	7.35%	9.00%	1.87
C7	10.35%	10.20%	1.831

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

Gráfico 4. CBR 95%

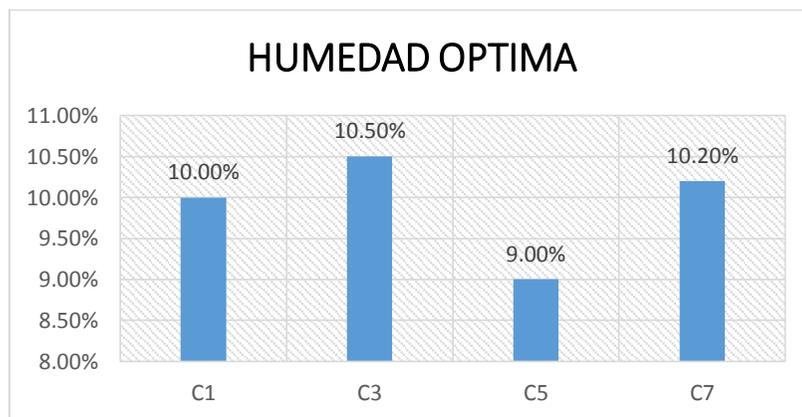


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: en este cuadro podemos apreciar que el CBR, es muy parecido en la vía, así mismo notamos que en la calicata C7, tenemos un suelo de buena calidad, y en las calicatas C1, C3, C5 el suelo tiene una clasificación de regular.

Por lo que se ha utilizado para mejorar el suelo los menores valores de CBR, en este caso C5 con 7.35% y C1 con 8.5%, pero se han utilizado los máximos y mínimos valores de CBR, C7 con 10.35% y C5.

Gráfico 5. Humedad Óptima

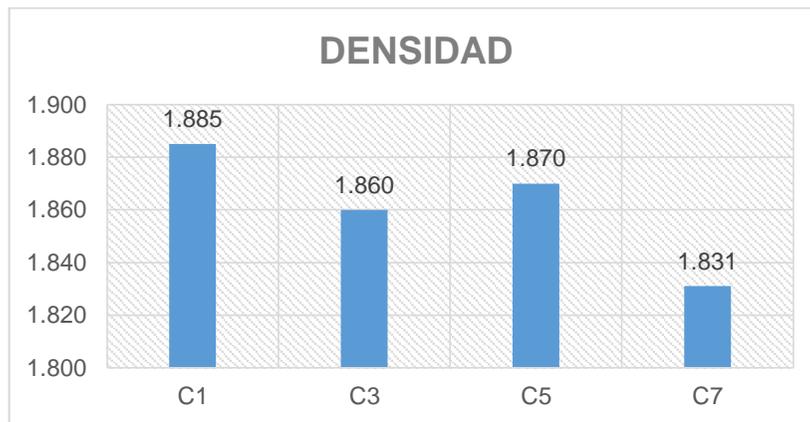


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: en este cuadro podemos apreciar que los resultados de PROCTOR, es muy parecido en la vía, así mismo notamos que en la calicata C5, la humedad que necesita es 9%.

Por lo que se ha utilizado para mejorar el suelo los menores valores, en este caso C5 con 9.0% y C1 con 10.0%.

Gráfico 6. Resultados de Densidad



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: en este cuadro podemos apreciar que la densidad máxima seca cuyos valores varían de 1.885 a 1.831.

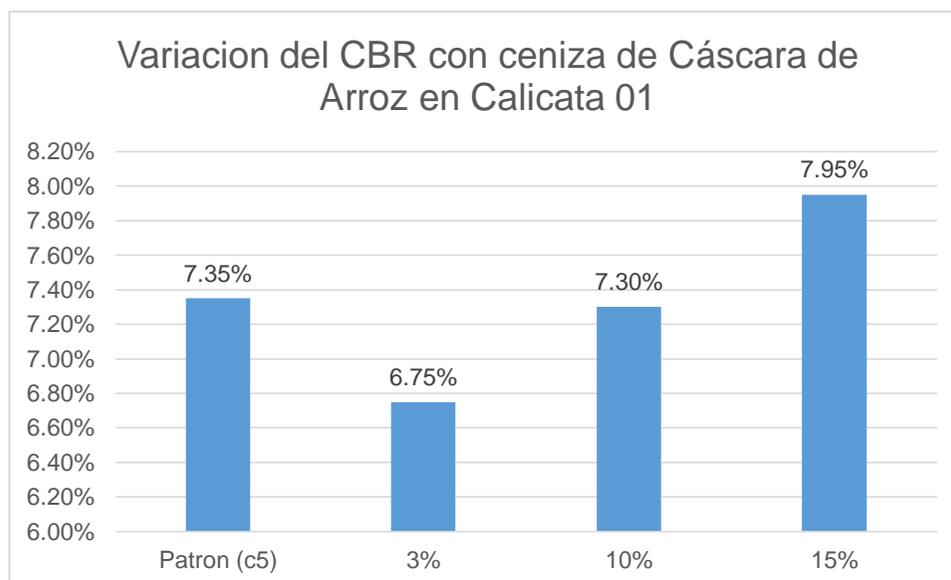
4.2. Estabilización de Subrasante con adición de Cenizas de Cáscara de Arroz - calicata 01 y calicata 02.

Tabla 13. Resultados comparativos – ceniza de cáscara de arroz en calicata 01

	Patrón (c5)	3%	10%	15%
CBR	7.35%	6.75%	7.30%	7.95%
PROCTOR				
Humedad Optima	10.00%	10.20%	10.50%	11.20%
Densidad	1.885	1.905	1.915	1.934

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

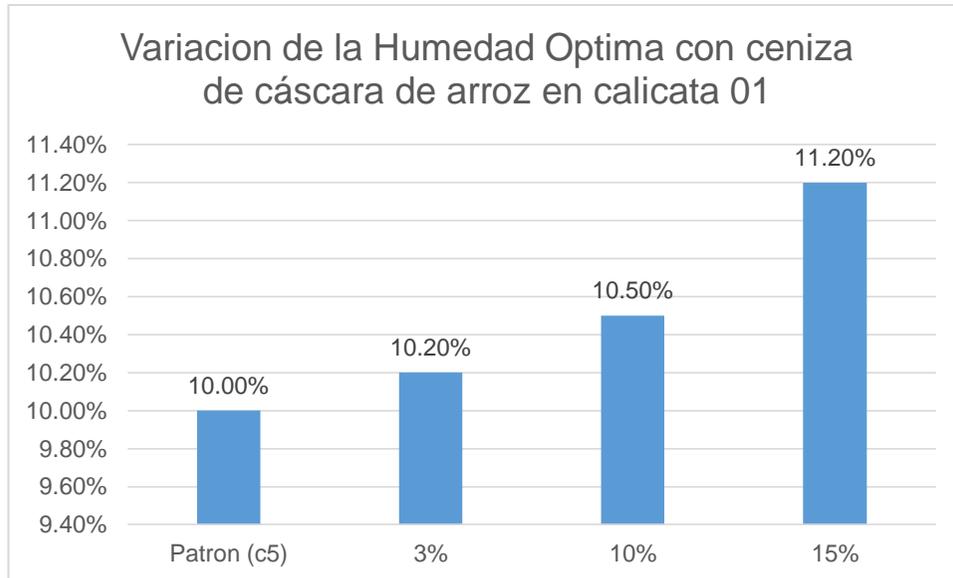
Gráfico 7. Variación del CBR-ceniza cascara de arroz en calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con las diferentes adiciones de ceniza, notamos que el suelo tiene una tendencia a mejorar su CBR y al adicionar un 15% se incrementa a 7.95% lo que significa un aumento del valor patrón en 0.60 con respecto al patrón, vemos que con menos ceniza tiende a baja. Por lo que hay una disminución de 0.60.

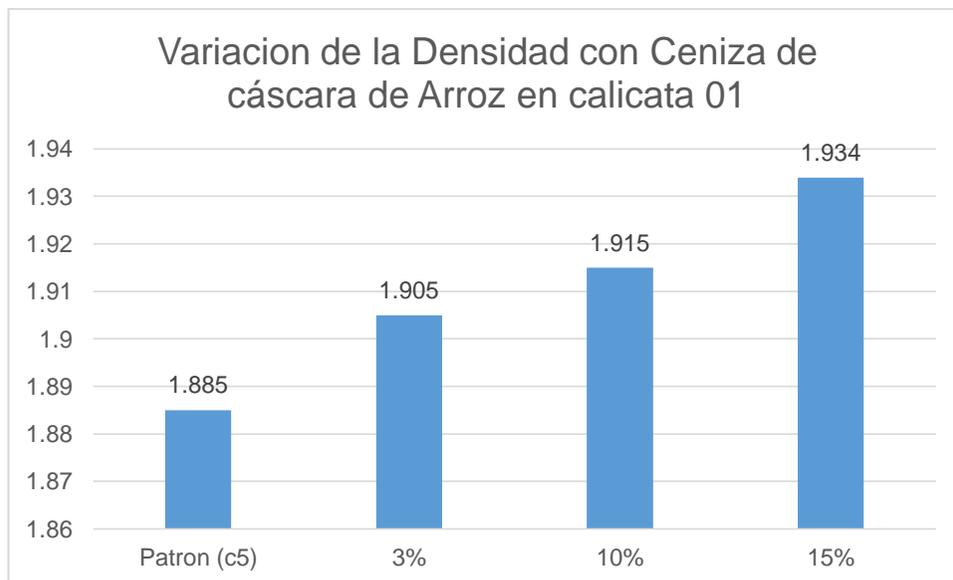
Gráfico 8. Variación de la Humedad-ceniza cascara de arroz en calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Podemos observar que la humedad óptima de la ceniza, varía con respecto al patrón, solo apreciamos que sube un 1.2 con la muestra patrón que tiene un 10%.

Gráfico 9. Variación de la densidad-ceniza cascara de arroz en calicata 01



Fuente: Elaboración propia

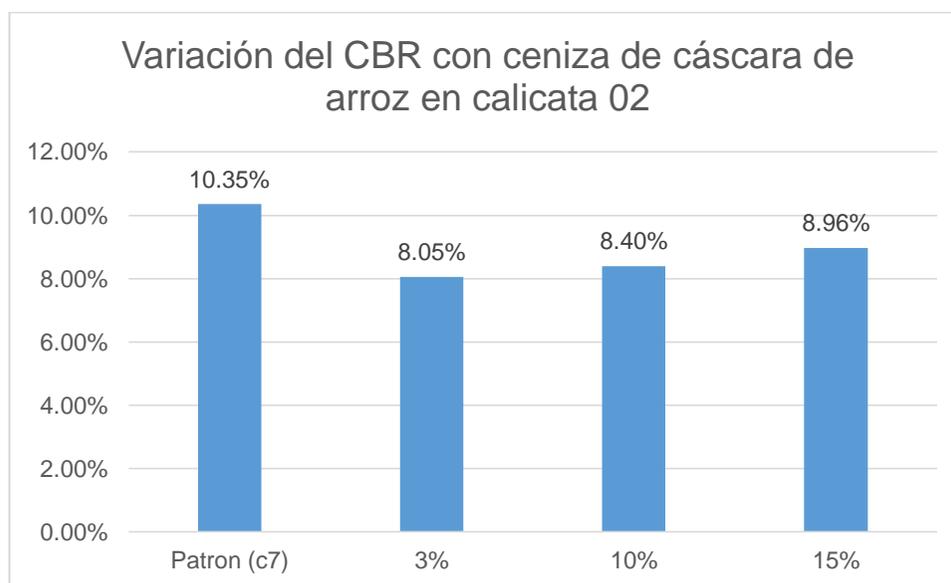
Interpretación: Se puede notar que la densidad de las muestras aumenta, a medida que aumentamos el porcentaje de ceniza de arroz, esta variación es de 0.059, un valor muy pequeño y con relación a las otras muestras no hay diferencia.

Tabla 14. Resultados comparativos – ceniza con cáscara de arroz en calicata 02

	Patrón (c7)	3%	10%	15%
CBR	10.35%	8.05%	8.40%	8.96%
PROCTOR				
Humedad Optima	10.20%	10.80%	11.20%	11.70%
Densidad	1.831	1.850	1.870	1.890

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

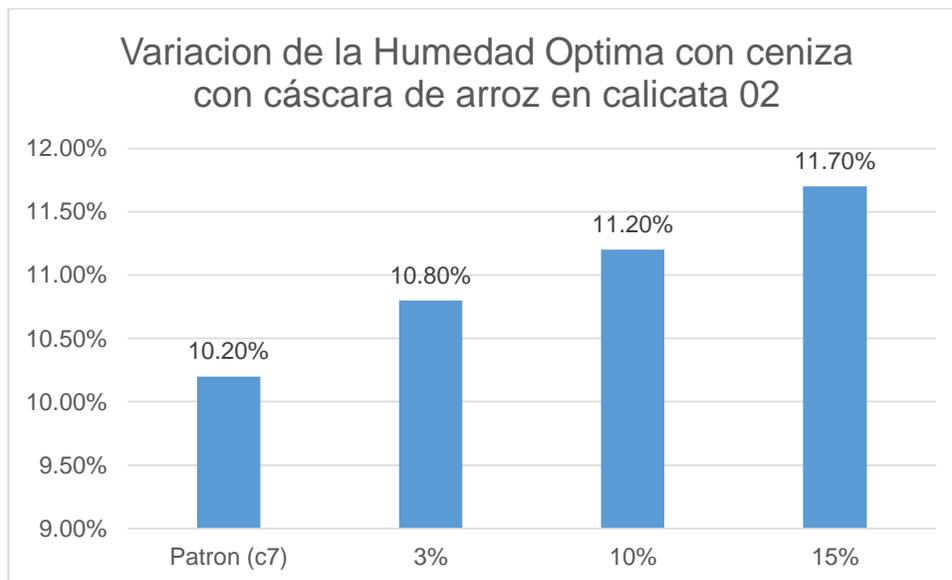
Gráfico 10. Variación del CBR -Ceniza con cascara de arroz en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con las diferentes adiciones de ceniza, notamos que el suelo tiene una tendencia a disminuir su CBR y al adicionar un 15% se obtiene un valor de 8.96% lo que significa una disminución del valor patrón en 1.39, la diferencia máxima se da al adicionar un 3% de cascara de arroz, cayendo a un valor de 2.3, notando que para este tipo de suelo no es conveniente a adición de esta puzolana.

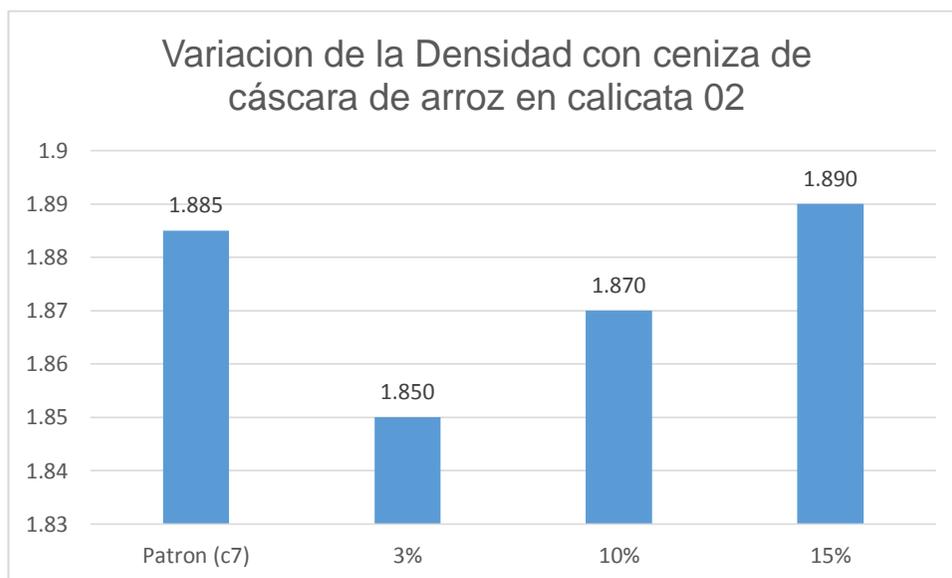
Gráfico 11. Variación de la Humedad Óptima-Ceniza cáscara de arroz en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Podemos observar que la humedad óptima de la ceniza, varía con respecto al patrón, apreciamos que sube un 1.7% con la muestra patrón que tiene un valor de 10.20%, esta sube con respecto al patrón en 1.5%.

Gráfico 12. Variación de la Densidad-Ceniza con cáscara de arroz en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: la densidad de las muestras aumenta, al adicionar 15% de porcentaje de CCA, esta variación es de 0.005, un valor muy bajo.

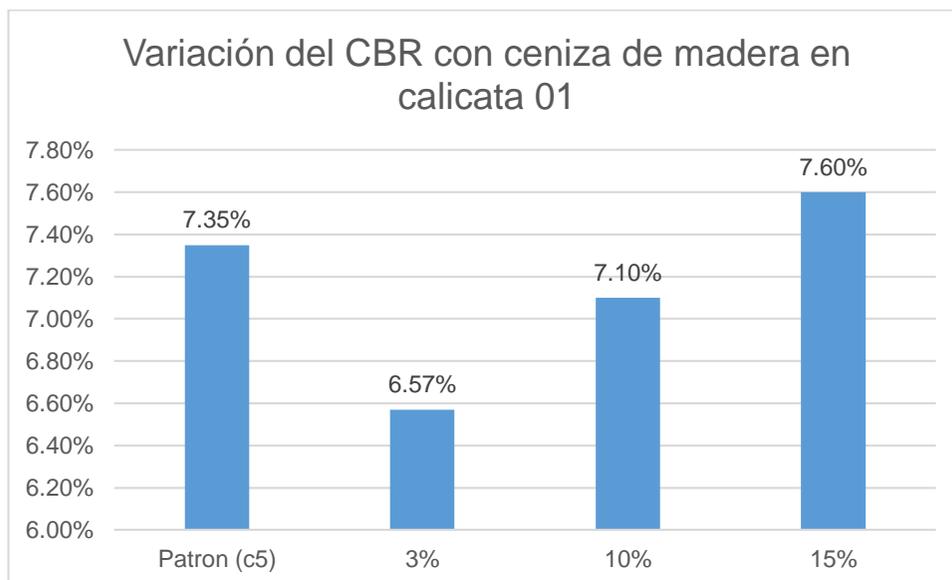
4.3. Estabilización de Subrasante con adición de Cenizas de Madera en calicata 01 y calicata 02.

Tabla 15. Resultados comparativos – ceniza madera en calicata 01

	Patrón (c5)	3%	10%	15%
CBR	7.35%	6.57%	7.10%	7.60%
Variación (%)		-10.6%	-3.4%	3.4%
PROCTOR				
Humedad Optima	10.00%	10.1%	10.4%	11.0%
Densidad	1.885	1.891	1.904	1.923

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

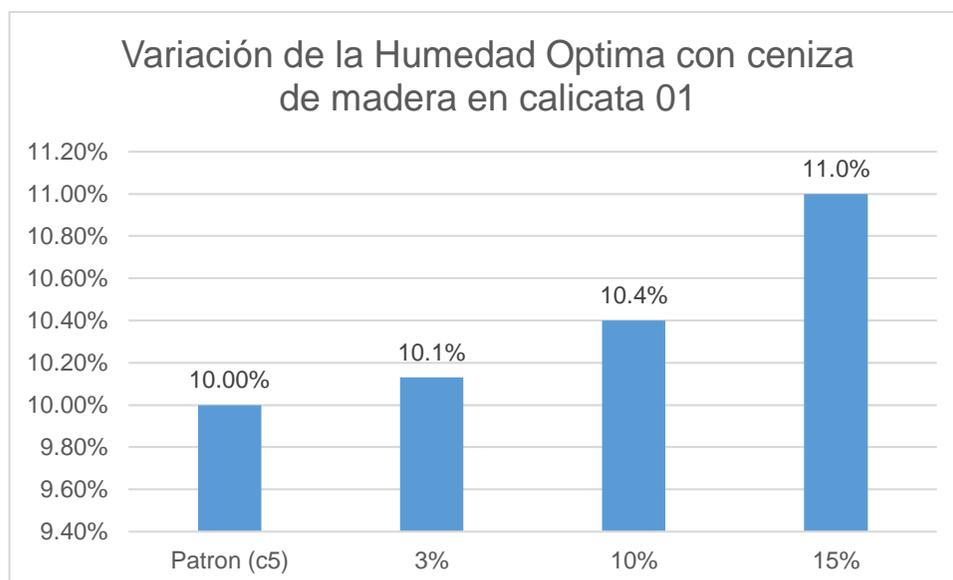
Gráfico 13. Variación del CBR– ceniza madera en calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: con las diferentes adiciones de ceniza madera, notamos que el suelo tiene una tendencia a tener menor valor el CBR y su mayor valor lo obtiene al 15% a 7.60% lo que significa una variación de 0.25% respecto a la muestra patrón.

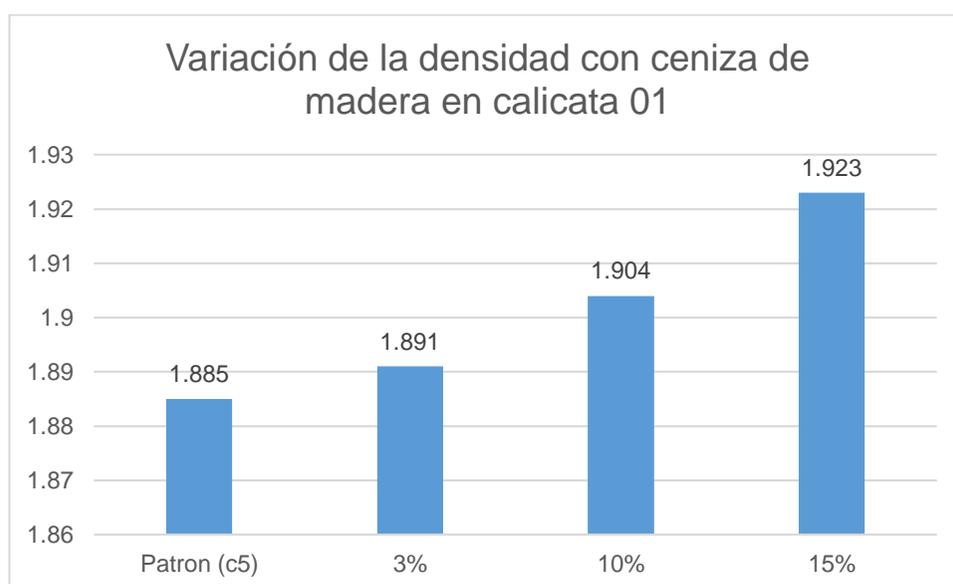
Gráfico 14. Variación de la Humedad Óptima – ceniza de madera en calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se aprecia que a medida que se aumenta el porcentaje de ceniza de madera varía ligeramente el contenido de humedad de las muestras el cual varía desde 10.00 a 11.00%, lo que representa un incremento del 1.00%, esto se debe al material adicionado que absorbe mayor cantidad de agua.

Gráfico 15. Variación de la densidad- ceniza de madera en calicata 01



Fuente: Elaboración propia

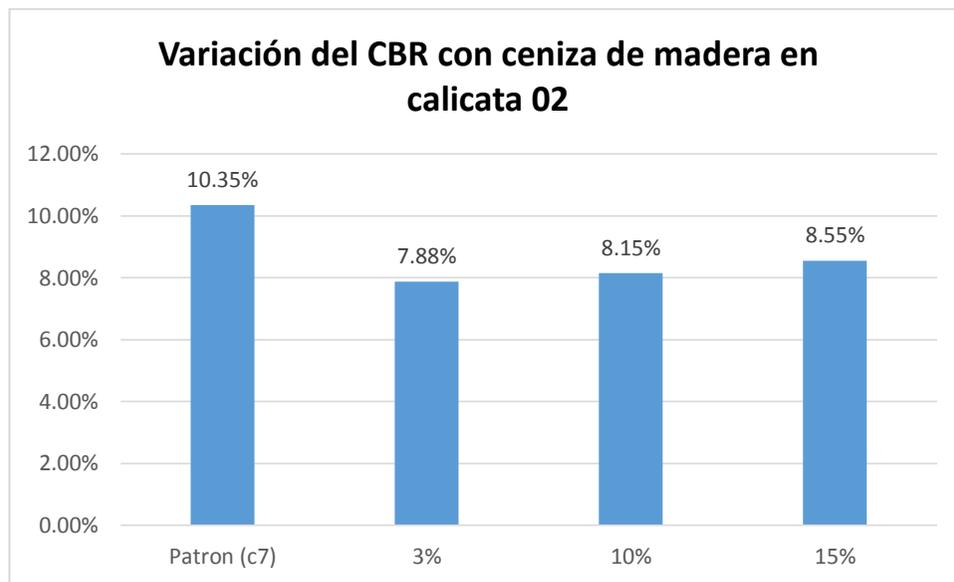
Interpretación: se aprecia que a medida que se aumenta el porcentaje de ceniza aumenta la densidad de las muestras el cual varía desde 1.885 a 1.923, lo que representa un incremento del 0.038, esto podría deberse al material adicionado.

Tabla 16. Resultados comparativos – ceniza de madera en calicata 02

	Patrón (c7)	3%	10%	15%
CBR	10.35%	7.88%	8.15%	8.55%
Variación (%)		-24.2%	-21.6%	-17.8%
PROCTOR				
Humedad Optima	10.00%	10.5%	11.0%	11.5%
Densidad	1.885	1.840	1.860	1.873

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

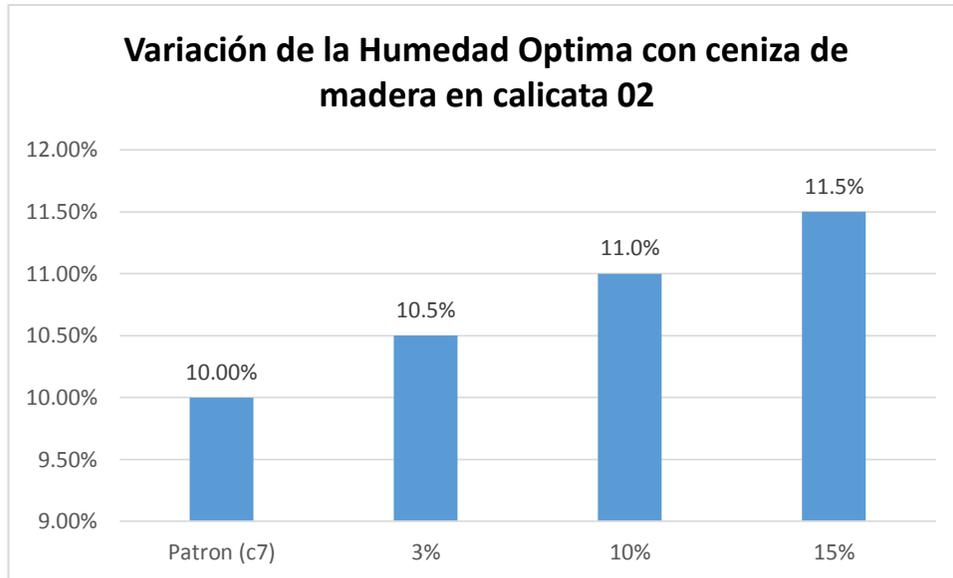
Gráfico 16. Variación del CBR – ceniza de madera en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: con las diferentes adiciones de ceniza madera, notamos que el suelo tiene una tendencia a tener menor valor el CBR al adicionar el 15% obteniendo 8.55% lo que significa una variación de 1.80% menos respecto a la muestra patrón.

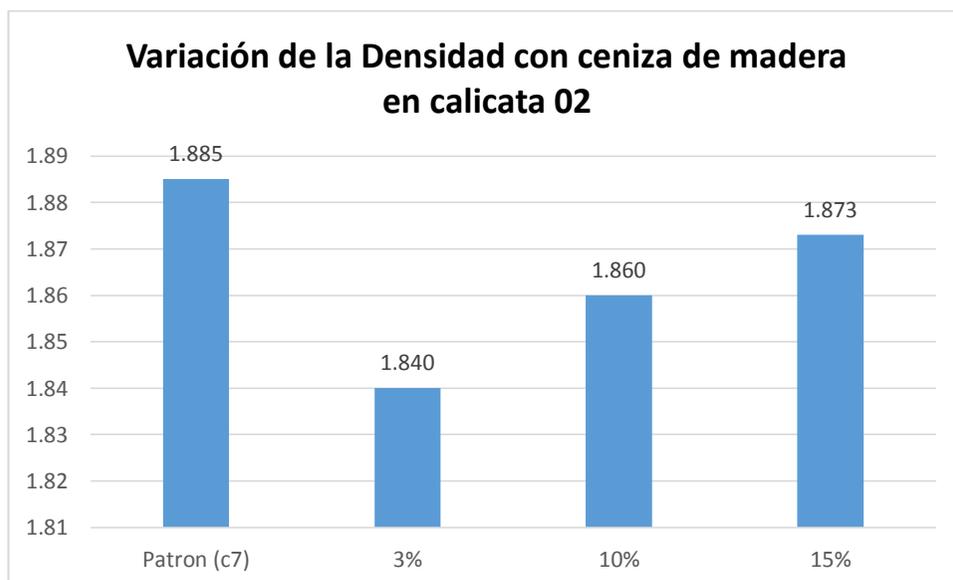
Gráfico 17. Variación de la Humedad Óptima - ceniza de madera en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: se aprecia que a medida que se aumenta el porcentaje de ceniza de madera varía ligeramente el contenido de humedad de las muestras el cual varía desde 10.00 a 11.50%, lo que representa un incremento del 1.50%, esto podría deberse al material adicionado.

Gráfico 18. Variación de la Densidad - ceniza de madera en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: se aprecia una disminución de la densidad al adicionar ceniza de madera. Esta disminución se da cuando tiene menor porcentaje de ceniza de madera.

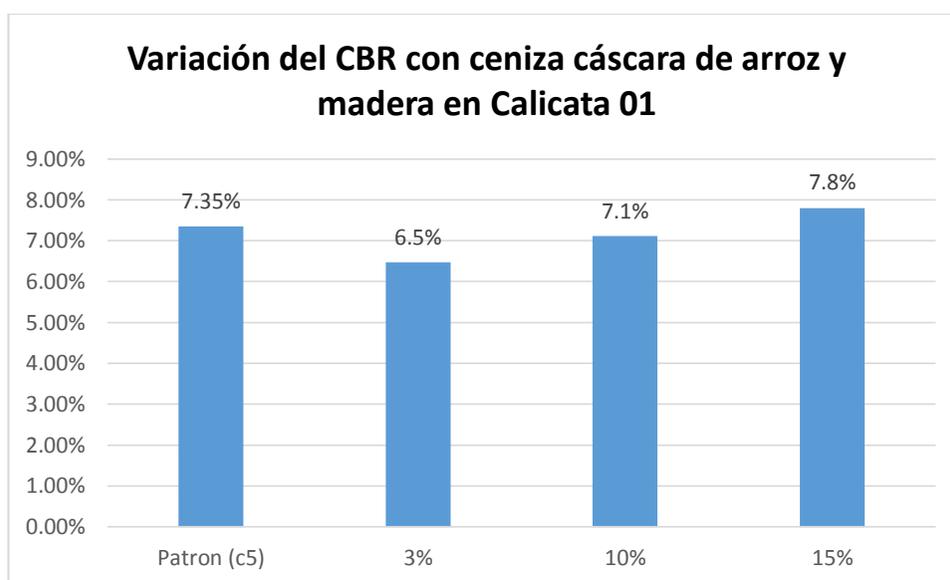
4.4. Estabilización de subrasante con adición de ceniza de cascara de arroz más ceniza de madera en calicata 01 y calicata 02.

Tabla 17. Resultados comparativos - Ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 01

	Patrón (c5)	3%	10%	15%
CBR	7.35%	6.5%	7.1%	7.8%
PROCTOR				
Humedad Optima	10.0%	10.1%	10.4%	11.0%
Densidad	1.885	1.852	1.891	1.932

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

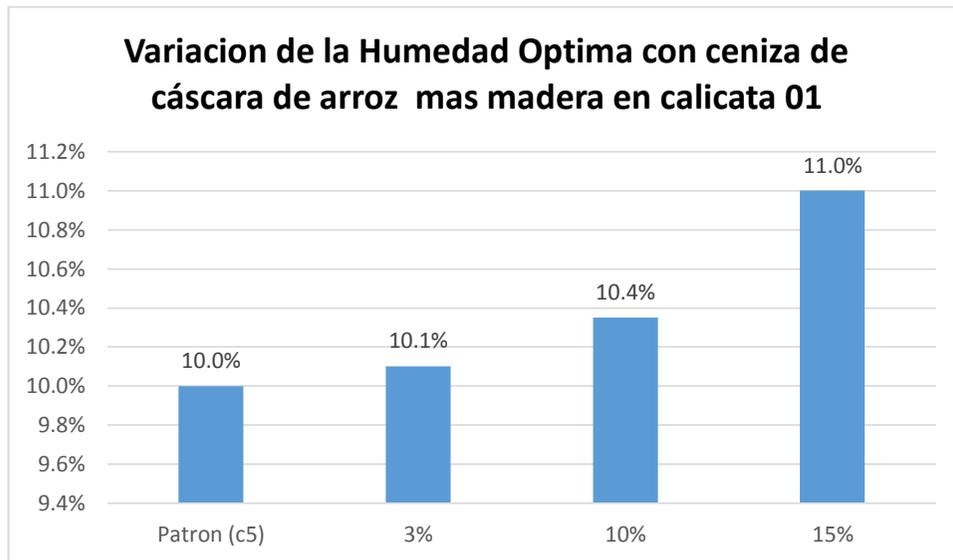
Gráfico 19. Variación del CBR con ceniza cáscara de arroz más madera calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: con las diferentes adiciones de ceniza de arroz y madera las que se adicionaron en proporciones iguales, notamos que el suelo tiene una tendencia a perder y aumentar resistencia de CBR en el valor de más porcentaje de aditivos (15%) tenemos una variación de 6.12% respecto a la muestra patrón.

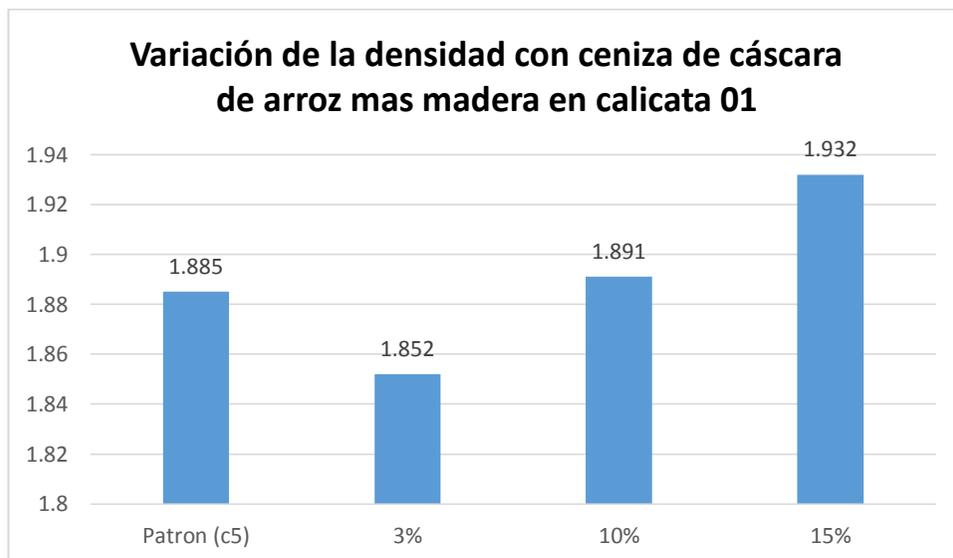
Gráfico 20. Variación de la Humedad Óptima con ceniza cáscara de arroz más madera en calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: se aprecia como al aumentar el porcentaje de la ceniza varía ligeramente el contenido de humedad de las muestras, el cual varía desde 10.00 % hasta un 11.00 %, lo que representa un ligero incremento del 1.00%, esto podría deberse al material adicionado.

Gráfico 21. Variación de la densidad con ceniza cáscara de arroz más madera en calicata 01



Fuente: Elaboración propia

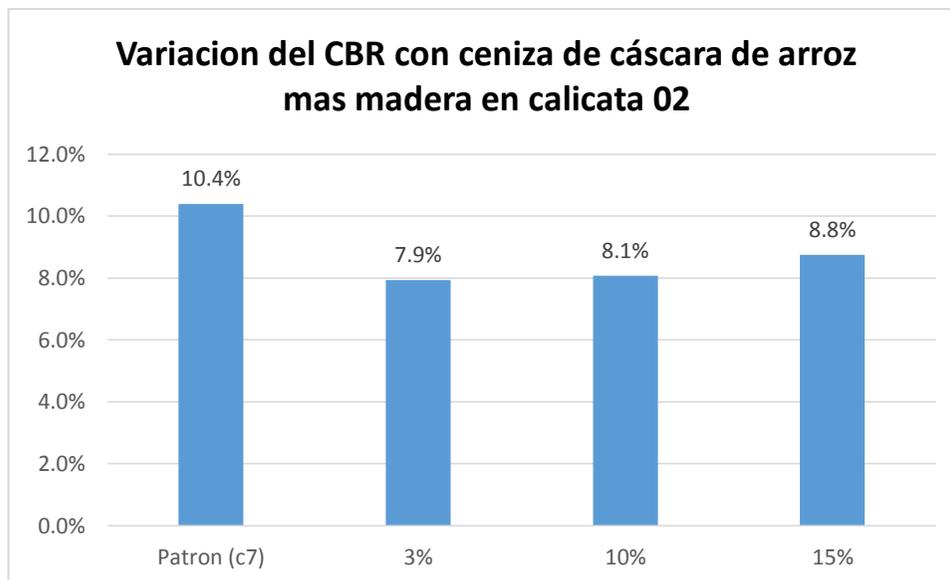
Interpretación: se aprecia que a medida que se eleva el porcentaje de ceniza y madera aumenta la densidad de las muestras el cual varía desde 1.885 a 1.932, lo que representa un incremento bajo de 0.047 esto podría deberse al material adicionado.

Tabla 18. Resultados comparativos - ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 02

	Patrón (c7)	3%	10%	15%
CBR	10.35%	7.9%	8.1%	8.8%
PROCTOR				
Humedad Optima	10.0%	10.4%	10.8%	11.9%
Densidad	1.885	1.82	1.84	1.875

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

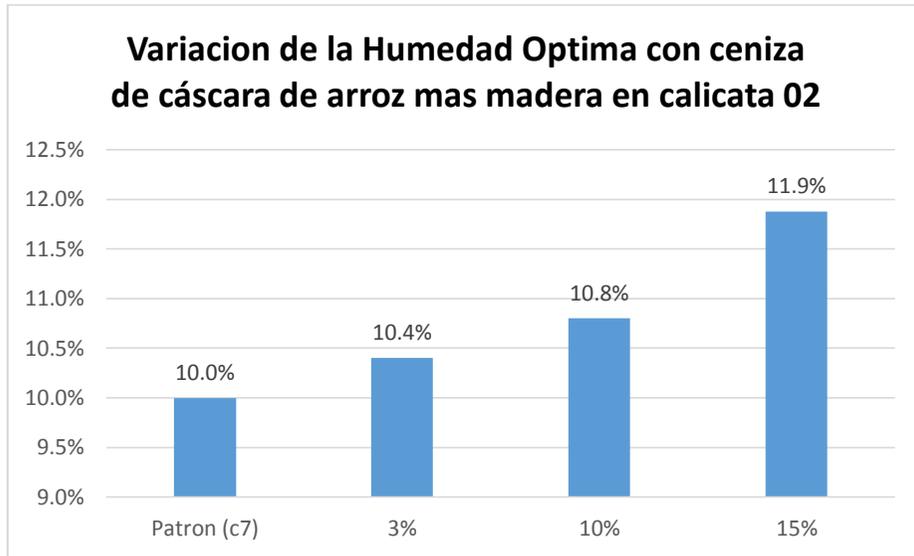
Gráfico 22. Variación del CBR con ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Con las diferentes adiciones de ceniza de arroz más madera (las que se adicionaron en proporciones iguales), notamos que el suelo tiene una tendencia a perder y luego a aumentar resistencia de CBR en el valor de más porcentaje de aditivos (15%) tenemos una variación de 6.12% respecto a la muestra patrón.

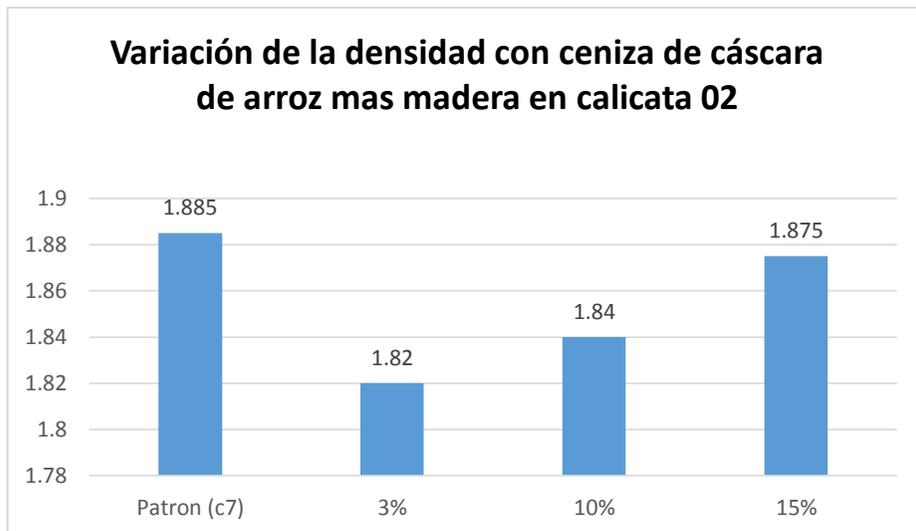
Gráfico 23. Variación de la Humedad Óptima con ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: se aprecia que a medida que se aumenta el porcentaje de ceniza y madera varía ligeramente el contenido de humedad de las muestras el cual varía desde 10.00% a 11.9%, lo que representa un ligero incremento del 1.90%, esto se debe al material adicionado.

Gráfico 24. Variación de la densidad con ceniza de cáscara de arroz más madera en calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: con las diferentes adiciones de ceniza de arroz más madera (las que se adicionaron en proporciones iguales), notamos que el suelo tiene una tendencia a

disminuir el valor de la densidad, lo cual para el porcentaje de aditivos (15%) tenemos una variación de 0.01 por debajo de la muestra patrón.

Tabla 19. Resultados resumen de la adición de cenizas 3%, 10% y 15%

Ceniza de cáscara de arroz								
	CALICATA 01				CALICATA 02			
	Patrón (c5)	3%	10%	15%	Patrón (c7)	3%	10%	15%
CBR	7.35%	6.75%	7.30%	7.95%	10.35%	8.05%	8.40%	8.96%
PROCTOR								
Humedad Optima	10.0%	10.20%	10.50%	11.20%	10.0%	10.80%	11.20%	11.70%
Densidad	1.885	1.905	1.915	1.934	1.885	1.850	1.870	1.890
Ceniza de madera								
	CALICATA 01				CALICATA 02			
	Patrón (c5)	3%	10%	15%	Patrón (c7)	3%	10%	15%
CBR	7.35%	6.57%	7.10%	7.60%	10.35%	7.88%	8.15%	8.55%
PROCTOR								
Humedad Optima	10.0%	10.1%	10.4%	11.0%	10.0%	10.50%	11.00%	11.50%
Densidad	1.885	1.891	1.904	1.923	1.885	1.840	1.860	1.873
Ceniza de cascara de arroz más madera								
	CALICATA 01				CALICATA 02			
	Patrón (c5)	3%	10%	15%	Patrón (c7)	3%	10%	15%
CBR	7.35%	6.5%	7.1%	7.8%	10.35%	7.9%	8.1%	8.8%
PROCTOR								
Humedad Optima	10.0%	10.1%	10.4%	11.0%	10.0%	10.4%	10.8%	11.9%
Densidad	1.885	1.852	1.891	1.932	1.885	1.820	1.840	1.875

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

En la tabla 18 se muestra los **resultados de CCA** en la cual en la calicata N° 01 se obtiene un aumento del valor de CBR hasta en un 7.95% (para una adición del 15%) respecto a la muestra patrón de 7.35%, la humedad optima aumenta y en la calicata 02 hasta 11.70%, la densidad seca hasta un valor de 1.934 gr/cm³ para la calicata 01. En la adición de **cenizas de madera** el CBR tiende a disminuir respecto a la muestra patrón de 10.35% a 8.55% para una adición del 15% del aditivo, así mismo se logra incrementar el valor de la humedad optima y densidad pero en menores valores respecto a las cenizas de cáscara de arroz. Con las **cenizas de cáscara de arroz más las cenizas de la madera** solo en la calicata N° 01 se mejora el CBR de 7.35% a 7.80%, la humedad optima y la densidad tiende a aumentar pero en valores menores respecto a las cenizas de cáscara de arroz; **como se puede observar hay un aumento de valores del CBR, humedad óptima y densidad seca, por lo que se**

logra mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante con suelos arcillosos, limosos empleando las cenizas de arroz.

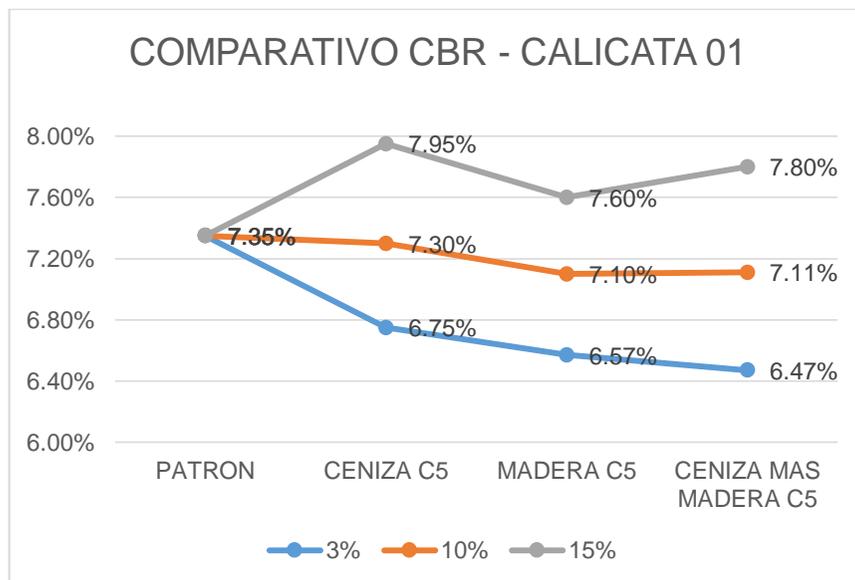
4.5. Comparación de Resultados

Tabla 20. Comparación de Variación del CBR

	3%	10%	15%
PATRON C5-CALICATA 01	7.35%	7.35%	7.35%
CENIZA CASCARA ARROZ	6.75%	7.30%	7.95%
CENIZA MADERA	6.57%	7.10%	7.60%
CENIZA CASCARA ARROZ MAS MADERA	6.47%	7.11%	7.80%
PATRON C7- CALICATA 02	10.35%	10.35%	10.35%
CENIZA CASCARA ARROZ	8.05%	8.40%	8.96%
CENIZA MADERA	7.88%	8.15%	8.55%
CENIZA CASCARA ARROZ MAS MADERA	7.94%	8.07%	8.75%

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

Gráfico 25. COMPARATIVO CBR –CALICATA 01

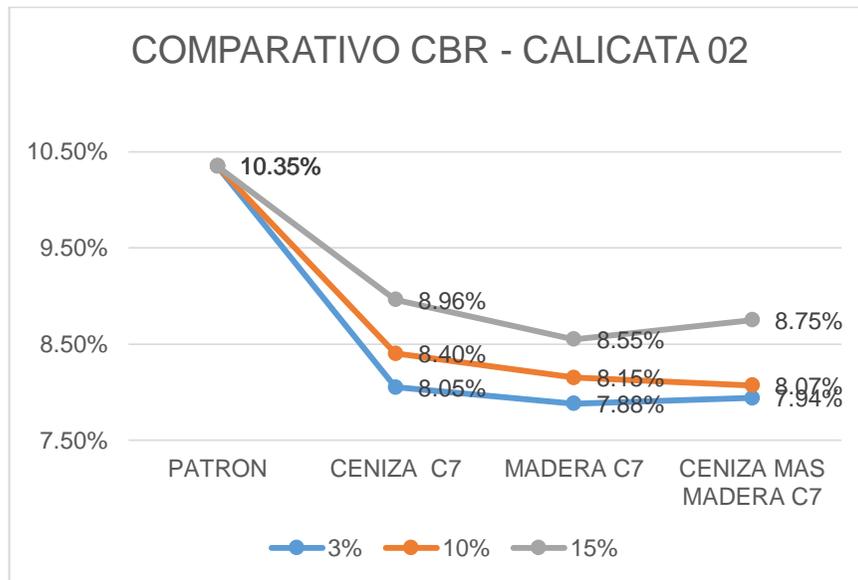


Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El análisis de la calicata 01, sobre la variación del CBR, se nota que muestras de adición de 15% mejoran la resistencia de la Sub-rasante, en un valor máximo de 7.95%, valores por encima del CBR-Patrón, en adiciones de 10% notamos que el suelo no mejora incluso hay un tendencia a disminuir, obteniendo un valor de 7.11%, por otro lado se nota claramente que la adición

del aditivo en porcentajes de 3% hacen que se pierda resistencia del terreno incluso a valores de un suelo que podría sugerirse que se elimine.

Gráfico 26. Comparativo CBR –CALICATA 02



Fuente: Elaboración propia

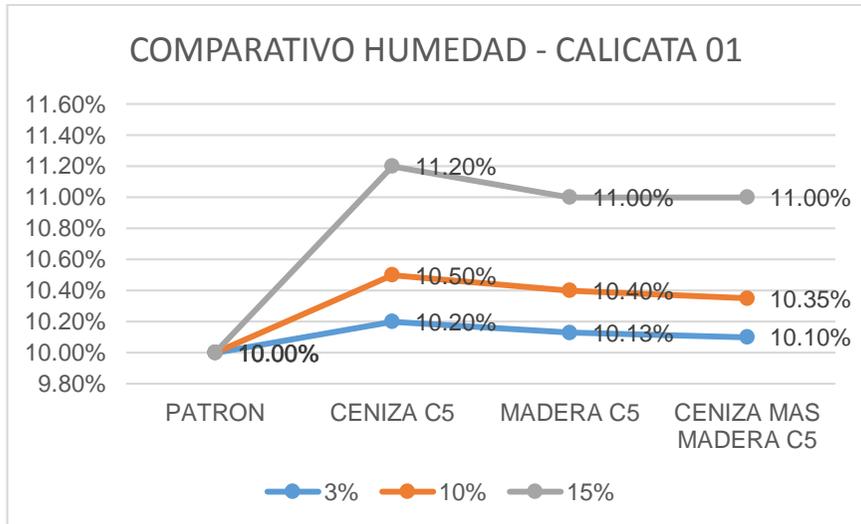
Interpretación: El análisis de la calicata 02, sobre la variación del CBR, se nota que muestras con todas las combinaciones, existe una disminución del CBR, notándose que en proporciones menores de aditivos en todos los casos disminuye considerablemente, un suelo que es bueno, lo vuelve malo.

Tabla 21. Comparación de variación de la humedad óptima

	3%	10%	15%
PATRON C5-CALICATA 01	10.00%	10.00%	10.00%
CENIZA CASCARA ARROZ	10.20%	10.50%	11.20%
CENIZA MADERA	10.13%	10.40%	11.00%
CENIZA CASCARA ARROZ MAS MADERA	10.10%	10.35%	11.00%
PATRON C7-CALICATA 02	10.00%	10.00%	10.00%
CENIZA CASCARA ARROZ	10.80%	11.20%	11.70%
CENIZA MADERA	10.50%	11.00%	11.50%
CENIZA CASCARA ARROZ MAS MADERA	10.40%	10.80%	11.88%

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

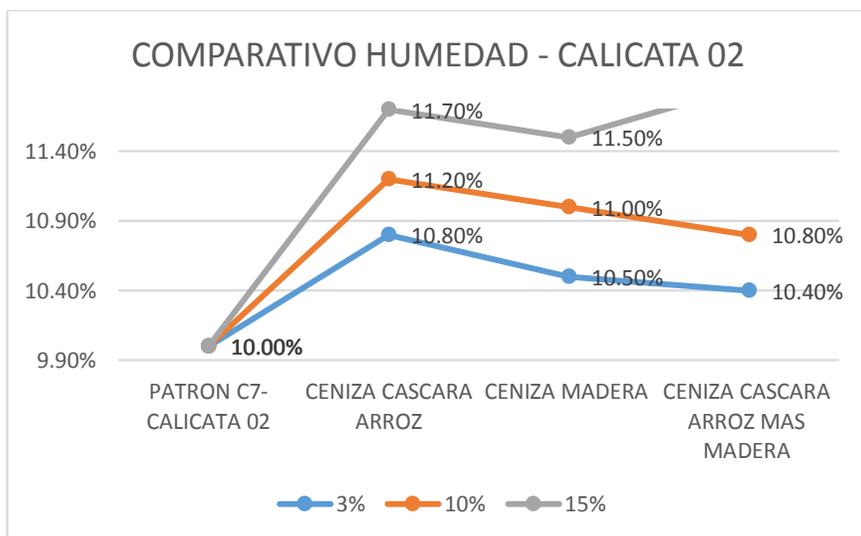
Gráfico 27. Comparativo Humedad – CALICATA 01



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El análisis sobre la variación de la Humedad, a mayor cantidad de aditivo, esta aumenta, con un valor máximo de 11.20% para una muestra de al 15% con ceniza de arroz, y el valor mínimo con 10.10% con ceniza de arroz más madera para un porcentaje de 3%.

Gráfico 28. Comparativo Humedad – CALICATA 02



Fuente: Elaboración propia

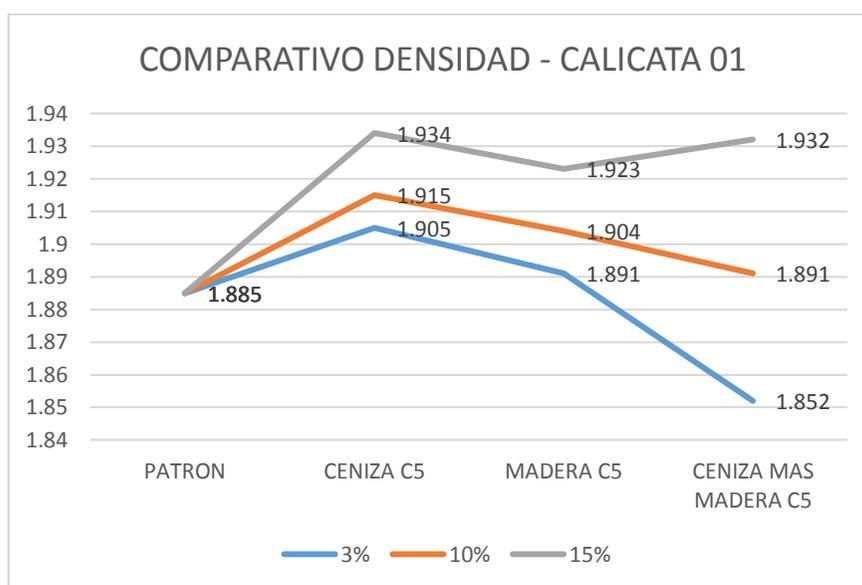
Interpretación: El análisis sobre la variación de la humedad en el cuadro 25, a mayor cantidad de aditivo, esta aumenta, con un valor máximo de 11.88% para una muestra al 15% con ceniza de arroz más ceniza de madera, y el valor mínimo con 10.40%, también CCA más ceniza de madera para un porcentaje de 3%

Tabla 22. Comparación de Variación de la Densidad

	3%	10%	15%
PATRON C5-CALICATA 01	1.885	1.885	1.885
CENIZA CASCARA ARROZ	1.905	1.915	1.934
CENIZA MADERA	1.891	1.904	1.923
CENIZA CASCARA ARROZ MAS MADERA	1.852	1.891	1.932
PATRON C7-CALICATA 02	1.885	1.885	1.885
CENIZA CASCARA ARROZ	1.85	1.87	1.89
CENIZA MADERA	1.84	1.86	1.873
CENIZA CASCARA ARROZ MAS MADERA	1.82	1.84	1.875

Fuente: Resultado ensayo de laboratorio

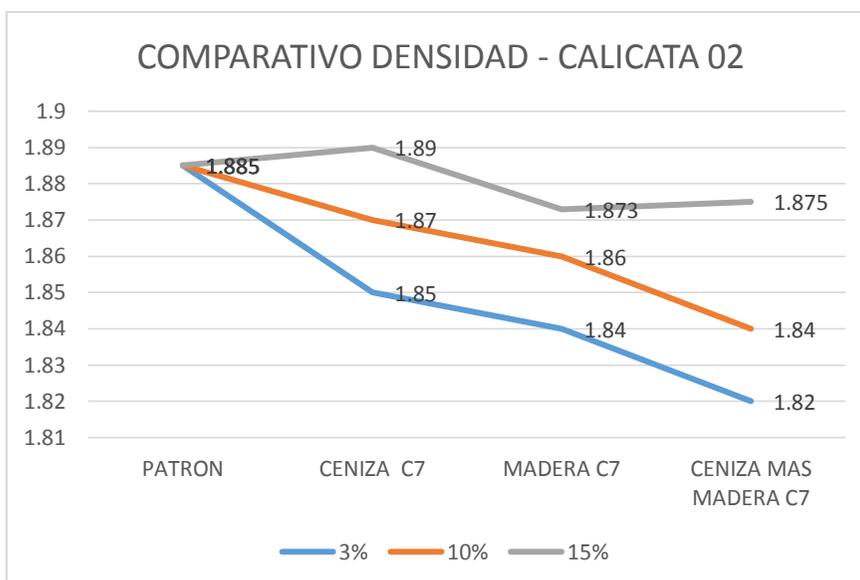
Gráfico 29. Comparativo Densidad – Calicata 01



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El análisis sobre la variación de la Densidad, notamos que; para una muestra ML, malo, para adiciones de aditivos de ceniza de arroz y aditivo con ceniza de madera, hay un aumento de la densidad, pero se observa una disminución con respecto a la adición al 3% para ceniza de arroz más ceniza de madera en 1.852, lo que representa una disminución del 0.033%.

Gráfico 30. Comparativo Densidad – Calicata 02



Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El análisis sobre la variación de la densidad, notamos que; para una muestra CL-ML, de clasificación regular, para adiciones de aditivos de ceniza de cascara de arroz, hay un aumento de la densidad y también para las adiciones de aditivos de ceniza de madera al 10% y 15%, pero se observa una disminución con respecto a la adición al 3%, y para la ceniza de arroz más ceniza de madera al 3%, existe una disminución de la densidad a 1.82gr/cm³, lo que representa una disminución del 0.065. Solo un valor está por arriba de la densidad patrón que es 1.89gr/cm³ correspondiente a la ceniza de arroz al 15%.

De la comparación de los CBR podemos decir que la CCA en la calicata 01 es la que tiene un mayor valor de 7.95% (adición del 15%) respecto a su muestra patrón de 7.35%

La humedad optima en ambas muestras (10%) de las 02 calicatas con adición del 15% es la que mejores valores tiene hasta un 11.88%.

La densidad seca en la calicata 01 es la que obtiene un valor de 1.934 gr/cm³ al adicionar un 15% de la ceniza de cáscara de arroz respecto a la muestra patrón de 1.885 gr/cm³.

4.6. Prueba de hipótesis.

Ha: La proporción de ceniza de cascara de arroz (CCA) mejora significativamente las características mecánicas del suelo arcilloso, limoso en la subrasante de la Vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas 2021.

Ho: La proporción de ceniza de cascara de arroz no mejora significativamente las características mecánicas del suelo arcilloso, limoso en la subrasante de la Vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas 2021.

Según los resultados obtenidos solo las CCA mejora considerablemente la subrasante en la presente investigación.

Los resultados mostraron un valor p mayor a 0.05 de confiabilidad, por lo que se menciona que proporción de CCA mejora las características mecánicas del suelo arcilloso, limoso en la subrasante de la Vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas 2021, por lo tanto, se acepta la H_a y se rechaza la hipótesis nula H_o .

Tabla 23: Comparación del CBR

Tipos de combinación de Subrasante más aditivo	Subconjunto para alfa = 0.05		Producto de semejanza
	1	2	
Patrón	7.35%		<p>Existe la demostración que el CBR de al menos uno de las combinaciones es diferente de forma muy importante ($p < .01$). El CBR patrón difiere en la RS respecto a los CBR Mejorados.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 3% con ceniza de Arroz.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 10%, con ceniza de Arroz.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al con ceniza de Arroz.</p>
Con Ceniza de Arroz 3%		6.75%	
Con Ceniza de Arroz 10%		7.30%	
Con Ceniza de Arroz 15%		7.95%	
Dentro de grupos	p=1	p= ,147	
Entre mezclas	p=,000**		
Patrón	7.35%		<p>Existe la demostración que el CBR de al menos uno de las combinaciones es diferente de forma muy importante ($p < .01$). El CBR patrón difiere en la RS respecto a los CBR Mejorados.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 3% con ceniza de Madera</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 10%, con ceniza de Madera</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al con ceniza de Madera.</p>
Con Ceniza de Madera 3%		6.57%	
Con Ceniza de Madera 10%		7.10%	
Con Ceniza de Madera 15%		7.60%	
Dentro de grupos	p=1	p= ,158	
Entre mezclas	p=,000**		
Patrón	7.35%		<p>Existe la demostración que el CBR de al menos uno de las combinaciones es diferente de forma muy importante ($p < .01$). El CBR patrón difiere en la RS respecto a los CBR Mejorados.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 3% con ceniza de Madera</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 10%, con ceniza de Madera</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al con ceniza de Madera.</p>
Con Ceniza con Madera y de Arroz 3%		6.47%	
Con Ceniza con Madera y de Arroz 10%		7.11%	
Con Ceniza con Madera y de Arroz 15%		7.80%	
Dentro de grupos	p=1	p= ,245	
Entre mezclas	p=,000**		

Tipos de combinación de Subrasante más aditivo	Subconjunto para alfa = 0.05		Producto de semejanza
	1	2	
Patrón	10.35 %		<p>Existe la demostración que el CBR de al menos uno de las combinaciones es diferente de forma muy importante ($p < .01$). El CBR patrón difiere en la RS respecto a los CBR Mejorados.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 3% con ceniza de Arroz.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 10%, con ceniza de Arroz.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al con ceniza de Arroz.</p>
Con Ceniza de Arroz 3%		8.05%	
Con Ceniza de Arroz 10%		8.40%	
Con Ceniza de Arroz 15%		8.96%	
Dentro de grupos	p=1	p= ,168	
Entre mezclas	p=,000**		
Patrón	10.35 %		<p>Existe la demostración que el CBR de al menos uno de las combinaciones es diferente de forma muy importante ($p < .01$). El CBR patrón difiere en la RS respecto a los CBR Mejorados.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 3% con ceniza de Madera</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 10%, con ceniza de Madera</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al con ceniza de Madera.</p>
Con Ceniza de Madera 3%		7.88%	
Con Ceniza de Madera 10%		8.15%	
Con Ceniza de Madera 15%		8.55%	
Dentro de grupos	p=1	p= ,123	
Entre mezclas	p=,000**		
Patrón	10.35 %		<p>Existe la demostración que el CBR de al menos uno de las combinaciones es diferente de forma muy importante ($p < .01$). El CBR patrón difiere en la RS respecto a los CBR Mejorados.</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 3% con ceniza de Madera</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al 10%, con ceniza de Madera</p> <p>No se evidencia diferencia en la RS entre los CBR con aditivos al con ceniza de Madera.</p>
Con Ceniza con Madera y de Arroz 3%		7.94%	
Con Ceniza con Madera y de Arroz 10%		8.07%	
Con Ceniza con Madera y de Arroz 15%		8.75%	
Dentro de grupos	p=1	p= ,289	
Entre mezclas	p=,000**		

Fuente: elaboración propia

V. DISCUSIÓN

1.- Es muy importante tener buena estabilización de suelos ya esta va a permitir que se mejore la calidad del terreno y hacerlo en un material más eficiente para el uso requerido, de manera que se busque disminuir su permeabilidad, erosionabilidad, compresibilidad, plasticidad, controlar su expansión e incrementar la resistencia de este mismo. (Suárez 2014), se observa que al aplicarla a nuestra investigación hemos obtenido valores favorables con respecto a incrementar la resistencia del terreno y los mejores valores se han obtenido con la CCA.

2.- Los resultados en el estudio “Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martín-2020”. Los resultados fueron que se tenía un suelo (GC). En las combinaciones de 3% al 15%: 85% de Ar, 9% de Puzolánico, de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal; concluyendo que es el diseño óptimo por lo que se logró alcanzar un CBR al 100% de 10.20, el cual con los datos de la presente Investigación se ha obtenido un 7.95%.

3.- Revisando los resultados, “Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante”, se vio que se incrementó el valor de (CBR) de un valor de 5% hasta 19,4% realizando combinaciones de suelo arcilloso y ceniza de cáscara de arroz, teniendo la mezcla un 20% de ceniza de cáscara de arroz. Se ve que en nuestro caso los valores, donde los valores varían desde 6.75% a 7.95%, pero en mezclas de 3 al 15%.

4.- Discutiendo los resultados de la Tesis, Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo, La ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) puede ser utilizada como un aditivo para la estabilización de suelos en nuevos proyectos de infraestructura vial, para tener una construcción sostenible, reduciendo de esta manera los impactos ambientales. Aplicada a un suelo arcilloso – limoso, incorporando de ceniza de bagazo de la caña de azúcar, en diferentes porcentajes de 5%, 10% y

15% en relación al suelo seco, se indica que tiene un porcentaje de CBR de 23.67%, al comparar los dos estudios, podemos notar que se obtiene resultados muy superiores a nuestros resultados de laboratorio, que como valor máximo tenemos 7.95%.

5.- Los resultados en el artículo, estabilización de la subrasante utilizando geopolímero a base de ceniza de cáscara de arroz (GRHA) y polvo de horno de cemento (CKD), explora el uso de residuos de la RHA y CKD para mejorar la resistencia mecánica de un suelo de subrasante obtenido de un tramo de carretera averiado en Nigeria. Los estabilizadores se adicionaron con el suelo en medidas variables que iban del 7,5 al 15% para la estabilización de la ERC. Los resultados muestran una mecánica mejorada con ambos estabilizadores. Sin embargo, la estabilización realizada con CKD al 10% y geopolímero 3 (8% RHA y 10% CKD) fue la óptima, en la presente investigación se adicionaron en proporción del 3%, 10% y 15%, siendo esta última proporción la que mejor se tiene para estabilizar el suelo de subrasante.

VI. CONCLUSIONES

1. Podemos concluir que cuando se adiciona CCA, en la muestra de la calicata 01, el CBR, se nota que muestras de adición del 15% mejoran la resistencia de la Sub-rasante, en un valor máximo de 7.95%, y los demás valores están por encima del CBR-Patrón, sin embargo, en adiciones de 10% notamos que el suelo no mejora incluso hay una tendencia a disminuir, obteniendo un valor de 7.11%.
2. Se puede apreciar adición de aditivos en valores de 3% hacen que se pierda resistencia del terreno, hasta podríamos sugerir que sea muy necesario realizar un mejoramiento del terreno.
3. Se concluye que para suelos con CBR de valores mayores a 10% existe una disminución del CBR, notándose que en proporciones menores de aditivos en todos los casos disminuye considerablemente, un suelo que es bueno, lo vuelve malo.
4. Se concluye analizando las calicatas 01 y 02, sobre la variación de la Humedad, a mayor cantidad de aditivo, esta aumenta, con un valor máximo de 11.20% para una muestra de al 15% con ceniza de arroz, y el valor mínimo con 10.10% con ceniza más madera para un porcentaje de 3% para la calicata 01; sin embargo, los valores que se obtienen en la calicata 02, se nota que, a mayor cantidad de aditivo, esta aumenta, con un valor máximo de 11.88% para una muestra al 15% con ceniza de cáscara de arroz más ceniza de madera, y el valor mínimo con 10.40% para también la CCA más madera para un porcentaje de 3%.
5. Se concluye que, en lo referente a la variación de la densidad, notamos que; para una muestra CL, de clasificación malo, para adiciones de aditivos de CCA, hay un aumento de la densidad a 1.934 gr/cm³, y adiciones de aditivos de ceniza de madera, hay un aumento de la densidad a 1.923 gr/cm³, pero se observa una disminución con respecto a la adición al 3%, y para la CCA con ceniza de madera al 3%, existe una

disminución de la densidad en 0.033 respecto a la muestra patrón de 1.885 gr/cm³.

6. En lo referente a la variación de la densidad, notamos que; para una muestra CL, de clasificación regular, para adiciones de aditivos CCA y adiciones de aditivos de ceniza de madera del 10% y 15%, hay un aumento de la densidad, pero se observa una disminución con respecto a la adición al 3% para la ceniza de arroz con ceniza de madera en un valor de 1.82, lo que representa una disminución del 0.065, solo un valor está sobre la densidad patrón que es 1.89 gr/cm³ correspondiente a la CCA al 15%
7. Podemos concluir que la adición de ceniza en suelos con CBR bueno no aumenta significativamente el valor del CBR.
8. Concluimos que para suelos con plasticidad media la CCA si produce mejoras en el suelo natural, sin embargo, en suelos con baja plasticidad no se observaban mejoras considerables.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar una investigación con valores de aporte de ceniza entre 15% y 20% para determinar un valor máximo de optimización de la ceniza.
2. No realizar ensayos con ceniza de madera ya que no aporta mucho a mejorar el suelo natural y debido a su naturaleza es muy cara en costos ambientales, su producción.
3. Se debería calcular si la CCA puede ser utilizado con otros fines, recomendando la elaboración de más investigaciones sobre otros usos de esta ceniza.

REFERENCIAS

CarolineLima, L. (2016). Study of Permanent Deformation and Granulometric Distribution of Graded Crushed Stone Pavement Material. *Procedia Engineering*, volume 143, 854-861.

[Fecha de consulta: 7 de abril 2021].

Gidday, B. G. (2020). Improving the characteristics of dispersive subgrade soils using lime. *Heliyon*. [Fecha de consulta: 7 de abril 2021].

MahdiZalnezhad, EbrahimHesami. (April de 2020). Effect of steel slag aggregate and bitumen emulsion types on the performance of microsurfacing mixture. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, volume 7, 215-226. [Fecha de consulta: 7 de abril 2021]. Disponible

MARTINEZ DE SANCHEZ, A. M. (2013). DISEÑO DE INVESTIGACIÓN. PRINCIPIOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS Y PRÁCTICOS PARA SU CONCRECIÓN. CORDOBA. [Fecha de consulta: 7 de abril 2021]. Disponible

Md MehediHasan, Md RashadullIslam, Rafiqul A.Tarefdera. (June de 2018). Characterization of subgrade soil mixed with recycled asphalt pavement. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, Volume 5, Issue 3, 207-214. [Fecha de consulta: 7 de abril 2021]. Disponible

MohsenSandiani, JavadTanzadeh. (November–December de 2020). Laboratory assessing of the liquefaction potential and strength properties of Sand soil treated with mixture of nanoclay and glass fiber under dynamic and static loading. *Journal of Materials Research and Technology*, Volume 9, 12661-12684. [Fecha de consulta: 7 de abril 2021]. Disponible

Manoj Anaokar, Sharad Mhaikar, (Setiembre de 2020). Experimental and numerical assessment of efficacy of lime stabilized capping material in controlling swelling displacements within flexible pavement embankments, *heliyon*, Volume 6, ISSUE 9, E04961. [Fecha de consulta: 7 de abril 2021]. Disponible:
[https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(20\)31804-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844020318041%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(20)31804-1?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844020318041%3Fshowall%3Dtrue)

NitinTiwari NeelimaSatyam. (Octubre de 2020). An experimental study on the behavior of lime and silica fume treated coir geotextile reinforced expansive soil subgrade. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, Volume 23, Issue 5, 1214-1222. [Fecha de consulta: 7 de abril 2021]. Disponible

Rizgar A.Blayi, Aryan Far H.Sherwani, Hawkar HashimIbrahim, Rabar H.FarajcAkoDaraei. (2020). Strength improvement of expansive soil by utilizing waste

glass powder. *Case Studies in Construction Materials*, Volume 13, 30-56. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible

Samer Rabab'ah, Omar Al Hattamleh, Hussein Aldeeky, Bilal Abu Alfoulb. (Junio de 2021). Effect of glass fiber on the properties of expansive soil and its utilization as subgrade reinforcement in pavement applications. *Case Studies in Construction Materials*, Volume 14. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible

Sigurdur Erlingsson, Shafiqur Rahman, Farhad Salour. (2017). Characteristic of unbound granular materials and subgrades based on multi stage RLT testing. *Transportation Geotechnics*, Volume 13, 28-42. [Fecha de consulta: 15 de abril 2021]. Disponible

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima: 2013. 29pp.

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). *Manual de Ensayo de Materiales*. 2016. 45pp

MINISTERIO de vivienda y urbanismo (Chile). *Código de Normas y Especificaciones Técnicas de Obras de Pavimentación*. Santiago: 2018. 15pp.

NIÑO, Víctor. *Metodología de la investigación* [en línea]. Bogotá: Ediciones de la U, 2011. [Fecha de consulta: 7 de junio 2020].

Disponible en:

<http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>

ISBN: 978-958-8675-94-7

RAVICHANDRAN, P.T [et al], Effect of Addition of Waste Tyre Crumb Rubber on Weak Soil Stabilisation. *Indian Journal of Science and Technology* [en línea], Vol. 9. 9 de Febrero de 2016. [Fecha de consulta: 24 de abril 2020].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/297651029_Effect_of_Addition_of_Waste_Tyre_Crumb_Rubber_on_Weak_Soil_Stabilisation

TALLER X: *Mecánica de suelos-Granulometría y clasificación de suelos* [en línea]. Perú: Universidad Peruana Los Andes, 2018. Fecha de consulta: 7 de mayo 2020].

Disponible en:

<https://es.slideshare.net/ElizabethCubaCarhuapuma/ensayos-de-proctor-estndar-y-modificado-cbr>

URREGO, William [et al]. Review-Characterization of rubber compounds with post-industrial leather waste. *Prospectiva* [en línea], Vol. 15, Nº 2, 13-25, 2017. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020].

Disponible en:

<http://www.scielo.org.co/pdf/prosp/v15n2/1692-8261-prosp-15-02-00013.pdf>

VARGAS, Zoila. *Revista educación* [en línea]. 2009. [Fecha de consulta: 14 de mayo 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>

ISSN: 0379-7082

WORLD Air Quality Report [en línea]. Region & City PM2.5 Ranking 2018. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2020]. Disponible en:

<https://www.iqair.com/world-most-polluted-cities/world-air-quality-report-2018-en.pdf>

AKBARIMEHR, Davood y AFLAKI, Esmael. An Experimental Study on the Effect of Tire Powder on the Geotechnical Properties of Clay Soils. *Civil Engineering Journal* [en línea], Vol. 4. 7 de abril de 2018. [Fecha de consulta: 24 de abril 2021].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/324314899_An_Experimental_Study_on_the_Effect_of_Tire_Powder_on_the_Geotechnical_Properties_of_Clay_Soils

ALVAREZ, Jorge. Estabilización de subrasantes. [Fecha de consulta: 3 de mayo de 2021]. Disponible en:

https://www.academia.edu/28762676/Subrasantes_Subrasantes_PREPARACI%C3%93N_PREPARACI%C3%93N_DE_SUBRASANTES_DE_SUBRASANTES

ANGELONE, Silvia, GANBAY, María y CAUCHAPÉ, Marina. Permeabilidad de los SUELOS. Argentina: Universidad Nacional de Rosario, 2006. Disponible en:

<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiygeotecnia/Permeabilidad%20en%20Suelos.pdf>

BADILLO, Eulalio y RICO, Alfonso. *Mecánica de suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos* [en línea]. México: Limusa, 2005. [Fecha de consulta: 7 de mayo 2020].

Disponible en:

https://www.academia.edu/38530731/Mec%C3%A1nica_de_suelos_Tomo_I_-_Eulalio_Ju%C3%A1rez_Badillo_y_Alfonso_Rico_Rodr%C3%ADguez

ISBN: 968-18-0069-9.

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ª. México: Editorial Patria, 2017. [Fecha de consulta: 14 de mayo 2020].

Disponible en:

http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf

BEKHITI, Melik, TROUZINE, Habib y AISSA, Asroun. Proprieties of Waste Tire Rubber Powder. Engineering, Technology & Applied Science Research [en línea], Vol. 4. Agosto de 2014. [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.researchgate.net/publication/302422576>

BRP (Bombardier Recreational Products). 13 de junio de 2019. Disponible en: <http://es.rubberplasticproducts.com/info/advantages-and-disadvantages-of-common-rubber-38308571.html>

CAAMAÑO, Iván. Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente. Especialización en Ingeniería de Pavimentos. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada., 2016.

Disponible en:

<https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15770/Caama%F1oMurilloIv%E1nAlberto2016.pdf.pdf;jsessionid=CF2E1E70DE94E13E1048152E439DC2EE?sequence=1>

DAS, Braja M. Fundamentos de ingeniería geotécnica [en línea]. 4.ª ed. México: Cengage Learning Editores, 2015. [Fecha de consulta: 7 de mayo 2020].

Disponible en:

https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos_de_ingenieria_geotecnica_braja_m_das_4ta_edicion

ISBN: 978-607-519-373-1.

DUQUE, Gonzalo y ESCOBAR, Carlos. Geomecánica. Capítulo 5: Clasificación de Suelos [en línea]. Colombia, 2003. [Fecha de consulta: 7 de mayo 2020].

Disponible en:

<http://bdigital.unal.edu.co/53252/97/clasificaciondesuelos.pdf>

GARCÍA, Arturo. Área de Edafología. Ciencias Ambientales. Propiedades físicas del suelo-Porosidad [en línea]. 3 de octubre de 2005. . [Fecha de consulta: 24 de mayo de 2020].

Disponible en: <http://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL5PFPorosidad.htm>

GEOLOGÍA-Publicaciones. Clasificación de suelos [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 7 de mayo 2020].

Disponible en: <https://post.geoxnet.com/clasificacion-de-suelos/>

GIORDANI, Claudio y LEONE, Diego. Pavimentos. Universidad Tecnológica Nacional [en línea]. [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020].

Disponible en:

https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/1_anio/civil1/files/IC%20I-Pavimentos.pdf

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación [en línea]. 6.ª ed. México: Interamericana editores, 2014. [Fecha de consulta: 14 de mayo 2020].

Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

ISBN: 978-1-4562-2396-0

PROPIEDADES del Caucho. Vulcanización. [Blog: Química y algo más]. (18 de enero de 2014). [Fecha de consulta: 1 de mayo 2020]. Recuperado de <https://quimicayalgomas.com/quimica-organica/hidrocarburos/propiedades-del-caucho-vulcanizacion/>

STATISTA: El portal de estadística en línea alemán. 30 de septiembre de 2019. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/635827/produccion-de-caucho-natural-a-nivel-mundial/>

LÓPEZ, Jose. Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET). Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Envigado: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 2013.

Disponible en:

https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/265/7/LopezJose_2013_SuelosArcillososReforzados.pdf

KOKILA, Ms L. [et al]. Experimental Investigation on Soil Stabilisation Using Rubber Crumbs on Expansive Soil. *World Journal of Research and Review* [en línea], Vol. 4. 4 de abril de 2017. [Fecha de consulta: 24 de abril 2020].

Disponible en:

<https://www.neliti.com/publications/262827/experimental-investigation-on-soil-stabilisation-using-rubber-crumbs-on-expansiv>

CUBAS, Diego. Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2019.

Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/22306/Cubas%20Castro%20Diago%20Fernando.pdf?sequence=1>

BRICEÑO, Luis. Análisis comparativo del diseño estructural del pavimento flexible entre las metodologías de la AASHTO-93 y la del instituto del asfalto para el camino vecinal de Julcán al caserío de chuan parte baja, distrito de Julcán, la libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2018.

Disponible en:

<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4637>

TERRONES, Andrea. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018.

Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14971?show=full>

SOCOLA, Marcos. Diseño y análisis comparativo de costos de un pavimento flexible según metodología del AASHTO 93 y otro con geomallas biaxiales en el sector Los Laureles del distrito de El Porvenir - Trujillo - La Libertad. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2018.

Disponible en:

<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/4451>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Operacionalización de las variables

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Variable independiente : ceniza de cáscara de arroz y ceniza de madera	Según estudios recientes, el país produce aprox. 2 100.000 toneladas de arroz al año, y por ende cerca de 400.000 toneladas de cascarilla de arroz como residuo, las cuales mediante un proceso de quema controlada dan origen a cerca de 100.000 toneladas de Ceniza de Cascara de Arroz con un alto contenido de sílice, convirtiéndose así, en una alternativa potencial para su uso en la industria de la construcción gracias a sus características puzolánicas y su alta disponibilidad alrededor del mundo.	La cáscara de arroz y la madera después de ser quemados , permitirá realizar un diseño mediante porcentajes que se agregaran a las muestras para obtener valores, viendo sus características químicas: Silicio, aluminio y hierro, empleando porcentajes exactos y formatos de evaluación	Diseño de mezcla de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de madera.	Porcentaje de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de madera que se adiciona de 3%, 10% y 15%	balanza electrónica
			Propiedades físicas, químicas	Máxima densidad seca y optimo contenido de humedad	ensayo proctor modificado
Variable dependiente: estabilizacion de la subrasante	Cascarilla de arroz se refiere que, es de estabilidad delicada, corrosivo proveniente de la industria molinera. De baja densidad, con un peso específico de 124 kg/ m3" (VARÓN, 2005, p. 156)	Después de mezclar la ceniza de cascara de arroz y ceniza de madera se mejorará la resistencia, humedad y densidad de la muestra esto se observará en el CBR, segun ensayos realizados.	Máxima densidad seca	Densidad seca, humedad, peso específico	Ensayo del proctor modificado
			Optimo contenido de humedad	índice de plasticidad	Ensayo de casa grande
			Resistencia al esfuerzo cortante	Tener CBR igual o mayor a 6	Ensayo del CBR

Anexo 2: Resultados de Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557**

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wálter
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

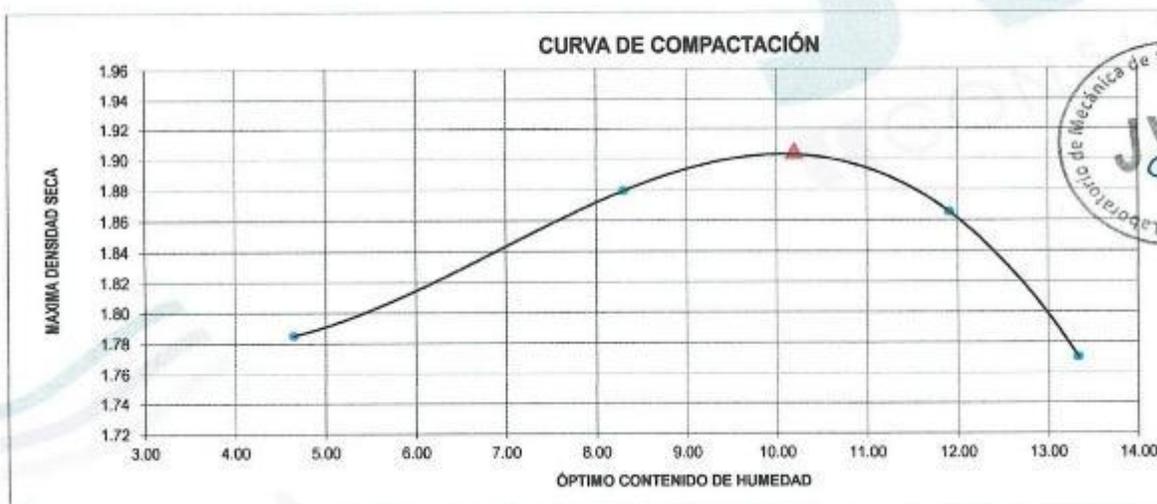
CALICATA : C - 1

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 3% CENIZA

Molde Nº	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

MUESTRA Nº	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10687.00	11041.00	11151.00	10979.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	3949.00	4303.00	4413.00	4241.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.87	2.04	2.09	2.01		
CAPSULA Nº	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	2472.23	2463.99	2365.17	2472.42		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	2366.59	2282.25	2123.34	2192.73		
Peso de Agua (gr)	105.64	181.74	241.83	279.69		
Peso de Cápsula (gr.)	93.49	94.89	92.69	94.59		
Peso de Suelo Seco (gr.)	2273.10	2187.36	2030.65	2098.14		
% de Humedad	4.65	8.31	11.91	13.33		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.79	1.88	1.87	1.77		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.905
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.20


Carlos Javier Rodríguez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Perilla, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : 31 de Mayo del 2021



ADICION : 3% CENIZA

CALICATA : G-1 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11720	12180	11560	12040	12640	13220
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4460	4900	4314	4794	4135	4715
Volumen del Molde (cm3)	3212	3212	3212	3212	3212	3212
Volumen del Disco Espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm3)	2.10	2.30	2.03	2.26	1.94	2.22
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	1053.38	1113.15	1148.14	1172.02	915.31	1019.87
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	985.79	952.56	1055.10	976.41	843.30	831.53
Peso de Agua (gr)	77.59	160.59	93.04	195.61	72.01	188.34
Peso de Cápsula (gr.)	219.30	220.90	126.20	125.60	125.40	125.90
Peso de Suelo Seco (gr.)	766.49	731.66	928.90	850.81	717.90	705.63
% de Humedad	10.12	21.95	10.02	22.99	10.03	26.69
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.904	1.889	1.844	1.833	1.767	1.750

ENSAYO DE EXPANSION

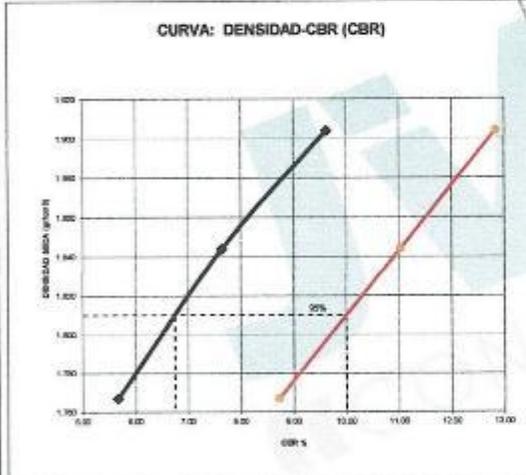
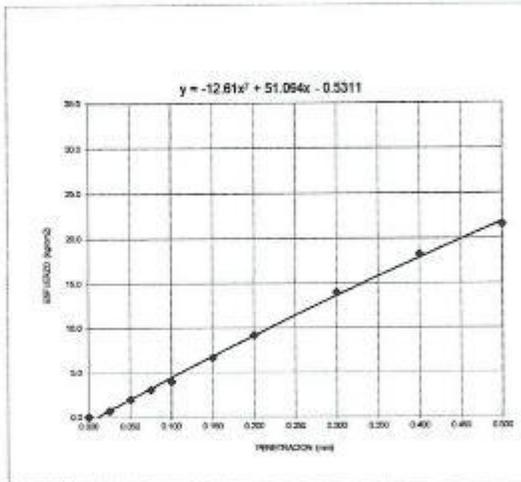
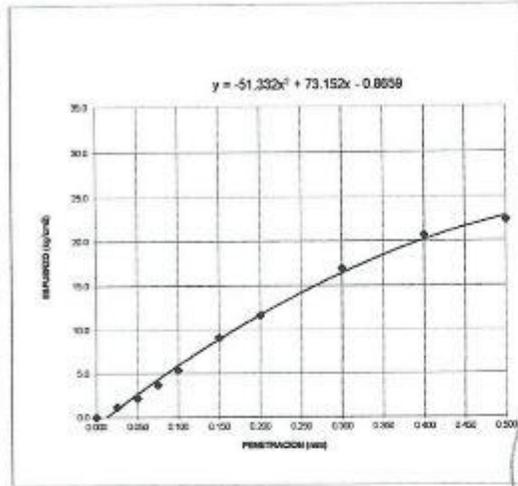
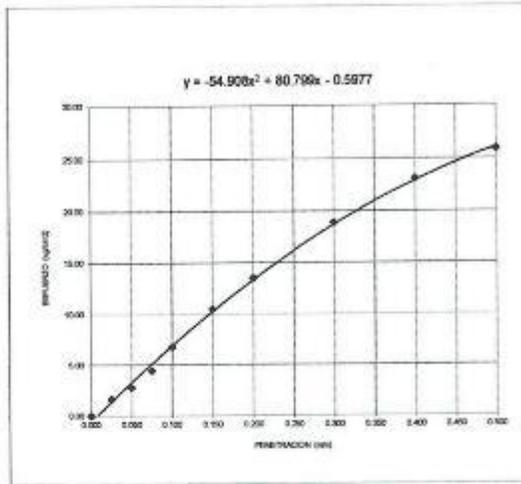
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.102	1.102	0.948	1.263	1.263	1.086	1.633	1.633	1.404
48 hrs	2.835	2.835	2.438	3.178	3.178	2.733	3.813	3.813	3.279
72 hrs	4.739	4.739	4.075	5.063	5.063	4.353	5.836	5.836	5.018
96 hrs	5.973	5.973	5.136	6.419	6.419	5.519	6.994	6.994	6.014

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kp)	Kg/cm2
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	32.0	1.65	23.0	1.2	13.0	0.7
1.27	0.050	54.0	2.79	42.0	2.2	38.0	2.0
1.90	0.075	86.0	4.44	71.0	3.7	59.0	3.0
2.54	0.100	131.0	6.77	104.0	5.4	77.0	4.0
3.81	0.150	203.0	10.49	176.0	9.1	129.0	6.7
5.08	0.200	262.0	13.54	225.0	11.6	178.0	9.2
7.62	0.300	365.0	18.86	328.0	17.0	271.0	14.0
10.16	0.400	447.0	23.10	400.0	20.7	353.0	18.2
12.70	0.500	501.0	25.89	434.0	22.4	417.0	21.6

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 149574

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRÓN (kg/cm²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	6.8	70.35	9.62	1.904
2	0.1	5.4	70.35	7.54	1.844
3	0.1	4.0	70.35	5.66	1.767

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRÓN (kg/cm²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	13.5	105.46	12.84	1.904
2	0.2	11.6	105.46	11.03	1.844
3	0.2	9.2	105.46	8.72	1.767

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm³) al 100 %	1.91			
Máxima Densidad Seca (gr./cm³) al 95 %	1.81			
ÓPTIMO Contenido de Humedad	10.20			
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1"	9.62%	0.2"	12.84%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1"	6.75%	0.2"	10.00%

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP-140574

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la via Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

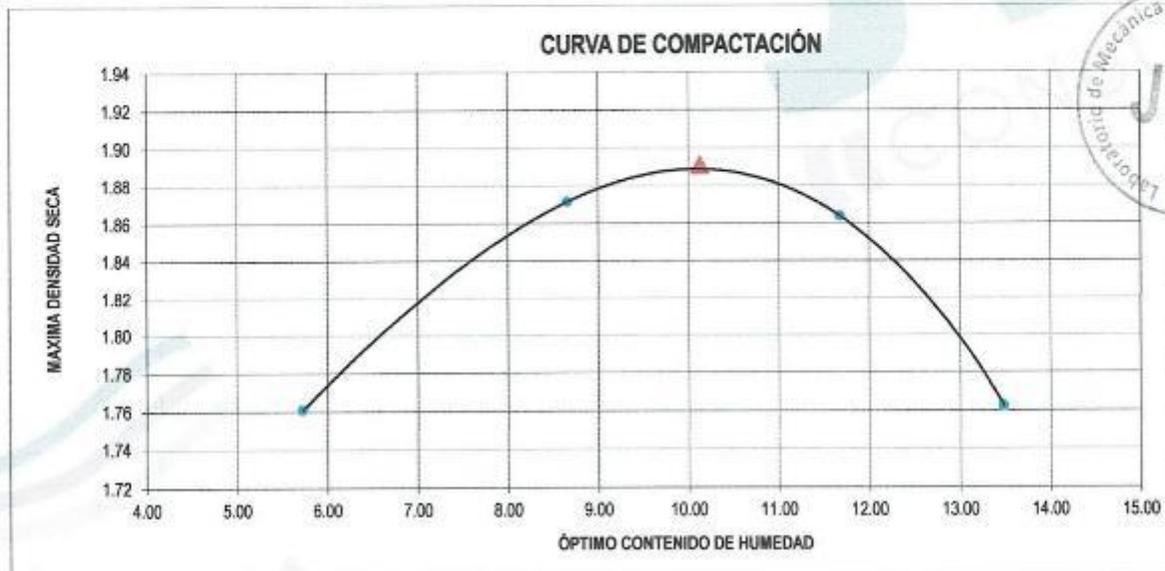
CALICATA : C - 1

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 3% MADERA

Molde N°	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10674.00	11037.00	11138.00	10966.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	3936.00	4299.00	4400.00	4228.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.86	2.03	2.08	2.00		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	719.55	711.31	612.49	719.74		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	685.91	662.57	558.66	646.05		
Peso de Agua (gr)	33.64	48.74	53.83	73.69		
Peso de Cápsula (gr.)	98.37	99.76	97.59	99.43		
Peso de Suelo Seco (gr.)	587.54	562.81	461.07	546.62		
% de Humedad	5.73	8.66	11.68	13.48		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.76	1.87	1.85	1.76		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.891
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.13

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP: 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : MAYO DEL 2021

ADICIÓN : 3% MADERA

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO MOLDE	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3		SATURADO	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12			
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530			
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11730	12170	11570	12050	12650	13230		
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4470	4910	4324	4804	4145	4725		
Volumen de Molde (cm ³)	3212	3212	3212	3212	3212	3212		
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.10	2.31	2.03	2.28	1.95	2.22		
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6		
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	498.70	536.47	573.46	597.34	440.83	545.19		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	453.81	459.88	531.72	502.33	410.92	455.85		
Peso de Agua (gr.)	34.89	78.59	41.74	95.01	29.71	89.34		
Peso de Cápsula (gr.)	111.49	113.07	118.32	117.78	117.59	118.25		
Peso de Suelo Seco (gr.)	342.32	346.81	413.40	384.55	293.33	337.60		
% de Humedad	10.19	22.86	10.10	24.71	10.13	26.46		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.907	1.882	1.847	1.811	1.770	1.757		

ENSAYO DE EXPANSION

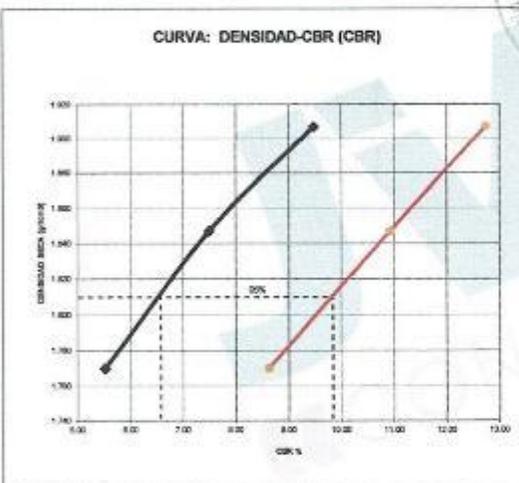
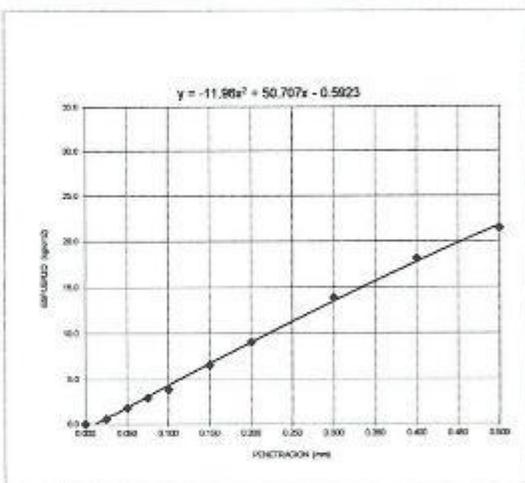
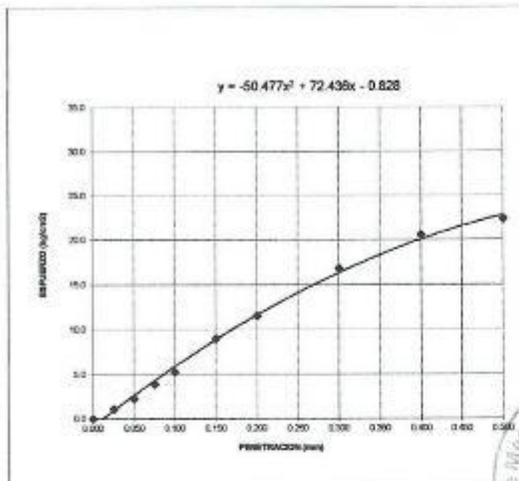
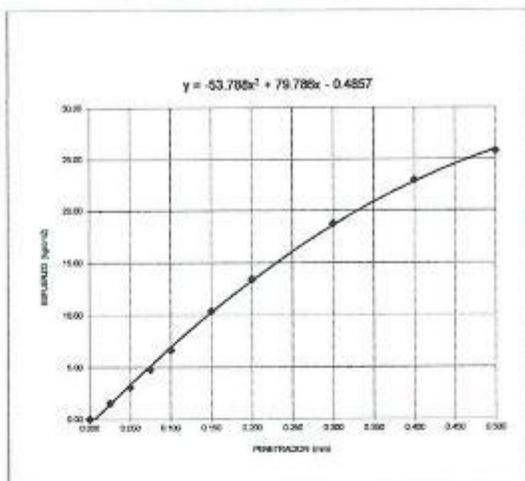
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.098	1.102	0.948	1.174	1.263	1.086	1.365	1.633	1.404
48 hrs	1.974	2.835	2.438	2.154	3.178	2.733	2.258	3.813	3.279
72 hrs	2.365	4.739	4.075	2.657	5.063	4.353	2.963	5.838	5.018
96 hrs	3.014	5.973	5.136	3.148	6.419	5.519	3.249	6.994	6.014

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	30.0	1.55	21.0	1.1	11.0	0.6
1.27	0.050	60.0	3.10	44.0	2.3	36.0	1.9
1.90	0.075	93.0	4.81	75.0	3.9	57.0	2.9
2.54	0.100	129.0	6.67	102.0	5.3	75.0	3.9
3.81	0.150	201.0	10.39	174.0	9.0	127.0	6.6
5.08	0.200	260.0	13.44	223.0	11.5	176.0	9.1
7.62	0.300	363.0	18.76	326.0	16.8	269.0	13.9
10.16	0.400	445.0	23.00	398.0	20.6	351.0	18.1
12.70	0.500	499.0	25.79	432.0	22.3	415.0	21.4


Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	6.7	70.35	9.48	1.907
2	0.1	5.3	70.35	7.49	1.847
3	0.1	3.9	70.35	5.51	1.770

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	13.4	105.46	12.74	1.907
2	0.2	11.5	105.46	10.93	1.847
3	0.2	9.1	105.46	8.62	1.770

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 100 %	1.89			
Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 95 %	1.80			
ÓPTIMO Contenido de Humedad	10.13			
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1"	9.48%	0.2"	12.74%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1"	6.57%	0.2"	9.84%


 Carlos Javier Ramírez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la via Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

CALICATA : C - 1

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 10% CENIZA

Molde Nº	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

MUESTRA Nº	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10737.00	11152.00	11201.00	11029.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	3999.00	4414.00	4463.00	4291.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.89	2.09	2.11	2.03		
CAPSULA Nº	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	1104.71	1096.47	997.65	1104.90		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	1049.07	1009.93	900.89	984.21		
Peso de Agua (gr)	55.64	86.54	96.76	120.69		
Peso de Cápsula (gr.)	98.78	100.22	98.03	99.91		
Peso de Suelo Seco (gr.)	950.29	909.71	802.86	884.30		
% de Humedad	5.86	9.51	12.05	13.65		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.79	1.91	1.88	1.79		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.915
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.50


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 146574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peraza, Percy Wilsier
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

ADICION : 10% CENIZA

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11760	12200	11600	12080	12680	13260
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4500	4940	4354	4834	4175	4755
Volumen de Molde (cm ³)	3212	3212	3212	3212	3212	3212
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.12	2.32	2.05	2.27	1.96	2.24
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	818.05	867.82	902.81	928.68	868.98	774.54
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	759.86	747.23	826.57	766.08	612.67	628.20
Peso de Agua (gr.)	58.19	120.59	74.24	160.61	57.11	146.34
Peso de Cápsula (gr.)	207.00	208.60	121.90	113.30	117.10	116.80
Peso de Suelo Seco (gr.)	552.86	538.63	706.67	652.78	495.77	511.60
% de Humedad	10.53	22.39	10.51	24.60	11.52	28.60
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.914	1.898	1.852	1.824	1.760	1.739

ENSAYO DE EXPANSION

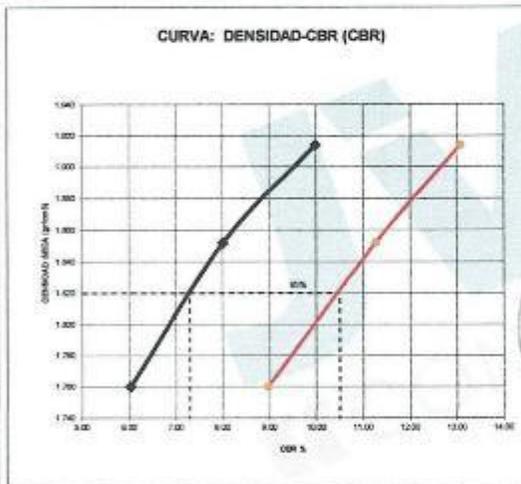
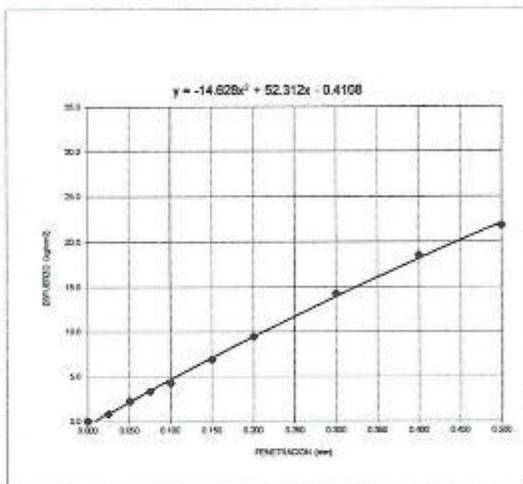
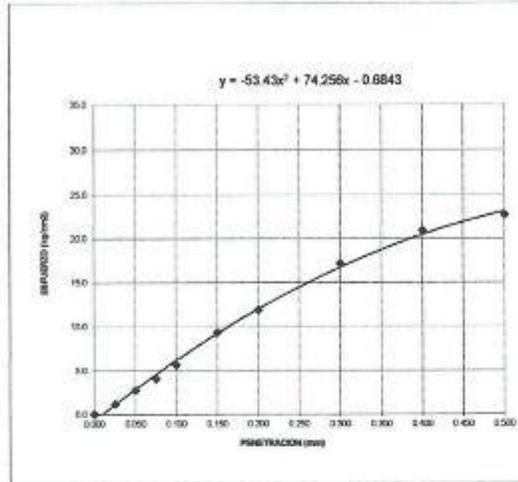
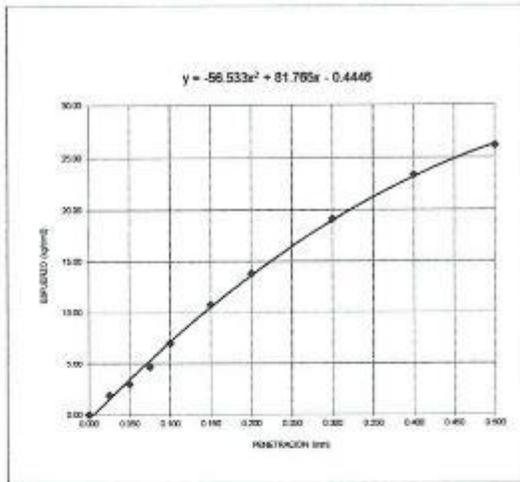
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.626	1.626	1.398	1.787	1.787	1.537	2.157	2.157	1.855
48 hrs	3.359	3.359	2.888	3.702	3.702	3.183	4.337	4.337	3.729
72 hrs	5.263	5.263	4.525	5.587	5.587	4.804	6.360	6.360	5.469
96 hrs	6.497	6.497	5.586	6.943	6.943	5.970	7.518	7.518	6.484

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	37.0	1.91	23.0	1.2	16.0	0.8
1.27	0.050	59.0	3.05	54.0	2.8	43.0	2.2
1.90	0.075	91.0	4.70	79.0	4.1	64.0	3.3
2.54	0.100	136.0	7.03	109.0	5.6	82.0	4.2
3.81	0.150	208.0	10.75	181.0	9.4	134.0	6.9
5.08	0.200	267.0	13.80	230.0	11.9	183.0	9.5
7.62	0.300	370.0	19.12	333.0	17.2	276.0	14.3
10.16	0.400	452.0	23.36	405.0	20.9	358.0	18.5
12.70	0.500	506.0	26.15	439.0	22.7	422.0	21.8

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm ²)	PRESION PATRÓN (kg/cm ²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
1	0.1	7.0	70.35	9.99	1.914
2	0.1	5.6	70.35	8.01	1.852
3	0.1	4.2	70.35	6.02	1.760

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm ²)	PRESION PATRÓN (kg/cm ²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm ³)
1	0.2	13.8	105.46	13.08	1.914
2	0.2	11.9	105.46	11.27	1.852
3	0.2	9.5	105.46	8.97	1.760

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm ³) al 100 %	1.92
Máxima Densidad Seca (gr./cm ³) al 95 %	1.82
ÓPTIMO Contenido de Humedad	10.50
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1" 9.99% 0.2" 13.08%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1" 7.30% 0.2" 10.50%


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO

MÉTODO C

ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la via Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Peralla, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : 31 de Mayo del 2021

CALICATA : C - 1

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 10% MADERA

Molde N°	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10704.00	11123.00	11168.00	10996.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	3966.00	4385.00	4430.00	4258.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.88	2.07	2.10	2.01		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	1110.20	1101.96	1003.14	1110.39		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	1054.62	1015.53	906.45	989.82		
Peso de Agua (gr)	55.58	86.43	96.69	120.57		
Peso de Cápsula (gr.)	104.27	105.71	103.52	105.40		
Peso de Suelo Seco (gr.)	950.35	909.82	802.93	884.42		
% de Humedad	5.85	9.50	12.04	13.63		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.77	1.89	1.87	1.77		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.904
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.40


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Perilla, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : MAYO DEL 2021

ADICIÓN : 10% MADERA

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO MOLDE	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3			
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12			
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530			
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11740	12180	11580	12080	12660	13240		
Peso de Molde (gr.)	7280	7280	7248	7248	8505	8505		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4480	4920	4334	4814	4155	4735		
Volumen de Molde (cm ³)	3212	3212	3212	3212	3212	3212		
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.11	2.31	2.04	2.28	1.95	2.23		
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6		
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	549.33	599.10	634.09	657.97	401.26	505.82		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	516.14	522.51	584.75	547.36	371.15	419.48		
Peso de Agua (gr.)	33.19	76.59	49.34	110.61	30.11	86.34		
Peso de Cápsula (gr.)	197.58	199.17	112.44	103.83	107.67	107.16		
Peso de Suelo Seco (gr.)	318.56	323.34	472.31	443.53	263.48	312.32		
% de Humedad	10.42	23.69	10.45	24.94	11.43	27.64		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.908	1.870	1.845	1.812	1.753	1.744		

ENSAYO DE EXPANSION

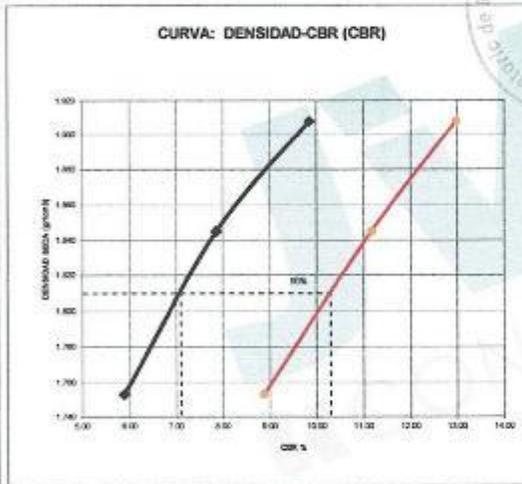
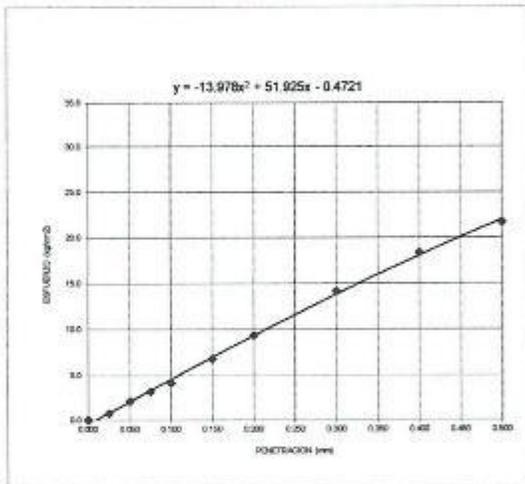
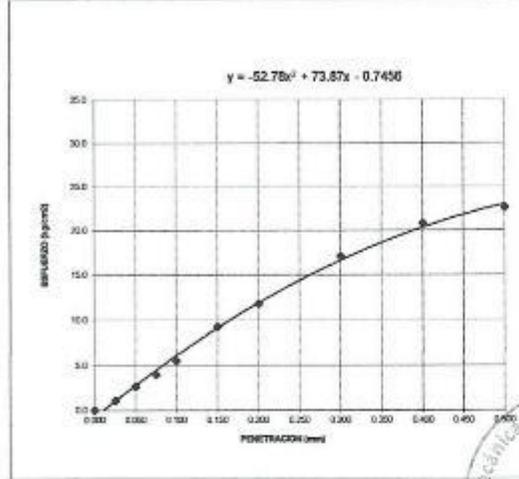
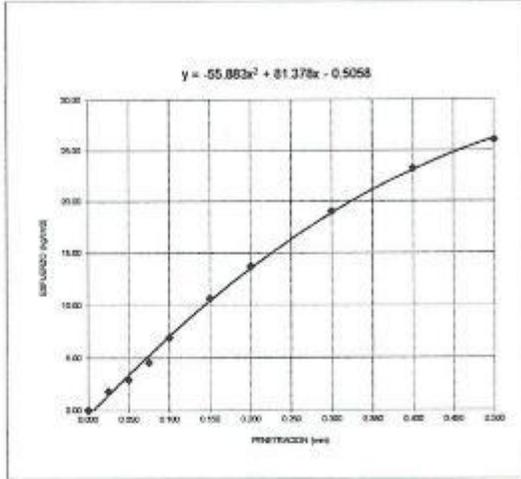
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.098	1.098	0.944	1.347	1.347	1.158	1.524	1.524	1.310
48 hrs	1.742	1.742	1.498	1.976	1.976	1.699	2.087	2.087	1.794
72 hrs	2.547	2.547	2.190	2.682	2.682	2.306	2.715	2.715	2.334
96 hrs	3.071	3.071	2.641	3.136	3.136	2.696	3.369	3.369	2.897

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	35.0	1.81	21.0	1.1	14.0	0.7
1.27	0.050	57.0	2.95	52.0	2.7	41.0	2.1
1.90	0.075	89.0	4.60	77.0	4.0	62.0	3.2
2.54	0.100	134.0	6.93	107.0	5.5	80.0	4.1
3.81	0.150	206.0	10.65	179.0	9.3	132.0	6.8
5.08	0.200	265.0	13.70	228.0	11.8	181.0	9.4
7.62	0.300	368.0	19.02	331.0	17.1	274.0	14.2
10.16	0.400	450.0	23.26	403.0	20.8	356.0	18.4
12.70	0.500	504.0	26.05	437.0	22.6	420.0	21.7

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	6.9	70.35	9.84	1.908
2	0.1	5.5	70.35	7.86	1.845
3	0.1	4.1	70.35	5.88	1.753

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	13.7	105.46	12.99	1.908
2	0.2	11.8	105.46	11.17	1.845
3	0.2	9.4	105.46	8.87	1.753

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 100 %	1.90
Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 95 %	1.81
ÓPTIMO Contenido de Humedad	10.40
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1" 9.84% 0.2" 12.99%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1" 7.10% 0.2" 10.30%

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peraita, Percy Wilster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

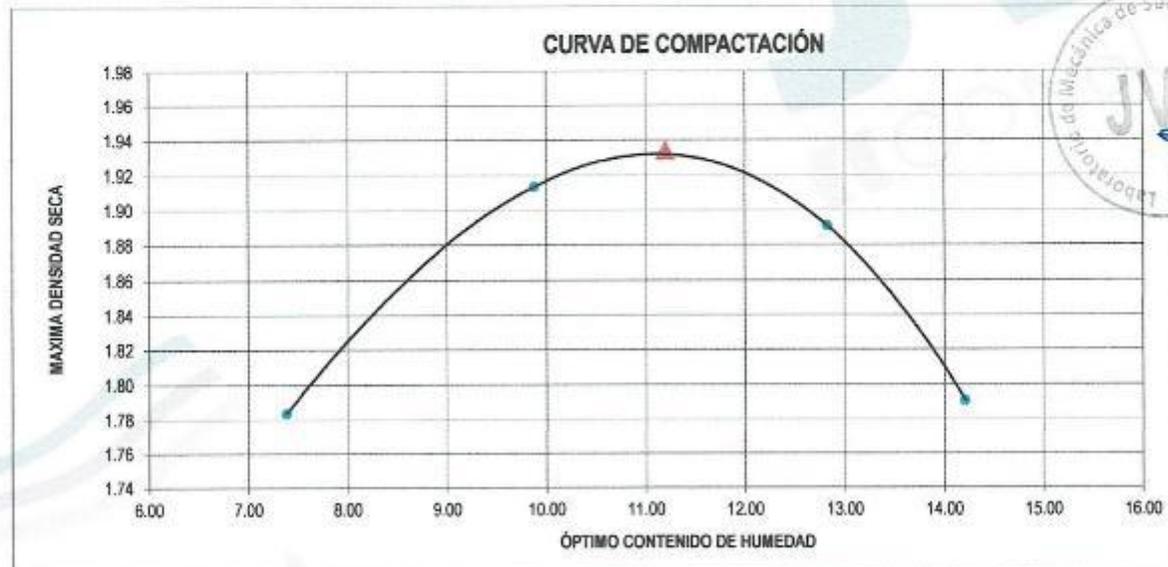
CALICATA : C - 1

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 15% CENIZA

Molde Nº	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

MUESTRA Nº	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10787.00	11183.00	11248.00	11061.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4049.00	4445.00	4510.00	4323.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.92	2.10	2.13	2.04		
CAPSULA Nº	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	746.03	737.79	636.97	746.22		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	701.39	680.25	577.21	665.53		
Peso de Agua (gr)	44.64	57.54	61.76	80.69		
Peso de Cápsula (gr.)	96.43	97.87	95.68	97.56		
Peso de Suelo Seco (gr.)	604.96	582.38	481.53	567.97		
% de Humedad	7.38	9.88	12.83	14.21		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.78	1.91	1.89	1.79		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.934
Óptimo Contenido de Humedad (%)	11.20

Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : 31 de Mayo del 2021

ADICIÓN : 15% CENIZA

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO MOLDE	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3			
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12			
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530			
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11835	12275	11675	12155	12755	13335		
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4575	5015	4429	4909	4250	4830		
Volumen de Molde (cm ³)	3212	3212	3212	3212	3212	3212		
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.15	2.36	2.08	2.31	2.00	2.27		
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6		
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	894.29	744.06	779.05	802.93	544.22	650.78		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	643.90	643.47	711.61	665.32	499.83	534.44		
Peso de Agua (gr.)	50.39	100.59	67.44	137.61	44.39	116.34		
Peso de Cápsula (gr.)	194.70	196.30	109.60	101.00	104.80	104.30		
Peso de Suelo Seco (gr.)	449.20	447.17	602.01	564.32	395.03	430.14		
% de Humedad	11.22	22.49	11.20	24.39	11.24	27.05		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.934	1.925	1.873	1.856	1.796	1.787		

ENSAYO DE EXPANSION

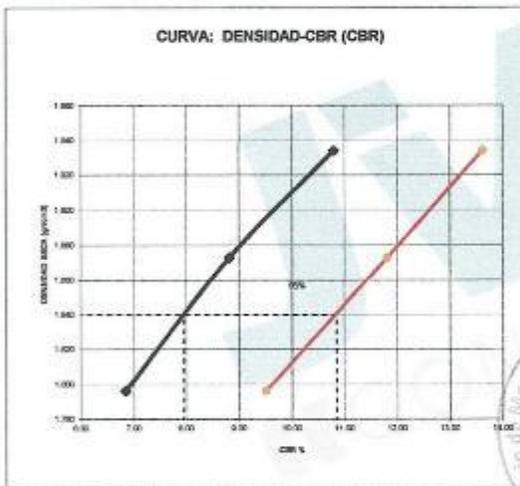
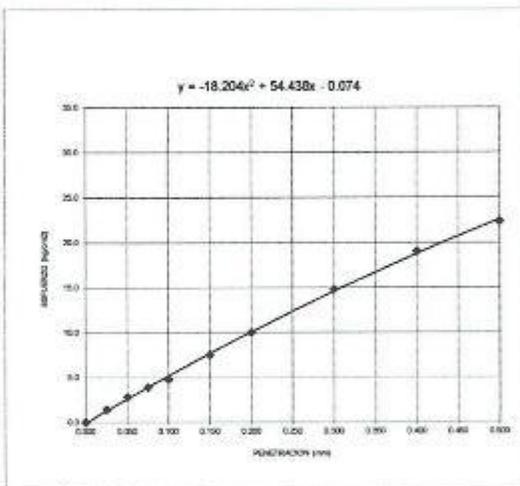
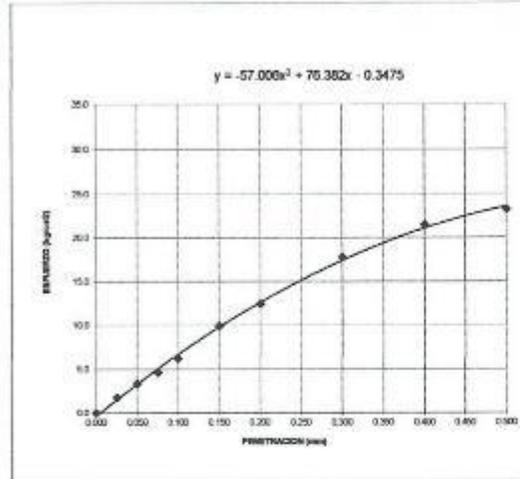
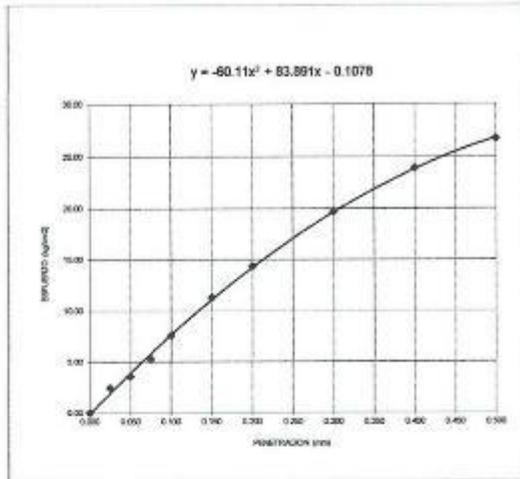
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.111	1.111	0.955	1.272	1.272	1.094	1.642	1.642	1.412
48 hrs	2.844	2.844	2.445	3.187	3.187	2.740	3.822	3.822	3.206
72 hrs	4.748	4.748	4.063	5.072	5.072	4.361	5.845	5.845	5.026
96 hrs	5.982	5.982	5.144	6.428	6.428	5.527	7.003	7.003	6.021

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	48.0	2.48	34.0	1.8	27.0	1.4
1.27	0.050	76.0	3.62	65.0	3.4	54.0	2.8
1.90	0.075	102.0	5.27	90.0	4.7	75.0	3.9
2.54	0.100	147.0	7.60	120.0	6.2	93.0	4.8
3.81	0.150	219.0	11.32	192.0	9.9	145.0	7.5
5.08	0.200	278.0	14.37	241.0	12.5	194.0	10.0
7.62	0.300	381.0	19.69	344.0	17.8	287.0	14.8
10.16	0.400	463.0	23.93	416.0	21.5	369.0	19.1
12.70	0.500	517.0	26.72	450.0	23.3	433.0	22.4

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP: 140574

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	7.6	70.35	10.80	1.934
2	0.1	6.2	70.35	8.82	1.873
3	0.1	4.8	70.35	6.83	1.796

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	14.4	105.46	13.62	1.934
2	0.2	12.5	105.46	11.81	1.873
3	0.2	10.0	105.46	9.51	1.796

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr/cm3) al 100 %	1.93			
Máxima Densidad Seca (gr/cm3) al 95 %	1.84			
ÓPTIMO Contenido de Humedad	11.20			
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1"	10.80%	0.2"	13.62%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1"	7.95%	0.2"	10.85%



Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO

MÉTODO C

ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la via Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : 31 de Mayo del 2021

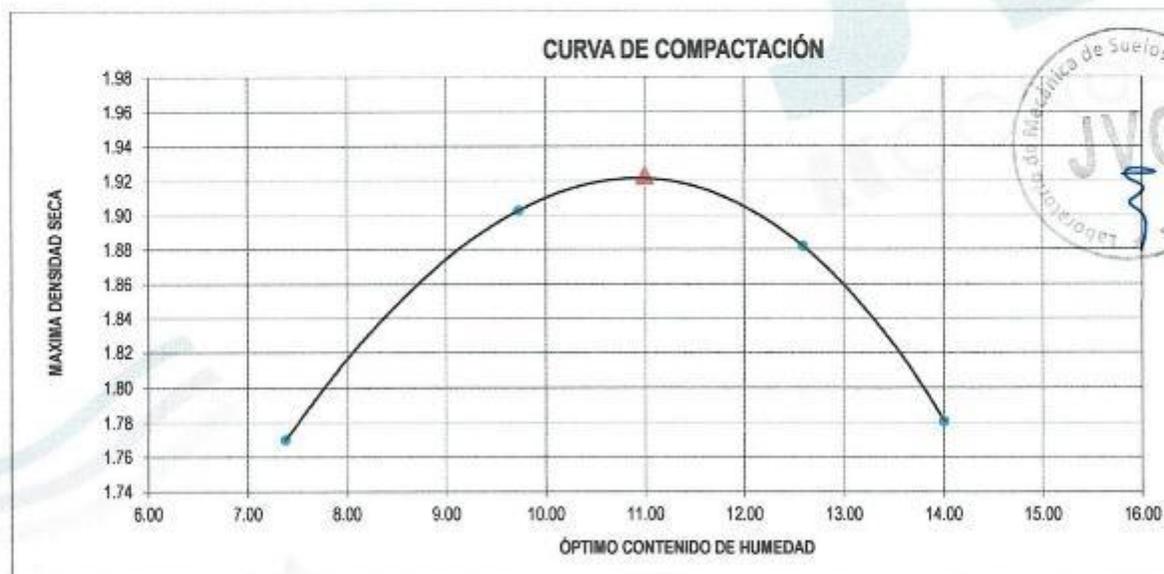
CALICATA : C - 1

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 15% MADERA

Molde N°	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10756.00	11152.00	11217.00	11030.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4018.00	4414.00	4479.00	4292.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.90	2.09	2.12	2.03		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	742.16	733.92	635.10	742.35		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	697.52	677.18	574.34	662.66		
Peso de Agua (gr)	44.64	56.74	60.76	79.69		
Peso de Cápsula (gr.)	92.56	94.00	91.81	93.69		
Peso de Suelo Seco (gr.)	604.96	583.18	482.53	568.97		
% de Humedad	7.38	9.73	12.59	14.01		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.77	1.90	1.88	1.78		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.923
Óptimo Contenido de Humedad (%)	11.00


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Paralta, Percy Wisler

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : MAYO DEL 2021

ADICIÓN : 15% MADERA

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11805	12245	11645	12125	12725	13305
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4545	4985	4399	4879	4220	4800
Volumen de Molde (cm ³)	3212	3212	3212	3212	3212	3212
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.14	2.34	2.07	2.29	1.98	2.28
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	675.33	725.10	760.09	783.97	525.26	631.82
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	628.24	624.51	696.45	646.36	484.27	515.48
Peso de Agua (gr)	47.09	100.59	63.64	137.61	40.99	116.34
Peso de Cápsula (gr.)	203.22	204.82	118.12	109.52	113.32	112.82
Peso de Suelo Seco (gr.)	425.02	419.69	578.33	536.84	370.95	402.66
% de Humedad	11.08	23.97	11.00	25.63	11.05	28.89
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.924	1.891	1.863	1.826	1.787	1.751

ENSAYO DE EXPANSION

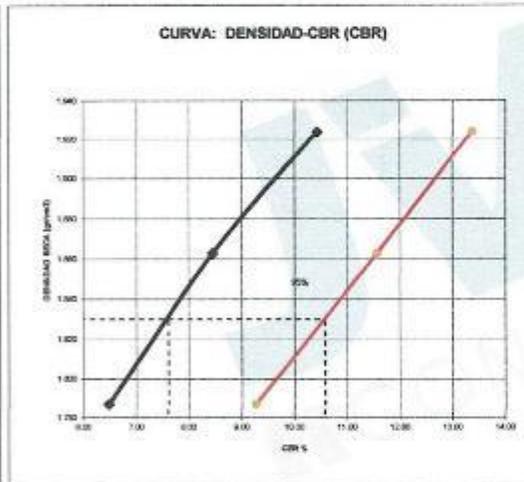
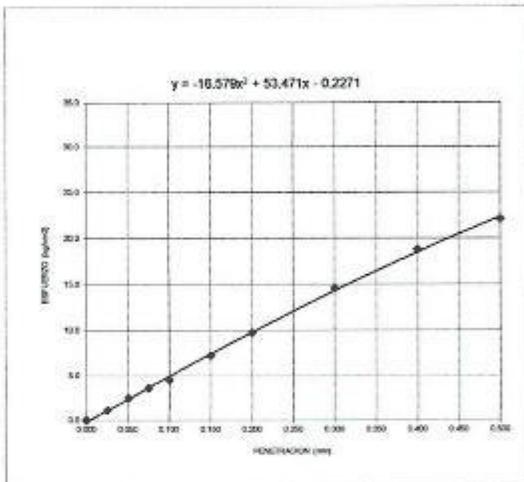
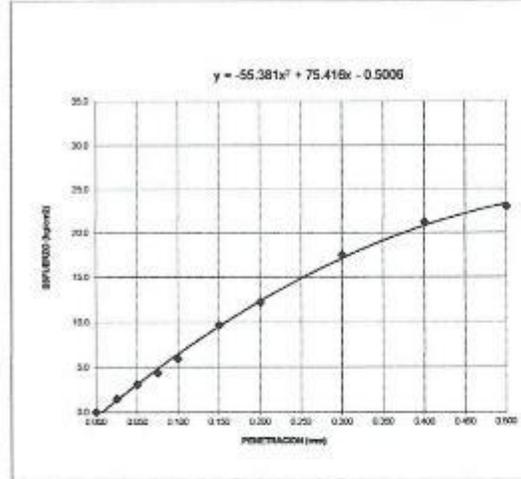
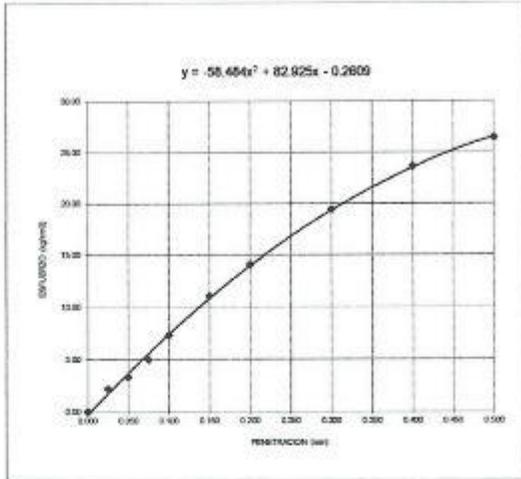
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.085	1.085	0.933	1.267	1.267	1.089	1.597	1.597	1.373
48 hrs	1.863	1.863	1.802	2.047	2.047	1.780	2.348	2.348	2.019
72 hrs	2.674	2.674	2.299	2.641	2.641	2.271	3.241	3.241	2.787
96 hrs	3.048	3.048	2.621	3.387	3.387	2.912	3.974	3.974	3.417

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg.	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	43.0	2.22	29.0	1.5	22.0	1.1
1.27	0.050	65.0	3.36	60.0	3.1	49.0	2.5
1.90	0.075	97.0	5.01	85.0	4.4	70.0	3.6
2.54	0.100	142.0	7.34	115.0	5.9	88.0	4.5
3.81	0.150	214.0	11.06	187.0	9.7	140.0	7.2
5.08	0.200	273.0	14.11	236.0	12.2	189.0	9.8
7.62	0.300	376.0	19.43	339.0	17.5	282.0	14.6
10.16	0.400	458.0	23.67	411.0	21.2	364.0	18.8
12.70	0.500	512.0	26.46	445.0	23.0	428.0	22.1


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

CALICATA : C-1 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	7.3	70.35	10.43	1.924
2	0.1	5.9	70.35	8.45	1.863
3	0.1	4.5	70.35	6.46	1.787

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	14.1	105.46	13.38	1.924
2	0.2	12.2	105.46	11.56	1.863
3	0.2	9.8	105.46	9.26	1.787

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 100 %		1.92		
Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 95 %		1.83		
ÓPTIMO Contenido de Humedad		11.00		
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1"	10.43%	0.2"	13.38%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1"	7.60%	0.2"	10.58%

Carlos Javier Ramírez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

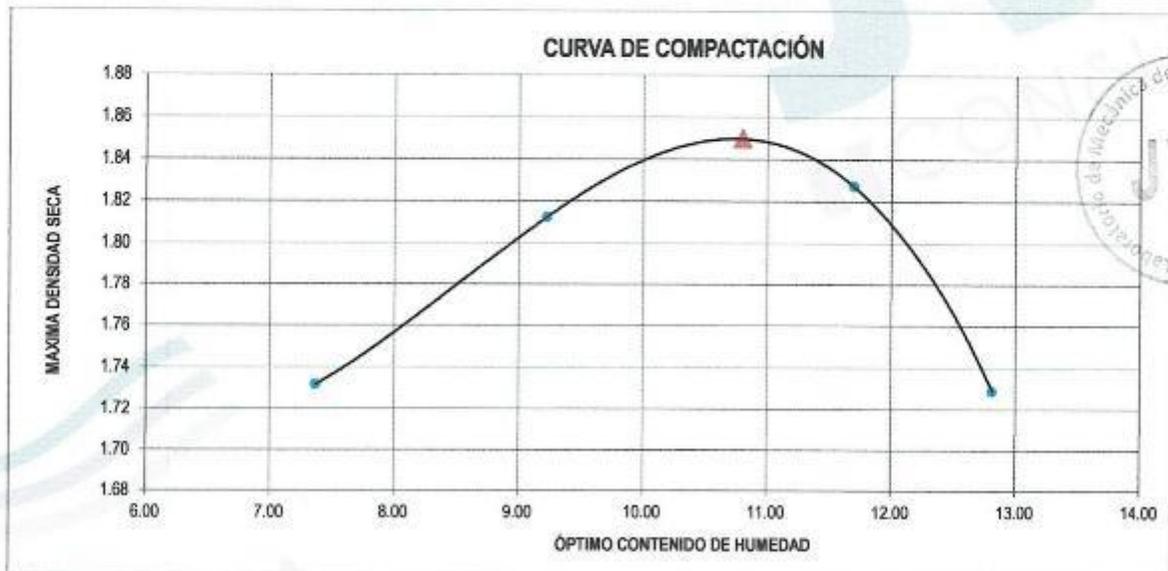
CALICATA : C - 7

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 3% CENIZA

Molde Nº	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

MUESTRA Nº	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10669.00	10923.00	11053.00	10861.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	3931.00	4185.00	4315.00	4123.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.86	1.98	2.04	1.95		
CAPSULA Nº	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	659.91	651.67	552.85	650.12		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	621.27	604.93	505.02	567.41		
Peso de Agua (gr)	38.64	46.74	47.83	62.71		
Peso de Cápsula (gr.)	96.84	98.29	96.08	98.00		
Peso de Suelo Seco (gr.)	524.43	506.64	408.94	489.41		
% de Humedad	7.37	9.23	11.70	12.81		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.73	1.81	1.83	1.73		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.850
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.80


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP: 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mercedes Peraila, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : 31 de Mayo del 2021

ADICIÓN : 3% CENIZA

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO MOLDE	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3			
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12			
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530			
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11620	12060	11460	11940	12540	13120		
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4360	4800	4214	4694	4035	4615		
Volumen de Molde (cm ³)	3212	3212	3212	3212	3212	3212		
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.05	2.26	1.90	2.21	1.90	2.17		
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6		
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	876.64	926.41	961.40	974.28	728.57	833.13		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	612.25	785.62	679.16	786.67	668.05	678.79		
Peso de Agua (gr)	64.39	140.69	82.24	175.61	59.52	154.34		
Peso de Cápsula (gr.)	217.26	218.63	123.95	123.37	123.87	124.92		
Peso de Suelo Seco (gr.)	594.99	567.19	755.21	675.30	545.18	553.87		
% de Humedad	10.82	24.79	10.89	26.00	10.82	27.87		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.850	1.808	1.787	1.752	1.710	1.697		

ENSAYO DE EXPANSION

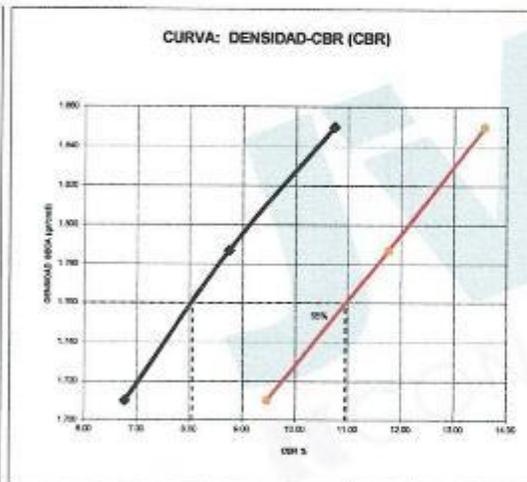
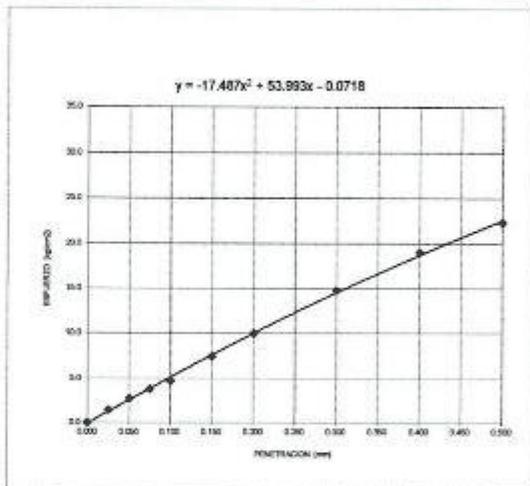
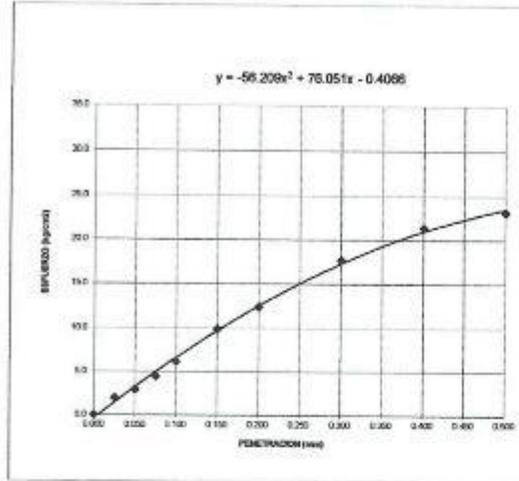
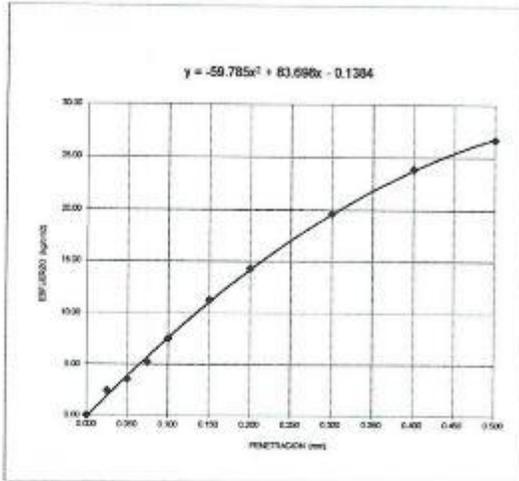
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.753	1.753	1.507	1.851	1.851	1.420	1.539	1.539	1.323
48 hrs	2.876	2.876	2.473	3.219	3.219	2.768	3.854	3.854	3.314
72 hrs	3.780	3.780	3.250	3.804	3.804	3.271	4.177	4.177	3.582
96 hrs	3.905	3.905	3.358	4.460	4.460	3.835	4.535	4.535	3.899

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	47.0	2.43	38.0	2.0	28.0	1.4
1.27	0.050	69.0	3.57	57.0	2.9	53.0	2.7
1.90	0.075	101.0	5.22	86.0	4.4	74.0	3.8
2.54	0.100	146.0	7.55	119.0	6.1	92.0	4.8
3.81	0.150	218.0	11.27	191.0	9.9	144.0	7.4
5.08	0.200	277.0	14.32	240.0	12.4	193.0	10.0
7.62	0.300	380.0	19.64	343.0	17.7	286.0	14.8
10.16	0.400	462.0	23.88	415.0	21.4	368.0	19.0
12.70	0.500	516.0	26.67	449.0	23.2	432.0	22.3


Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP: 140574

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	7.5	70.35	10.73	1.850
2	0.1	6.1	70.35	8.74	1.787
3	0.1	4.8	70.35	6.76	1.710

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	14.3	105.46	13.57	1.850
2	0.2	12.4	105.46	11.76	1.787
3	0.2	10.0	105.46	9.46	1.710

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr/cm3) al 100 %	1.85			
Máxima Densidad Seca (gr/cm3) al 95 %	1.76			
ÓPTIMO Contenido de Humedad	10.80			
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1"	10.73%	0.2"	13.57%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1"	8.05%	0.2"	10.95%

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP: 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

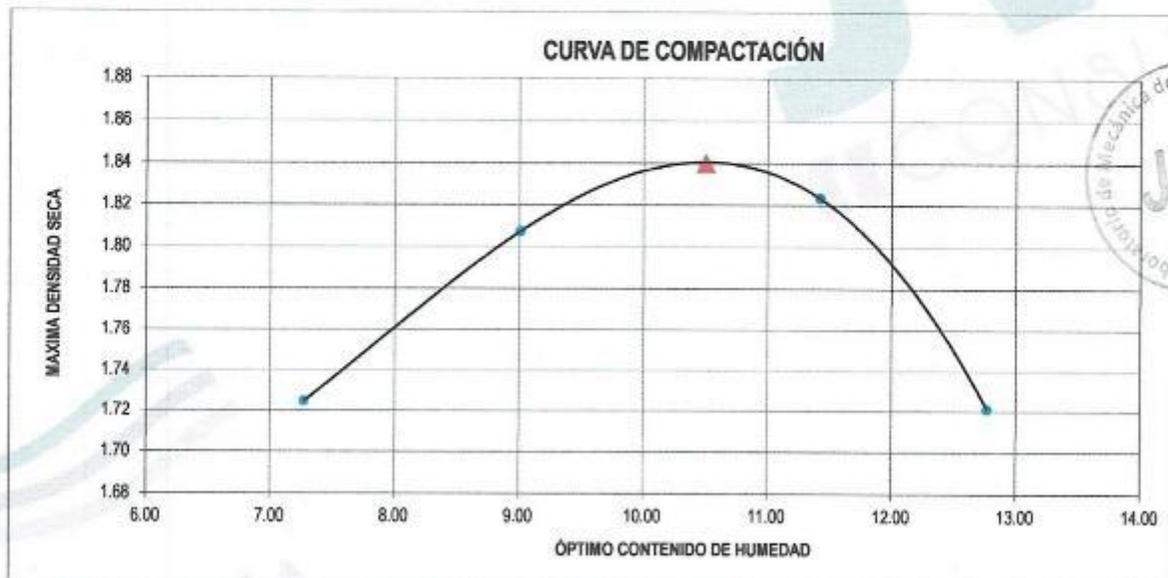
CALICATA : C-7

ESTRATO : E-1

ADICIÓN : 3% MADERA

Molde Nº	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

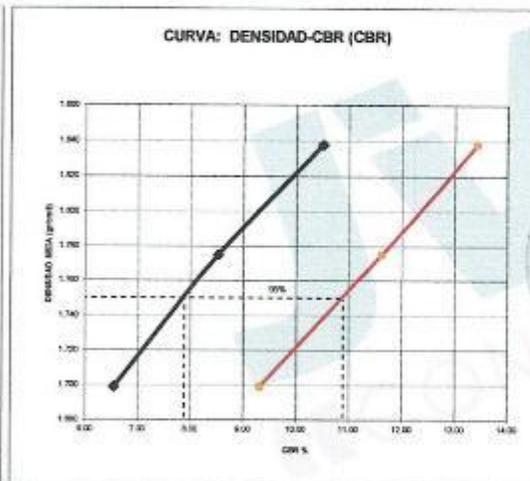
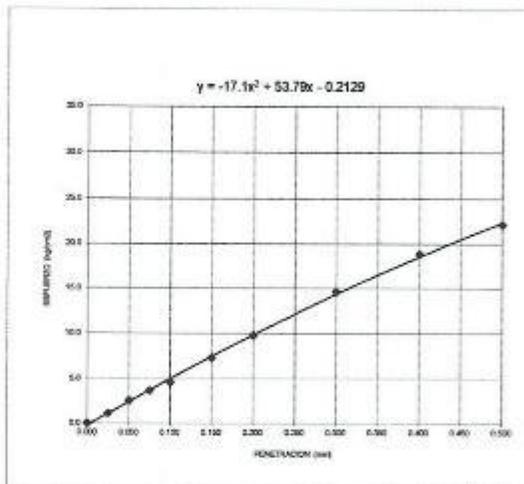
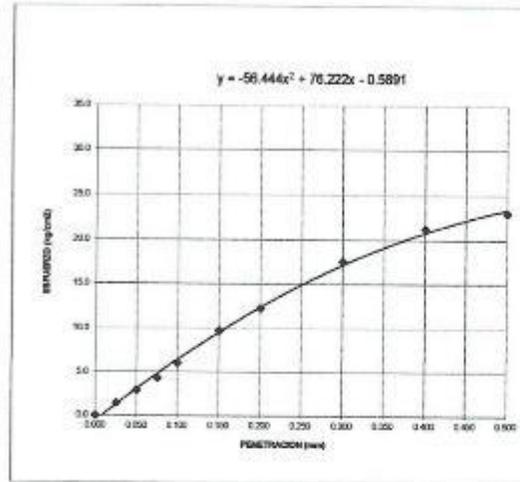
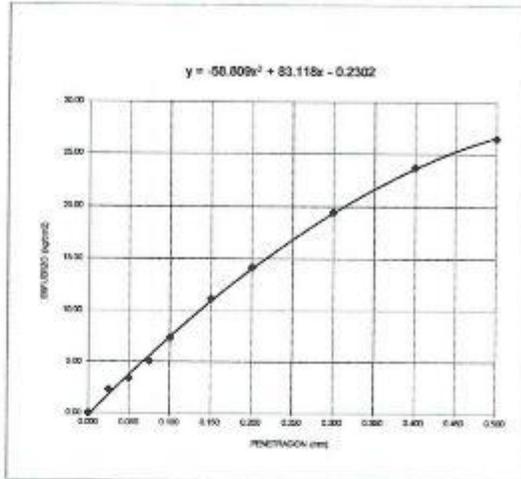
MUESTRA Nº	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10649.00	10903.00	11033.00	10841.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	3911.00	4165.00	4295.00	4103.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.85	1.97	2.03	1.94		
CAPSULA Nº	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	663.09	655.35	556.53	653.60		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	624.95	609.61	509.70	591.29		
Peso de Agua (gr)	38.14	45.74	46.83	62.51		
Peso de Cápsula (gr.)	100.52	101.97	99.76	101.68		
Peso de Suelo Seco (gr.)	524.43	507.64	409.94	489.61		
% de Humedad	7.27	9.01	11.42	12.77		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.72	1.81	1.82	1.72		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.840
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.50


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP: 140574

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	7.4	70.35	10.50	1.838
2	0.1	6.0	70.35	8.52	1.775
3	0.1	4.6	70.35	6.54	1.699

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	14.2	105.46	13.43	1.838
2	0.2	12.2	105.46	11.61	1.775
3	0.2	9.8	105.46	9.31	1.699

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr/cm3) al 100 %	1.84
Máxima Densidad Seca (gr/cm3) al 95 %	1.75
ÓPTIMO Contenido de Humedad	10.50
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1" 10.50% 0.2" 13.43%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1" 7.88% 0.2" 10.89%



[Signature]
 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

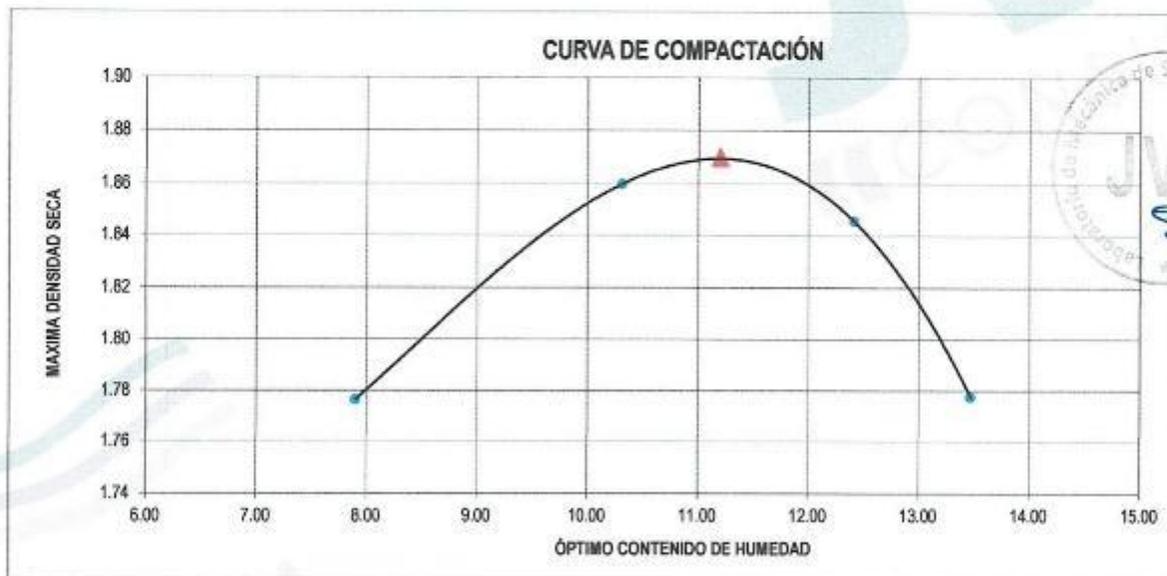
CALICATA : C - 7

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 10% CENIZA

Molde N°	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10790.00	11075.00	11124.00	11002.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4052.00	4337.00	4386.00	4264.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.92	2.05	2.07	2.02		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	979.93	970.69	872.87	980.12		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	915.29	889.15	787.11	875.43		
Peso de Agua (gr)	64.64	81.54	85.76	104.69		
Peso de Cápsula (gr.)	96.89	98.33	96.14	98.02		
Peso de Suelo Seco (gr.)	818.40	790.82	690.97	777.41		
% de Humedad	7.90	10.31	12.41	13.47		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.78	1.86	1.85	1.78		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.870
Óptimo Contenido de Humedad (%)	11.20

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : 31 de Mayo del 2021

ADICIÓN : 10% CENIZA

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO MOLDE	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3			
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12			
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530			
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11690	12130	11530	12010	12610	13190		
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4430	4870	4284	4764	4105	4685		
Volumen de Molde (cm ³)	3212	3212	3212	3212	3212	3212		
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.06	2.29	2.01	2.24	1.93	2.20		
CAPSULA N°	1	2	3	4	5	6		
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	703.09	752.88	787.85	811.73	557.12	659.68		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	652.36	650.27	719.61	698.12	511.91	539.24		
Peso de Agua (gr.)	50.73	102.59	68.24	143.61	45.21	120.34		
Peso de Cápsula (gr.)	200.66	202.08	115.37	106.79	110.55	110.04		
Peso de Suelo Seco (gr.)	451.70	448.19	604.24	561.33	401.36	429.20		
% de Humedad	11.23	22.89	11.29	25.58	11.26	28.04		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.873	1.663	1.810	1.784	1.735	1.720		

ENSAYO DE EXPANSION

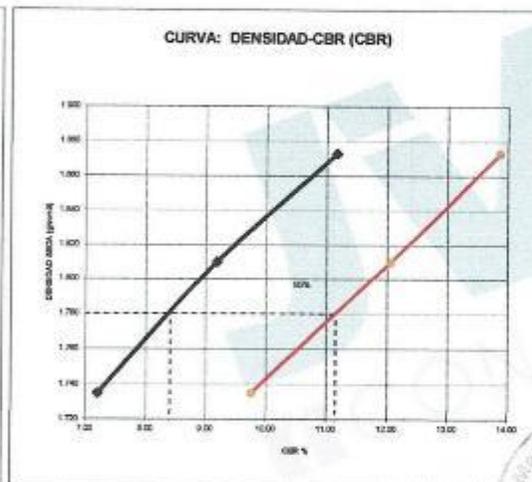
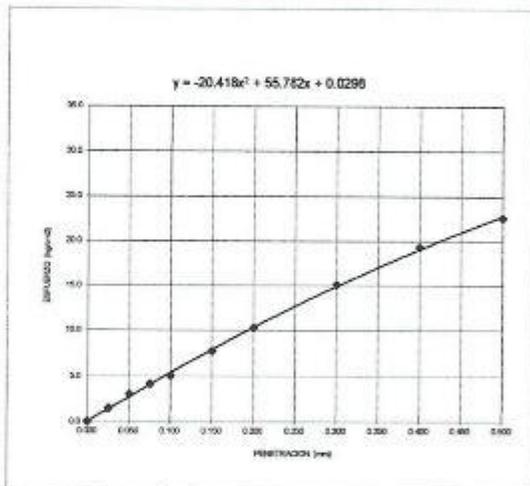
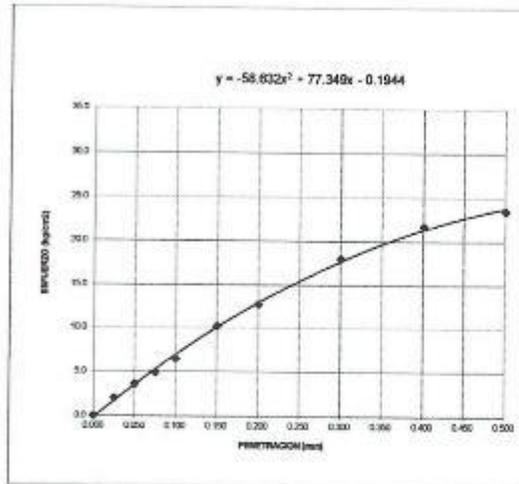
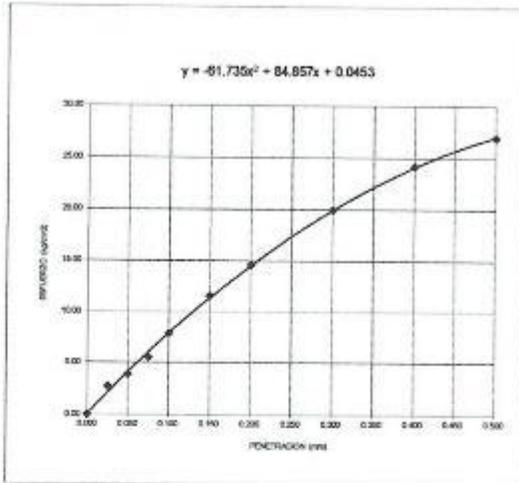
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.865	1.865	1.604	1.763	1.763	1.516	1.651	1.651	1.420
48 hrs	2.988	2.988	2.569	3.331	3.331	2.864	3.968	3.968	3.410
72 hrs	3.892	3.892	3.347	3.916	3.916	3.367	4.289	4.289	3.688
96 hrs	4.017	4.017	3.454	4.572	4.572	3.931	4.647	4.647	3.986

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	53.0	2.74	39.0	2.0	29.0	1.5
1.27	0.050	75.0	3.88	70.0	3.6	59.0	3.0
1.90	0.075	107.0	5.53	95.0	4.9	80.0	4.1
2.54	0.100	152.0	7.86	125.0	6.5	98.0	5.1
3.81	0.150	224.0	11.58	197.0	10.2	150.0	7.8
5.08	0.200	283.0	14.63	246.0	12.7	199.0	10.3
7.62	0.300	386.0	19.95	349.0	18.0	292.0	15.1
10.16	0.400	468.0	24.19	421.0	21.8	374.0	19.3
12.70	0.500	522.0	26.98	455.0	23.5	438.0	22.6

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP 140574

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	7.9	70.35	11.17	1.873
2	0.1	6.5	70.35	9.18	1.810
3	0.1	5.1	70.35	7.20	1.735

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	14.6	105.46	13.87	1.873
2	0.2	12.7	105.46	12.05	1.810
3	0.2	10.3	105.46	9.75	1.735

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 100 %	1.87
Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 95 %	1.78
ÓPTIMO Contenido de Humedad	11.20
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1" 11.17% 0.2" 13.87%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1" 8.40% 0.2" 11.15%



Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP: 140574

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

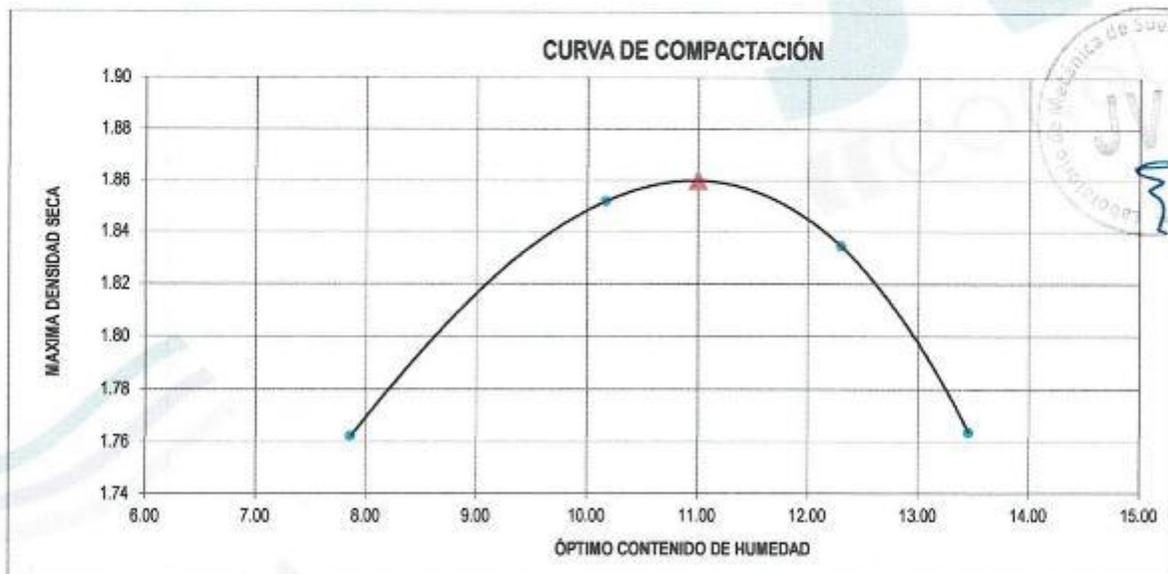
CALICATA : C - 7

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 10% MADERA

Molde N°	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³ .	2114.00
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10756.00	11051.00	11093.00	10968.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4018.00	4313.00	4355.00	4230.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.90	2.04	2.06	2.00		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	982.08	972.84	875.02	982.27		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	917.74	892.33	789.96	877.68		
Peso de Agua (gr)	64.34	80.51	85.06	104.59		
Peso de Cápsula (gr.)	99.04	100.48	98.29	100.17		
Peso de Suelo Seco (gr.)	818.70	791.85	691.67	777.51		
% de Humedad	7.86	10.17	12.30	13.45		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.76	1.85	1.83	1.76		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.860
Óptimo Contenido de Humedad (%)	11.00


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP 140574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wlster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : MAYO DEL 2021

ADICIÓN : 10% MADERA

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11655	12090	11490	11970	12570	13150
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4395	4830	4244	4724	4065	4645
Volumen de Molde (cm3)	3212	3212	3212	3212	3212	3212
Volumen del Disco Espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm3)	2.07	2.27	2.00	2.22	1.91	2.18
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	567.62	617.39	662.38	676.26	421.65	524.11
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	529.69	535.88	587.14	558.65	389.14	429.77
Peso de Agua (gr.)	37.93	81.41	55.24	117.61	32.51	94.34
Peso de Cápsula (gr.)	184.94	185.36	99.65	91.07	94.83	94.32
Peso de Suelo Seco (gr.)	344.75	349.62	497.49	467.58	294.31	335.45
% de Humedad	11.00	23.29	11.10	25.15	11.05	28.12
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.862	1.842	1.796	1.775	1.721	1.705

ENSAYO DE EXPANSION

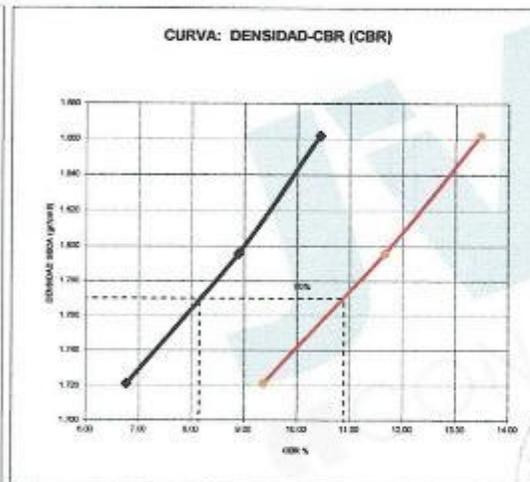
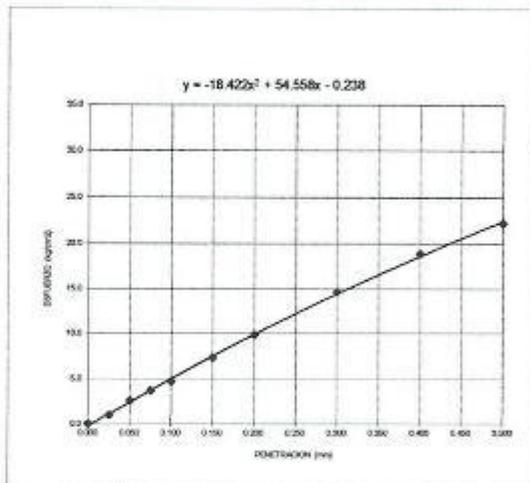
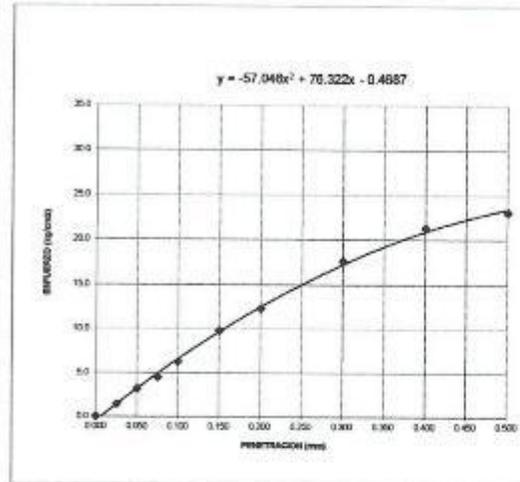
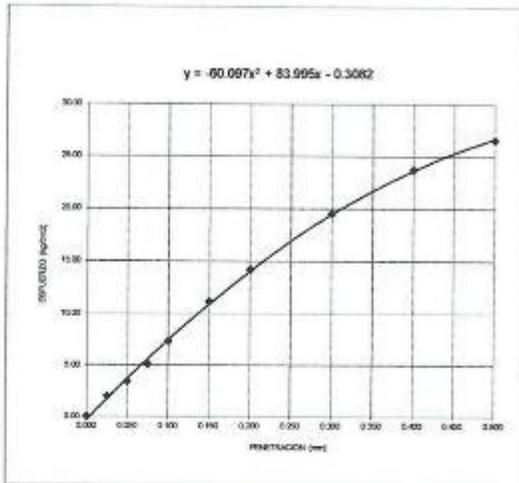
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.265	1.265	1.068	1.368	1.368	1.176	1.635	1.635	1.406
48 hrs	1.953	1.953	1.679	2.267	2.267	1.949	2.784	2.784	2.394
72 hrs	2.268	2.268	1.950	2.984	2.984	2.566	3.879	3.879	3.335
96 hrs	3.147	3.147	2.706	3.625	3.625	3.117	4.298	4.298	3.696

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	pulg	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	39.0	2.02	28.0	1.4	19.0	1.0
1.27	0.050	67.0	3.46	62.0	3.2	51.0	2.6
1.90	0.075	99.0	5.12	87.0	4.5	72.0	3.7
2.54	0.100	142.0	7.34	121.0	6.3	92.0	4.8
3.81	0.150	216.0	11.16	189.0	9.8	142.0	7.3
5.08	0.200	275.0	14.21	238.0	12.3	191.0	9.9
7.62	0.300	378.0	19.53	341.0	17.6	284.0	14.7
10.16	0.400	460.0	23.77	413.0	21.3	366.0	18.9
12.70	0.500	514.0	26.56	447.0	23.1	430.0	22.2


Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP: 140574

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	7.3	70.35	10.43	1.862
2	0.1	6.3	70.35	8.89	1.796
3	0.1	4.8	70.35	6.76	1.721

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	14.2	105.46	13.48	1.862
2	0.2	12.3	105.46	11.66	1.796
3	0.2	9.9	105.46	9.36	1.721

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 100 %	1.86
Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 95 %	1.77
ÓPTIMO Contenido de Humedad	11.00
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1" 10.43% 0.2" 13.48%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1" 8.15% 0.2" 10.89%




 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP: 140574

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

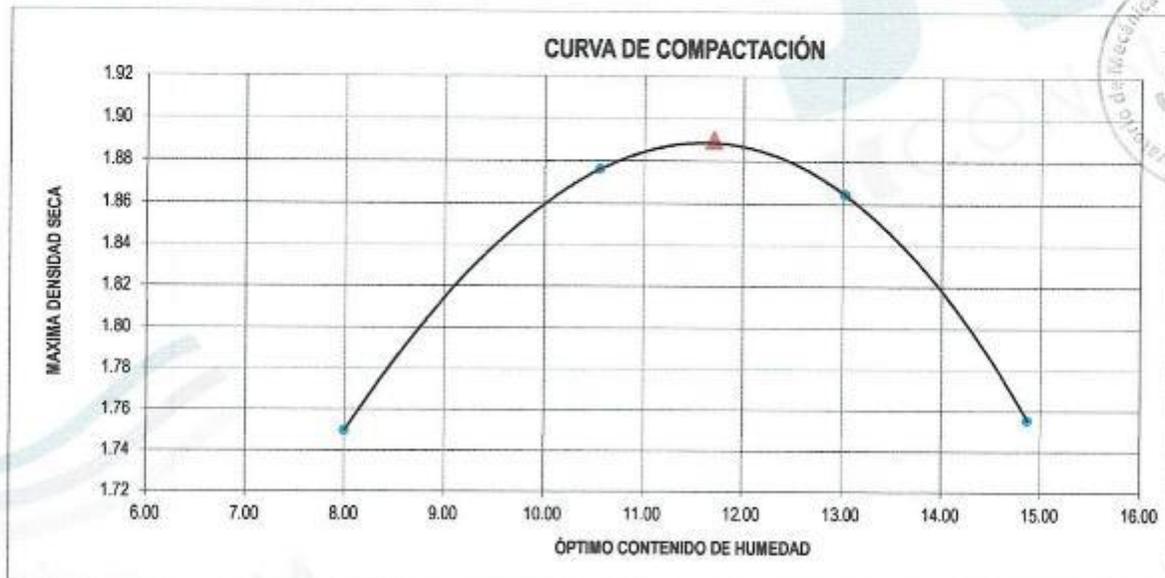
CALICATA : C - 7

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 15% CENIZA

Molde N°	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10733.00	11123.00	11193.00	11001.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	3995.00	4385.00	4455.00	4263.00		
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.89	2.07	2.11	2.02		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	729.30	721.06	622.24	729.49		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	683.66	663.12	563.48	649.84		
Peso de Agua (gr)	45.64	57.94	58.76	79.65		
Peso de Cápsula (gr.)	112.96	114.40	112.21	114.09		
Peso de Suelo Seco (gr.)	570.70	548.72	451.27	535.75		
% de Humedad	8.00	10.56	13.02	14.87		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.75	1.88	1.86	1.76		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.890
Óptimo Contenido de Humedad (%)	11.70


 Carlos Javier Ramírez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP: 149574

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wilster

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : 31 de Mayo del 2021

ADICIÓN : 15% CENIZA

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11770	12210	11610	12090	12690	13270
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4510	4950	4364	4844	4185	4765
Volumen de Molde (cm ³)	3212	3212	3212	3212	3212	3212
Volumen del Disco Espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.12	2.33	2.05	2.28	1.97	2.24
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	575.53	625.30	649.29	694.17	425.46	532.02
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	536.14	544.71	593.25	566.56	392.37	439.66
Peso de Agua (gr.)	39.39	80.59	56.04	117.61	33.09	92.34
Peso de Cápsula (gr.)	201.27	202.88	116.20	108.00	111.38	110.91
Peso de Suelo Seco (gr.)	334.87	341.83	477.05	458.56	280.99	328.77
% de Humedad	11.78	23.58	11.75	25.65	11.78	28.09
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.897	1.883	1.836	1.813	1.760	1.749

ENSAYO DE EXPANSION

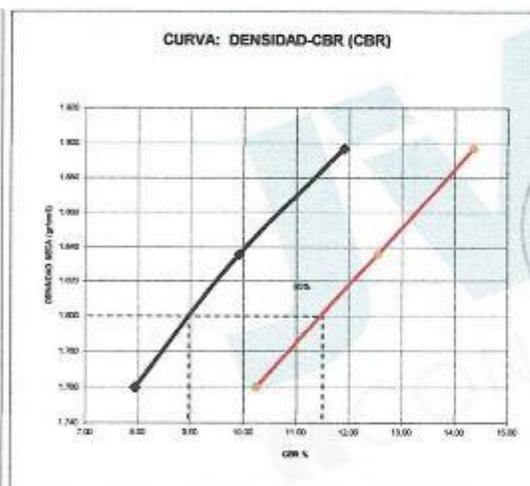
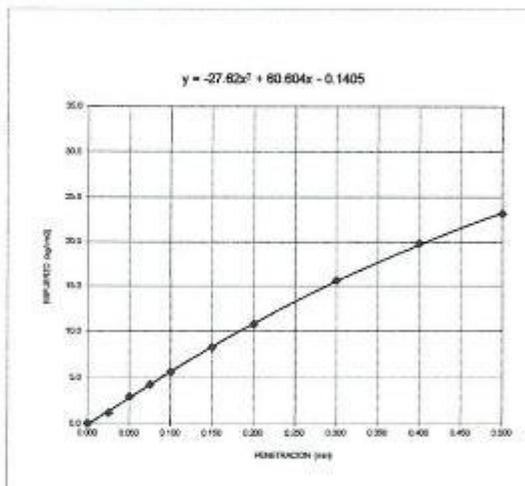
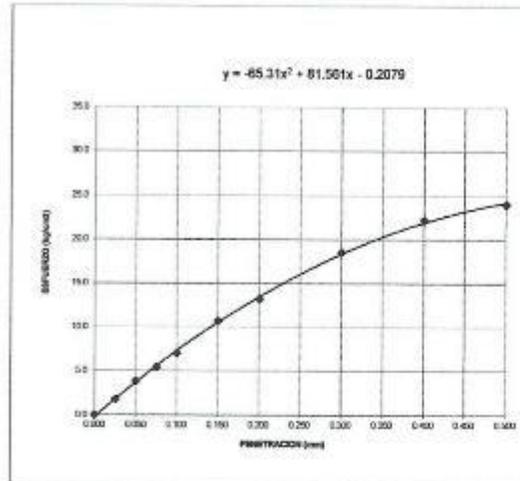
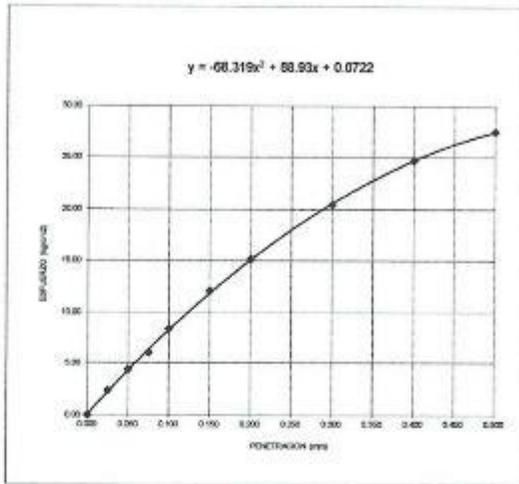
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.940	1.940	1.668	1.836	1.836	1.580	1.726	1.726	1.484
48 hrs	3.063	3.063	2.834	3.406	3.406	2.929	4.041	4.041	3.475
72 hrs	3.967	3.967	3.411	3.991	3.991	3.432	4.384	4.384	3.752
96 hrs	4.392	4.392	3.776	4.647	4.647	3.996	4.722	4.722	4.060

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION		MOLDE 1 56 GOLPES		MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
mm	puñg	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²	Carga (Kg)	Kg/cm ²
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	0.025	46.0	2.38	34.0	1.8	23.0	1.2
1.27	0.050	85.0	4.39	74.0	3.8	57.0	2.9
1.90	0.075	117.0	6.05	105.0	5.4	82.0	4.2
2.54	0.100	162.0	8.37	135.0	7.0	108.0	5.6
3.81	0.150	234.0	12.09	207.0	10.7	160.0	8.3
5.08	0.200	293.0	15.14	256.0	13.2	209.0	10.8
7.62	0.300	396.0	20.47	359.0	18.6	302.0	15.6
10.16	0.400	478.0	24.70	431.0	22.3	384.0	19.8
12.70	0.500	532.0	27.49	465.0	24.0	446.0	23.2

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP. 140574

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRÓN (kg/cm²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.1	8.4	70.35	11.90	1.897
2	0.1	7.0	70.35	9.92	1.836
3	0.1	5.6	70.35	7.93	1.760

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm²)	PRESION PATRÓN (kg/cm²)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm³)
1	0.2	15.1	105.46	14.36	1.897
2	0.2	13.2	105.46	12.55	1.836
3	0.2	10.8	105.46	10.24	1.760

Carlos Javier Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
RIP 140574

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm³) al 100 %	1.89
Máxima Densidad Seca (gr./cm³) al 95 %	1.80
ÓPTIMO Contenido de Humedad	11.70
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1" 11.90% 0.2" 14.36%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1" 8.96% 0.2" 11.50%

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACION - PROCTOR MODIFICADO
MÉTODO C
ASTM D-1557

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021
SOLICITANTE : Mendoza Peralta, Percy Wlster
UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas
FECHA : 31 de Mayo del 2021

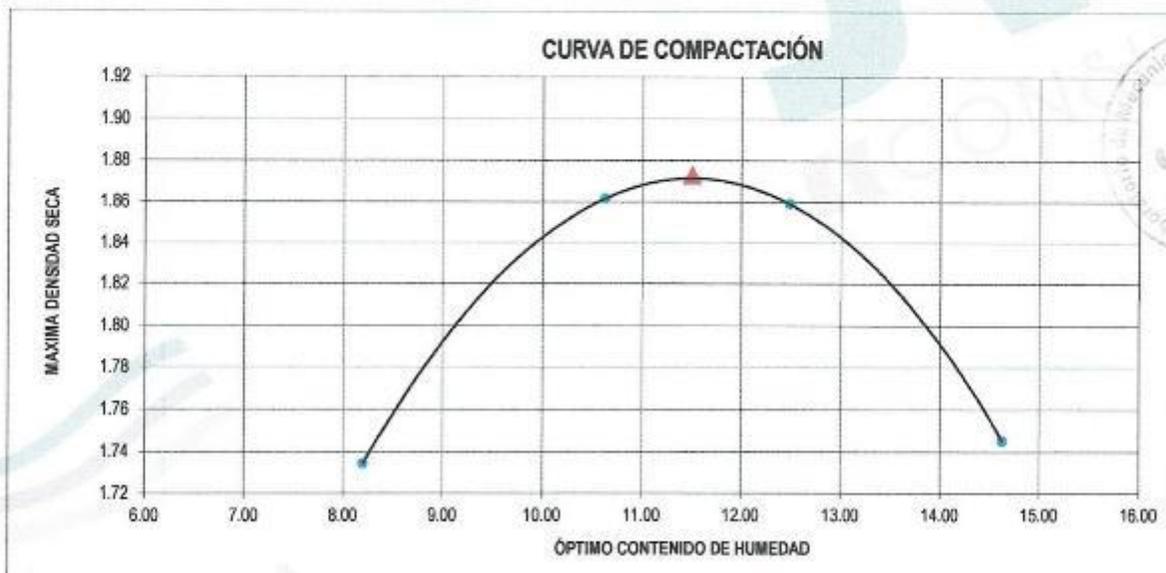
CALICATA : C - 7

ESTRATO : E - 1

ADICIÓN : 15% MADERA

Molde N°	C-205
Peso del Molde gr.	6738
Volumen del Molde cm ³	2114.00
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	10705.00	11092.00	11159.00	10967.00		
Peso de Molde (gr.)	6738.00	6738.00	6738.00	6738.00		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	3967.00	4354.00	4421.00	4229.00		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.88	2.06	2.09	2.00		
CAPSULA N°	I-01	I-02	I-03	I-04	I-05	I-06
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	642.56	634.32	535.50	642.75		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	602.92	584.98	489.23	576.10		
Peso de Agua (gr)	39.64	49.34	46.27	66.65		
Peso de Cápsula (gr.)	119.34	120.78	118.59	120.47		
Peso de Suelo Seco (gr.)	483.58	464.20	370.64	455.63		
% de Humedad	8.20	10.63	12.48	14.63		
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.73	1.86	1.86	1.75		



Máxima densidad Seca (gr/cm ³)	1.873
Óptimo Contenido de Humedad (%)	11.50

Carios Gaiter Ramirez Muñoz
Ingeniero Civil
CIP: 140874

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
N.T.P. 339.145 / ASTM D-1883

PROYECTO : Estabilización de subrasante con cenizas de cáscara de arroz y madera para la vía Pueblo Libre-La Libertad, Amazonas, 2021

SOLICITANTE : Mendoza Parilla, Percy Wilester

UBICACIÓN : Pueblo Libre - La Libertad - Amazonas

FECHA : MAYO DEL 2021

ADICIÓN : 15% MADERA

CAJICATA : C-7 ESTRATO : E-1

ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530	
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11710	12150	11550	12030	12630	13210
Peso de Molde (gr.)	7260	7260	7246	7246	8505	8505
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4450	4890	4304	4784	4125	4705
Volumen de Molde (cm3)	3212	3212	3212	3212	3212	3212
Volumen del Disco Espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm3)	2.09	2.30	2.02	2.25	1.94	2.21
CAPSULA Nº	1	2	3	4	5	6
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	537.79	588.56	612.55	647.43	388.72	495.28
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	499.27	507.97	557.51	529.82	356.23	402.94
Peso de Agua (gr)	38.52	80.59	55.04	117.61	32.49	92.34
Peso de Cápsula (gr.)	164.53	166.14	79.46	71.26	74.64	74.17
Peso de Suelo Seco (gr.)	334.74	341.83	478.05	458.56	281.59	328.77
% de Humedad	11.51	23.58	11.51	25.65	11.54	28.09
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.878	1.880	1.815	1.790	1.739	1.727

ENSAYO DE EXPANSION

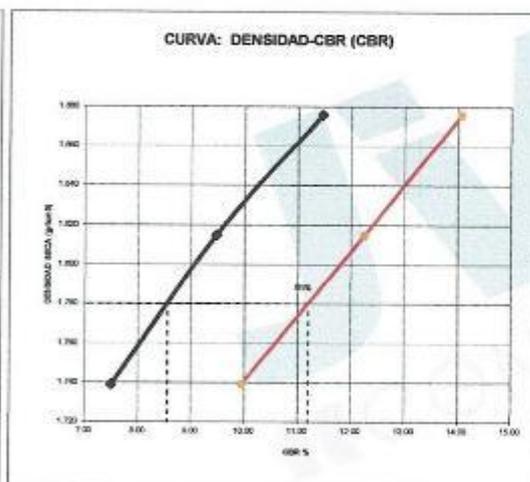
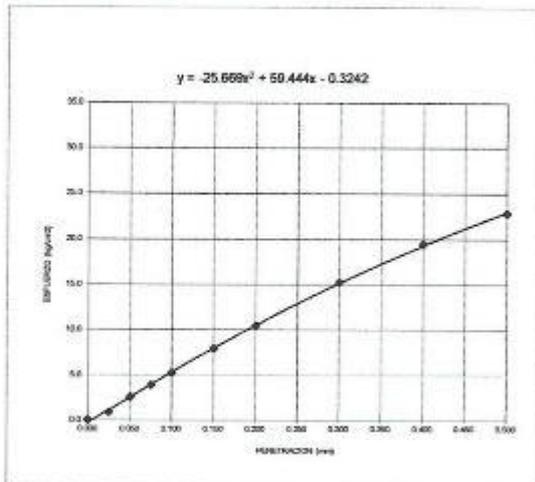
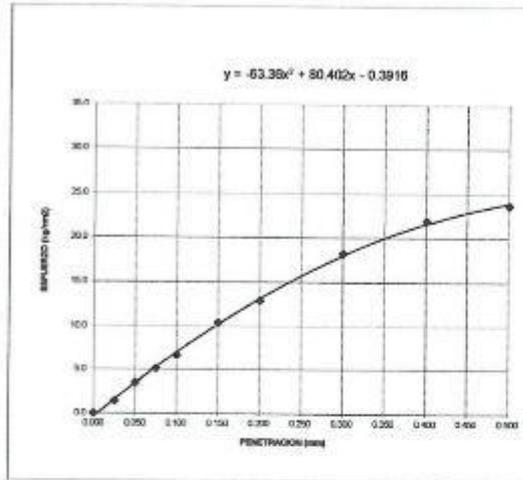
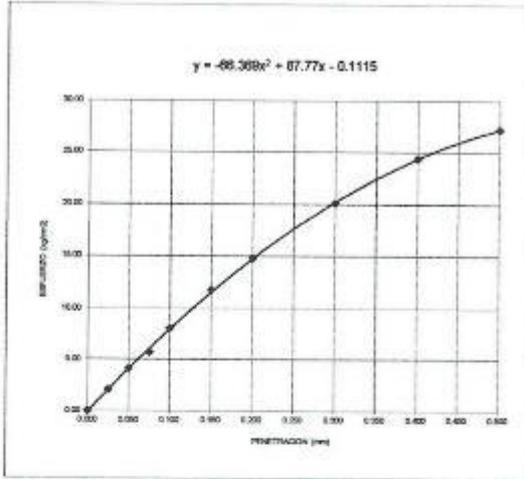
TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000			0.000			0.000		
24 hrs	1.864	1.864	1.803	1.924	1.924	1.854	1.968	1.968	1.692
48 hrs	3.087	3.087	2.654	3.124	3.124	2.888	3.357	3.357	2.887
72 hrs	4.125	4.125	3.547	4.215	4.215	3.624	4.458	4.458	3.833
96 hrs	4.398	4.398	3.782	4.463	4.463	3.837	4.634	4.634	3.985

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION	MOLDE 1 56 GOLPES	MOLDE 2 25 GOLPES		MOLDE 3 12 GOLPES	
		Carga (Kg)	Kg/cm2	Carga (Kg)	Kg/cm2
mm	mm	mm	mm	mm	mm
0.00	0.000	0.0	0.00	0.0	0.0
0.63	0.025	40.0	2.07	28.0	1.4
1.27	0.050	79.0	4.08	68.0	3.5
1.90	0.075	111.0	5.74	99.0	5.1
2.54	0.100	156.0	8.06	129.0	6.7
3.81	0.150	228.0	11.78	201.0	10.4
5.08	0.200	287.0	14.83	250.0	12.9
7.62	0.300	390.0	20.16	353.0	18.2
10.16	0.400	472.0	24.39	425.0	22.0
12.70	0.500	526.0	27.18	459.0	23.7


 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP. 140574

CALICATA : C-7 ESTRATO : E-1



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	8.1	70.35	11.46	1.876
2	0.1	6.7	70.35	9.48	1.815
3	0.1	5.3	70.35	7.49	1.739

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (kg/cm2)	PRESION PATRÓN (kg/cm2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	14.8	105.46	14.06	1.876
2	0.2	12.9	105.46	12.25	1.815
3	0.2	10.5	105.46	9.95	1.739

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 100 %	1.87
Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 95 %	1.78
ÓPTIMO Contenido de Humedad	11.50
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	0.1" 11.46% 0.2" 14.06%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	0.1" 8.55% 0.2" 11.20%




 Carlos Javier Ramirez Muñoz
 Ingeniero Civil
 CIP: 140574

Panel Fotográfico

EXCAVACIÓN DE CALICATAS Y TOMA DE MUESTRAS



Fotografía 01.- Se observa la excavación de la calicata 01 para toma de muestra en la progresiva 0+000.00



Fotografía 02.- Se observa la excavación de la calicata 02 en la progresiva 1+000.00



Fotografía 03. Se observa la excavación de la calicata 03 en la progresiva 2+000.00



Fotografía 04. Se observa la excavación de la calicata 04 en la progresiva 3+000.00



Fotografía 05. Se observa la excavación de la calicata 05 en la progresiva 4+000.00



Fotografía 06. Se observa la excavación de la calicata 06 en la progresiva 5+000.00



Fotografía 07. Se observa la excavación de la calicata 07 en la progresiva 6+000.00

REALIZACIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO DE SUELOS



Fotografía 01. Realización de Ensayo de CBR a las muestras con incorporación de ceniza de cáscara de arroz.



Fotografía 02. Realización de Ensayo de CBR a las muestras con adición de ceniza de madera.



Fotografía 03. Realización de Ensayo de Proctor modificado a las muestras con adición de ceniza de cáscara de arroz y madera.



Fotografía 04. Realización de Ensayo de Proctor modificado a las muestras .

Plano de Ubicación

