



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Influencia de ceniza de caña en la subrasante de la trocha carrozable
del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Rojas Gálvez, Jhonathan Alligery
(ORCID: 0000-0002-3516-9258)

ASESOR:

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo
(ORCID: 0000-0002-0655-523X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado primeramente a Dios, a mis padres que con su arduo trabajo hicieron que logre mi meta y a mi novia que día a día me acompaña y me dio fortaleza para lograr este proyecto.

AGRADECIMIENTO

A Dios que, con su protección y compañía, me dio la fortaleza para poder continuar; a mis padres que con su trabajo velaron por mi bienestar y educación para lograr mis metas, ofreciéndome su apoyo incondicional en todo momento y en especial a mi amor Mayly Martha Ramírez Silva, quien estuvo en los momentos más críticos de mi carrera apoyándome y no dejarme caer por la dificultad que pase en cada nivel de aprendizaje.

A la Universidad Cesar Vallejo y docentes quienes con su vasta y extensa enseñanza tengo a lograr el gran anhelo de titularme como Ingeniero Civil.

ÍNDICE

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. MARCO TEÓRICO	13
III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo y Diseño de Investigación	19
3.2. Variable y Operacionalización	20
3.3. Población, muestra y muestreo.....	21
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5. Procedimientos	25
3.6. Método de Análisis de datos	25
3.7. Aspectos éticos	25
IV. RESULTADOS.....	26
V. DISCUSIÓN	51
VI. CONCLUSIONES	55
VII. RECOMENDACIONES	56
REFERENCIAS.....	57
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Población de ensayos.....	22
Tabla N° 2: Número de calicatas para exploración de suelos.....	23
Tabla N° 3: Cantidad de ensayos de MR y CR.....	vi
Tabla N° 4: Ensayos de laboratorio.	24
Tabla N° 5: Tamizado de la alicata N°01.....	31
Tabla N° 6: Tamizado de la Calicata N°02.....	33
Tabla N° 7: Tamizado de la Calicata N°03.....	34
Tabla N° 8: Resumen de componentes y clasificación de Suelo Natural.....	36
Tabla N° 9: Limites de Atterberg de la Calicata N°01.....	37
Tabla N° 10: Limites de Atterberg de la Calicata N°02.....	38
Tabla N° 11: Limites de Atterberg de la Calicata N°03.....	39
Tabla N° 12: Resumen de resultados de ensayos de Proctor Modificado.	40
Tabla N° 13: Resumen de resultados de ensayos California Bearing Ratio.....	42
Tabla N° 14: Ensayo de Limites de Atterberg con adición de CBCA.....	45
Tabla N° 15: Ensayo de Proctor Moficado con adición de CBCA.....	46
Tabla N° 16: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con adición de CBCA.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa político del Perú.....	27
Figura 2: Mapa de la Región de Cajamarca.	27
Figura 3: Mapa de la Provincia de Cutervo.....	28
Figura 4: Vista satelital de calicatas.....	28
Figura 5: Calicata N°01	29
Figura 6: Calicata N°02	30
Figura 7: Calicata N°03	30
Figura 8: Gráfica de curva granulométrica por tamizado de la Calicata N°01	32
Figura 9: Gráfica de la curva granulométrica por tamizado de la Calicata N°02	33
Figura 10: Gráfica de curva granulométrica por tamizado de la Calicata N°03	35
Figura 11: Gráfica de contenido granulométrico de suelo natural.....	36
Figura 12: Gráfica demostrativa del Límite líquido de la Calicata N°01	37
Figura 13: Gráfica demostrativa del Limite liquido de la Calicata N°02.....	38
Figura 14: Gráfica demostrativa del Limite liquido de la Calicata N°02.....	39
Figura 15: Resultados de optimo contenido de humedad en especímenes examinados	40
Figura 16: Resultados de máxima densidad seca en especímenes examinados	41
Figura 17: Resultados de Relación de Soporte de California es especímenes examinados	42
Figura 18: Ensayo de limite liquido en Laboratorio CCECC	44
Figura 19: Ensayo de limite plástico en Laboratorio CCECC.....	44
Figura 20: Gráfico de los Limites de Atterberg con la incorporación de CBCA.....	45
Figura 21: Ensayo de proctor modificado en Laboratorio CCECC.....	46
Figura 22: Gráfico del Optimo contenido de humedad con adición de CBCA.	47
Figura 23: Gráfico de la Máxima Densidad Seca con adición de CBCA.....	47
Figura 24: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con adición de CBCA.	48
Figura 25: Gráfico del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con adición de CBCA.	49

RESUMEN

Este proyecto tuvo como objetivo general determinar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021; estableciéndose realizar ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR. Indicándose una metodología: su tipo de investigación es de nivel aplicada, presentando un diseño experimental (cuasi), de enfoque cuantitativo. Sus resultados de acuerdo a sus objetivos específicos al adicionar CBCA en 8%, 12% y 18% fueron: el primer objetivo específico fue determinar la disminución del IP, el cual se optimizó de 24% al 11% con la adición de 30% de CBCA, el segundo objetivo específico fue determinar la mejora del proctor modificado, el cual redujo el OCH de 27.60% a 8.69% y a la vez incremento la MDS de 1.456 gr/cm³ a 2.194 gr/cm³ con la adición de 8% de CBCA, el tercer objetivo específico fue determinar la mejora del CBR al 95% de la MDS, el cual incremento de 8.6% a 17.5% con la adición de 8% de CBCA. En conclusión, la ceniza de bagazo de caña de azúcar mejoró la resistencia de la subrasante.

Palabras clave: ceniza, caña de azúcar, mejoramiento, resistencia.

ABSTRACT

The general objective of this project was to determine the influence of sugar cane bagasse ash on the subgrade of the dirt road of the San Antonio town center, Cajamarca - 2021; establishing to carry out tests of Granulometry, Atterberg Limits, Modified Proctor and CBR. Indicating a methodology: its type of research is of applied level, presenting an experimental design (quasi), of quantitative approach. Its results according to its specific objectives when adding CBCA in 8%, 12% and 18% were: the first specific objective was to determine the decrease of the PI, which was optimized from 24% to 11% with the addition of 30% of CBCA, the second specific objective was to determine the improvement of the modified proctor, which reduced the OCH from 27.60% to 8.69% and the second specific objective was to determine the improvement of the modified proctor, which reduced the OCH from 27.60% to 8.69%. 60% to 8.69% and at the same time increased the MDS from 1.456 gr/cm³ to 2.194 gr/cm³ with the addition of 8% CBCA, the third specific objective was to determine the improvement of the CBR at 95% of the MDS, which increased from 8.6% to 17.5% with the addition of 8% CBCA. In conclusion, sugarcane bagasse ash improved subgrade strength.

Keywords: ash, sugarcane, improvement, strength.

I. INTRODUCCIÓN

Hace muchas décadas el hombre creó caminos y carreteras que sean accesibles para poder transitar de comunidad en comunidad, estas carreteras tenían muchas fallas por el tipo de suelo; es por ello que con el avance del tiempo esto fue mejorando gracias a procedimientos que hacían que estas capas de suelo (subrasante) mejoren sus características mediante procesos físicos y químicos. A nivel internacional en Colombia se realizó un estudio, del comportamiento del material granular tipo afirmado con adición de cemento y CBCA, donde se demostró que el CBCA mejoró drásticamente el costo de mezcla, ya que produjo una disminución en el porcentaje de cemento tras solo añadir un 25% de CBCA, esto mejoró la resistencia y la durabilidad del material¹. En Nicaragua se realizó otro estudio, en este caso se estabilizó suelos cohesivos con adición de cal, esta investigación tuvo resultados factibles en la mejora de suelos plásticos, la incorporación de cal hidratada logró reducir la expansión o hinchamiento de los suelos², por último en Ecuador se realizó otro estudio, se analizó la capacidad de soporte se mejoró suelos incluyendo cenizas de carbón, este estudio resultó ser muy útil, ya que se comprobó que al usar ceniza de carbón mejora secuencialmente características del suelo, aumenta la resistencia y el grado de compactación³.

A nivel nacional, se desarrollaron investigaciones similares referentes al tema de análisis, entre ellos en el departamento de Trujillo, distrito de Laredo se realizó un estudio de mejoramiento para un suelo con CBCA, donde se realizaron pruebas de plasticidad, proctor modificado y CBR, mostrando resultados positivos, los resultados adquiridos fueron convenientes ya que mejoró de manera positiva la subrasante de dicho lugar, disminuyó el costo y ocasionó menos daños en el medio ambiente⁴. En el departamento de Ancash, localidad de Huaraz, hubo otra investigación que también se optó por usar el CBCA, para el mejoramiento de suelos, donde se obtuvo resultados favorables donde se llegó a identificar que el CBCA tiene conducta puzolánica ya que en su composición tiene presencia de elementos químicos como el sílice, aluminio y fierro lo cual mejora de manera favorable las características del suelo, añadiendo un 20% de CBCA este pueda llegar a aumentar la capacidad portante en un porcentaje adecuado de CBR⁵.

A nivel Local, el centro poblado de San Antonio está ubicado en Súcota distrito de Cutervo – Cajamarca. Donde actualmente es un pueblo con precipitaciones de intensidades muy altas, provocando erosiones de riberas y deslizamientos de taludes presentando épocas lluviosas muy fuertes lo cual provoca humedades excepcionalmente altas, con un promedio de 82.64% de humedad que se presenta mensualmente, aumentando en tiempos lluviosos. De acuerdo al terreno encontrado en campo, se pudo notar que el suelo de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio es un suelo con bastante contenido en limos y arcillas, el cual presenta hundimientos en la carretera, provocando daños a unidades de transporte que transitan por la zona, el proyecto a investigar inicia en el tramo KM 4+280 hasta llegar al centro poblado o KM 6+280, llegando a obtener 2 KM para el estudio. Este ya cuenta con estabilización a nivel de subrasante, pero con diferente material.

Formulación del problema: En muchas partes del país las carreteras favorecen la integración de los mercados, disminuye el tiempo de trasladarse y mejora los costos de transporte, eso se ve desde un punto de vista alto, pero hay zonas en las cuales el financiamiento no llega a concluir con estos proyectos, es por ello que la zona a evaluar consta con un tipo de suelo limoso por lo que la deficiencia en sus propiedades decrece, ya que es una zona que es afectada por las lluvias y por el tránsito diario de volquetes o camiones que transitan por esta ruta, es por ello que se optó a mejorar la trocha carrozable con 2 KM de recorrido, añadiendo CBCA para determinar si la ceniza de caña influye en el comportamiento de la subrasante, con el único propósito de disminuir su índice plástico, reducir la humedad óptima incrementar la densidad seca máxima y aumentar la resistencia de la subrasante.

Por tal motivo que en la presente investigación se ha planteado el siguiente *Problema General*: ¿De qué manera influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021? Similarmente se plantearon los *Problemas Específicos*: ¿Cuánto influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad en la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021?; ¿Cuánto influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el proctor modificado en la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021?; ¿Cuánto influye la ceniza de bagazo de caña de

azúcar en la capacidad portante de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021?

Por consiguiente, se justifica esta investigación proponiendo nuevos métodos de solución para mejorar la subrasante, haciendo uso de residuos producidos por fábricas azucareras, ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA); la reutilización de estos residuos podrá ser un ente beneficioso para el medio ambiente, esta alternativa que se da a conocer busca promover una alternativa de solución al problema de estabilización de caminos viales: **justificación teórica**, respecto a la variable independiente que son cenizas de bagazo de caña de azúcar se señala que es una semilla tropical, un pasto gigante unido con la planta de maíz, formando un líquido rico y nutriente en sacarosa⁶. Respecto a la variable dependiente que es subrasante se acota es el material que se obtiene in situ sobre el que se coloca una base de pavimento o infraestructura, esta es primordial para el rendimiento y desempeño de un pavimento⁷. **La justificación metodológica**, está ligada a alcanzar y efectuar los objetivos dados en el estudio de una manera eficaz en base a las técnicas e instrumentos utilizados para cada variable. Para la variable independiente que es: ceniza de bagazo de caña de azúcar y la variable dependiente, que es: subrasante, ambos dados en la trocha Carrozable Sókota – San Antonio, a su vez trata de obtener validez y confiabilidad de la variable de estudio, llegando a la comprobación respecto a que el CBCA estabilizan suelos. **La justificación social**, es fundamental que la infraestructura vial se encuentre en óptimas condiciones de transitabilidad y durabilidad, es por ello que los proyectos promovidos por el estado sean de calidad y responsabilidad por parte de las empresas contratistas; es por ello, que los beneficiarios serán los pobladores del CP. San Antonio, por la mejora de la subrasante para que estos sean vecinos y transiten por la trocha mejorada. **La justificación técnica**, es la investigación que trata de dar a conocer el uso de la caña de azúcar como un aditivo más para la mejora de las características e inestabilidad de la carretera, la transitabilidad vehicular del mismo modo promover el uso sustentable para ya no usar los procesos químicos tradicionales que concibe la cal, yeso y el cemento, así mismo disminuir el costo usando estos conglomerantes tradicionales.

En la siguiente investigación, se propone la *Hipótesis General*: La ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físico-mecánicas en la

subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021. Similarmente se plantearon las *Hipótesis Específicas*: La ceniza de bagazo de caña de azúcar disminuye el índice de plasticidad en la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021; La ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora el proctor modificado en la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021; La ceniza de bagazo de caña de azúcar aumenta la capacidad portante de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.

También se planteó el *Objetivo General*: Determinar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021. En forma similar se plantearon los *Objetivos Específicos*: Especificar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021. Determinar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el proctor modificado de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021. Indicar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la capacidad portante de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.

II. MARCO TEÓRICO

Como antecedentes Nacionales se tiene a Terrones (2018), tuvo como objetivo de investigación mejorar la resistencia de la subrasante, añadiendo CBC en la subrasante del sector de Barraza - Trujillo, la investigación realizada fue de tipo experimental, con una población de probetas cilíndricas con porcentajes de 5%, 10%, 15% de CBCA y con una muestra de 42 probetas y su muestreo será representativa, los instrumentos fueron: determinar la densidad máxima seca, contenidos de humedad, resistencia a compresión y porcentaje de CBR, como resultado se llegó a considerar 15% de adición de CBCA, ya que alcanzo a la resistencia con un promedio de 150.06 KPa y un CBR de 23.67%. Se concluyó que al añadir CBCA a un suelo con características deficientes, esta mejora las propiedades mecánicas y reduce los costos de mantenimiento.⁸

Espinoza y Velásquez (2018), tuvo como objetivo principal, determinar el mejoramiento de suelos añadiendo CCA en el tramo de Pinar – Independencia, la investigación fue de experimental, con una población de suelos existentes en la zona, con una muestra de material obtenido de la zona, y muestreo será intensional, los instrumentos fueron: determinar la granulometría, plasticidad, proctor y CBR, como resultado logro evaluar que al añadir 20% de CCA el CBR sobrepasa un valor de 95%, reduce el índice de plasticidad a un 9.73% y una humedad optima de 9.567%. Concluyendo que el CCA mejora las características mecánicas del suelo y este puede ser usada para fines de estructuras viales.⁹

Mamani y Yataco (2017), tuvo como objetivo principal analizar cómo influye la ceniza de madera en un suelo en la ciudad de Ayacucho. Esta investigación es de tipo experimental, con una población de suelos obtenidos del distrito de Pacaicasa – Ayacucho, con una muestra de suelo y ceniza de madera de fondo y muestreo representativo, los instrumentos fueron: determinar el índice de plasticidad, contenido de humedad, proctor modificado. Los resultados mostraron que hay una mejor conglomeración entre ceniza de madera y suelo y se concluyó que al añadir ceniza de madera este desarrolla un crecimiento gradual en la resistencia.¹⁰

Bonilla, Jiménez y Páramo (2019), tuvo como objetivo de investigación, evaluar las condiciones mecánicas de la mezcla del material granular tipo afirmado adicionando cemento portland y bagazo de caña (CBCA). Este estudio fue de tipo exploratoria, con una muestra de probetas y muestreo de adición de cemento y CBCA con porcentajes de (5%, 15%, 25%) y (25%, 50%, 75%) para realizar pruebas ensayos de laboratorio, los instrumentos fueron determinar: la humedad optima, densidad seca y CBR, los resultados determinaron la posibilidad de usar el CBCA como material estabilizador para el afirmado, reduciendo los costos y generando una trabajabilidad optima. Se concluyó que el material granular tipo afirmado presento un aumento del índice de resistencia en todas las matrices que se realizó en la investigación, la adición de 75% de cemento y 25% de CBCA es muy óptimo para mejorar las características del afirmado.¹¹

Altamirano y Díaz (2015), tuvo como objetivo de investigación: usar la cal hidratada como aditivo estabilizador para mejorar los suelos de la comunidad de San Isidro. Este estudio fue de tipo experimental y exploratorio, con una población ubicada en las vías de la comunidad, la muestra obtenida principalmente de los suelos y para el muestreo se realizaron calicatas de 1 metro cuadrado con una profundidad de 1 y 2 metros, los instrumentos usados en la investigación fueron las normas ASTM, la recopilación de datos, muestreo de suelos y análisis de laboratorio. Los resultados obtenidos fueron llevados a el software Excel. Se concluyó que al adicionar 9% de cal este mejoraba de manera positiva las condiciones del suelo, se logró un 61% con adición de cal donde presento una disminución en el hinchamiento de ese tipo de suelos, por lo que la cal funciona satisfactoriamente en la estabilización de suelos con deficiencias en su resistencia.¹²

Cañar (2017), tuvo como objetivo de investigación: evaluar la resistencia y el comportamiento de los suelos, luego de haber añadido ceniza de carbón. Su tipo de investigación fue experimental, con una población en base a mapas del suelo a extraer, la muestra fue tomar especímenes de suelos, los instrumentos fueron: determinar la granulometría y limites atterberg con el método SUCS, los resultados fueron que, al añadir ceniza de carbón, beneficia el mejoramiento de la subrasante, mejorando en un 4% su capacidad portante. En conclusión, la incorporación de ceniza de carbón reacciona positivamente en la subrasante formando una capa compacta, mejorando el CBR y su resistencia.¹³

Chhachhia (2015), the research objective the feasibility of using sugarcane bagasse ash to improve the geotechnical properties of the soil. This study is type experimental, with a population located in the district of Dayalpur in Kurukshetra. The sample obtained mainly from locally available soil from the village fields and for sampling technique altered and carefully sorted by hand to remove vegetable matter and pebbles. The instruments used in the investigation were geotechnical tests, characterizations tests, determination of moisture content, determination of Atterberg limits, Specific gravity test by pycnometer, strength tests, standard supervisor test, California load ratio test. The results obtained from the loading ratio indicate that the CBR value increases up to 20% replacement of the sugarcane bagasse ash. With a further increase in the percentage of sugarcane bagasse ash, the CBR value decreases. These results show that the sugarcane bagasse ash can be used as a stabilizer against its optimum percentage, that is, 20%, to increase the CBR values of the subgrade. It was concluded that the CBR value increased with an increasing percentage of sugarcane bagasse ash to an optimal percentage, that is, 20%.¹⁴

Bethlehem (2015), the research objective of the research is to analyze the effect of sugarcane bagasse ash on some geotechnical properties of the land. This study is type experimental procedure, with a population. The sample obtained used from the reddish-brown lateritic soil obtained at a depth of one meter by a method sampled from a loan well in Mekenajo, 456 km west of Addis Ababa; and the instruments used in the investigation where the test samples were subjected to Atterberg limit, free swelling, linear shrinkage, Compaction and CBR tests. The lateritic soil under study belongs to soil class A-7-6 according to the AASHTO soil classification system. The results showed a decrease in the values of dry density and an increase in the bearing capacity (CBR). It was concluded that sugar cane bagasse ash is not effective as a stabilizer for the improvement of soil characteristics.¹⁵

Khaoya (2016), the research objective was: to study the behavior of expansive soils using lime, bagasse ash in the stabilization of this type of soil, the research carried out was experimental, with a population of specimens with percentages of 4%, 5%, 6% of lime and bagasse ash, and with a sample of proportions of mixture of lime and ash 1: 4, 2: 3, 3 : 2 and 4: 1, the instruments were: determination of the plasticity index and California Bearing Ratio (CBR), as a result it was considered that the

addition of a combination of ash and lime reduces the linear shrinkage of the soils. It was concluded that bagasse ash can be a substitute material for lime and can be used to stabilize soils.¹⁶

Farias, Mendoza y Baltazar (2018), tuvo como objetivo principal: analizar la influencia que tiene el CBCA como reemplazo parcial del cemento, el tipo es experimental, para dicha investigación se sustituyó el cemento con porcentajes de 0%, 25%, 50%, 100% de CBCA, los resultados obtenidos mostraron mejor caracterización en el suelo, tanto en compactación, resistencia y CBR reduciendo el consumo de cemento en un 25%. Se concluyó que el CBCA puede ser usado para mejorar suelos granulares, mostrando incrementos de resistencia, y obtener un CBR optimó.¹⁷

Goñas y Saldaña (2020), para dicho experimento se sacaron muestras de suelo extraído de Chachapoyas, para lo cual se realizó combinaciones se suelo adicionando cenizas en porcentajes de 15%, 20% y 25% de lo cual un ensayo fue para los límites de consistencia y compactación de Proctor estándar y 5 repeticiones para el california bearing ratio (CBR), llegando a concluir que la incorporación de cenizas de carbón mejoran el CBR pero no cumplen como material estabilizante ya que se obtuvieron CBR no mayor al 6%, lo cual no superó el porcentaje según la norma de pavimentos.¹⁸

Elizondo, Navas y Sibaja (2010), para dicho experimento se calculó el contenido inicial de cal, para añadir al terreno natural con porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8%, donde se realizaron el ensayo de densidad y humedad optima, también se realizó 3 muestras para ensayos compresión incofinada y durabilidad, una vez concluida las muestras los resultados obtenidos fueron que al comparar los especímenes de muestra adicionada de cal se evaluó que su resistencia mínima es de (1725 kpa) la cual puede ser usada como subbase o material selecto para la elaboración de infraestructura vial, se concluyó que la cal es un material favorable para la estabilización de suelos, debido al gran contenido de calcio y magnesio mientras más porcentaje de cal se aumenta en la muestra mayor mejora en las características mecánicas del suelo mejorara.¹⁹

TEORÍAS

Definición de suelo

Los elementos de un suelo son partículas sólidas y vacías, las cuales pueden tener diferente composición, forma y distribución de tamaño, mientras que en los vacíos están llenos de aire y agua.²⁰

Suelo limoso

El suelo limoso es conocido como cohesivo, es aquel suelo que está compuesto por partículas más pequeñas y suaves al tacto, es la mezcla de arenas y arcillas, en particular son de color marrón, retienen el agua, y su textura es una forma de barro o lodo lo cual permite la producción de cultivos por su alta humedad y nutrientes que presentan.²¹

Subrasante

La subrasante es el material que se encuentra en campo, la cual es la capa base de una estructura pavimentada, la subrasante a menudo es el principal factor que es primordial en el desempeño de un pavimento.²²

Estabilización en suelos

Cada estabilización tiene un mecanismo, el cual varía ampliamente desde la formación de nuevos compuestos que unen las partículas de los suelos más finas para recubrir vacíos con algún tipo de aditivo, limitando la sensibilidad a la humedad.²² Mejorar las características de un suelo hace que este pueda ser usado para diferentes proyectos de ingeniería.

Cenizas de bagazo de caña de azúcar

El bagazo es el material con fibra no biodegradable que queda luego de la extraer la sustancia dulce de la caña y es uno de los principales residuos sólidos generados por la fabricación de caña de azúcar en proceso²³. Según ASTM C618, las puzolanas naturales deben consistir en un 70% de sílice, alúmina y óxido de hierro²⁴. Según estudios realizados la ceniza del bagazo de caña es un material puzolánico natural, el cual presenta componentes como el sílice, aluminio y hierro, la cual cumple con los requisitos de la norma y puede usarse como material estabilizante.

Límites de Atterberg

Son usados ampliamente en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos para fines de ingeniería y geología, así como en la agricultura²⁵. Son propiedades que sirven para clasificar los suelos y evaluar la humedad que este posee.

Limite Liquido

Es el contenido de humedad que posee un suelo el cual pasa de un comportamiento líquido a plástico, como el suelo tiene una resistencia a la corte nula el limite liquido se determina como la cantidad de agua que posee un suelo la cual está asociado a una resistencia al corte baja elegida arbitrariamente.²⁶

Limite Plástico

Es el contenido de agua que posee un suelo en el que se hace una transición de comportamiento dúctil a frágil, el método para hallar el limite plástico consiste en formar un hilo de tierra sobre una placa de vidrio hasta que este se agriete con un diámetro determinado, sus agrietamientos pueden ser causado por la entrada de aire o la cavitación dentro del hilo de suelo.²⁷

California Bearing Ratio (CBR)

Es una de resistencia simple que compara la capacidad de soporte de un material, este ensayo esta principalmente pensado para examinar la resistencia de los componentes cohesivos con un tamaño nominal máximo de partícula inferior a 19mm (0.75 pulgadas).²⁸

Proctor modificado

Para compactar un suelo, esta necesita secarse un poco a partir del contenido de humedad debido a las propiedades cohesivas del suelo, el proctor modificado sirve para obtener la máxima densidad que puede obtener un suelo tras ser compactado en cinco capas y 25 golpes consecutivos.²⁹

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de Investigación

Tipo de Investigación:

Es de nivel aplicado, conocida como investigación de acción, operaciones, social o investigación vinculada a la decisión, es aquella que se inspira en los problemas sociales y tiene como objetivo encontrar una solución practica para un problema inmediato, haciendo uso de los recursos disponibles.³⁰

Es por ello, que la presente investigación es de nivel aplicada, donde se buscó una alternativa de solución basados en conceptos obtenidos al mejoramiento de la subrasante con el uso CBCA, en base a los estudios de casos similares con el fin de tomar una decisión en la mejora de resistencia de la subrasante y atribuirle una solución a la sociedad.

Niveles de Investigación:

El estudio explicativo se basa en hallar las causas y/o efectos que tienen las variables de estudio, la cual se basa en explicar eventos particulares, objetos de estudio ya realizados de modo suficiente. Permite interpretar todos los argumentos para comprobar la hipótesis general.³¹

El nivel que se usara en esta investigación es explicativo (causa-efecto), ya que se evaluara las variables de estudio para determinar si el CBCA mejora las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.

Enfoque:

El enfoque cuantitativo, son fenómenos que se describen de manera objetiva, son medibles partiendo desde la observación de las variables, particularmente esta investigación es de naturaleza numérica, porque busca explicar la hipótesis planteada mediante la experimentación.³²

El enfoque que presenta la investigación es cuantitativo, ya que se realizaran experimentos, para probar las hipótesis planteadas y la relación de la variable independiente, dependiente.

Diseño de Investigación:

La investigación cuasi experimental es aquella en que los participantes son preasignados a grupos en función de alguna característica o cualidad, como las diferencias de sexo, edad, barrio, raza, entre otros. Además, es el único diseño de investigación que puede establecer realmente las relaciones de causa y efecto.³³

De este modo, la investigación es un diseño cuasi experimental, de modo que se combinara cantidades de CBCA intencionalmente en porcentajes (8%, 12% y 30%) en la muestra patrón, con el fin de examinar la influencia del CBCA en las propiedades de la subrasante, además de acuerdo a la observación realizada se cataloga como un suelo con presencias de limos y arcillas. Las dosificaciones seleccionadas fueron elegidas en base a diferentes proyectos de diferentes autores (tesis: Terrones 5%, 10%, 15% y Pastor 25%, 35%, 45%).

3.2. Variable y Operacionalización

Variable Independiente: Ceniza de bagazo de caña de azúcar.

Definición conceptual: La caña de azúcar se usa típicamente para producir azúcar y etanol, luego de sacar el contenido líquido de caña de azúcar se produce el bagazo que es el 50% de la calidad de la caña, el bagazo se utiliza normalmente como combustible para producir vapor y generar electricidad, en este proceso las cenizas de bagazo de caña de azúcar quedan como residuo final en la producción de azúcar.³⁴

Definición operacional: Las dosificaciones de CBCA en 8%, 12% y 30% respecto al m³ del material, empleándose para las 03 muestras, con el objetivo de disminuir el índice de plasticidad, reducir la humedad óptima, elevar la densidad máxima seca y aumentar el CBR, inicialmente se realizaron calicatas para realizar los ensayos descritos.

Variable Dependiente: Subrasante.

Definición conceptual: La base de la carretera o el suelo sobre el que la carretera se denomina subrasante, donde existen varios factores que afectan su resistencia, como el tipo de suelo de la subrasante, la densidad de tráfico e incluso las condiciones meteorológicas a las cuales está sometida la subrasante,

es en el caso de un suelo tipo limoso el cual se contrae y sufre un hinchamiento debido al contenido de humedad que este posee.³⁵

Definición operacional:

En la subrasante como tal se realizaron ensayos con CBCA, las cuales influyeron en las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Para ello, se hicieron experimentos de proctor modificado, para las 4 combinaciones descritas (N, 8%, 12%, 30%), con el fin de reducir la humedad en cada una de estas combinaciones, también se realizó ensayos de CBR y capacidad portante en las 4 combinaciones descritas (N, 8%, 12%, 30%), los ensayos que serán realizados tienen la finalidad de obtener resultados favorables en la subrasante, comprobados y evidenciados por las fichas de laboratorio.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Es el conjunto total de eventos, observaciones que caracterizan al objeto, en las que se pretende examinar las características que son halladas en un territorio.³⁶

Para esta investigación la población será, las calicatas con una profundidad mínima de 1.50 metros realizadas en la subrasante de la trocha carrozable que va dirigida desde el KM 4+280 hasta el KM 6+280, logrando obtener unos dos kilómetros de estudio, cabe destacar que las carreteras de bajo volumen de transito presentan un índice de vehículos menor o igual a 200 veh/día para una calzada.

Tabla N° 1: Población de ensayos.

Aditivo	Porcentaje adicionado (%)	Número de ensayos		
		Límites de atterberg	Proctor modificado	CBR
Ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)	0.0%	1	1	1
	8.0%	1	1	1
	12.0%	1	1	1
	30.0%	1	1	1
SUBTOTAL		4	4	4
TOTAL		16		

Fuente: Elaboración propia

Muestra

Es el total de casos que fueron sacados de la población, la cual dará a conocer datos de la misma.³⁷

La muestra fueron 3 calicatas desarrolladas en los 2KM de la subrasante, realizando la clasificación de suelos, donde se toma en cuenta la más desfavorable (limos orgánicos) de los especímenes examinados, y extrayendo la cantidad necesaria para realizar los ensayos que están recalcadas en las hipótesis de estudio.

Según el MTC, se destaca que la carretera es de bajo volumen de tránsito por tener un IMDA menor de 200 vehículos por día, para lo cual en la Tabla N°2, nos indica que se realizara una calicata por kilómetro, además en la Tabla N°3, menciona que se realizara un CBR cada 3 kilómetros para este tipo de carretera, pero por tener 2 kilómetros de la selección desfavorable, se realizaran 4 ensayos CBR, proctor modificado y límites de Atterberg con proporciones de (N, N+8%, N+12%, N+30%).

Tabla N° 2: Número de calicatas para exploración de suelos.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	1 calicata x km	

Fuente: Manual de Carreteras (2014, pág. 26)

Tabla N° 3: Cantidad de ensayos de MR y CR.

Tipo de Carretera	N° MR y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	- Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	- Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido - Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido - Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1 MR cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	- Cada 1.5 km se realizará un CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	- Cada 2 km se realizará un CBR (*)
Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: Manual de Carreteras (2014, pág. 28)

Muestreo

El muestreo que se realizara en la presente investigación es no probabilístico, “ya que este depende de la opinión personal del investigador donde el elegirá de manera arbitraria o consciente el tipo de elementos que incluirá en la muestra”.³⁸

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica de recolección de datos

El análisis de datos consiste en analizar los datos que se obtendrán apoyándose a través del análisis de los resultados, por lo tanto, se tendrá que clasificar los datos en categorías necesarias, esta debe basarse en el problema estudiado o en la hipótesis formulada.³⁹

La técnica a usar para este método de obtención de datos, serán los ensayos que se realizaran en laboratorio, donde se determinara la clasificación de la subrasante, y en singularidad a los instrumentos de recojo de datos será mediante fichas de laboratorio, con los siguientes indicadores (N, 8%, 12% y

30%), además tendrá validez que otorgara el laboratorio de suelos cerca de la zona de estudio. Además, se emplearán normas del MTC, ASTM y NTP.

Instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos, son recursos, dispositivos o formatos, que son usados para obtener, registrar u almacenar cualquier información.⁴⁰

En esta investigación los instrumentos a usar para la recolección de datos serán:

- Guía de observación
- Fichas de laboratorio
- Ensayos de laboratorio

Tabla N° 4: *Ensayos de laboratorio.*

ENSAYOS DE LABORATORIO	ENSAYO	INSTRUMENTO
	Ensayo de Análisis Granulométrico	Según Ficha de Laboratorio (Anexo 4)
	Ensayo de límites de Atterberg (límite líquido y límite plástico)	Según Ficha de Laboratorio (Anexo 4)
	Ensayo de Proctor modificado	Según Ficha de Laboratorio (Anexo 4)
	Ensayo de CBR	Según Ficha de Laboratorio (Anexo 4)

Fuente: Elaboración propia

Validez

La validez es un instrumento que permite medir la variable de estudio de la cual se está midiendo, además esta se evalúa encima de la base de todos los tipos de toda evidencia.⁴¹

Esta investigación se está considerando la validación o juicio de expertos, los cuales son 3 profesionales colegiados, quienes evaluaron la variable de estudio y aceptaron el instrumento a usar.

Confiabilidad

La confiabilidad se refiere a la medición de un instrumento, donde el grado de aplicación repetitivamente al mismo, produce resultados iguales.⁴²

Al referirse a confiabilidad, quiere decir que los resultados que se obtendrán en laboratorio, serán confiables, puesto que se realizaran varios ensayos para determinar el objeto de estudio. Para ello los resultados que brindara el laboratorio tendrán que contar con exactitud y confiabilidad.

3.5. Procedimientos

Para la recolección de muestras de suelo, se excavarán calicatas, con una profundidad no menor a 1.5 mts al nivel de la subrasante, luego las muestras obtenidas se trasladaron al laboratorio, para someterlos a los ensayos como: Límites de Atterberg, proctor modificado y CBR, haciendo uso de normas ASTM, aplicando CBCA en 8%, 12% y 30% en relación al volumen del suelo. Con la finalidad de analizar y obtener resultados óptimos.

3.6. Método de Análisis de datos

Para recopilar los datos, se elaboró usando la técnica de la observación directa, a través del cual se observó minuciosamente y a detalle cada ensayo realizado en laboratorio de suelos. De este modo, se pudo comparar los resultados con las hipótesis planteadas en la investigación.

3.7. Aspectos éticos

Como autor de esta investigación y alumno de la carrera de Ingeniería Civil, el trabajo realizado fue con la completa honestidad, honradez, respeto y confianza de no haber copiado parte de las tesis de otros autores, respetando todos sus aportes y cumpliendo con la veracidad para realizar dicho proyecto, y así culminando este proyecto exitosamente.

La investigación realizada tiene un gran propósito, inculcar e incentivar a los futuros jóvenes de la carrera de Ingeniería Civil a promover la investigación, generar aprendizaje y en términos técnicos que esta investigación presente interés en el uso de aditivos tradicionales y residuales para estabilización de suelos, con el fin de ahorrar en cada proyecto a realizar referente a la investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Memoria Descriptiva

4.3.1. Datos generales

Proyecto:

“Influencia de Ceniza de Caña en la Subrasante de la Trocha Carrozable del Centro Poblado San Antonio, Cajamarca – 2021”.

4.3.2. Ubicación geográfica

Cutervo es una ciudad en desarrollo ubicada al Norte del Perú y es la capital de la región de Cajamarca, en la cadena central de los Andes Norteños del Perú. La investigación se realizó en la trocha carrozable del Centro Poblado San Antonio, perteneciente al distrito de Sócota teniendo como límites, por el Norte con el distrito de San Andrés, por el Sur con Anguía, por el Este con el distrito de San Luis de la Lucma y por el Oeste con el distrito de San Andrés.

REGIÓN	: Cajamarca
PROVINCIA	: Cutervo
DISTRITO	: Sócota
LOCALIDAD	: CCPP San Antonio
REGIÓN GEOGRÁFICA	: Sierra
ALTITUD PROMEDIO	: 2131 m.s.n.m.



Figura 1: Mapa político del Perú.
Fuente: Elaboración propia



Figura 2: Mapa de la Región de Cajamarca.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 3: Mapa de la Provincia de Cutervo.
Fuente: Elaboración propia.

El proyecto se elaboró en la carretera San Antonio, distrito de Sócuta perteneciente a la provincia de Cutervo, para lo cual se seleccionó 03 calicatas en un tramo de la trocha carrozable Sócuta – San Antonio.

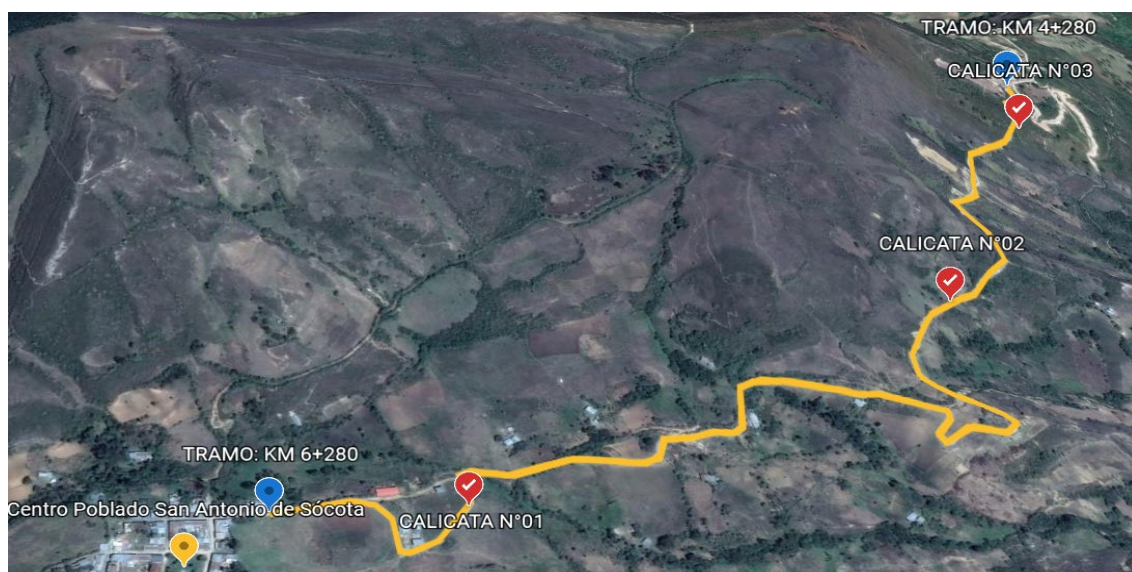


Figura 4: Vista satelital de calicatas.
Fuente: Elaboración propia.

4.2. Procedimiento previo al análisis

El estudio se realizó en la trocha carrozable del Centro Poblado San Antonio, que está a 30 minutos del distrito de Sócuta, donde se realizó 3 calicatas en las siguientes progresivas.

DESCRIPCIÓN	:	C-01
Progresiva	:	4+120 km
Profundidad	:	1.90 mts
Dimensiones	:	1.00x1.20 mts
Lado de vía	:	Izquierdo



Figura 5: Calicata N°01
Fuente: Elaboración propia.

DESCRIPCIÓN	:	C-02
Progresiva	:	5+220 km
Profundidad	:	1.90 mts
Dimensiones	:	1.00x1.20 mts
Lado de vía	:	Derecho



Figura 6: Calicata N°02
Fuente: Elaboración propia

DESCRIPCIÓN	:	C-03
Progresiva	:	6+280 km
Profundidad	:	1.90 mts
Dimensiones	:	1.00x1.20 mts
Lado de vía	:	Izquierdo



Figura 7: Calicata N°03
Fuente: Elaboración propia

4.3. Ensayos de laboratorio

Análisis Granulométrico – (ASTM D-422, MTC E-107)

Sirve para determinar la distribución de partículas del suelo en sus diferentes tamaños las cuales pasan por diferentes tamices, hasta pasar el tamiz N°200 y así poder clasificar el tipo de suelo que se está trabajando.

De acuerdo al Manual de Carretera, suelos y pavimentos nos indica que las carreteras de bajo volumen de tránsito se les tendrá que realizar una calicata por kilómetro, para ello se realizaron 3 calicatas para realizar sus respectivos ensayos granulométricos, identificando el terreno más desfavorable y así poder elaborar los ensayos de mejoramiento con adición de CBCA.

En la **Tabla N°5**, se presentan resultados de los ensayos correspondientes al análisis granulométrico por tamizado de la muestra obtenida en la **CALICATA 01**.

Tabla N° 5: Tamizado de la calicata N°01.

ENSAYO CALICATA N°01			PESO DE MUESTRA		1862.3
TAMICES	ABERTURA	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA
ASTM	EN (mm)				
4"	100.000	0.00	0.0	0.0	100.0
3 1/2"	88.900	0.00	0.0	0.0	100.0
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	110.00	5.9	5.9	94.1
1"	25.400	127.60	6.9	12.8	87.2
3/4"	19.050	35.40	1.9	14.7	85.3
1/2"	12.700	34.10	1.8	16.5	83.5
3/8"	9.525	63.00	3.4	19.9	80.1
N°4	4.750	158.70	8.5	28.4	71.6
N°10	2.000	246.20	13.2	41.6	58.4
N°20	0.840	171.60	9.2	50.8	49.2
N°40	0.425	136.10	7.3	58.1	41.9
N°60	0.250	100.40	5.4	63.5	36.5
N°100	0.150	106.90	5.7	69.3	30.7
N°200	0.075	100.60	5.4	74.7	25.3
Fondo		471.70	25.3	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

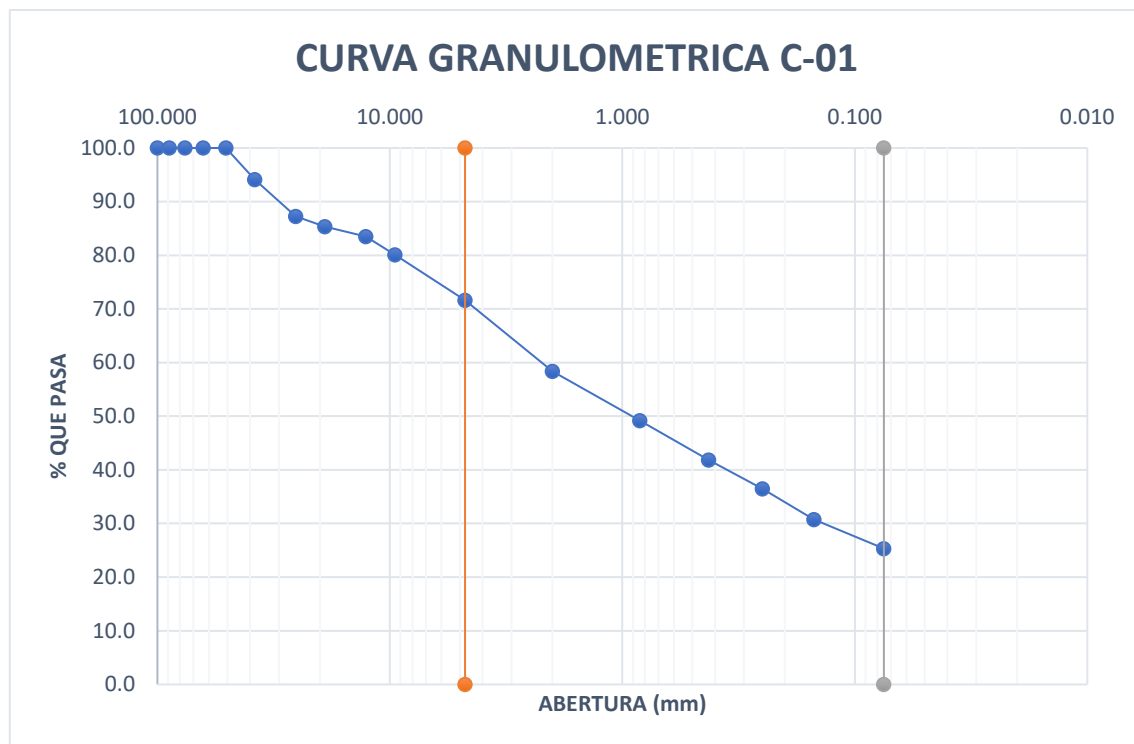


Figura 8: Gráfica de curva granulométrica por tamizado de la Calicata N°01
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según el ensayo de análisis granulométrico de la **CALICATA N°01**, de la muestra obtenida en campo, el 25.3% de la muestra logro pasar la malla N°200 con poca incidencia de finos, mientras que el 46.3% logro pasar la malla N°4, siendo este considerado un material arenoso y por ultimo un 28.4% del material que paso la malla de 3" hasta la malla N°4 es considerado como grava.

De acuerdo a la muestra extraída de la **CALICATA N°01** ubicada en el km 4+120, de la trocha Súcota – San Antonio, en el laboratorio (CHINA CIVIL ENGINEERING CONSTRUCTION CORPORATION SUCURSAL DEL PERU), mediante el sistema SUCS se pudo determinar que el tipo de suelo es una arena arcillosa (SC) y mediante la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-2-6 (0).

De igual manera para la **CALICATA N°02** y **CALICATA N°03**, se realizó el mismo procedimiento para determinar su granulometría y clasificación de suelos. En las **Tablas N°6 y 7**, se presentan resultados del análisis granulométrico por tamizado de cada uno de ellos.

Tabla N° 6: Tamizado de la Calicata N°02.

ENSAYO CALICATA N°02			PESO DE MUESTRA		1713.8
TAMICES	ABERTURA	PESO RETENIDO (gr)	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA
ASTM	EN (mm)				
4"	100.000	0.00	0.0	0.0	100.0
3 1/2"	88.900	0.00	0.0	0.0	100.0
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	71.60	4.2	4.2	95.8
1"	25.400	71.30	4.2	8.3	91.7
3/4"	19.050	36.50	2.1	10.5	89.5
1/2"	12.700	58.90	3.4	13.9	86.1
3/8"	9.525	44.60	2.6	16.5	83.5
N°4	4.750	109.50	6.4	22.9	77.1
N°10	2.000	122.40	7.1	30.0	70.0
N°20	0.840	78.10	4.6	34.6	65.4
N°40	0.425	46.60	2.7	37.3	62.7
N°60	0.250	31.70	1.8	39.2	60.8
N°100	0.150	34.10	2.0	41.2	58.8
N°200	0.075	45.80	2.7	43.8	56.2
Fondo		962.70	56.2	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

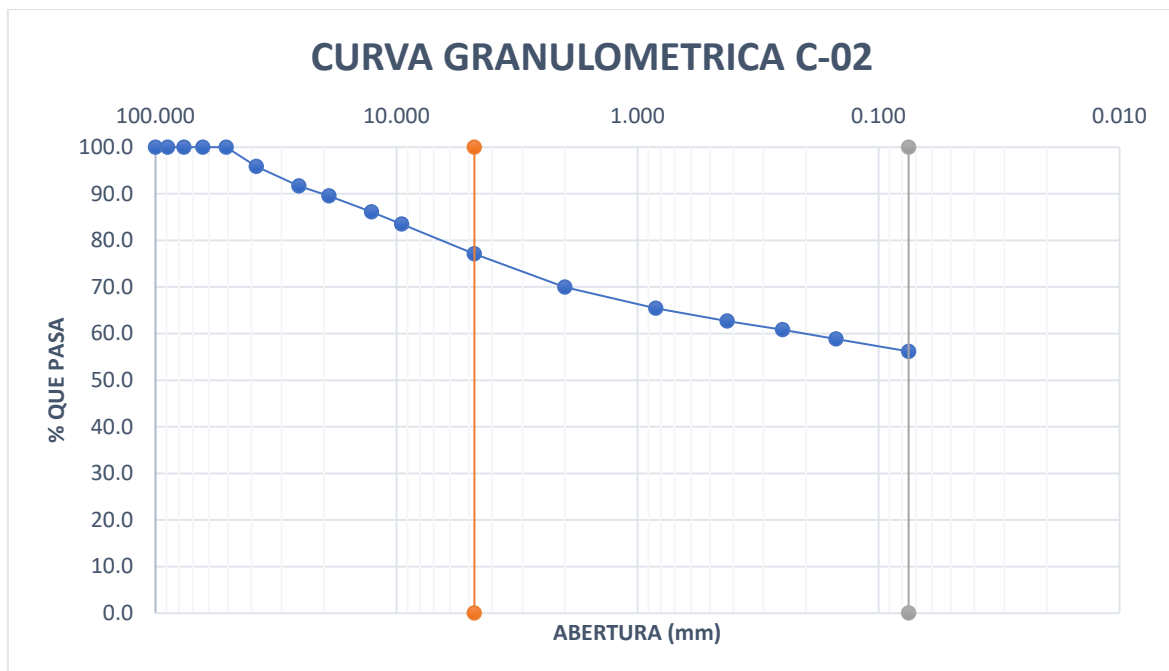


Figura 9: Gráfica de la curva granulométrica por tamizado de la Calicata N°02

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según el ensayo de análisis granulométrico de la **CALICATA N°02**, de la muestra obtenida en campo, el 56.2% de la muestra logro pasar la malla N°200 siendo un material con regular cantidad de finos, mientras que el 20.9% logro pasar la malla N°4, siendo este considerado un material arenoso y por ultimo un 22.9% del material que paso la malla de 3" hasta la malla N°4 es considerado como grava.

De acuerdo a la muestra extraída de la **CALICATA N°02** ubicada en el km 5+220, de la trocha Sókota – San Antonio, en el laboratorio (CHINA CIVIL ENGINEERING CONSTRUCTION CORPORATION SUCURSAL DEL PERU), mediante el sistema SUCS se pudo determinar que el tipo de suelo es una arcilla limosa orgánica de baja plasticidad (OL) y mediante la clasificación AASHTO pertenece al grupo A-6 (0).

Tabla N° 7: Tamizado de la Calicata N°03.

ENSAYO CALICATA N°03			PESO DE MUESTRA		2166
TAMICES	ABERTURA	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	%QUE PASA
ASTM	EN (mm)	(gr)			
4"	100.000	0.00	0.0	0.0	100.0
3 1/2"	88.900	0.00	0.0	0.0	100.0
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0
2 1/2"	63.500	0.00	0.0	0.0	100.0
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	30.00	1.4	1.4	98.6
3/4"	19.050	114.00	5.3	6.6	93.4
1/2"	12.700	116.00	5.4	12.0	88.0
3/8"	9.525	105.00	4.8	16.9	83.1
N°4	4.750	143.00	6.6	23.5	76.5
N°10	2.000	170.00	7.8	31.3	68.7
N°20	0.840	67.00	3.1	34.4	65.6
N°40	0.425	79.10	3.7	38.0	62.0
N°60	0.250	43.00	2.0	40.0	60.0
N°100	0.150	38.00	1.8	41.8	58.2
N°200	0.075	60.00	2.8	44.6	55.4
Fondo		1200.90	55.4	100.0	0.0

Fuente: Elaboración propia

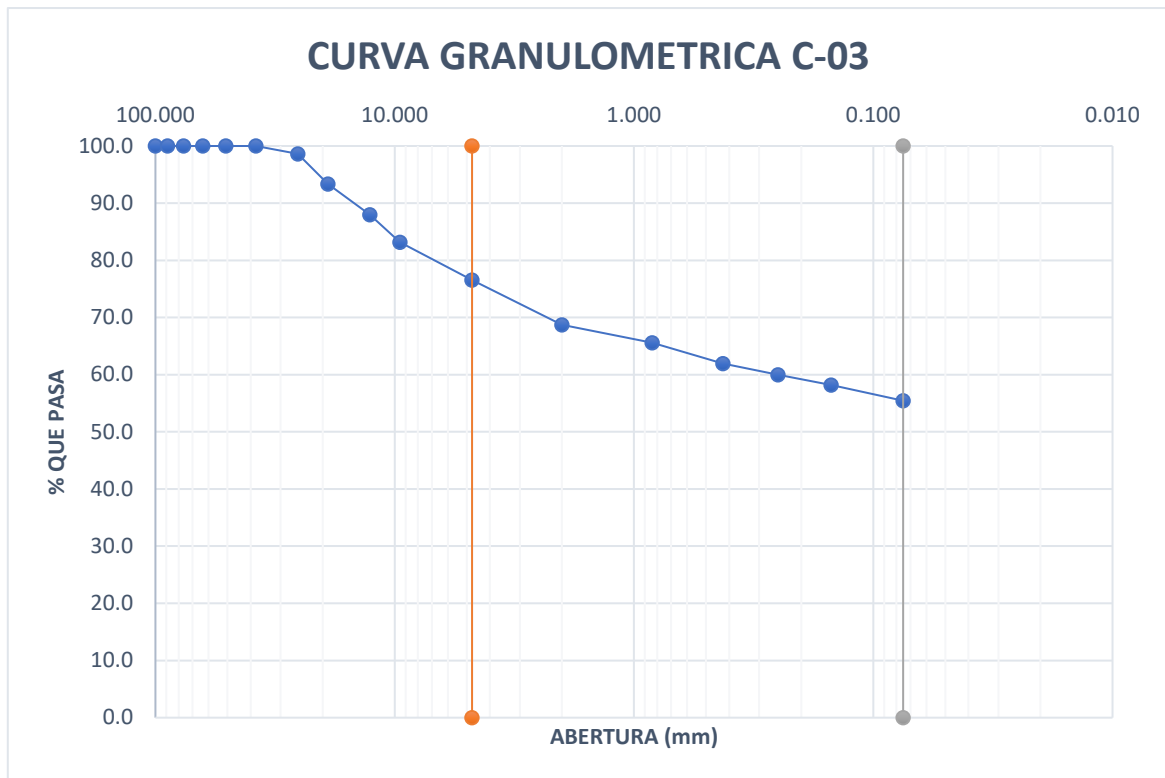


Figura 10: Gráfica de curva granulométrica por tamizado de la Calicata N°03
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Según el ensayo de análisis granulométrico por tamizado de la **CALICATA N°03**, de la muestra obtenida en campo, el 44.7% de la muestra logro pasar la malla N°200 siendo un material con regular cantidad de finos, mientras que el 26.7% logro pasar la malla N°4, siendo este considerado un material arenoso y por ultimo un 28.5% del material que paso la malla de 3" hasta la malla N°4 es considerado como grava.

De acuerdo a la muestra extraída de la **CALICATA N°03** ubicada en el km 6+280, de la trocha Sócuta – San Antonio, en el laboratorio (CHINA CIVIL ENGINEERING CONSTRUCTION CORPORATION SUCURSAL DEL PERU), mediante el sistema SUCS se pudo determinar que el tipo de suelo es una arcilla orgánica de plasticidad media a alta, limos orgánicos (OH) y mediante la clasificación AASTHO pertenece al grupo A-7-5 (5).

En la **Tabla N°8** se puede observar el resumen de los resultados de cada muestra que paso el tamiz N°200, para así poder ver los componentes que este contiene, como son: los finos, arenas, gravas y se también se puede ver la clasificación por los sistemas SUCS y AASTHO.

Tabla N° 8: Resumen de componentes y clasificación de Suelo Natural.

CALICATA	FINOS (%)	ARENAS (%)	GRAVAS (%)	CLASIFICACIÓN DE SUELOS	
				SUCS	AASHTO
C-01	25.3	46.3	28.4	SC	A-2-6 (0)
C-02	56.2	20.9	22.9	OL	A-6 (0)
C-03	57.4	19.1	23.5	OH	A-7-5 (5)

Fuente: Elaboración propia

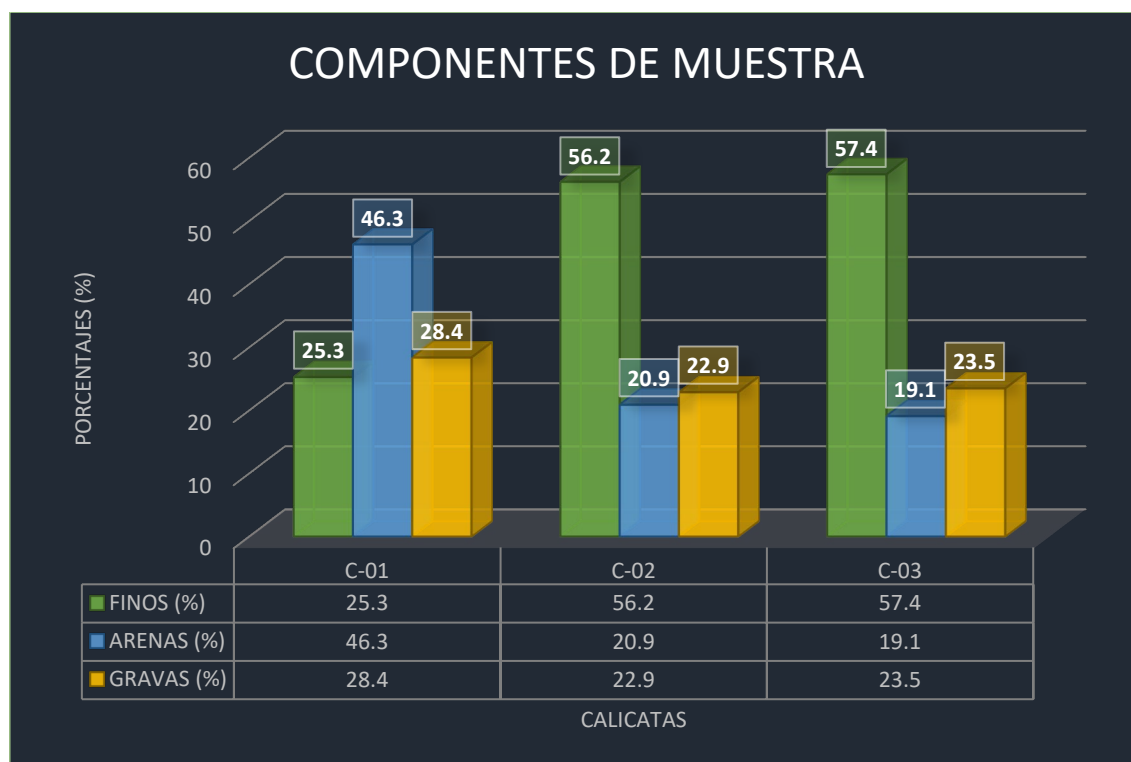


Figura 11: Gráfica de contenido granulométrico de suelo natural

Fuente: Elaboración propia

Límites de Atterberg – (ASTM D-4318, MTC E-110)

Se realizaron los Límites de Atterberg a las muestras ensayadas (C-01, C-02, C-03), haciendo uso de la norma ASTM D-4318, y las normas establecidas por el MTC (E-110 y la E-111), para determinar la consistencia que estos presentan. Los resultados adquiridos en laboratorio permitieron conocer el límite líquido, plástico e índice de plasticidad de las muestras ensayadas.

En la **Tabla N°9** se puede notar los resultados de límite plástico, límite líquido e índice de plasticidad de las muestras extraídas de las 3 calicatas.

Tabla N° 9: Límites de Atterberg de la Calicata N°01.

CALICATA N°01	LÍMITE LÍQUIDO (LL)			LÍMITE PLÁSTICO (LP)		ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
TARA	T-24	T-22	T-23	T-12	T-20		
Nro. DE GOLPES	16	23	29	-----	-----		
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	58.35	61.30	61.14	25.84	32.10	LL	27.60
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	53.35	56.22	56.59	24.61	30.76	LP	15.60
PESO DEL AGUA	5.00	5.08	4.55	1.23	1.34		
PESO DE TARA	36.95	38.47	39.29	16.73	22.16	IP	12.00
PESO SUELO SECO	16.40	17.75	17.30	7.88	8.60		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	30.49	28.62	26.30	15.61	15.58		
RESULTADOS	LL = 27.595			LP = 15.60		IP = 12.00	

Fuente: Elaboración propia

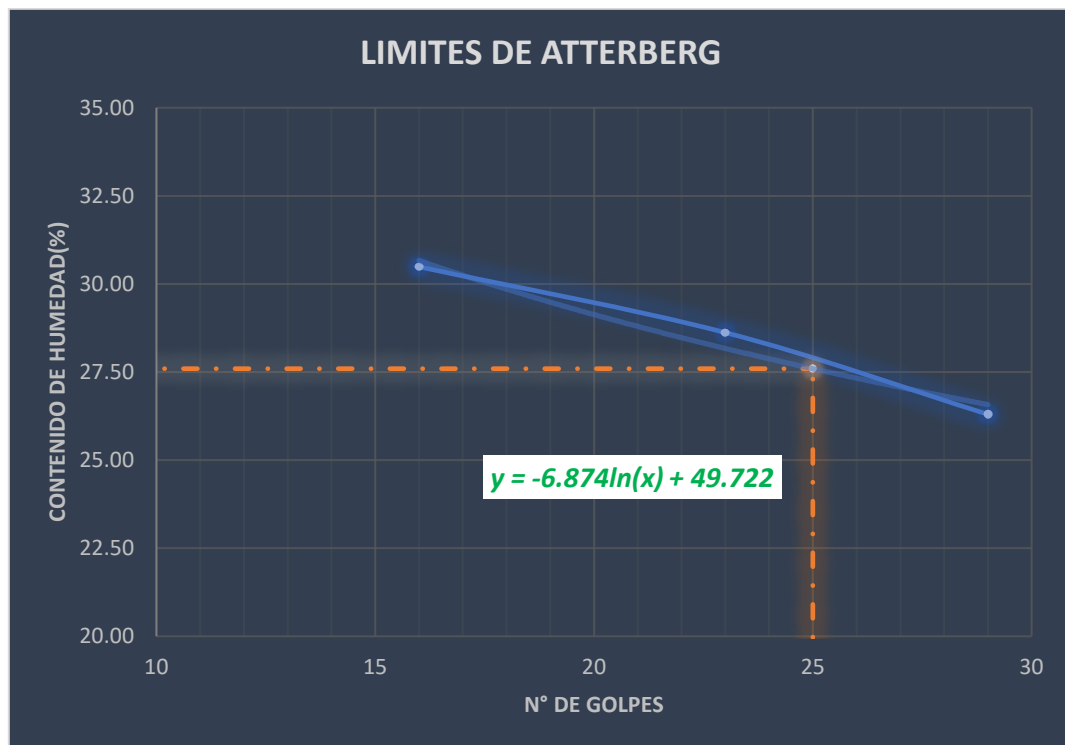


Figura 12: Gráfica demostrativa del Límite líquido de la Calicata N°01

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede observar que la muestra extraída de la **CALICATA N°1**, tiene un límite líquido de 27.59%, límite plástico de 15.60% y un índice de plasticidad de 11.99%, este valor nos indica a que el suelo ensayo es de media plasticidad siendo considerado un suelo arcilloso, debido a la presencia de filtración de agua por las lluvias que se presentan en la zona.

De igual manera para la **CALICATA 2 y 3** se realizaron los ensayos de límites de atterberg en las **Tablas 10 y 11**.

Tabla N° 10: *Límites de Atterberg de la Calicata N°02.*

CALICATA N°02	LÍMITE LÍQUIDO (LL)			LÍMITE PLÁSTICO (LP)		ÍNDICE DE PLASTICIDAD	
TARA	T-20	T-19	T-21	T-12	T-10	LL 37.86 LP 26.96 IP 10.90	
Nro. DE GOLPES	17	24	34	-----	-----		
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	64.25	64.58	63.8	29.15	29.15		
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	57.32	57.74	57.58	26.5	26.66		
PESO DEL AGUA	6.93	6.84	6.22	2.65	2.49		
PESO DE TARA	40.10	39.85	40.24	16.73	17.37		
PESO SUELO SECO	17.22	17.89	17.34	9.77	9.29		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	40.24	38.23	35.87	27.12	26.80		
RESULTADOS	LL = 37.865			LP = 26.96		IP = 10.90	

Fuente: Elaboración propia



Figura 13: Gráfica demostrativa del Límite líquido de la Calicata N°02

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede observar que la muestra extraída de la **CALICATA N°2**, tiene un límite líquido de 37.86%, límite plástico de 26.96% y un índice de plasticidad de 10.89%, de igual manera que la **CALICATA N°1** por el resultado del índice de

plasticidad de la muestra, nos presenta a un suelo de media plasticidad siendo este más favorable que la muestra de la **CALICATA N°1**.

Tabla N° 11: *Limites de Atterberg de la Calicata N°03.*

CALICATA N°03	LIMITE LIQUIDO (LL)			LIMITE PLASTICO (LP)		INDICE DE PLASTICIDAD	
TARA	T-42	T-28	T-39	T-40	T-52		
Nro. DE GOLPES	17	24	31	-----	-----		
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	47.8	51.08	47.12	17.16	16.76	LL	59.87
PESO DE TARA + SUELO SECO (gr)	37.96	40.82	38.65	15.02	14.71	LP	36.46
PESO DEL AGUA	9.84	10.26	8.47	2.14	2.05		
PESO DE TARA	23.44	23.54	23.65	9.17	9.07	IP	23.40
PESO SUELO SECO	14.52	17.28	15.00	5.85	5.64		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	67.77	59.38	56.47	36.58	36.35		
RESULTADOS	LL = 59.865			LP = 36.46		IP = 23.40	

Fuente: Elaboración propia

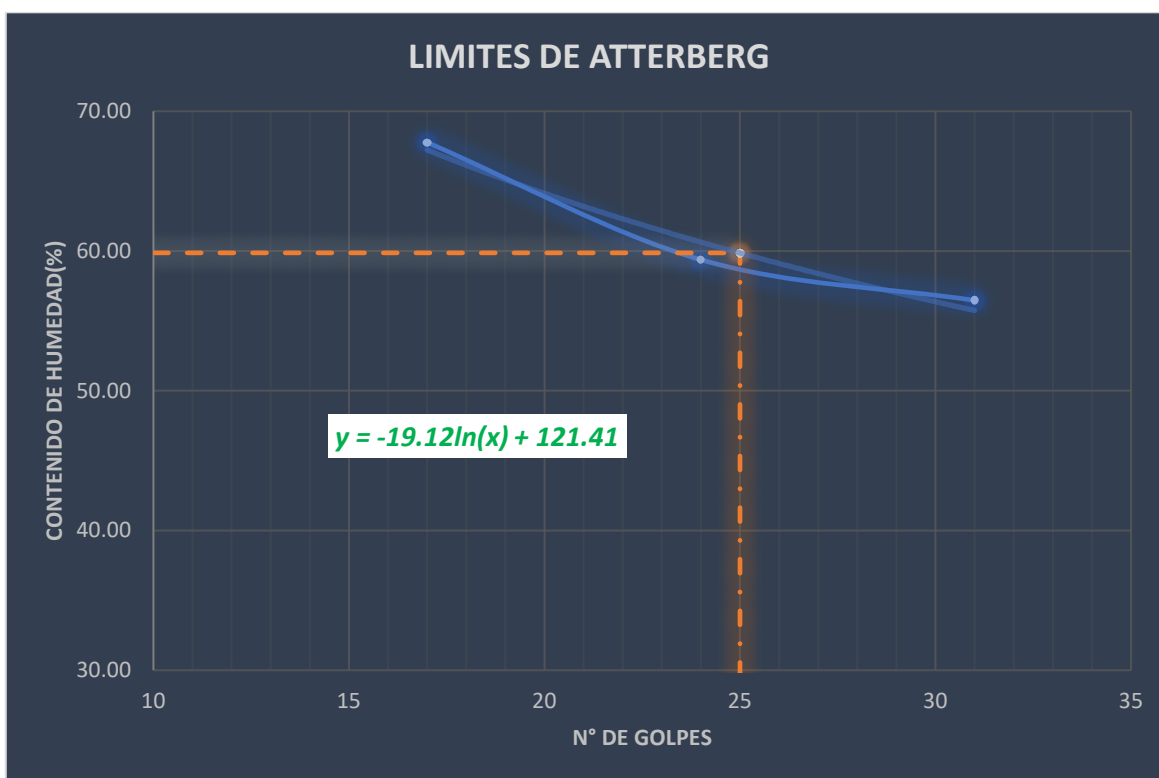


Figura 14: Gráfica demostrativa del Limite liquido de la Calicata N°02

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se puede observar que la muestra extraída de la **CALICATA N°3**, tiene un límite liquido de 59.87%, límite plástico de 36.46% y un índice de plasticidad de 23.40%, lo cual se puede determinar que este resultado es más desfavorable en cuanto a las calicatas anteriores. Además, se concluye que esta muestra es de tipo

limosa por tener gran presencia de limos orgánicos, debido a la presencia de humedad, que son causadas por las filtraciones y ocasionadas por las intensas lluvias que se encuentran en la zona.

Proctor modificado – (ASTM D-1557, MTC E-115, AASHTO T-180)

De igual manera se realizaron ensayos de Proctor modificado en las muestras (C-1, C-2, C-3), para determinar su Optimo contenido de humedad (OCH) y su Densidad máxima seca.

Tabla N° 12: *Resumen de resultados de ensayos de Proctor Modificado.*

<u>RESULTADOS DE PROCTOR MODIFICADO</u>	CALICATA N°01	CALICATA N°02	CALICATA N°03
<i>Optimo contenido de humedad (%)</i>	11.54	21.79	27.70
<i>Densidad máxima seca (gr/cm3)</i>	1.985	1.694	1.456

Fuente: Elaboración propia

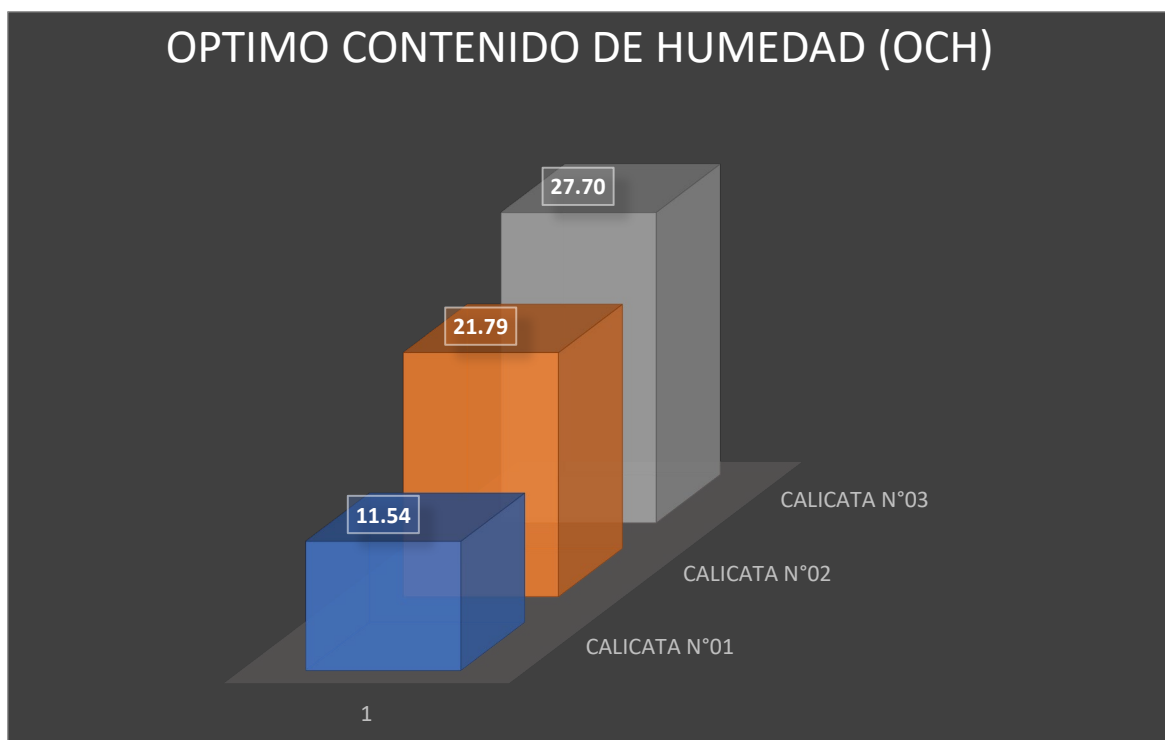


Figura 15: Resultados de optimo contenido de humedad en especímenes examinados

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se realizó el ensayo de Proctor modificado de las 3 muestras obtenidas insitu, donde se obtuvo como resultados un 11.54% en la **CALICATA N°01**, un 21.79% en la **CALICATA N°02** y un 27.70% en la **CALICATA N°03**, siendo esta última la que contiene más humedad que las anteriores.

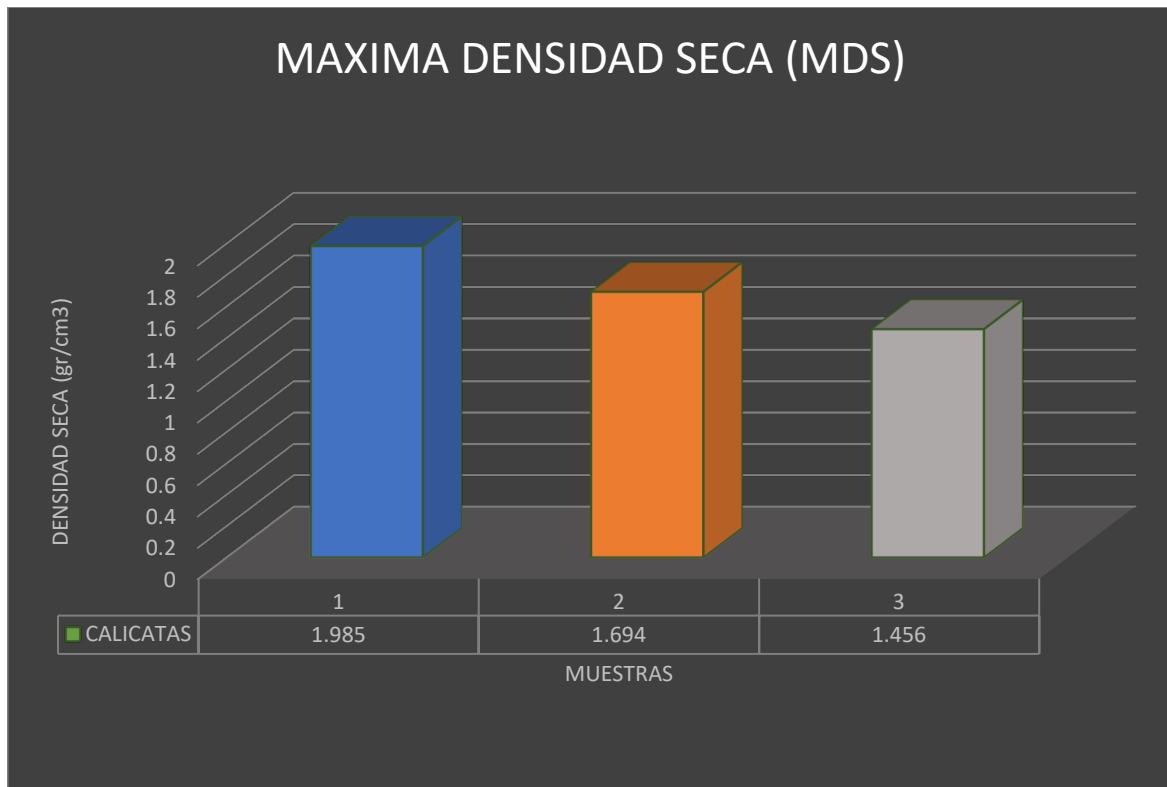


Figura 16: Resultados de máxima densidad seca en especímenes examinados
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: De los 03 especímenes realizados en el ensayo de Proctor modificado se obtuvo resultados de máxima densidad seca. En la **CALICATA N°01** se obtuvo 1.985 gr/cm³, en la **CALICATA N°02** se obtuvo 1.694 gr/cm³ y en la **CALICATA N°03** se obtuvo una densidad de 1.456 gr/cm³.

Relación de soporte de California (C.B.R.) – (ASTM D-1883, MTC E-132, AASHTO T-193)

Los especímenes obtenidos insitu fueron sometidos al ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.) para evaluar el soporte o resistencia que este soporta, este ensayo se realizó para las 03 muestras obtenidas de cada calicata.

Tabla N° 13: Resumen de resultados de ensayos California Bearing Ratio.

MUESTRAS	CBR al 100% de MDS (0.1")	CBR al 95% de MDS (0.1")
C-01	8.5	6.3
C-02	7.5	3.1
C-03	11.7	8.6

Fuente: Elaboración propia

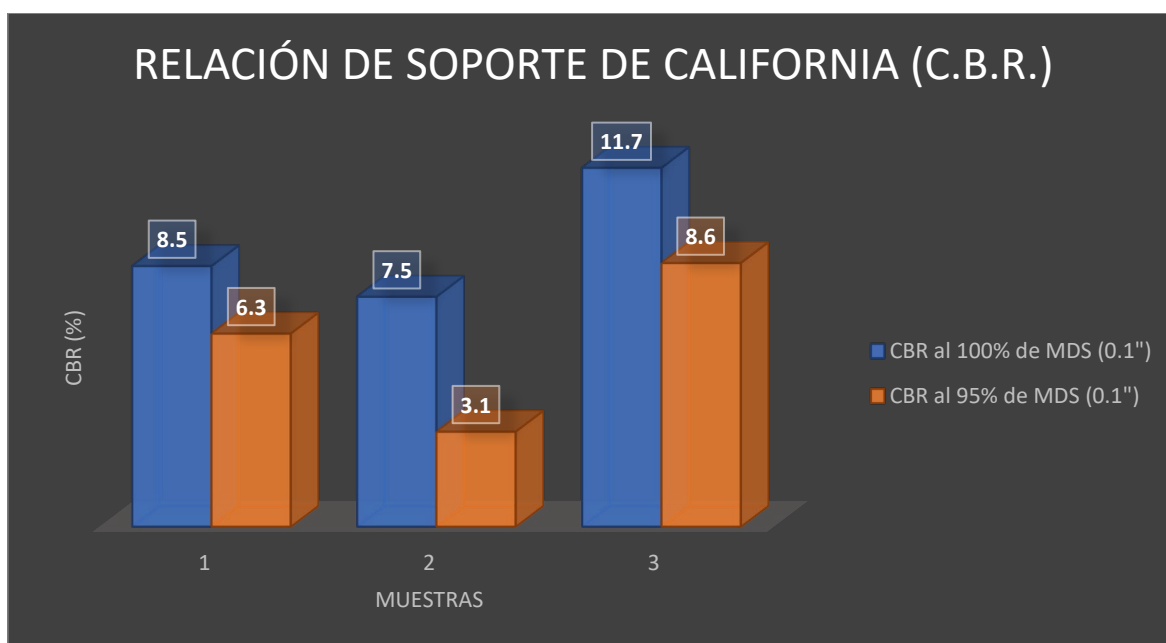


Figura 17: Resultados de Relación de Soporte de California es especímenes examinados

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al ensayo de California Bearing Ratio se tuvo como referencia las muestras obtenidas insitu con densidades de 1.985 en la **CALICATA N°01**, un 1.694 en la **CALICATA N°02**, un 1.456 en la **CALICATA N°03** y un contenido de humedad de 11.54 % en la **CALICATA N°01**, un 21.79% en la **CALICATA N°02** y un 27.70% en la **CALICATA N°03**. Las muestras después de ser llevadas a saturación se mide su capacidad portante o resistencia con una penetración al 0.1" el cual nos indica el CBR al 95% un 6.3%, 3.1%, 8.6% consecutivamente y CBR al 100% de 8.5%, 7.5%, 11.7% consecutivamente.

Al analizar los datos obtenidos en laboratorio, es notorio que las muestras de suelo natural en las 03 calicatas son muy pobres por lo cual no son aptas para el uso de subrasante.

EN CONCLUSIÓN, a través de los datos obtenidos de las 03 calicatas examinadas se pudo determinar la deficiencia en la **CALICATA N°03** por ser el terreno más desfavorable y no cumplir con los estándares normativos para ser usado como subrasante, es por ello que se le añadió CBCA en porcentajes de 8%, 12% y 30%, para ver la influencia que esta tiene para la estabilización de suelo en la zona.

Tabla N°14: *Resumen de resultados de la muestra patrón C-03*

ENSAYOS		CALICATA N°03
LIMITES DE ATTERBERG	Limite liquido	59.87%
	Limite plástico	36.36%
	Índice de plasticidad	23.51%
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SUCS	OH – Arcillas de plasticidad media (limos).
	AASHTO	A-7-5 (5)
PROCTOR MODIFICADO	Óptimo contenido de Humedad (OCH)	27.7%
	Densidad Máxima Seca (DMS)	1.456 g/cm3
California Bearing Ratio (CBR)		11.7 %

Fuente: Elaboración propia

Objetivo 1:

Determinar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.

Este ensayo consiste en analizar el índice plástico de la muestra patrón C-3, con adición de CBCA en dosificaciones de 8%, 12% y 30% del peso seco de la muestra. Primeramente, se comenzó con el ensayo de limite plástico según la norma MTC E 110, el cual consiste en colocar proporción de suelo preparado y esparcirla en la copa de casa grande con una profundidad de hasta 10mm, con el ranurador se divide la muestra haciendo una ranura del suelo que una el punto más alto con el

más bajo en la copa, este ensayo se realizó dos veces más del mismo procedimiento añadiéndole más agua para elevar el contenido de humedad y así disminuir los golpes para cerrar la ranura, anotamos los datos obtenidos para realizar el cálculo de límite líquido, este ensayo se realizó con porcentajes de 8%, 12% y 30% con la finalidad de determinar la influencia de cada porcentaje de CBCA en el comportamiento de plasticidad del suelo ensayado.



Figura 18: Ensayo de limite liquido en Laboratorio CCECC
Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenido el límite líquido, se procedió con la determinación del límite plástico e índice de plasticidad según la norma MTC E 111 el cual consistió en determinar la humedad más baja con la que se podrá realizar barritas cilíndricas con un diámetro de unos 3.2mm, sin que dichas barritas se desmoronen este procedimiento se realizó un par de veces hasta obtener unos 6 gramos de la muestra. Finalmente, obtenido el límite plástico se determinó el índice de plasticidad con una simple resta entre ambos para evaluar la plasticidad y comportamiento del suelo examinado.



Figura 19: Ensayo de limite plástico en Laboratorio CCECC
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 15: Ensayo de Limites de Atterberg con adición de CBCA.

Muestras	Limite Liquido (LL)	Limite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
MUESTRA PATRON (MP)	60.00 %	36.00 %	24.00 %
MP + 8% CBCA	34.00 %	19.00 %	16.00 %
MP + 12% CBCA	52.00 %	37.00 %	15.00 %
MP + 30% CBCA	22.00 %	11.00 %	11.00 %

Fuente: Elaboración propia.

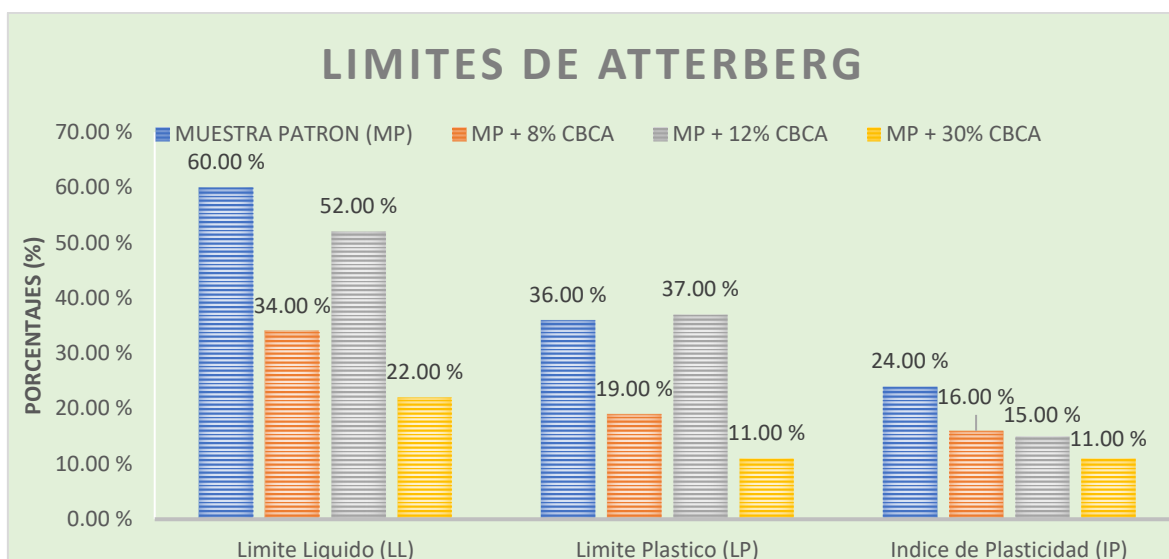


Figura 20: Gráfico de los Limites de Atterberg con la incorporación de CBCA

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Los ensayos de Limite de Atterberg con la adición de CBCA en porcentajes de 8%, 12% y 30% mostraron resultados óptimos para un suelo OH (Arcilla orgánica de plasticidad media a alta) ya que se redujo el Índice de plasticidad (IP) de la muestra patrón. Inicialmente se tuvo que la **CALICATA N°03** tuvo un índice de plasticidad (IP) de 24%, sin embargo, al adicionar mayor porcentaje de CBCA, se pudo evidenciar una reducción del índice de plasticidad (IP) de la muestra patrón considerablemente, tal es el caso que al adicionar un 8% de CBCA el índice de plasticidad fue de 16%, al adicionar 12% de CBCA el índice de plasticidad fue de 15% y por ultimo al adicionar un 30% de CBCA el índice de plasticidad fue de un 11%, mejorando así sus propiedades mecánicas del suelo de tipo OH.

Objetivo 2:

Determinar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el proctor modificado de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.

Este ensayo consiste en analizar el proctor modificado de la muestra patrón C-3 con incorporación de CBCA en porcentajes de 8%, 12% y 30%. El método consiste en determinar las densidades secas de 4 probetas seleccionadas, compactadas en idénticas condiciones, pero con humedades diferentes, con el fin de determinar la relación de la humedad y densidad seca a través de una curva de compactación. Para la Muestra Patrón se usó un molde de 4" con un pisón de 10lbf, de igual manera para la combinación de Muestra Patrón adicionando CBCA en porcentajes de 8%, 12% y 30%.



Figura 21: Ensayo de proctor modificado en Laboratorio CCECC

Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 16: Ensayo de Proctor Modificado con adición de CBCA.

CALICATA N°03	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (OCH)	MAXIMA DENSIDAD SECA (MDS)
MUESTRA PATRON (MP)	27.70 %	1.456 gr/cm ³
MP + 8% CBCA	8.69 %	2.194 gr/cm ³
MP + 12% CBCA	15.10 %	1.959 gr/cm ³
MP + 30% CBCA	19.80 %	1.592 gr/cm ³

Fuente: Elaboración propia

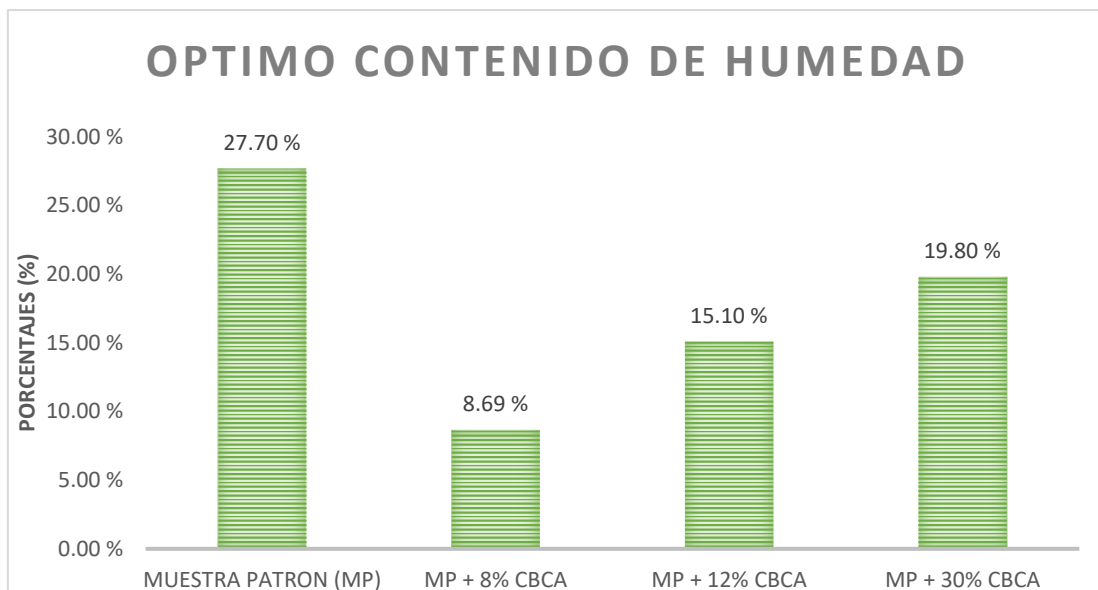


Figura 22: Gráfico del Optimo contenido de humedad con adición de CBCA.
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El OCH es directamente proporcional a la adición de CBCA, esto quiere decir mayor sea la incorporación del aditivo, mayor será el OCH, por ejemplo, al incorporar un 8% de CBCA a la muestra patrón se obtuvo un valor de 8.69% de OCH y al incorporar un 30% de CBCA a la muestra patrón se obtuvo un valor de 19.80% de OCH.

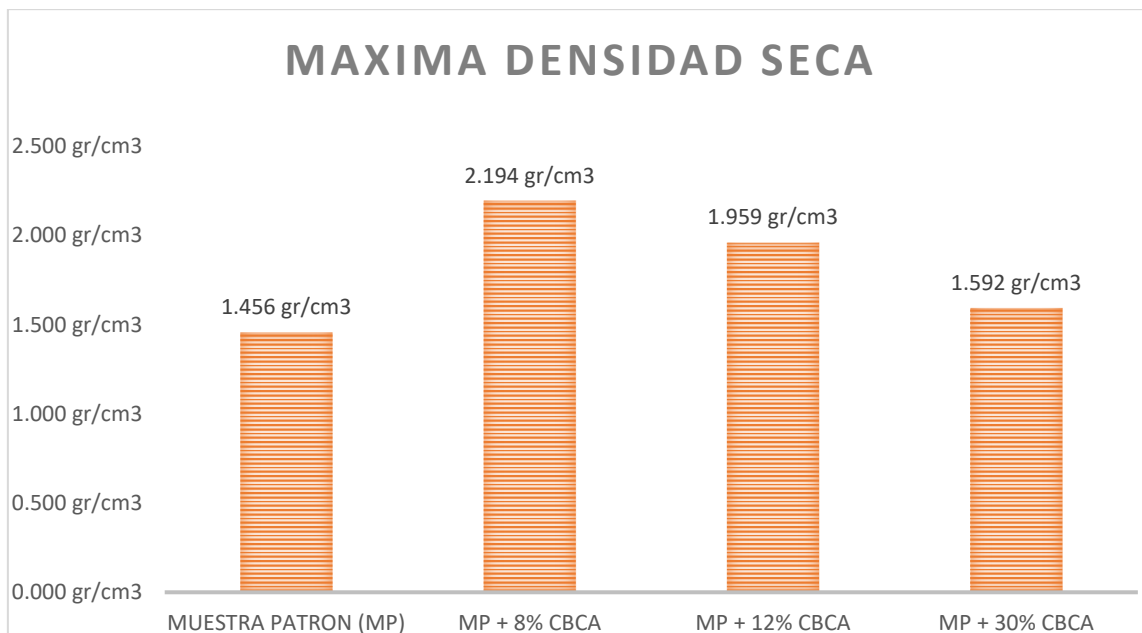


Figura 23: Gráfico de la Máxima Densidad Seca con adición de CBCA.
Fuente: Elaboración propia

Interpretación: La Máxima densidad seca es inversamente proporcional a la adición de CBCA, esto quiere decir mayor sea la incorporación del aditivo, menor será la máxima densidad seca, por ejemplo, al incorporar un 8% de CBCA a la muestra patrón se obtuvo un valor de 2.194 gr/cm^3 de MDS y al incorporar un 30% de CBCA a la muestra patrón se obtuvo un valor de 1.592 gr/cm^3 de MDS.

Objetivo 3:

Determinar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la capacidad portante de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.

Este ensayo consiste en evaluar el California Bearing Ratio (CBR) de la Muestra patrón C-3 con incorporación de CBCA en porcentajes de 8%, 12%, 30%. El método consiste en evaluar la resistencia potencial de la subrasante (C-3) con adición de CBCA, el valor del CBR se determina como la relación de la carga unitaria en kilos/cm^2 , para ello se fabricó 3 probetas de 5 capas cada una, cada probeta con distintos golpes por capa, para la primera probeta con 12 golpes, la segunda con 25 golpes y la tercera con 56 golpes, luego se sacó la expansión para cada probeta, y por último se realizó la penetración la cual se mostrara en la gráfica de relación de carga vs penetración.



Figura 24: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con adición de CBCA.
Fuente: Elaboración propia

Tabla N° 17: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con adición de CBCA.

CALICATA N°03	California Bearing Ratio (CBR) al 95%	California Bearing Ratio (CBR) al 100%
MUESTRA PATRON (MP)	8.60 %	11.70 %
MP + 8% CBCA	17.50 %	27.70 %
MP + 12% CBCA	10.10 %	12.20 %
MP + 30% CBCA	6.00 %	9.80 %

Fuente: Elaboración propia.

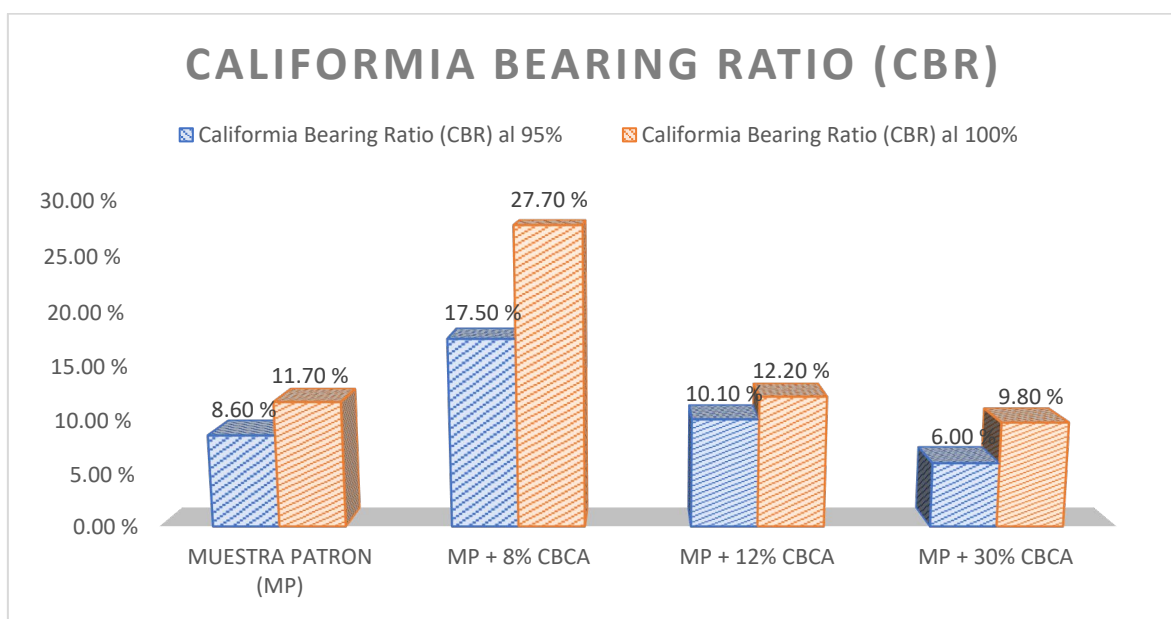


Figura 25: Gráfico del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con adición de CBCA.

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Al realizarse el ensayo de California Bearing Ratio, se pudo apreciar resultados inversamente proporcionales a la adición de CBCA, esto quiere decir mayor sea la incorporación del aditivo, menor será el resultado de CBR, por ejemplo, al incorporar un 8% de CBCA a la muestra patrón se obtuvo un valor de CBR al 95% de 17.50% y al 100% se obtuvo un valor de CBR de 27.70%,

demostrando la eficacia del aditivo para la estabilización de la subrasante, pero al incorporar un 30% de CBCA a la muestra patrón se obtuvo un valor de CBR al 95% de 6.00% y un valor de CBR al 100% de 9.80%. Esto quiere decir que al adicionar un aditivo CBCA en proporciones menores del 8% mejoraría drásticamente a la subrasante de un suelo tipo OH.

V. DISCUSIÓN

Objetivo 1: Determinar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.

Antecedente 1: Mamani y Yataco (2017) en su investigación agregaron porcentajes de ceniza de madera de fondo directamente a una subrasante en porcentajes de 10%, 20%, 30%, 40% y 50%, obteniendo mejoras en el suelo que tenía un índice de plasticidad inicial de 59.34 %, por lo que al añadir cenizas de madera de fondo el índice de plasticidad redujo considerablemente por cada porcentaje que añadían, para un 10% (20.42), 20% (19.2), 30% (18.78), 40% (18.45) y 50% (17.86). Siendo su mejor resultado el de 50% el cual redujo un 41.48% de plasticidad de la muestra inicial.

Antecedente 2: Vargas (2020) en su investigación incorporo cenizas volcánicas a un suelo de plasticidad media con dosificaciones de 15%, 20% y 25%, obteniendo mejoras en la plasticidad del suelo, el cual presentaba un índice plástico inicial de 14.85%, por lo que al añadir las cenizas volcánicas el índice de plasticidad redujo considerablemente, para un 15% (12.24), 20% (10.91) y 25% (9.08). Siendo su mejor resultado la adición de cenizas volcánicas al 25% quien redujo un 5.77% a la muestra inicial.

Resultados: En la presente investigación, haciendo uso del Laboratorio de Mecánica de Suelos CCECC y teniendo en cuenta todos los parámetros del MTC que se requirieron para la elaboración del ensayo Límites de Atterberg, el terreno natural fue clasificado según el método SUCS como un suelo OH que quiere decir una arcilla orgánica de plasticidad media a alta y AASHTO como un suelo A-7-5(5), el cual presentaba un 24.00% de índice plástico siendo este valor considerado como un suelo muy arcilloso, pero al añadir CBCA de manera aumentativa con porcentajes de 8% (16.00), 12% (15.00) y 30% (11.00) estos fueron reduciendo conforme se añadía más ceniza, siendo el que mejor lo disminuye el de 30% de CBCA, el cual hizo disminuir un 13% de índice de plasticidad a la muestra inicial.

Comparación: Según los antecedentes las cenizas de madera de fondo y cenizas volcánicas reducen el índice de plasticidad, esto se demuestra en esta investigación puesto que al añadir cenizas de bagazo de caña de azúcar al suelo se obtuvieron resultados similares al reducirse el índice de plasticidad de acuerdo a los porcentajes aumentativos que se añadieron. Por medio de los ensayos límites de Atterberg, se acepta la influencia que tuvo los porcentajes de CBCA en el terreno natural, ya que se redujo progresivamente el índice de plasticidad.

Objetivo 2: Determinar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el proctor modificado de la subrasante de suelo de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.

Antecedente 1: Ormeño y Rivas (2020) en su investigación optaron por usar porcentajes de ceniza de arroz para estabilización de subrasante con una dosificación de 10%, 15%, 20% y 25%, obteniendo mejoras significativas en el proctor modificado pues presento un incremento en el OCH conforme se aumenta el porcentaje de arroz desde un 15.80% a un 19.00%, a su vez disminuyo su máxima densidad seca ante mayor proporción de cenizas de arroz desde un 1.671 gr/cm³ a un 1.508 gr/cm³.

Antecedente 2: Castro (2017) en su investigación añadió cenizas de cascara de arroz directamente al suelo con dosificaciones de 10%, 20%, 30% y 40%, obteniendo resultados óptimos en el proctor modificado pues presento un incremento en el OCH conforme se le iba aumentando las dosificaciones de cenizas de cascara de arroz desde un 19.20% a un 28.00%, a su vez disminuyo su máxima densidad seca conforme se le aumentaba cenizas de cascara de arroz desde un 1.68 gr/cm³ a un 1.34 gr/cm³.

Resultados: En la presente investigación, haciendo uso del Laboratorio de Mecánica de Suelos CCECC y teniendo en cuenta todos los parámetros del Ministerio de Transportes y Comunicaciones que se requirieron para la elaboración del ensayo proctor modificado, el terreno natural fue clasificado según el método SUCS como un suelo OH que quiere decir una arcilla orgánica de plasticidad media a alta y AASHTO como un suelo A-7-5(5), con una humedad optima de 27.7% en suelo natural y en medida que se incorporaba aumentativamente CBCA, la humedad optima ascendió desde un 8% (8.69%), 12% (15.10%) y 30% (19.80%),

de igual manera para su máxima densidad seca en la muestra inicial se obtuvo un 1.456 gr/cm^3 y conforme se añadía aumentativamente porcentajes de CBCA, su MDS disminuyó desde un 8% (2.194 gr/cm^3), 12% (1.959 gr/cm^3) y 30% (1.592 gr/cm^3), siendo su mejor resultado el de 8% ya que se usó un contenido de agua de 8.69% para MDS de 2.194 gr/cm^3 .

Comparación: Según los antecedentes, algunas cenizas como la ceniza de cascara de arroz incrementan el contenido de humedad y reducen su densidad máxima seca; esto se demuestra en esta investigación, puesto que al incrementarse las dosificaciones de CBCA en el terreno natural el OCH aumentara. Ya que, el CBCA absorbe bastante agua, de igual manera para la máxima densidad seca tiende a reducir conforme se añade porcentajes de CBCA, puesto que el peso relativo que posee el CBCA es casi nulo en comparación al suelo, siendo similares al antecedente.

Objetivo 3: Determinar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la capacidad portante de la subrasante de la trocha carrozable del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.

Antecedente 1: Castro (2017) en su investigación incorporo ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante con dosificaciones de 10%, 20%, 30% y 40% directamente al suelo, obteniendo resultados variados en cuanto a las dosificaciones añadidas, el resultado más óptimo fue con la dosificación del 20% de cenizas de cascara de arroz el cual tuvo un CBR al 95% de su máxima densidad seca con una penetración de carga de 2.54mm cuyo valor fue de 19.40%. Siendo este el límite de adición para obtener el mejor resultado de capacidad de soporte.

Antecedente 2: Vargas (2020) en su investigación incorporo ceniza volcánica directamente al suelo con dosificaciones de 15%, 20% y 25%, para una subrasante pobre por presentar un CBR al 95% de 4.58% y que al añadir porcentajes de cenizas volcánicas el porcentaje óptimo de ceniza fue del 20% quien incremento su capacidad de soporte a un 11.75%. Siendo este el valor más óptimo y límite de mejoramiento siendo considerado como una subrasante buena.

Resultados: En la presente investigación, haciendo uso del Laboratorio de Mecánica de Suelos CCECC y teniendo en cuenta todos los parámetros del Ministerio de Transportes y Comunicaciones que se requirieron para la elaboración

del ensayo relación de soporte california, el terreno natural fue clasificado según el método SUCS como un suelo OH que quiere decir una arcilla orgánica de plasticidad media a alta y AASHTO como un suelo A-7-5(5), el cual presentaba un CBR al 95% de su máxima densidad seca con una penetración de carga de 2.54mm presentaba un valor de 8.6%, al incorporarle cenizas de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 8%, 12% y 30% el CBR tuvo una variación considerable, es decir al añadir un 8% de CBCA el CBR al 95% de máxima densidad seca fue 17.5%, con un 12% de CBCA fue de 10.1% y con un 30% de CBCA el CBR disminuyó a 6.0%. Considerando el más óptimo la combinación de suelo más 8% de ceniza de bagazo de caña de azúcar quien obtuvo un soporte de carga del 17.5% siendo este el límite de aumento para mejora de subrasante, a más ceniza menor será la resistencia del suelo.

Comparación: Según los antecedentes, algunas cenizas de cascara de arroz y cenizas volcánicas incrementan la capacidad de soporte de un suelo, esto de acuerdo a los porcentajes de cenizas que se añade, esto quiere decir que tiene un límite de incremento y luego disminuye; esto se demuestra en esta investigación puesto que el valor óptimo es de un 8% de cenizas de bagazo de caña de azúcar puesto que elevó el CBR al 95% de su máxima densidad seca con penetración de carga de 2.54mm a un 17.5% mientras que en los demás porcentajes el CBR fue pobre y no era adecuado para uso como estabilizante.

VI. CONCLUSIONES

Objetivo General. Se evaluó, que la influencia de las cenizas de bagazo de caña de azúcar, influyen en las propiedades de la subrasante (terreno natural), hallado en la carretera San Antonio – Cajamarca, observando su evaluación en sus propiedades físicas y mecánicas: 1) al disminuir el índice de plasticidad en el ensayo de Limites de Atterberg; 2) al aumentar el óptimo contenido de humedad y disminuir su máxima densidad seca en el proctor modificado y 3) al aumentar la capacidad portante del terreno CBR.

Objetivo Especifico 1. Se realizó la dependencia del porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar en los ensayos de Limites de Atterberg, ya que influyeron en la reducción de 13.00% del índice de plasticidad del terreno natural, pasando de 24.00% a 11.00% mediante la adición del 30% de CBCA. Por lo expuesto, la influencia de mejora que tiene la CBCA en los Limites de Atterberg, disminuye conforme se le añade porcentajes de CBCA, en la cual queda comprobado.

Objetivo Especifico 2. Se realizó la dependencia del porcentaje de CBCA en los ensayos de proctor modificado, ya que influyeron en la disminución de 19.01% del óptimo contenido de humedad del terreno natural, pasando de 27.70% a 8.69% mediante la adición del 8% de CBCA; de igual manera influyó en el aumento de la máxima densidad seca de 1.456 gr/cm³ a 2.194 gr/cm³. Por lo tanto, la influencia que tiene el CBCA mejora el proctor modificado, pues al reducir el óptimo contenido de humedad, su máxima densidad seca aumenta, con la cual queda comprobado.

Objetivo Especifico 3. A) Se realizó la dependencia de ceniza de bagazo de caña de azúcar en el ensayo de Relación de Soporte California (CBR) mediante la adición de 8% y 12% de CBCA, aumentando la capacidad portante del terreno natural en un 8.9%, pasando de 8.6% a 17.5% con adición del 8%; por lo tanto, el CBCA, influye positivamente con adición de 8% y 12% del aditivo.

B) No se estableció la dependencia del porcentaje de ceniza de bagazo de caña de azúcar en el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) mediante la adición del 30% de CBCA, por el contrario, disminuyó en 2.6% disminuyendo 8.6% de la muestra patrón a un 6.0%; por lo tanto, la influencia de la CBCA es negativa en la incorporación de 30% del aditivo.

VII. RECOMENDACIONES

Objetivo Especifico 1. En la presente investigación al seleccionar ceniza de bagazo de caña de azúcar que iban desde un 8% hasta un 30%, en todas ellas se logró disminuir el índice de plasticidad; para continuar con una futura investigación se recomienda incrementar mayor al 30% de incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar, para verificar si continúa reduciéndose el índice de plasticidad, hasta poder obtener el valor óptimo del índice de plasticidad.

Objetivo Especifico 2. En la presente investigación al seleccionar ceniza de bagazo de caña de azúcar que iban desde un 8% hasta un 30% en los ensayos de adición de 8% se logró obtener una máxima densidad seca de 2.194 gr/cm³, mientras que al aumentar los porcentajes de ceniza el óptimo contenido de humedad fue aumentando y la máxima densidad seca iba disminuyendo proporcionalmente a la adición de ceniza, por ello se recomienda disminuir el porcentaje de ceniza a partir del 8% para ver si el óptimo contenido de humedad reduce y la máxima densidad seca aumenta, obteniendo una mejora en el ensayo de proctor modificado.

Objetivo Especifico 3. En la presente investigación al seleccionar ceniza de bagazo de caña de azúcar que iba desde un 8% hasta un 30% en los ensayos de adición del 8% y 12% se logró aumentar la capacidad CBR, mientras que con el 30% el CBR disminuyo, por ello se recomienda disminuir la ceniza a partir del 8% para lograr obtener una mejora óptima en la capacidad portante del terreno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BONILLA, J., JIMENEZ, A. y PARAMO, F. Estudio del comportamiento de las condiciones mecánicas del material granular tipo afirmado con adición de cemento portland y ceniza de bagazo de caña (CBCA). Ibagué – Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, 2019.
Recuperado de:
<http://hdl.handle.net/20.500.12494/16273>
2. ALTAMIRANO, G., DIAZ, A. Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2015.
Recuperado de:
<http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/6456>
3. CAÑAR, E. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos, finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017.
Recuperado de:
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25266>
4. TERRONES, A. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el Sector de Barraza. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte, 2018.
Recuperado de:
<https://hdl.handle.net/11537/14971>
5. ESPINOZA, A. y VELASQUEZ, J. Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian. Lima – Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018.
Recuperado de:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/26696>
6. CHAVEZ, C. Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico. Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

Recuperado de:

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1048>

7. Pavement Interactive. *Subgrade* [online]. [consulting day: 15 de November, 2021].

Recovered from:

<https://pavementinteractive.org/reference-desk/design/design-parameters/subgrade/>

8. TERRONES, A. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el Sector de Barraza. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte, 2018.

Recuperado de:

<https://hdl.handle.net/11537/14971>

9. ESPINOZA, A. y VELASQUEZ, J. Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian. Lima – Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018.

Recuperado de:

<https://hdl.handle.net/20.500.12692/26696>

10. CHAVEZ, C. Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico. Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.

Recuperado de:

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1048>

11. BONILLA, J., JIMENEZ, A. y PARAMO, F. Estudio del comportamiento de las condiciones mecánicas del material granular tipo afirmado con adición de cemento portland y ceniza de bagazo de caña (CBCA). Ibagué – Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia, 2019.

Recuperado de:

<http://hdl.handle.net/20.500.12494/16273>

12. ALTAMIRANO, G., DIAZ, A. Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio

Potosí- Rivas. Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, 2015.

Recuperado de:

<http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/6456>

13. CAÑAR, E. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos, finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2017.

Recuperado de:

<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25266>

14. CHHACHHIA, A. Improvement of clayey soil stabilized with bagasse ash. India: National Institute of Technology Kurukshetra, 2015.

Recovered from:

<https://www.scribd.com/document/406744227/TH-4120-pdf>

15. BETHLEHEM, Y. Stabilization of Lateritic Soil with Sugarcane Bagasse Ash. Africa: Addis Ababa Institute of Technology, 2015.

Recovered from

<http://etd.aau.edu.et/handle/123456789/2409>

16. BARASA, P. Stabilization of expansive clay soil using bagasse ash and lime. Kenia: Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, 2016.

Recovered from:

<http://hdl.handle.net/123456789/3103>

17. OJEDA, O, MENDOZA, J y BALTAZAR, M. Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. Rev. ALCONPAT [online]. 2018, vol.8, n.2, pp.194-208. ISSN: 2007-6835

Recovered from:

<https://doi.org/10.21041/ra.v8i2.282>

18. GOÑAS, O. Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada, Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2019.

Recuperado de:

<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1801>

19. ELIZONDO, F., NAVAS, A. y SIBAJA, D. Efecto de la cal en la estabilización de subrasantes. Revista Ingeniería [en línea]. 2014, vol.20, n.1-2. p. 94-108. ISSN: 1409-2441

Recuperado de:

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/ingenieria/article/view/7268>

20. FERNANDEZ, Hernán. Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes. Cajamarca – Perú: Universidad Nacional de Cajamarca, 2017.

Recuperado de:

<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1140>

21. BELLVER, Elena. Tipos de suelos y características. 2021.

Recuperado de:

<https://tendenzias.com/eco/tipos-de-suelos/>

22. Pavement Interactive. *Subgrade* [online]. [consulting day: 15 de November, 2021].

Recovered from:

<https://pavementinteractive.org/reference-desk/design/design-parameters/subgrade/>

23. SHAIR, Adah. Use of Sugarcane Bagasse Ash as Partial Cement Replacement in Interlocking Stabilized Soil Blocks (ISSBs). 2020. Tesis Doctoral. University of South Florida. Pag 21-22.

Recovered from:

<https://search.proquest.com/openview/428fa0ddaf0fa3e1d1554cad6501fef8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=44156>

24. ASTM, ASTM C 618(2014). Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete. Pag 1-2.

Recovered from:

<https://www.astm.org/Standards/C618.htm>

25. KNADEL, Maria, et al. Estimating Atterberg limits of soils from reflectance spectroscopy and pedotransfer functions. *Geoderma*, 2021, vol. 402, p.1.
Recovered from:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016706121003803>
26. O'KELLY, B. C.; VARDANEGA, Paul J.; HAIGH, Stuart K. Use of fall cones to determine Atterberg limits: a review. *Géotechnique*, 2018, vol. 68, no 10, p. 843.
Recovered from:
<https://www.icvirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jgeot.17.r.039>
27. O'KELLY, B. C.; VARDANEGA, Paul J.; HAIGH, Stuart K. Use of fall cones to determine Atterberg limits: a review. *Géotechnique*, 2018, vol. 68, no 10, p. 844.
Recovered from:
<https://www.icvirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/jgeot.17.r.039>
28. Pavement Interactive. *Subgrade* [online]. [consultation day: 18 of November, 2021].
Recovered from:
<https://pavementinteractive.org/reference-desk/design/design-parameters/subgrade/>
29. OLOV, S. Stabilization of Soft Soil with Lime and PetritT. Lulea, Sweden: Lulea University of Technology, 2018. p. 14.
Recovered from:
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1249638/FULLTEXT02.pdf>
30. KABIR, S. Basic Guidelines for Research: An Introductory Approach for All Disciplines [online]. Bangladesh: Book zone, 2016 [consultation day: 15 of November, 2021]. p.7. ISBN: 978-984-33-9565-8.
Recovered from:
https://www.researchgate.net/publication/325390597_BASIC_GUIDELINES_FOR_RESEARCH_An_Introductory_Approach_for_All_Disciplines

31. COLOMÉ, D., FEMENIA, P. *Metodología de la Investigación para cursos de posgrado en Ingeniería*. [en línea]. Ediciones plaza, 2018, p. 13-14. ISBN: 978-987-770-605-5.

Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/332652994_METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION_PARA_ESTUDIANTES_DE_POSGRADO_EN_INGENIERIA

32. COLOMÉ, D., FEMENIA, P. *Metodología de la Investigación para cursos de posgrado en Ingeniería*. [en línea]. Ediciones plaza, 2018, p. 14. ISBN: 978-987-770-605-5.

Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/332652994_METODOLOGIA_DE_INVESTIGACION_PARA_ESTUDIANTES_DE_POSGRADO_EN_INGENIERIA

33. KABIR, S. Basic Guidelines for Research: An Introductory Approach for All Disciplines [online]. Bangladesh: Book zone, 2016 [consultation day: 15 of November, 2021]. p.9. ISBN: 978-984-33-9565-8.

Recovered from:

https://www.researchgate.net/publication/325390597_BASIC_GUIDELINES_FOR_RESEARCH_An_Introductory_Approach_for_All_Disciplines

34. XU, Q., JI, T., GAO, S. J., YANG, Z., y WU, N. Characteristics and Applications of Sugar Cane Bagasse Ash Waste in Cementitious Materials. Materials (Basel, Switzerland), 2018 [consultation day: 15 of November, 2021]. p. 2.

Recovered from:

<https://doi.org/10.3390/ma12010039>

35. ÇIMEN, Ö., SALTAN, M. y KESKIN, S. Stabilization of clayey subgrade with waste pumice for road infrastructure. Science and Engineering of Composite Materials, 2015 [consultation day: 11 of October, 2021]. p. 583.

Recovered from:

<https://doi.org/10.1515/secm-2013-0315>

36. CORTES CORTES, Manuel, IGLESIAS LEON, Miriam. Generalidades sobre Metodología de la Investigación. México, 2004. ISBN: 968 – 6624 – 87– 2
Recuperado de:
https://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf
37. CORTES CORTES, Manuel, IGLESIAS LEON, Miriam. Generalidades sobre Metodología de la Investigación. México, 2004. ISBN: 968 – 6624 – 87– 2
Recuperado de:
https://www.unacar.mx/contenido/gaceta/ediciones/metodologia_investigacion.pdf
38. GOUNDAR, Sam. Research Methodology and Research Method. Researchgate [online]. 2019, cap. 3. 1-41. Pág. 5 [consulting day 12 de october, 2020].
Recovered from:
<https://www.researchgate.net/publication/333015026>
39. KABIR, S. Basic Guidelines for Research: An Introductory Approach for All Disciplines [online]. Bangladesh: Book zone, 2016 [consultation day: 24 of Octover, 2021]. p.20. ISBN: 978-984-33-9565-8.
Recovered from:
https://www.researchgate.net/publication/325390597_BASIC_GUIDELINES_FOR_RESEARCH_An_Introductory_Approach_for_All_Disciplines
40. HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, L. *Metodología de la Investigación*. [en línea]. 6ta ed. México: Editorial Mc Graw Hill, 2014, pp. 200-204.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
Recuperado de:
<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
41. HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, L. *Metodología de la Investigación*. [en línea]. 6ta ed. México: Editorial Mc Graw Hill, 2014, pp. 200.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

Recuperado de:

<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

42. HERNANDEZ, R., FERNANDEZ, C. y BAPTISTA, L. *Metodología de la Investigación*. [en línea]. 6ta ed. México: Editorial Mc Graw Hill, 2014, pp. 198-199.

ISBN: 978-1-4562-2396-0

Recuperado de:

<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

43. MAMANI, L. y YATACO, A. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho - Perú: Universidad San Martín de Porres, 2017.

Recuperado de:

<https://hdl.handle.net/20.500.12727/3635>

44. VARGAS, B. Estabilización de un suelo arcilloso con ceniza volcánica para el mejoramiento de subrasante en la progresiva km 5+100 al 6+100 del tramo Asirumi – Rosaspata Huancané: Universidad Peruana Unión, 2020.

Recuperado de:

<http://hdl.handle.net/20.500.12840/3487>

45. ORMEÑO, E y RIVAS, N. Estudio experimental para determinar la influencia de la aplicación de Cenizas de Cáscara de Arroz (RHA) en la estabilización de una subrasante de suelo arcilloso de baja plasticidad en Chota-Cajamarca: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.

Recuperado de:

<http://hdl.handle.net/10757/653974>

46. CASTRO, A. Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante. San Martín, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017.

Recuperado de:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10054>

47. CASTRO, A. Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante. San Martín, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2017.

Recuperado de:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/10054>

48. VARGAS, B. Estabilización de un suelo arcilloso con ceniza volcánica para el mejoramiento de subrasante en la progresiva km 5+100 al 6+100 del tramo Asirumi – Rosaspata Huancané: Universidad Peruana Unión, 2020.

Recuperado de:

<http://hdl.handle.net/20.500.12840/3487>

ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variables.

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES						
TÍTULO		"Influencia de Ceniza de Caña en la Subrasante de la Trocha Carrozable del Centro Poblado San Antonio, Cajamarca – 2021."				
VARIABLES		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE	CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	Según XU, JI, GAO, YUNG y WU (2018). La caña de azúcar se usa típicamente para producir azúcar y etanol, luego de sacar el contenido liquido de caña de azúcar se produce el bagazo que es el 50% de la calidad de la caña, el bagazo se utiliza normalmente como combustible para producir vapor y generar electricidad, en este proceso las cenizas de bagazo de caña de azúcar quedan como residuo final en la producción de azúcar	Las dosificaciones de CBCA en 8%, 12% y 30% respecto al m3 del material, empleándose para las 03 muestras, con el objetivo de disminuir el índice de plasticidad, reducir la humedad optima, elevar la densidad máxima seca y aumentar el CBR, inicialmente se realizaron calicatas para realizar los ensayos descritos. combinaciones, estas son: N, N+8%, N+12% y N+30%, con el objetivo de obtener una mejora en las propiedades físicas y mecanicas de la subrasante.	Porcentajes de la ceniza de bagazo de caña de azúcar	Aplicando el 8% de CBCA al volumen del suelo	RAZÓN
					Aplicando el 12% de CBCA al volumen del suelo	
					Aplicando el 30% de CBCA al volumen del suelo	
VARIABLE DEPENDIENTE	SUBRASANTE	Según CIMEN, SALTAN y KESKIN (2015). La base de la carretera o el suelo sobre el que la carretera se denomina subrasante, donde existen varios factores que afectan su resistencia, como el tipo de suelo de la subrasante, la densidad de tráfico e incluso las condiciones meteorológicas a las cuales está sometida la subrasante, es en el caso de un suelo tipo OH o limoso el cual se contrae y sufre un hinchamiento debido al contenido de humedad que este posee	En la subrasante como tal se realizaron ensayos con CBCA, las cuales influyeron en las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Para ello, se hicieron experimentos de proctor modificado, para las 4 combinaciones descritas (N, 8%, 12%, 30%), con el fin de reducir la humedad en cada una de estas combinaciones, también se realizó ensayos de CBR y capacidad portante en las 4 combinaciones descritas (N, 8%, 12%, 30%), los ensayos que serán realizados tienen la finalidad de obtener resultados favorables en la subrasante, comprobados y evidenciados por las fichas de laboratorio.	Propiedades físicas	Indice de plasticidad	RAZÓN
					(%)	
				Propiedades mecanicas	Proctor modificado	RAZÓN
					(% - gr/cm3)	
					Capacidad portante CBR	RAZÓN
					(%)	

Método: Científico
Tipo de Investigación:
 Tipo Aplicada
Nivel de Investigación:
 Explicativa (Causa - Efecto)
Diseño de Investigación:
 Cuasi - Experimental
Enfoque:
 Cuantitativo
Población:
 Todos los ensayos realizados para la obtención de datos
Muestra:
 4 Ensayos de Límites de Atterberg
 4 Ensayos de Proctor Modificado
 4 Relación de Soporte California (CBR)
Muestreo:
 No Probabilístico
Técnica:
 Observación Directa
Instrumentos de la investigación:
 Ficha Recolección de Datos
 Ficha Resultados de Laboratorio
 Según NTP - ASTM

ANEXO 2: Matriz de consistencia.

MATRIZ DE CONSISTENCIA						
TITULO:	"Influencia de Ceniza de Caña en la Subrasante de la Trocha Carrozable del Centro Poblado San Antonio, Cajamarca – 2021."					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
P. General	O. General	H. General	INDEPENDIENTE			
¿De qué manera influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021?	Determinar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021	La ceniza de bagazo de caña de azúcar en porcentajes de 8%, 12% y 30% mejora las propiedades físico-mecánicas en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021	CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	D1: Porcentaje de la ceniza de bagazo de caña de azúcar	I1: Aplicando el 8% de CBCA al peso de la subrasante	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
					I2: Aplicando el 12% de CBCA al peso de la subrasante	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
					I3: Aplicando el 30% de CBCA al peso de la subrasante	Ficha Recolección de Datos Anexo 3
P. Especifico	O. Especifico	H. Especifico	DEPENDIENTE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
¿De qué manera influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021?	Especificar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.	La ceniza de bagazo de caña de azúcar reduce el índice de plasticidad en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.	SUBRASANTE	D2: Propiedades físicas	I4: Índice de plasticidad (%)	Ficha Resultado de Laboratorio Según MTC E-110, ASTM D-4318 Anexo 4-B
¿De qué manera influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el proctor modificado en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021?	Determinar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en el proctor modificado en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.	La ceniza de bagazo de caña de azúcar mejora el proctor modificado en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.			I5: Proctor modificado (%-gr/cm3)	Ficha Resultado de Laboratorio Según MTC E-115, ASTM D-1557 Anexo 4-C
¿De qué manera influye la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la capacidad portante en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021?	Indicar la influencia del 8%, 12%, 30% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la capacidad portante en la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.	La ceniza de bagazo de caña de azúcar aumenta la capacidad portante de la subrasante de la trocha carrozable, del centro poblado San Antonio, Cajamarca – 2021.		D3: Propiedades mecánicas	I7: Relación de Soporte de California (CBR) (%)	Ficha Resultado de Laboratorio Según MTC E-132, ASTM D-1883 Anexo 4-D

ANEXO 3: Instrumentos de recolección de datos.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Influencia de ceniza de bagazo de caña de azúcar

"Influencia de Ceniza de Caña en la Subrasante de Suelo Arcilloso, del Centro Poblado San Antonio, Cajamarca – 2021"

Parte A: Datos generales

Tesista 01: Jhonathan Alligery Rojas Gálvez

Fecha: Lima, 12 de Octubre del 2021

Parte B: Influencia de ceniza de caña

8%	OK
12%	OK
30%	OK

Tesis: Terrones, A (2018) Adición de cenizas de caña: 5%, 10%, 15%

Tesis: Capuñay, C y Pastor, C (2020) Adición de cenizas de caña: 25%, 35%, 45%

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos: Campos Bravo

Nombres: Carlos Alberto

Título: Ingeniero Civil

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: N° 88488

Firma:



Carlos Alberto Campos Bravo
INGENIERO CIVIL
CIP 88488

Apellidos: Salazar Andonayre

Nombres: Rolando Jesús

Título: Ingeniero Civil

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: N° 98397

Firma:



Ing. Rolando Jesús Salazar Andonayre
CIP 98397

Apellidos: Campos Bravo

Nombres: Alan Gabriel

Título: Ingeniero Civil

Grado: Ingeniero

N° Reg. CIP: N° 182289

Firma:



Ing. Alan Gabriel Campos Bravo
INGENIERO CIVIL
CIP 182289

ANEXO 4-A: Ficha de resultados de análisis granulométrico C-3 (Muestra patrón)

 中国土木 CCECC		LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88)							
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS							
TESIS INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO CAJAMARCA 2021							
TESISTA JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ							
UBICACIÓN C.P. SAN ANTONIO DISTRITO-SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA							
MUESTRA M-003							
MUESTREO KM 6+280 L /Izquierdo de la Vía							
PROFUNDIDAD 1.90 m							
Tamaño máximo : 1/2" P. Inicial (g.): 2,166 Fracc. de finos (g.):							
Tamices	Abertura	Peso Retenido	%Retenido	%Retenido	% que pasa	Especificaciones Técnica Gradación	Datos de la Muestra
ASTM	en mm.	(gr)	Parcial	Acumulado			
3 1/2"	88.900						OBSERVACIONES
3"	76.200						Método de Compact.
2 1/2"	63.500						B
2"	50.800						Humedad Natural
1 1/2"	38.100						Sh + Tara
1"	25.400	30.0	1.4	1.4			Ss + Tara
3/4"	19.050	114.0	5.3	6.6			Tara
1/2"	12.700	116.0	5.4	12.0	88.0		Peso Agua
3/8"	9.525	105.0	4.8	16.9	83.1		Peso Suelo Seco
1/4"	6.350						Humedad(%)
4	4.760	143.0	6.6	23.5	76.5		Descripción (SUCS) :
8	2.380						Arcillas organicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos
10	2.000	170.0	7.8	31.3	68.7		
16	1.190						
20	0.840	67.0	3.1	34.4	65.6		
30	0.590						
40	0.420	79.1	3.7	38.0	62.0		
50	0.300						
60	0.250	43.0	2.0				
80	0.180						
100	0.149	38.0	1.8	39.8	60.2		
200	0.074	60.0	2.8	42.6	57.4		
pasa		1200.9	55.4	98.0			
CARACTERÍSTICA FÍSICA Y QUÍMICA DE LA MUESTRA							
Limite liquido (%)		60	Máx. Dens. Seca (gr/cc)		1.456	Abrasión (%)	
Limite Plástico (%)		36	Humedad óptima (%)		27.7	Durabilidad Grava	
Índice plástico (%)		24	CBR.: al 100%		11.7 %	Durabilidad Arena	
Clasificación:		SUCS	OH	CBR.: al 95%		Sales	
Cu		AASHTO	A-7-5 (5)	Expansión (%)		Peso Especifico (g./cc.)	
		Cc		Equivalente de arena (%)		% de Absorción (%)	

OBSERVACIONES:

Fernando Nicanor Paredes Melgar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 67447

ANEXO 4-B: Ficha de resultados de límites de consistencia C-3 (Muestra patrón)

 中国土木 CCECC	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
---	---

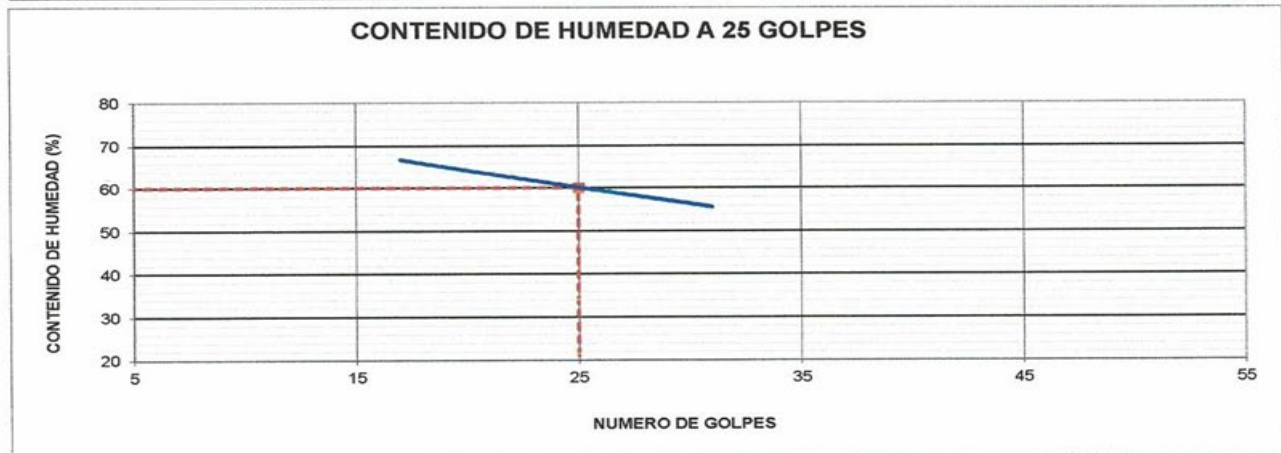
LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40 (NORMA MTC E-110, E111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

TESIS : INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO TESISTA : JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ UBICACIÓN : C.P SAN ANTONIO DISTRITO-SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA	TEC. LABORATORIO : F.PAREDES ING. RESPONSABLE : C.AGUIRRE FECHA : 25/09/21
---	---

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M-003 MUESTREO : KM 6+280 L /Izquierdo de la Vía PROFUNDIDAD : 1.90 m	TAMAÑO MAXIMO : N° 40

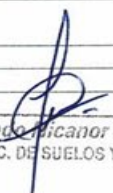
LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO		42	28	39
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		47.80	51.08	47.12
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		37.96	40.82	38.65
PESO DE AGUA (g)		9.84	10.26	8.47
PESO DEL TARRO		23.44	23.54	23.65
PESO DEL SUELO SECO (g)		14.5	17.3	15.0
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		67.8	59.4	56.5
NUMERO DE GOLPES		17	24	31

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		40	52	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		17.16	16.76	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		15.02	14.71	
PESO DE AGUA (g)		2.1	2.1	
PESO DEL TARRO (g)		9.17	9.07	
PESO DEL SUELO SECO (g)		5.9	5.6	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		36.6	36.3	36.46



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	60
LIMITE PLASTICO	36
INDICE DE PLASTICIDAD	24

Observaciones :


Fernando Paredes Mejar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS


CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 67447

ANEXO 4-C: Ficha de resultados de proctor modificado C-3 (Muestra patrón)

 中国土木 CCECC	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
---	---

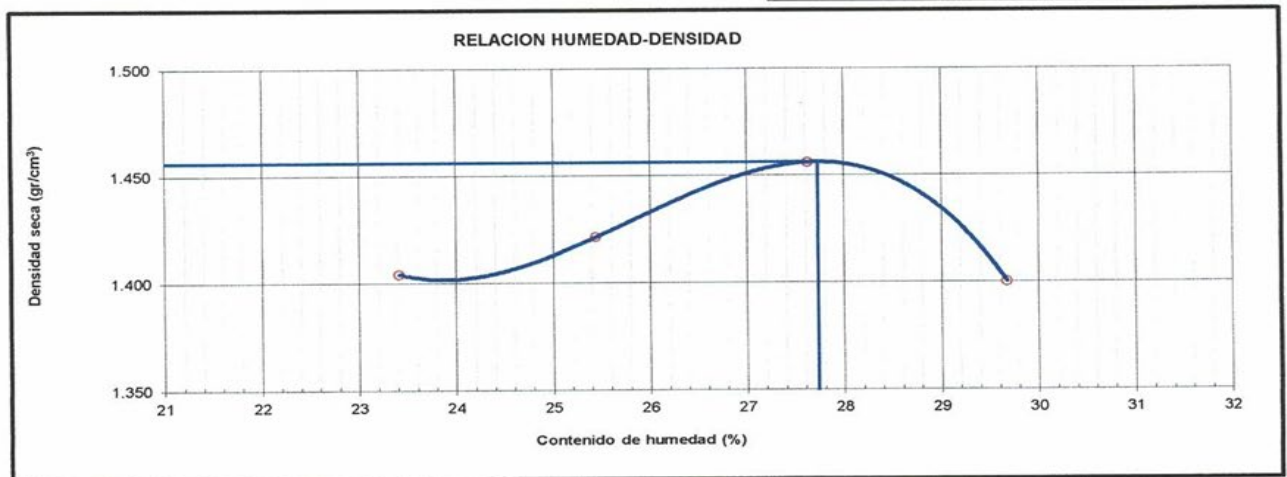
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)
--

TESIS : INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO : POBLADO SAN ANTONIO ,CAJAMARCA 2021	TEC RESPONSABLE F.PARADES
TESISTA : JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ	ING. RESPONSABLE C.AGUIRRE
UBICACIÓN : C.P SAN ANTONIO DISTRITO DE SOCOTA-CUTERVO- CAJAMARACA	FECHA : 25/09/21

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M-003	CLASF. (SUCS) : OH
MUESTREO : KM 6+280 L/Izquierdo de la Vía	CLASF. (AASHTO) : A-7-5 (5)
PROFUNDIDAD : 1.90 m	

METODO DE COMPACTACION : **B** FECHA DE ENSAYO: 25/09/2021

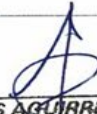
Peso suelo + molde	gr	5708	5755	5826	5786	
Peso molde	gr	4072	4072	4072	4072	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1636.0	1683.0	1754.0	1714.0	
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.733	1.783	1.858	1.816	
Recipiente N°		1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	507.1	525.6	587.7	550.6	
Peso del suelo seco + tara	gr	410.9	419.0	460.5	424.6	
Tara	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua	gr	96.2	106.6	127.2	126.0	
Peso del suelo seco	gr	410.9	419.0	460.5	424.6	
Contenido de agua	%	23.41	25.44	27.62	29.67	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.404	1.421	1.456	1.400	
Densidad máxima (gr/cm ³)					1.456	
Humedad óptima (%)					27.7	



Observaciones:

0


Fernando Milcanor Paredes Melgar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS


CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 67447

ANEXO 4-D: Ficha de resultados de relación de soporte california C-3 (Muestra patrón)

 中国土木 CCECC	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS																																																																																																																																																																																		
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA ASSHTO T-193, ASTM D 1883)																																																																																																																																																																																			
TESIS : INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO TESISTA : CAJAMARCA 2021 JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ UBICACIÓN : P SAN ANTONIO DISTRITO-SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA																																																																																																																																																																																			
TEC. LABORATORIO : F.PAREDES ING. RESPONSABLE : C.AGUIRRE FECHA : 25/09/21																																																																																																																																																																																			
DATOS DE LA MUESTRA																																																																																																																																																																																			
MUESTRA : M-003 MUESTREO : KM 6+280 L/I PROFUNDIDAD : 1.90 m																																																																																																																																																																																			
CLASF. (SUCS) : OH CLASF. (AASHTO) : A-7-5 (5)																																																																																																																																																																																			
COMPACTACION																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Molde Nº</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">1</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">2</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">4</td> </tr> <tr> <td>Capas Nº</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Golpes por capa Nº</td> <td style="text-align: center;">56</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> <tr> <td>Condición de la muestra</td> <td style="text-align: center;">NO SATURADO</td> <td style="text-align: center;">SATURADO</td> <td style="text-align: center;">NO SATURADO</td> </tr> <tr> <td>Peso de molde + Suelo húmedo (g)</td> <td style="text-align: center;">12577</td> <td style="text-align: center;">12641</td> <td style="text-align: center;">12103</td> </tr> <tr> <td>Peso de molde (g)</td> <td style="text-align: center;">8629</td> <td style="text-align: center;">8629</td> <td style="text-align: center;">8422</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo húmedo (g)</td> <td style="text-align: center;">3948</td> <td style="text-align: center;">4012</td> <td style="text-align: center;">3681</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde (cm³)</td> <td style="text-align: center;">2126</td> <td style="text-align: center;">2138</td> <td style="text-align: center;">2135</td> </tr> <tr> <td>Densidad húmeda (g/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1.857</td> <td style="text-align: center;">1.877</td> <td style="text-align: center;">1.736</td> </tr> <tr> <td>Tara (Nº)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso suelo húmedo + tara (g)</td> <td style="text-align: center;">685.00</td> <td style="text-align: center;">512.30</td> <td style="text-align: center;">620.30</td> </tr> <tr> <td>Peso suelo seco + tara (g)</td> <td style="text-align: center;">537.25</td> <td style="text-align: center;">354.40</td> <td style="text-align: center;">486.40</td> </tr> <tr> <td>Peso de tara (g)</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td style="text-align: center;">147.75</td> <td style="text-align: center;">157.90</td> <td style="text-align: center;">133.90</td> </tr> <tr> <td>Peso de suelo seco (g)</td> <td style="text-align: center;">537.25</td> <td style="text-align: center;">354.40</td> <td style="text-align: center;">486.40</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (%)</td> <td style="text-align: center;">27.50</td> <td style="text-align: center;">44.55</td> <td style="text-align: center;">27.53</td> </tr> <tr> <td>Densidad seca (g/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1.456</td> <td style="text-align: center;">1.298</td> <td style="text-align: center;">1.361</td> </tr> </table>		Molde Nº	1	2	4	Capas Nº	5	5	5	Golpes por capa Nº	56	25	12	Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12577	12641	12103	Peso de molde (g)	8629	8629	8422	Peso del suelo húmedo (g)	3948	4012	3681	Volumen del molde (cm³)	2126	2138	2135	Densidad húmeda (g/cm³)	1.857	1.877	1.736	Tara (Nº)				Peso suelo húmedo + tara (g)	685.00	512.30	620.30	Peso suelo seco + tara (g)	537.25	354.40	486.40	Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	Peso de agua (g)	147.75	157.90	133.90	Peso de suelo seco (g)	537.25	354.40	486.40	Contenido de humedad (%)	27.50	44.55	27.53	Densidad seca (g/cm³)	1.456	1.298	1.361																																																																																																														
Molde Nº	1	2	4																																																																																																																																																																																
Capas Nº	5	5	5																																																																																																																																																																																
Golpes por capa Nº	56	25	12																																																																																																																																																																																
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO																																																																																																																																																																																
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12577	12641	12103																																																																																																																																																																																
Peso de molde (g)	8629	8629	8422																																																																																																																																																																																
Peso del suelo húmedo (g)	3948	4012	3681																																																																																																																																																																																
Volumen del molde (cm³)	2126	2138	2135																																																																																																																																																																																
Densidad húmeda (g/cm³)	1.857	1.877	1.736																																																																																																																																																																																
Tara (Nº)																																																																																																																																																																																			
Peso suelo húmedo + tara (g)	685.00	512.30	620.30																																																																																																																																																																																
Peso suelo seco + tara (g)	537.25	354.40	486.40																																																																																																																																																																																
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																																
Peso de agua (g)	147.75	157.90	133.90																																																																																																																																																																																
Peso de suelo seco (g)	537.25	354.40	486.40																																																																																																																																																																																
Contenido de humedad (%)	27.50	44.55	27.53																																																																																																																																																																																
Densidad seca (g/cm³)	1.456	1.298	1.361																																																																																																																																																																																
EXPANSION																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">FECHA</th> <th rowspan="2">HORA</th> <th rowspan="2">TIEMPO</th> <th rowspan="2">DIAL</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> <th rowspan="2">DIAL</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> <th rowspan="2">DIAL</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>%</th> <th>mm</th> <th>%</th> <th>mm</th> <th>%</th> </tr> <tr> <td>12/04/2015</td> <td>14:00</td> <td>0</td> <td>3.000</td> <td>0.000</td> <td>0.0</td> <td>20.000</td> <td>0.000</td> <td>0.0</td> <td>40.000</td> <td>0.000</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>13/04/2015</td> <td>14:00</td> <td>24</td> <td>25.000</td> <td>0.559</td> <td>0.5</td> <td>49.000</td> <td>0.737</td> <td>0.6</td> <td>75.000</td> <td>0.889</td> <td>0.7</td> </tr> <tr> <td>14/04/2015</td> <td>14:00</td> <td>48</td> <td>28.000</td> <td>0.635</td> <td>0.5</td> <td>52.000</td> <td>0.813</td> <td>0.7</td> <td>78.000</td> <td>0.965</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>15/04/2015</td> <td>14:00</td> <td>72</td> <td>29.000</td> <td>0.660</td> <td>0.5</td> <td>52.000</td> <td>0.813</td> <td>0.7</td> <td>78.000</td> <td>0.965</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>16/04/2015</td> <td>14:00</td> <td>96</td> <td>29.000</td> <td>0.660</td> <td>0.5</td> <td>52.000</td> <td>0.813</td> <td>0.7</td> <td>79.000</td> <td>0.991</td> <td>0.8</td> </tr> </table>		FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		mm	%	mm	%	mm	%	12/04/2015	14:00	0	3.000	0.000	0.0	20.000	0.000	0.0	40.000	0.000	0.0	13/04/2015	14:00	24	25.000	0.559	0.5	49.000	0.737	0.6	75.000	0.889	0.7	14/04/2015	14:00	48	28.000	0.635	0.5	52.000	0.813	0.7	78.000	0.965	0.8	15/04/2015	14:00	72	29.000	0.660	0.5	52.000	0.813	0.7	78.000	0.965	0.8	16/04/2015	14:00	96	29.000	0.660	0.5	52.000	0.813	0.7	79.000	0.991	0.8																																																																																																				
FECHA	HORA					TIEMPO	DIAL		EXPANSION			DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION																																																																																																																																																																			
		mm	%	mm	%			mm	%																																																																																																																																																																										
12/04/2015	14:00	0	3.000	0.000	0.0	20.000	0.000	0.0	40.000	0.000	0.0																																																																																																																																																																								
13/04/2015	14:00	24	25.000	0.559	0.5	49.000	0.737	0.6	75.000	0.889	0.7																																																																																																																																																																								
14/04/2015	14:00	48	28.000	0.635	0.5	52.000	0.813	0.7	78.000	0.965	0.8																																																																																																																																																																								
15/04/2015	14:00	72	29.000	0.660	0.5	52.000	0.813	0.7	78.000	0.965	0.8																																																																																																																																																																								
16/04/2015	14:00	96	29.000	0.660	0.5	52.000	0.813	0.7	79.000	0.991	0.8																																																																																																																																																																								
PENETRACION																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="3">PENETRACION</th> <th rowspan="3">CARGA STAND. kg/cm2</th> <th colspan="4">MOLDE Nº 1</th> <th colspan="4">MOLDE Nº 2</th> <th colspan="4">MOLDE Nº 4</th> </tr> <tr> <th colspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">CORRECCION</th> <th colspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">CORRECCION</th> <th colspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">CORRECCION</th> </tr> <tr> <th>Dial (div)</th> <th>kg</th> <th>kg</th> <th>%</th> <th>Dial (div)</th> <th>kg</th> <th>kg</th> <th>%</th> <th>Dial (div)</th> <th>kg</th> <th>kg</th> <th>%</th> </tr> <tr> <td>0.000</td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.635</td> <td></td> <td>15</td> <td>26.8</td> <td></td> <td></td> <td>12</td> <td>20.3</td> <td></td> <td></td> <td>5</td> <td>5.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.270</td> <td></td> <td>40</td> <td>81.3</td> <td></td> <td></td> <td>20</td> <td>37.7</td> <td></td> <td></td> <td>9</td> <td>13.7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.905</td> <td></td> <td>58</td> <td>120.5</td> <td></td> <td></td> <td>35</td> <td>70.4</td> <td></td> <td></td> <td>13</td> <td>22.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.540</td> <td>70.5</td> <td>72</td> <td>150.9</td> <td>158.2</td> <td>11.7</td> <td>48</td> <td>98.7</td> <td>100.7</td> <td>7.5</td> <td>17</td> <td>31.2</td> <td>36.8</td> <td>2.7</td> </tr> <tr> <td>3.170</td> <td></td> <td>87</td> <td>183.6</td> <td></td> <td></td> <td>61</td> <td>127.0</td> <td></td> <td></td> <td>23</td> <td>44.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.810</td> <td></td> <td>107</td> <td>227.0</td> <td></td> <td></td> <td>74</td> <td>155.3</td> <td></td> <td></td> <td>34</td> <td>68.2</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.080</td> <td>105.7</td> <td>119</td> <td>253.1</td> <td>246.0</td> <td>12.1</td> <td>93</td> <td>196.6</td> <td>190.3</td> <td>9.4</td> <td>47</td> <td>96.5</td> <td>87.7</td> <td>4.3</td> </tr> <tr> <td>7.620</td> <td></td> <td>125</td> <td>266.2</td> <td></td> <td></td> <td>112</td> <td>237.9</td> <td></td> <td></td> <td>58</td> <td>120.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10.160</td> <td></td> <td>134</td> <td>285.7</td> <td></td> <td></td> <td>121</td> <td>257.5</td> <td></td> <td></td> <td>66</td> <td>137.9</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 4				CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	0.000		0				0				0				0.635		15	26.8			12	20.3			5	5.0			1.270		40	81.3			20	37.7			9	13.7			1.905		58	120.5			35	70.4			13	22.5			2.540	70.5	72	150.9	158.2	11.7	48	98.7	100.7	7.5	17	31.2	36.8	2.7	3.170		87	183.6			61	127.0			23	44.2			3.810		107	227.0			74	155.3			34	68.2			5.080	105.7	119	253.1	246.0	12.1	93	196.6	190.3	9.4	47	96.5	87.7	4.3	7.620		125	266.2			112	237.9			58	120.5			10.160		134	285.7			121	257.5			66	137.9		
PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm2			MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 4																																																																																																																																																																							
				CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION																																																																																																																																																																					
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%																																																																																																																																																																						
0.000		0				0				0																																																																																																																																																																									
0.635		15	26.8			12	20.3			5	5.0																																																																																																																																																																								
1.270		40	81.3			20	37.7			9	13.7																																																																																																																																																																								
1.905		58	120.5			35	70.4			13	22.5																																																																																																																																																																								
2.540	70.5	72	150.9	158.2	11.7	48	98.7	100.7	7.5	17	31.2	36.8	2.7																																																																																																																																																																						
3.170		87	183.6			61	127.0			23	44.2																																																																																																																																																																								
3.810		107	227.0			74	155.3			34	68.2																																																																																																																																																																								
5.080	105.7	119	253.1	246.0	12.1	93	196.6	190.3	9.4	47	96.5	87.7	4.3																																																																																																																																																																						
7.620		125	266.2			112	237.9			58	120.5																																																																																																																																																																								
10.160		134	285.7			121	257.5			66	137.9																																																																																																																																																																								

Observaciones :


Fernando Paredes Meigar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS


CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESR. SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 87447

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

TESIS : INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO

TESISTA : JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ

UBICACIÓN : C.P SAN ANTONIO DISTRITO-SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA

TEC. LABORATORIO : F. PAREDES

ING. RESPONSABLE : C. AGUIRRE

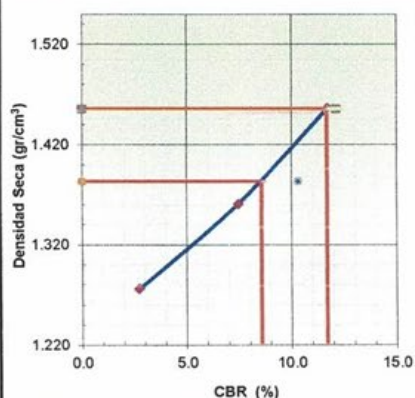
FECHA : 25/09/21

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-003

MUESTREO : KM 6+280 L/I

PROFUNDIDAD : 1.90 m



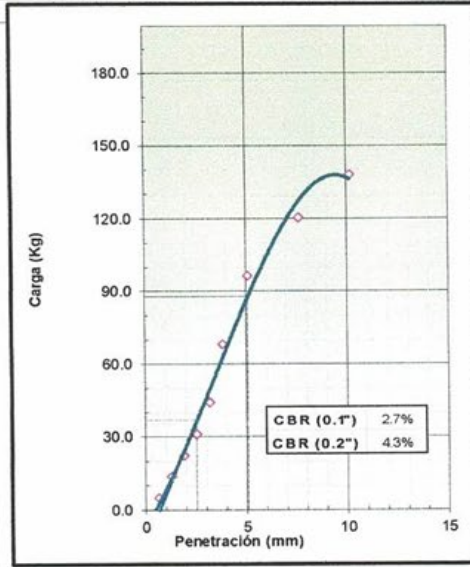
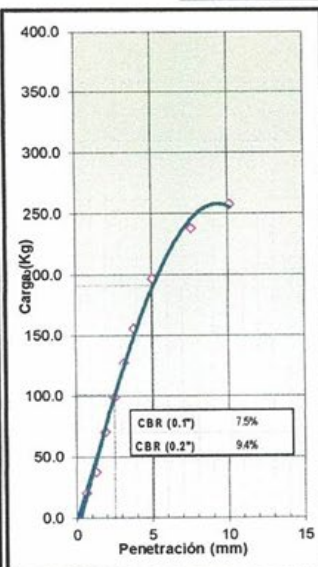
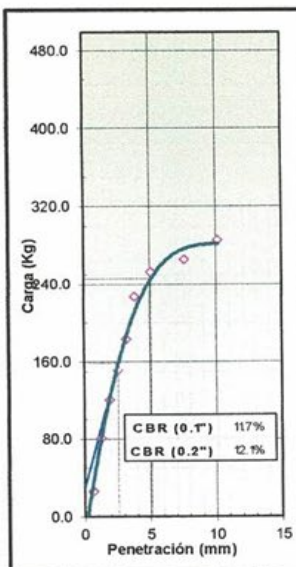
METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm^3) : 1.456
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 27.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm^3) : 1.383

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	11.7	0.2"	12.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	8.6	0.2"	10.3

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 11.7 (%) 12.1
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 8.6 (%) 10.3

OBSERVACIONES:



Fernando Paredes Melgar
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
ING. ESR. SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 67447

ANEXO 4-E: Ficha de resultados de límites de Atterberg con el 8% de CBCA



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40

(NORMA MTC E-110, E111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

TESIS	INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO, CAJAMARCA -2021		
TESISTA	JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ		
UBICACIÓN T	C.P SAN ANTONO DISTRITO -SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA		
	TEC. LABORATORIO :	F. PAREDES	
	ING. RESPONSABLE :	C. AGUIRRE	
	FECHA :	25-Set-21	
	CERTIFICADO N° :	0	

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	M003	TAMAÑO MAXIMO : N° 40
REACION	SUELO CENIZA AL 8%	

LIMITE LIQUIDO

N° TARRO		12	10	13	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	60.58	62.34	67.89	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	54.88	55.93	61.54	
PESO DE AGUA	(g)	5.70	6.41	6.35	
PESO DEL TARRO		37.45	37.17	44.30	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17.4	18.8	17.2	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.7	34.2	36.8	
NUMERO DE GOLPES		32	25	18	

LIMITE PLASTICO

N° TARRO		15	18		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	24.09	19.52		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	22.84	18.36		
PESO DE AGUA	(g)	1.3	1.2		
PESO DEL TARRO	(g)	16.06	12.21		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	6.8	6.2		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	18.4	18.9		18.65

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	34
LIMITE PLASTICO	19
INDICE DE PLASTICIDAD	16

Observaciones :

Fernando Paredes Melgar
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
ING. ESR. SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 67447

ANEXO 4-F: Ficha de resultados de límites de Atterberg con el 12% de CBCA

 中国土木 CCECC	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
---	---

LIMITE DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40 (NORMA MTC E-110, E111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

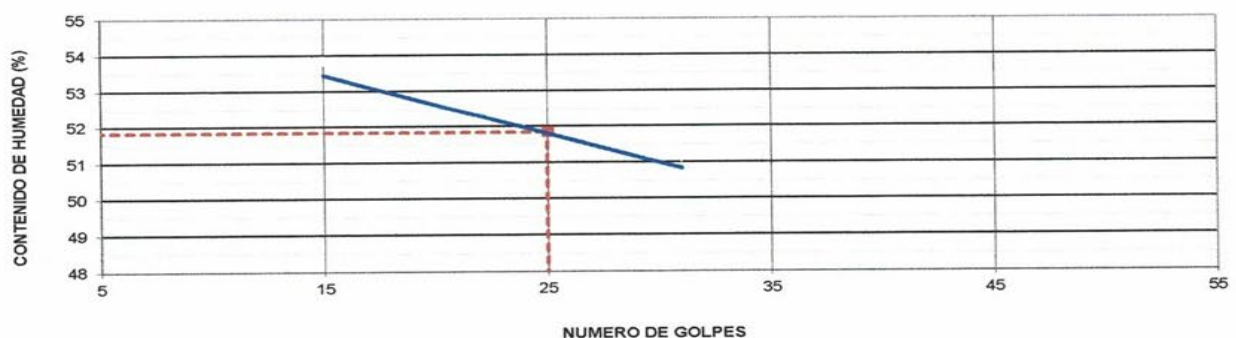
TESIS	: INFLUENCIA DE CAÑA DE LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO	TEC. LABORATORIO	: F PAREDES
	: SAN ANTONIO CAJAMARCA 2001	ING. RESPONSABLE	: C AGUIRRE
TESISTA	: JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ	FECHA	: 25/09/21
UBICACIÓN	: C.P SAN ANTONIO DISTRITO DE SOCOTA		

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA	: M-003
REACCION	: COMBINACION DE SUELO CENIZA 12%
	TAMAÑO MAXIMO : N° 40

LIMITE LIQUIDO				
Nº TARRO		20	41	48
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		40.19	42.49	42.66
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		32.56	34.17	34.75
PESO DE AGUA (g)		7.63	8.32	7.91
PESO DEL TARRO		18.39	18.05	19.28
PESO DEL SUELO SECO (g)		14.2	16.1	15.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		53.8	51.6	51.1
NUMERO DE GOLPES		15	22	31

LIMITE PLASTICO				
Nº TARRO		34	48	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO (g)		15.60	15.27	
PESO TARRO + SUELO SECO (g)		14.16	13.60	
PESO DE AGUA (g)		1.4	1.7	
PESO DEL TARRO		10.30	9.06	
PESO DEL SUELO SECO (g)		3.9	4.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		37.3	36.8	37.04

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	52
LIMITE PLASTICO	37
INDICE DE PLASTICIDAD	15

Observaciones :

Fernando Picanor Paredes Mejia
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 67447

ANEXO 4-G: Ficha de resultados de límites de Atterberg con el 30% de CBCA

 中国土木 CCECC	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
---	---

LIMITES DE CONSISTENCIA-PASA LA MALLA N°40

(NORMA MTC E-110, E111, AASHTO T-89, T-90, ASTM D 4318)

TESIS	INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO	
TESISTA	POBLADO SAN ANTONIO ,CAJAMARCA 2021	TEC. LABORATORIO : F.PAREDES
	JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ	ING. RESPONSABLE : C.AGUIRRE
		FECHA :
UBICACIÓN	: C.P SAN ANTONIO DISTRITO DE SOCOTA-CUTERVO-CAJAMARCA	

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA	: M 003	TAMAÑO MAXIMO : N° 40
REACCION	: COMBINACION DE SUELO CENIZA 30%	
0		

LIMITE LIQUIDO

Nº TARRO		27	45	16	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	54.87	54.08	55.06	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	47.85	47.56	51.83	
PESO DE AGUA	(g)	7.02	6.52	3.23	
PESO DEL TARRO		20.56	23.91	28.98	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	27.3	23.7	22.9	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.7	27.6	14.1	
NUMERO DE GOLPES		19	26	31	

LIMITE PLASTICO

Nº TARRO		41	38		
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	15.30	15.40		
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	14.67	14.73		
PESO DE AGUA	(g)	0.6	0.7		
PESO DEL TARRO	(g)	8.96	8.67		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.7	6.1		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	11.0	11.1		11.04

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	22
LIMITE PLASTICO	11
INDICE DE PLASTICIDAD	11

Observaciones :

Fernando Paredes Meigar
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 67447

ANEXO 4-H: Ficha de resultados de proctor modificado con el 8% de CBCA



LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)

TESIS INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO, CAJAMARCA -2021
TESISTA JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ
UBICACIÓN T C.P SAN ANTONIO DISTRITO -SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA
TEC RESPONSABLE F. PAREDES
ING. RESPONSABLE : C.AGUIRRE
FECHA : 25-Set-21
CERTIFICADO N° :

DATOS DE LA MUESTRA

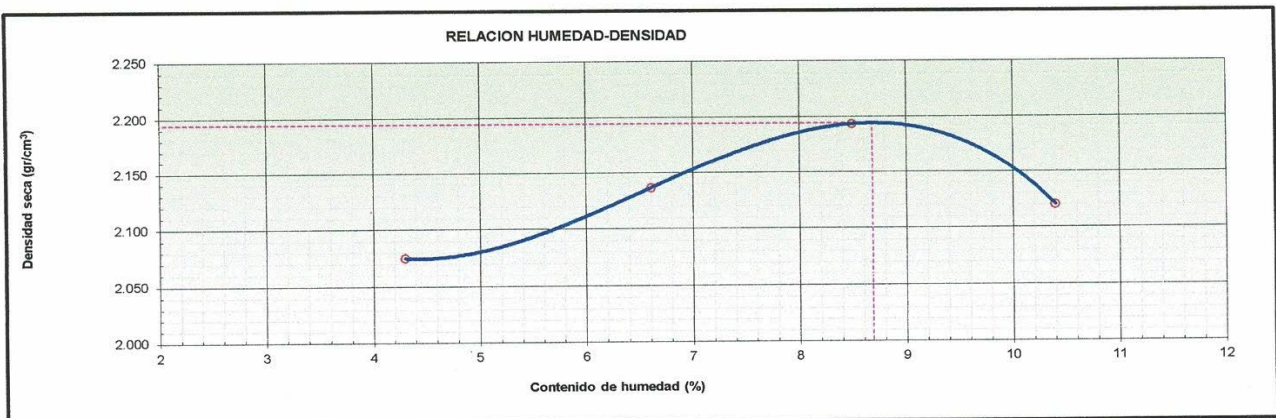
MUESTRA M003
REACION SUELO CENIZA AL 8%
CLASF. (SUCS) : GC
CLASF. (AASHTO) : A-6 (2)

METODO DE COMPACTACION :

C

FECHA DE ENSAYO: 25-Set-21

Peso suelo + molde	gr	10907	11147	11364	11281	
Peso molde	gr	6323	6323	6323	6323	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4584.0	4824.0	5041.0	4958.0	
Volumen del molde	cm ³	2118	2118	2118	2118	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.164	2.278	2.380	2.341	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	781.6	863.5	687.0	662.5	
Peso del suelo seco + tara	gr	749.4	810.0	633.2	600.1	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	32.2	53.5	53.8	62.4	
Peso del suelo seco	gr	749.4	810.0	633.2	600.1	
Contenido de agua	%	4.30	6.60	8.50	10.40	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.075	2.137	2.194	2.120	
				Densidad máxima (gr/cm ³)		2.194
				Humedad óptima (%)		8.68



Observaciones:

Fernando Paredes Malgar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESR. SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 67447

ANEXO 4-I: Ficha de resultados de proctor modificado con el 12% de CBCA

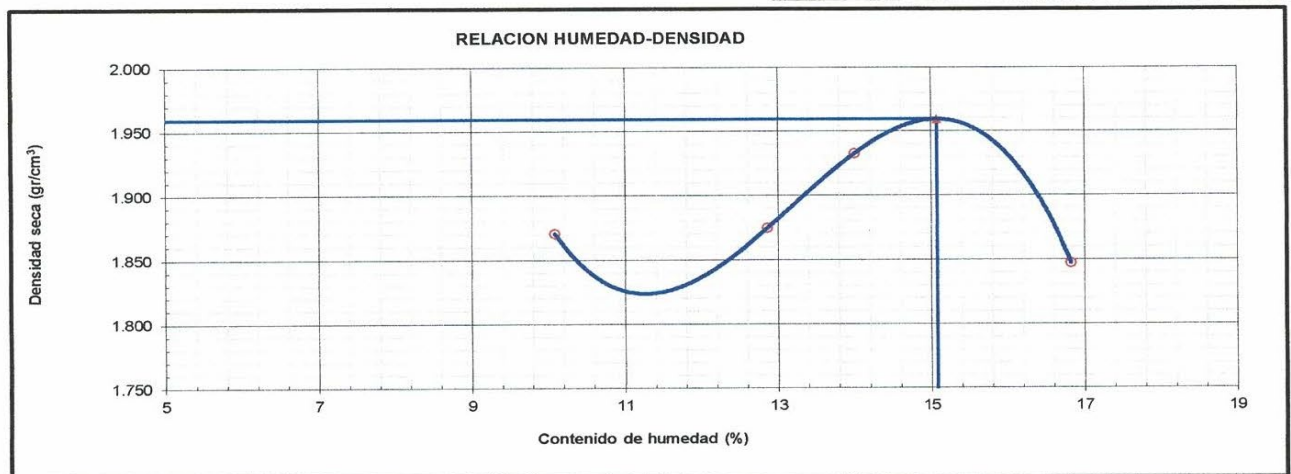
		LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)			
TESIS INFLUENCIA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO - CAJAMARCA 2021		TEC. LABORATORIO : F. PAREDES ING. RESPONSABLE : C. AGUIRRE FECHA : 25/09/21	
TESITA : JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ			
UBICACIÓN : C.P SAN ANTONIO DISTRITO DE SOCOTA			
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA : M-003		CLASF. (SUCS) : GM	
REACCION : COMBINACION DE SUELO CENIZA 12%		CLASF. (AASHTO) : A-7-5 (1)	

METODO DE COMPACTACION :

C

FECHA DE ENSAYO: 25/09/2021

Peso suelo + molde	gr	10520	10640	10825	10730	
Peso molde		6152	6152	6152	6152	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4368.0	4488.0	4673.0	4578.0	
Volumen del molde	cm ³	2121	2121	2121	2121	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.059	2.116	2.203	2.158	
Recipiente N°		1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	517.4	564.3	507.3	537.4	
Peso del suelo seco + tara	gr	470.0	500.0	445.0	460.0	
Tara	gr	0.0	0.0		0.0	
Peso de agua	gr	47.4	64.3	62.3	77.4	
Peso del suelo seco	gr	470.0	500.0	445.0	460.0	
Contenido de agua	%	10.09	12.86	14.00	16.83	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.871	1.875	1.933	1.848	
				Densidad máxima (gr/cm ³)		1.959
				Humedad óptima (%)		15.1



Observaciones:


Fernando Melgar Paredes Melgar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS


CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 87447

ANEXO 4-J: Ficha de resultados de proctor modificado con el 8% de CBCA

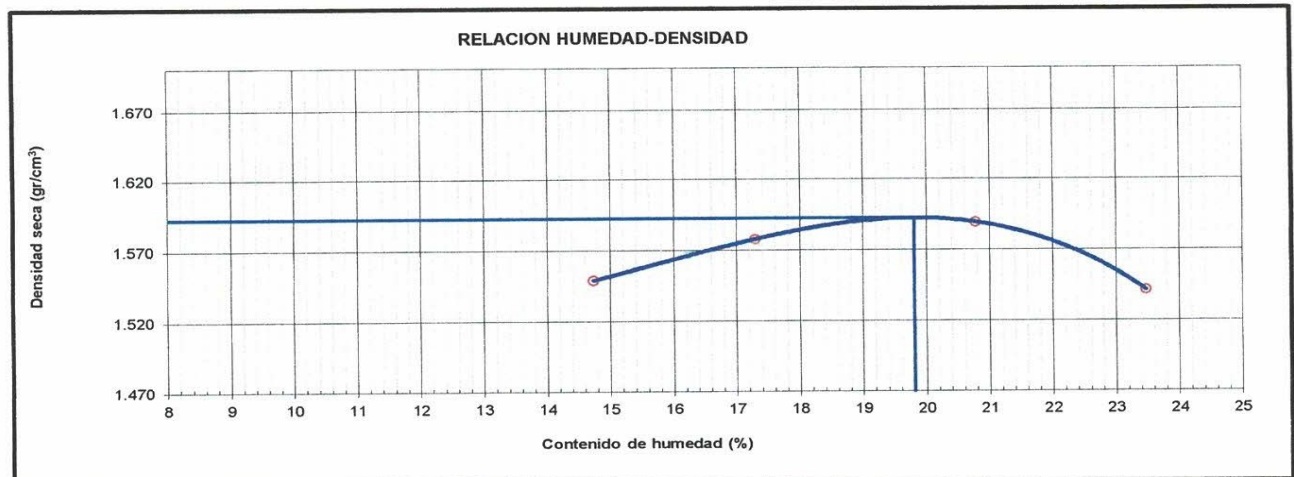
		LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E-115, ASTM D-1557, AASHTO T-180)			
TESIS TESISTA UBICACIÓN	: INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO : SAN ANTONIO, CAJAMARCA 2021 : JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ : C.P SAN ANTONIO DISTRITO DE SOCOTA-CUTERVO-CAJAMARCA		TEC. LABORATORIO : F. PARADES ING. RESPONSABLE : C. AGUIRRE FECHA : 25/09/21
DATOS DE LA MUESTRA			
MUESTRA REACCION O	: M 003 : COMBINACION DE SUELO CENIZA 30%		CLÁSF. (SUCS) : SC CLASF. (AASHTO) : A-6 (0)

METODO DE COMPACTACION :

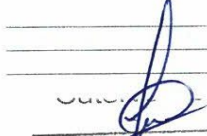
B

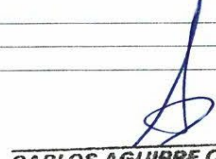
FECHA DE ENSAYO: 25/09/2021

Peso suelo + molde	gr	5750	5819	5884	5869	
Peso molde	gr	4072	4072	4072	4072	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1678.0	1747.0	1812.0	1797.0	
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.778	1.851	1.919	1.904	
Recipiente N°		1	2	3	4	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	551.3	531.1	580.0	530.7	
Peso del suelo seco + tara	gr	480.5	452.8	480.2	429.8	
Tara	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua	gr	70.8	78.3	99.8	100.9	
Peso del suelo seco	gr	480.5	452.8	480.2	429.8	
Contenido de agua	%	14.73	17.29	20.78	23.48	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.549	1.578	1.589	1.542	
				Densidad máxima (gr/cm ³)		1.592
				Humedad óptima (%)		19.8



Observaciones:


Fernando Nicanor Paredes Melgar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS


CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESR. SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 67447

ANEXO 4-K: Ficha de resultados de CBR con el 8% de CBCA

 LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS														
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA ASSHTO T-193, ASTM D 1883)														
TESIS INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO, CAJAMARCA-2021 TESISTA JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ TEC. LABORATORIO : F. PAREDES UBICACIÓN T C.P SAN ANTONIO DISTRITO -SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA ING. RESPONSABLE : C.AGUIRRE FECHA : 25-Set-21 CERTIFICADO N° :														
DATOS DE LA MUESTRA														
MUESTRA M003 CLASF. (SUCS) : GC REACION SUELO CENIZA AL 8% CLASF. (AASHTO) : A-6 (2)														
COMPACTACION														
Molde N°	10				7				2					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13192		13798		12943		13576		12728		13382			
Peso de molde (g)	8192		8192		8186		8186		8142		8142			
Peso del suelo húmedo (g)	5000		5606		4757		5390		4586		5240			
Volumen del molde (cm³)	2103		2110		2106		2122		2139		2158			
Densidad húmeda (g/cm³)	2.378		2.656		2.259		2.554		2.144		2.483			
Tara (N°)														
Peso suelo húmedo + tara (g)	916.70		685.60		840.60		624.50		768.00		637.40			
Peso suelo seco + tara (g)	846.40		600.00		777.60		516.90		708.50		522.50			
Peso de tara (g)			0.00				0.00				0.00			
Peso de agua (g)	70.30		85.60		63.00		107.60		59.50		114.90			
Peso de suelo seco (g)	846.40		600.00		777.60		516.90		708.50		522.50			
Contenido de humedad (%)	8.31		14.27		8.10		20.82		8.40		21.99			
Densidad seca (g/cm³)	2.195		2.325		2.089		2.103		1.978		1.991			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
					mm	%			mm	%			mm	%
25/09/2021	14:09	0	20		0.000	0.0	26		0.000	0.0	35		0.000	0.0
26/09/2021	14:09	24	26		0.152	0.1	45		0.483	0.4	62		0.686	0.6
27/09/2021	14:09	48	32		0.305	0.3	51		0.635	0.6	70		0.889	0.8
	14:09	72	36		0.406	0.4	60		0.864	0.8	75		1.016	0.9
	14:09	96	38		0.457	0.4	65		0.991	0.9	78		1.092	0.9
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 10				MOLDE N° 7				MOLDE N° 2				
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
	kg/cm2	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635		60	60.0			40	40.0			18	18.0			
1.270		142	142.0			95	95.0			40	40.0			
1.905		232	232.0			152	152.0			70	70.0			
2.540	70.5	320	320.0	390.0	27.97	199	199.0	250.0	17.93	98	98.0	120.0	8.61	
3.170		461	461.0			288	288.0			145	145.0			
3.810		600	600.0			353	353.0			185	185.0			
5.080	105.7	701	701.0	680.0	32.51	423	423.0	410.0	19.60	225	225.0	220.0	10.52	
7.620		830	830.0			500	500.0			300	300.0			
10.160		940	940.0			540	540.0			345	345.0			

OBS :

Fernando Paredes Melgar
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 07447

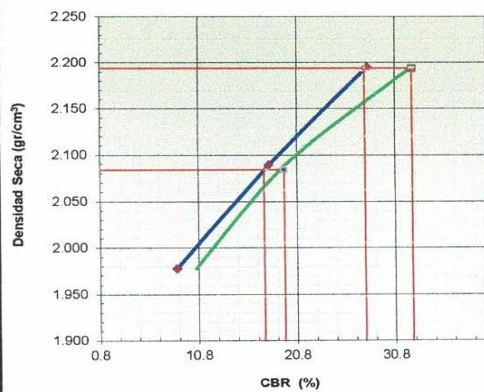
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

TESIS	INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO, CAJAMARCA -2021		
TESISTA	JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ	TEC. LABORATORIO :	F. PAREDES
UBICACIÓN T	C.P SAN ANTONIO DISTRITO -SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA	ING. RESPONSABLE :	C. AGUIRRE
		FECHA :	25-Set-21
		CERTIFICADO N° :	0

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA M003
REACION SUELO CENIZA AL 8%



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.194
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 8.7
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.085

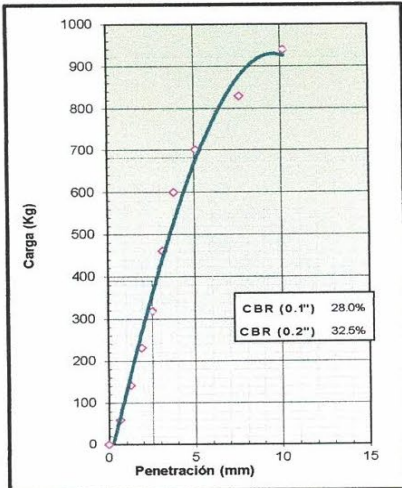
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	27.7	0.2"	32.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	17.5	0.2"	19.5

RESULTADOS:

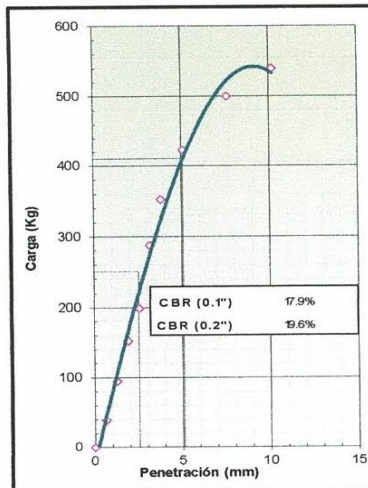
Valor de C.B.R. al 100% a 1" de la M.D.S. 27.7
Valor de C.B.R. al 95% a 1" de la M.D.S. 17.5

OBSERVACIONES:

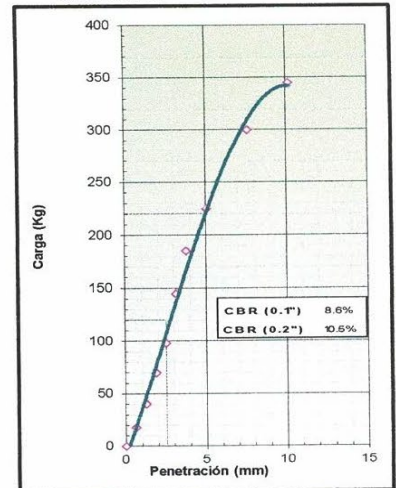
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



OBS :

Fernando Nazario Paredes Melgar
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 67447

ANEXO 4-L: Ficha de resultados de CBR con el 12% de CBCA

	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
---	---

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

TESIS : INFLUENCIA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO - CAJAMARCA 2001 TESISTA : JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ UBICACIÓN : C.P SAN ANTONIO DISTRITO DE SOCOTA	TEC. LABORATORIO : F. PAREDES ING. RESPONSABLE : C. AGUIRRE FECHA : 25/09/21
---	---

DATOS DE LA MUESTRA	
MUESTRA : M-003 REACCION : COMBINACION DE SUELO CENIZA 12%	CLASF. (SUCS) : GM CLASF. (AASHTO) : A-7-5 (1)

COMPACTACION

Molde Nº	7		8		9	
Capas Nº	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13932	14730	13753	14616	12976	13930
Peso de molde (g)	9305	9305	9242	9242	8672	8672
Peso del suelo húmedo (g)	4627	5425	4511	5374	4304	5258
Volumen del molde (cm³)	2119	2124	2118	2145	2129	2158
Densidad húmeda (g/cm³)	2.184	2.554	2.130	2.530	2.022	2.476
Tara (Nº)						
Peso suelo húmedo + tara (g)	507.30	693.30	553.00	577.65	514.00	490.00
Peso suelo seco + tara (g)	445.00	570.00	485.00	450.60	450.62	370.50
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	62.30	123.30	68.00	127.05	63.38	119.50
Peso de suelo seco (g)	445.00	570.00	485.00	450.60	450.62	370.50
Contenido de humedad (%)	14.00	21.63	14.02	28.20	14.07	32.25
Densidad seca (g/cm³)	1.915	2.100	1.868	1.954	1.772	1.842

EXPANSION

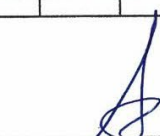
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/04/2015	18:00	0	19.000	0.000	0.0	5.000	0.000	0.0	30.000	0.000	0.0
13/04/2015	18:00	24	22.000	0.076	0.1	45.000	1.016	0.8	72.000	1.067	0.9
14/04/2015	18:00	48	23.000	0.102	0.1	62.000	1.448	1.2	90.000	1.524	1.3
15/04/2015	18:00	72	30.000	0.279	0.2	66.000	1.549	1.3	95.000	1.651	1.4
16/04/2015	18:00	96	48.000	0.737	0.6	68.000	1.600	1.3	96.000	1.676	1.4

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 8				MOLDE Nº 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000										0			
0.635		45	92.2			30	59.5			7	9.4		
1.270		55	113.9			35	70.4			9	13.7		
1.905		70	146.6			60	124.8			15	26.8		
2.540	70.5	150	320.5	103.2	12.2	120	255.3	67.1	10.1	19	35.5	39.8	2.9
3.170		220	472.3			150	320.5			26	50.8		
3.810		300	645.6			280	602.3			33	66.0		
5.080	105.7	380	818.4	183.6	20.4	300	645.6	120.0	16.2	90	190.1	70.7	3.5
7.620		400	861.6			350	753.6			115	244.4		
10.160		550	1184.6			400	861.6			180	385.6		

Observaciones :


 Fernando Paredes Melgar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS


 CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 87447



中国土木
CCECC

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

TESIS : INFLUENCIA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO - CAJAMARCA 2001

:

:

TESISTA : JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ

UBICACIÓN : C.P SAN ANTONIO DISTRITO DE SOCOTA

TEC. LABORATORIO : F. PAREDES

ING. RESPONSABLE : C. AGUIRRE

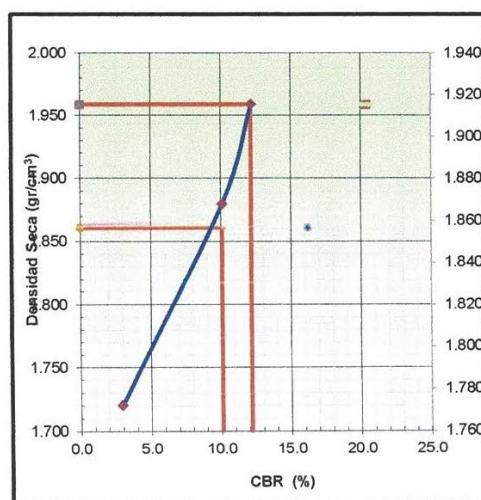
FECHA : 25/09/21

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M-003

REACCION : COMBINACION DE SUELO CENIZA 12%

0 :



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.959

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.1

95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.861

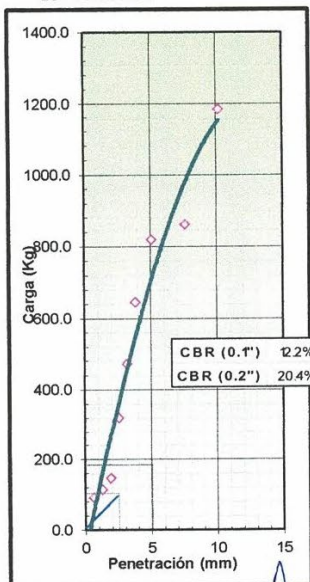
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	12.2	0.2"	20.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	10.1	0.2"	16.2

RESULTADOS:

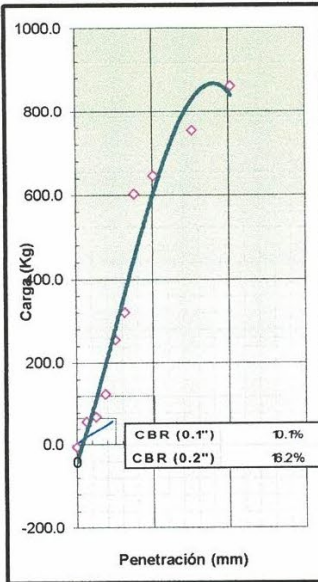
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S.	=	12.2 (%)	20.4
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.	=	10.1 (%)	16.2

OBSERVACIONES:

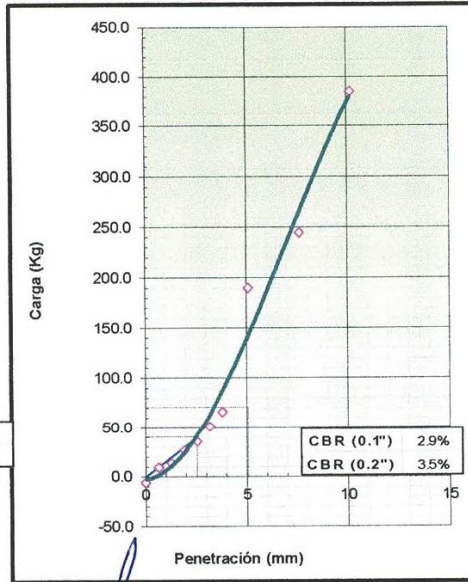
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones

Fernando Melgar Paredes Melgar
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
ING. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 87447

ANEXO 4-M: Ficha de resultados de CBR con el 30% de CBCA

 中国土木 CCECC	LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS																																																																																																																																																																																		
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.) (NORMA ASSHTO T-193, ASTM D 1883)																																																																																																																																																																																			
TESIS INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO SAN ANTONIO CAJAMARCA 2021																																																																																																																																																																																			
TESISTA JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ	TEC. LABORATORIO: F.PAREDES ING. RESPONSABLE: C.AGUIRRE FECHA: 25/09/21																																																																																																																																																																																		
UBICACIÓN : .P SAN ANTONIO DISTRITO-SOCOTA -CUTERVO CAJAMARCA																																																																																																																																																																																			
DATOS DE LA MUESTRA																																																																																																																																																																																			
MUESTRA M 003 REACCION COMBINACION DE SUELO CENIZA 30%	CLASF. (SUCS): SC CLASF. (AASHTO): A-6 (0)																																																																																																																																																																																		
COMPACTACION																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Molde N°</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">6</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">8</td> <td style="width: 25%; text-align: center;">10</td> </tr> <tr> <td>Capas N°</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">5</td> </tr> <tr> <td>Golpes por capa N°</td> <td style="text-align: center;">56</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td style="text-align: center;">12</td> </tr> </table>	Molde N°	6	8	10	Capas N°	5	5	5	Golpes por capa N°	56	25	12																																																																																																																																																																							
Molde N°	6	8	10																																																																																																																																																																																
Capas N°	5	5	5																																																																																																																																																																																
Golpes por capa N°	56	25	12																																																																																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;"></th> <th style="width: 12.5%;">NO SATURADO</th> <th style="width: 12.5%;">SATURADO</th> <th style="width: 12.5%;">NO SATURADO</th> <th style="width: 12.5%;">SATURADO</th> <th style="width: 12.5%;">NO SATURADO</th> <th style="width: 12.5%;">SATURADO</th> </tr> <tr> <td>Condición de la muestra</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso de molde + Suelo húmedo (g)</td> <td style="text-align: center;">12460</td> <td style="text-align: center;">12629</td> <td style="text-align: center;">12275</td> <td style="text-align: center;">12537</td> <td style="text-align: center;">12304</td> <td style="text-align: center;">12653</td> </tr> <tr> <td>Peso de molde (g)</td> <td style="text-align: center;">8409</td> <td style="text-align: center;">8409</td> <td style="text-align: center;">8446</td> <td style="text-align: center;">8446</td> <td style="text-align: center;">8666</td> <td style="text-align: center;">8666</td> </tr> <tr> <td>Peso del suelo húmedo (g)</td> <td style="text-align: center;">4051</td> <td style="text-align: center;">4220</td> <td style="text-align: center;">3829</td> <td style="text-align: center;">4091</td> <td style="text-align: center;">3638</td> <td style="text-align: center;">3987</td> </tr> <tr> <td>Volumen del molde (cm³)</td> <td style="text-align: center;">2130</td> <td style="text-align: center;">2136</td> <td style="text-align: center;">2125</td> <td style="text-align: center;">2133</td> <td style="text-align: center;">2128</td> <td style="text-align: center;">2141</td> </tr> <tr> <td>Densidad húmeda (g/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1.902</td> <td style="text-align: center;">1.975</td> <td style="text-align: center;">1.802</td> <td style="text-align: center;">1.915</td> <td style="text-align: center;">1.710</td> <td style="text-align: center;">1.866</td> </tr> <tr> <td>Tara (N°)</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso suelo húmedo + tara (g)</td> <td style="text-align: center;">620.80</td> <td style="text-align: center;">520.10</td> <td style="text-align: center;">680.20</td> <td style="text-align: center;">530.10</td> <td style="text-align: center;">631.25</td> <td style="text-align: center;">578.30</td> </tr> <tr> <td>Peso suelo seco + tara (g)</td> <td style="text-align: center;">519.50</td> <td style="text-align: center;">396.90</td> <td style="text-align: center;">569.60</td> <td style="text-align: center;">398.00</td> <td style="text-align: center;">528.02</td> <td style="text-align: center;">419.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de tara (g)</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td>Peso de agua (g)</td> <td style="text-align: center;">101.30</td> <td style="text-align: center;">123.20</td> <td style="text-align: center;">110.60</td> <td style="text-align: center;">132.10</td> <td style="text-align: center;">103.23</td> <td style="text-align: center;">159.30</td> </tr> <tr> <td>Peso de suelo seco (g)</td> <td style="text-align: center;">519.50</td> <td style="text-align: center;">396.90</td> <td style="text-align: center;">569.60</td> <td style="text-align: center;">398.00</td> <td style="text-align: center;">528.02</td> <td style="text-align: center;">419.00</td> </tr> <tr> <td>Contenido de humedad (%)</td> <td style="text-align: center;">19.50</td> <td style="text-align: center;">31.04</td> <td style="text-align: center;">19.42</td> <td style="text-align: center;">33.19</td> <td style="text-align: center;">19.55</td> <td style="text-align: center;">38.02</td> </tr> <tr> <td>Densidad seca (g/cm³)</td> <td style="text-align: center;">1.592</td> <td style="text-align: center;">1.507</td> <td style="text-align: center;">1.509</td> <td style="text-align: center;">1.440</td> <td style="text-align: center;">1.430</td> <td style="text-align: center;">1.349</td> </tr> </table>		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	Condición de la muestra							Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12460	12629	12275	12537	12304	12653	Peso de molde (g)	8409	8409	8446	8446	8666	8666	Peso del suelo húmedo (g)	4051	4220	3829	4091	3638	3987	Volumen del molde (cm ³)	2130	2136	2125	2133	2128	2141	Densidad húmeda (g/cm ³)	1.902	1.975	1.802	1.915	1.710	1.866	Tara (N°)							Peso suelo húmedo + tara (g)	620.80	520.10	680.20	530.10	631.25	578.30	Peso suelo seco + tara (g)	519.50	396.90	569.60	398.00	528.02	419.00	Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	Peso de agua (g)	101.30	123.20	110.60	132.10	103.23	159.30	Peso de suelo seco (g)	519.50	396.90	569.60	398.00	528.02	419.00	Contenido de humedad (%)	19.50	31.04	19.42	33.19	19.55	38.02	Densidad seca (g/cm ³)	1.592	1.507	1.509	1.440	1.430	1.349																																																																										
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO																																																																																																																																																																													
Condición de la muestra																																																																																																																																																																																			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12460	12629	12275	12537	12304	12653																																																																																																																																																																													
Peso de molde (g)	8409	8409	8446	8446	8666	8666																																																																																																																																																																													
Peso del suelo húmedo (g)	4051	4220	3829	4091	3638	3987																																																																																																																																																																													
Volumen del molde (cm ³)	2130	2136	2125	2133	2128	2141																																																																																																																																																																													
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.902	1.975	1.802	1.915	1.710	1.866																																																																																																																																																																													
Tara (N°)																																																																																																																																																																																			
Peso suelo húmedo + tara (g)	620.80	520.10	680.20	530.10	631.25	578.30																																																																																																																																																																													
Peso suelo seco + tara (g)	519.50	396.90	569.60	398.00	528.02	419.00																																																																																																																																																																													
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																																													
Peso de agua (g)	101.30	123.20	110.60	132.10	103.23	159.30																																																																																																																																																																													
Peso de suelo seco (g)	519.50	396.90	569.60	398.00	528.02	419.00																																																																																																																																																																													
Contenido de humedad (%)	19.50	31.04	19.42	33.19	19.55	38.02																																																																																																																																																																													
Densidad seca (g/cm ³)	1.592	1.507	1.509	1.440	1.430	1.349																																																																																																																																																																													
EXPANSION																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="2">FECHA</th> <th rowspan="2">HORA</th> <th rowspan="2">TIEMPO</th> <th rowspan="2">DIAL</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> <th rowspan="2">DIAL</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> <th rowspan="2">DIAL</th> <th colspan="2">EXPANSION</th> </tr> <tr> <th>mm</th> <th>%</th> <th>mm</th> <th>%</th> <th>mm</th> <th>%</th> </tr> <tr> <td>8/05/2015</td> <td>18:00</td> <td>0</td> <td>695.000</td> <td>0.000</td> <td>0.0</td> <td>15.000</td> <td>0.000</td> <td>0.0</td> <td>20.000</td> <td>0.000</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>9/05/2015</td> <td>18:00</td> <td>24</td> <td>707.000</td> <td>0.305</td> <td>0.3</td> <td>32.000</td> <td>0.432</td> <td>0.4</td> <td>47.000</td> <td>0.686</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>10/05/2015</td> <td>18:00</td> <td>48</td> <td>708.000</td> <td>0.330</td> <td>0.3</td> <td>33.000</td> <td>0.457</td> <td>0.4</td> <td>48.000</td> <td>0.711</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>11/05/2015</td> <td>18:00</td> <td>72</td> <td>709.000</td> <td>0.356</td> <td>0.3</td> <td>34.000</td> <td>0.483</td> <td>0.4</td> <td>49.000</td> <td>0.737</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>12/05/2015</td> <td>18:00</td> <td>96</td> <td>709.000</td> <td>0.356</td> <td>0.3</td> <td>35.000</td> <td>0.508</td> <td>0.4</td> <td>49.000</td> <td>0.737</td> <td>0.6</td> </tr> </table>	FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		mm	%	mm	%	mm	%	8/05/2015	18:00	0	695.000	0.000	0.0	15.000	0.000	0.0	20.000	0.000	0.0	9/05/2015	18:00	24	707.000	0.305	0.3	32.000	0.432	0.4	47.000	0.686	0.6	10/05/2015	18:00	48	708.000	0.330	0.3	33.000	0.457	0.4	48.000	0.711	0.6	11/05/2015	18:00	72	709.000	0.356	0.3	34.000	0.483	0.4	49.000	0.737	0.6	12/05/2015	18:00	96	709.000	0.356	0.3	35.000	0.508	0.4	49.000	0.737	0.6																																																																																																					
FECHA					HORA	TIEMPO		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION																																																																																																																																																																				
	mm	%	mm	%			mm		%																																																																																																																																																																										
8/05/2015	18:00	0	695.000	0.000	0.0	15.000	0.000	0.0	20.000	0.000	0.0																																																																																																																																																																								
9/05/2015	18:00	24	707.000	0.305	0.3	32.000	0.432	0.4	47.000	0.686	0.6																																																																																																																																																																								
10/05/2015	18:00	48	708.000	0.330	0.3	33.000	0.457	0.4	48.000	0.711	0.6																																																																																																																																																																								
11/05/2015	18:00	72	709.000	0.356	0.3	34.000	0.483	0.4	49.000	0.737	0.6																																																																																																																																																																								
12/05/2015	18:00	96	709.000	0.356	0.3	35.000	0.508	0.4	49.000	0.737	0.6																																																																																																																																																																								
PENETRACION																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th rowspan="3">PENETRACION</th> <th rowspan="3">CARGA STAND. kg/cm2</th> <th colspan="4">MOLDE N° 6</th> <th colspan="4">MOLDE N° 8</th> <th colspan="4">MOLDE N° 10</th> </tr> <tr> <th colspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">CORRECCION</th> <th colspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">CORRECCION</th> <th colspan="2">CARGA</th> <th colspan="2">CORRECCION</th> </tr> <tr> <th>Dial (div)</th> <th>kg</th> <th>kg</th> <th>%</th> <th>Dial (div)</th> <th>kg</th> <th>kg</th> <th>%</th> <th>Dial (div)</th> <th>kg</th> <th>kg</th> <th>%</th> </tr> <tr> <td>0.000</td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>0.635</td> <td></td> <td>40</td> <td>81.3</td> <td></td> <td></td> <td>13</td> <td>22.5</td> <td></td> <td></td> <td>9</td> <td>13.7</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.270</td> <td></td> <td>50</td> <td>103.0</td> <td></td> <td></td> <td>19</td> <td>35.5</td> <td></td> <td></td> <td>13</td> <td>22.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.905</td> <td></td> <td>60</td> <td>124.8</td> <td></td> <td></td> <td>27</td> <td>53.0</td> <td></td> <td></td> <td>19</td> <td>35.5</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.540</td> <td>70.5</td> <td>70</td> <td>146.6</td> <td>131.1</td> <td>9.7</td> <td>34</td> <td>68.2</td> <td>79.4</td> <td>5.9</td> <td>26</td> <td>50.8</td> <td>59.5</td> <td>4.4</td> </tr> <tr> <td>3.170</td> <td></td> <td>85</td> <td>179.2</td> <td></td> <td></td> <td>48</td> <td>98.7</td> <td></td> <td></td> <td>38</td> <td>76.9</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.810</td> <td></td> <td>101</td> <td>214.0</td> <td></td> <td></td> <td>60</td> <td>124.8</td> <td></td> <td></td> <td>50</td> <td>103.0</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5.080</td> <td>105.7</td> <td>190</td> <td>407.3</td> <td>242.9</td> <td>12.0</td> <td>76</td> <td>159.6</td> <td>148.2</td> <td>7.3</td> <td>61</td> <td>127.0</td> <td>120.9</td> <td>6.0</td> </tr> <tr> <td>7.620</td> <td></td> <td>206</td> <td>442.0</td> <td></td> <td></td> <td>87</td> <td>183.6</td> <td></td> <td></td> <td>73</td> <td>153.1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10.160</td> <td></td> <td>230</td> <td>494.0</td> <td></td> <td></td> <td>101</td> <td>214.0</td> <td></td> <td></td> <td>80</td> <td>168.3</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 6				MOLDE N° 8				MOLDE N° 10				CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	0.000		0				0				0				0.635		40	81.3			13	22.5			9	13.7			1.270		50	103.0			19	35.5			13	22.5			1.905		60	124.8			27	53.0			19	35.5			2.540	70.5	70	146.6	131.1	9.7	34	68.2	79.4	5.9	26	50.8	59.5	4.4	3.170		85	179.2			48	98.7			38	76.9			3.810		101	214.0			60	124.8			50	103.0			5.080	105.7	190	407.3	242.9	12.0	76	159.6	148.2	7.3	61	127.0	120.9	6.0	7.620		206	442.0			87	183.6			73	153.1			10.160		230	494.0			101	214.0			80	168.3			
PENETRACION			CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 6				MOLDE N° 8				MOLDE N° 10																																																																																																																																																																							
				CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION																																																																																																																																																																					
	Dial (div)	kg		kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%																																																																																																																																																																						
0.000		0				0				0																																																																																																																																																																									
0.635		40	81.3			13	22.5			9	13.7																																																																																																																																																																								
1.270		50	103.0			19	35.5			13	22.5																																																																																																																																																																								
1.905		60	124.8			27	53.0			19	35.5																																																																																																																																																																								
2.540	70.5	70	146.6	131.1	9.7	34	68.2	79.4	5.9	26	50.8	59.5	4.4																																																																																																																																																																						
3.170		85	179.2			48	98.7			38	76.9																																																																																																																																																																								
3.810		101	214.0			60	124.8			50	103.0																																																																																																																																																																								
5.080	105.7	190	407.3	242.9	12.0	76	159.6	148.2	7.3	61	127.0	120.9	6.0																																																																																																																																																																						
7.620		206	442.0			87	183.6			73	153.1																																																																																																																																																																								
10.160		230	494.0			101	214.0			80	168.3																																																																																																																																																																								

Observaciones :


Fernando Paredes Melgar
 TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS


CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
 ING. ESP. SUELOS Y PAVIMENTOS
 CIP: 87447



中国土木
CCECC

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA ASSHTO T-193, ASTM D 1883)

TESIS : INFLUENCIA DE CENIZA DE CAÑA EN LA SUB RASANTE DE SUELO ARCILLOSO DEL CENTRO POBLADO

: SAN ANTONIO, CAJAMARCA 2021

TEC. LABORATORIO : F. PARADES

TESISTA : JHONATHAN ALLIGERY ROJAS GALVEZ

ING. RESPONSABLE : C. AGUIRRE

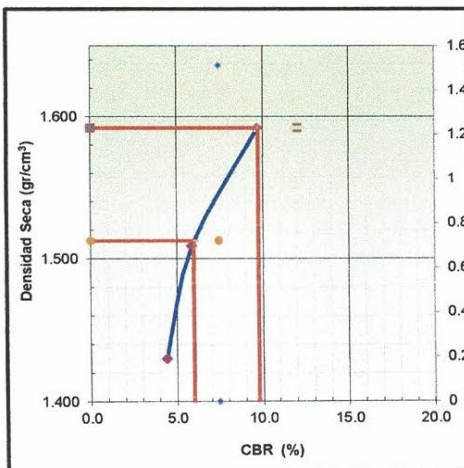
FECHA : 25/09/21

UBICACIÓN : C.P. SAN ANTONIO DISTRITO DE SOCOTA-CUTERVO-CAJAMARCA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA : M 003

REACCION : COMBINACION DE SUELO CENIZA 30%



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.592
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 19.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.513

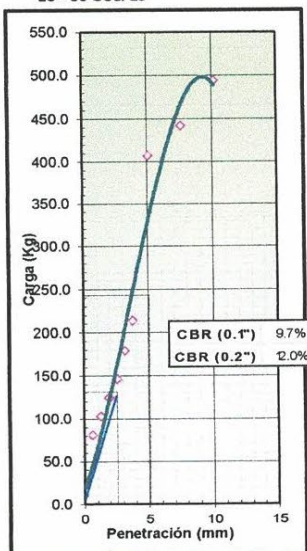
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	9.8	0.2"	12.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	6.0	0.2"	7.5

RESULTADOS:

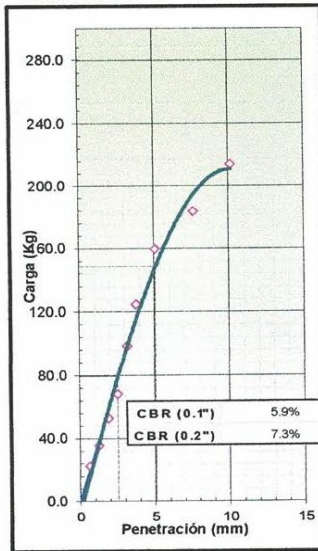
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 9.8 (%) 12.1
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 6.0 (%) 7.5

OBSERVACIONES:

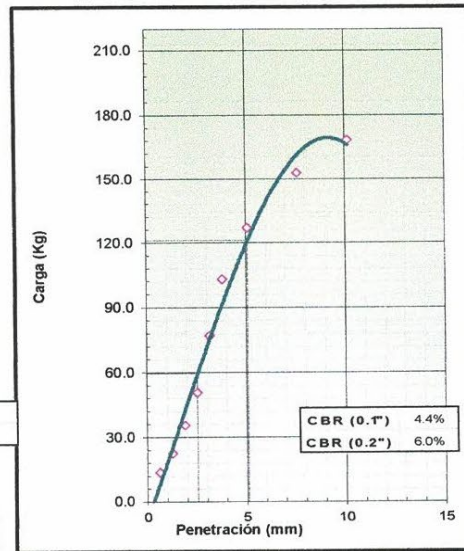
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones

0

Fernando Micanor Paredes Molgar
TEC. DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CARLOS AGUIRRE CARRASCAL
ING. ESR SUELOS Y PAVIMENTOS
CIP: 67447

ANEXO 5: Panel fotográfico



Realización de calicatas.



Realización de calicatas.



Cuarteo de muestra y análisis granulométrico.



Realización de limite liquido



Ensayo de resistencia



Especímenes del ensayo proctor modificado