



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de
maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo
2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:
Ipince Cuevas, Hector Alonzo (ORCID 0000-0002-4859-7526)

ASESOR:
Mg. Ing. Benites Zúñiga, José Luis (ORCID 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño de infraestructura vial

Lima - Perú
2020

Dedicatoria

El presente trabajo de investigación está dedicado primero a mis padres, Luis Roberto Ipince Cordero y Jessica Noemi Cuevas Olivera por el apoyo y confianza que se me brindó siempre, incluso en los tiempos más difíciles, también a cada miembro de mi familia que de una u otra manera influyeron de manera directa e indirecta para este proyecto, sin la participación de ustedes no lo hubiera logrado.

Agradecimiento

A lo largo del proceso de investigación y el desarrollo obtuve la ayuda de muchos ingenieros expertos en la materia, pero quiero agradecer en especial al Ing. Mg. José Luis Benites Zúñiga por sus aportes y dedicación para la mejora de esta investigación, gracias a todos los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil por su amabilidad y apoyo en diferentes circunstancias, también me gustaría agradecer a mi tía Silvia Liz Carol Ipince Cordero, por cada palabra de aliento y fuerza para seguir adelante, gracias a todos de corazón.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Índice de gráficos	vii
Resumen	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA	27
3.1.Tipo y diseño de investigación	27
3.2.Variable, Operacionalización	28
3.3.Población y muestra.....	28
3.4.Técnicas e instrumentos de recolección de datos	31
3.5.Procedimiento	32
3.6.Método de recolección de datos	33
3.7.Aspectos éticos	33
IV. RESULTADOS	34
V. DISCUSIÓN.....	54
VI. CONCLUSIONES	58
VII. RECOMENDACIONES.....	59
REFERENCIAS.....	60
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis químico en tusa de maíz.....	14
Tabla 2. Equipo completo de tamices para análisis granulométrico.....	18
Tabla 3. Esquema de experimento y variables.....	24
Tabla 4: Ensayos de mecánica de suelos.....	28
Tabla 5: Composición química del CTM Y el CBCA.....	38
Tabla 6: Datos de calicatas.....	39
Tabla 7: Clasificación del suelo C-3 y C-1.....	40
Tabla 8: Límites de la C-1 y C-3.....	41
Tabla 9: Máxima Densidad del suelo natural y compuesto C-3.....	42
Tabla 10: Máxima Densidad del suelo natural y compuesto de la C-1	43
Tabla 11: Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto C-3.....	45
Tabla 12: Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto C-1.....	46
Tabla 13: CBR de la muestra de suelo natural y con 15% de CBCA en C-3.....	48
Tabla 14: CBR de la muestra de suelo natural y con 15% de CBCA en C-1.....	49
Tabla 15: Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA en C-3.....	51
Tabla 16: Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA en C-1.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hectáreas cultivadas con maíz BT en España.....	1
Figura 2. Falla de pavimento flexible por mala estabilización.....	2
Figura 3. Mapa de cultivo de maíz amarillo duro.....	3
Figura 4. Superficies por hectárea cosechada en la libertad de maíz.....	12
Figura 5. Tusas de maíz.....	13
Figura 6. Estructura de la tusa de maíz.....	13
Figura 7. Recolección de Caña de azúcar.....	15
Figura 8. Tusa de maíz en carguero listo para proceso.....	19
Figura 9. Molde cilíndrico de 4,0 pulgadas para Proctor modificado.....	22
Figura 10. Molde cilíndrico de 6,0 pulgadas para Proctor modificado.....	22
Figura 11. Sumergimiento de moldes de CBR.....	25
Figura 12. Equipo requerido para ensayo CBR.....	25
Figura 13. Representación de una muestra como subgrupo.....	31
Figura 14. Terreno natural de la calle 12.....	31
Figura 15. Terreno excavado de la calle 12.....	31
Figura 16. Ubicación de la región de lima y el Perú.....	34
Figura 17. Departamento De La Libertad Y Provincias.....	35
Figura 18. Distritos De Trujillo.....	35
Figura 19. Delimitación de la zona de estudio.....	36
Figura 20. Ubicación de las calicatas.....	37
Figura 21. Señalización de calicatas, medidas y muestra final.....	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 de la calicata C-1 y C-3.....	40
Gráfico 2: Comparacion de limites entre tesis.....	42
Gráfico 3: Máxima Densidad del suelo natural y compuesto de la C-3.....	43
Gráfico 4: Máxima Densidad del suelo natural y compuesto de la C-1.....	44
Gráfico 5: Comparacion de Máxima Densidad del suelo entre C-3 y C-1.....	44
Gráfico 6: Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto C-3.....	46
Gráfico 7: Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto C-1.....	47
Gráfico 8: Comparacion Óptimo de Humedad del suelo entre tesis.....	47
Gráfico 9: CBR de la muestra de suelo natural y con 15% de CBCA en C-3.....	49
Gráfico 10: CBR de la muestra de suelo natural y con 15% de CBCA en C-1.....	50
Gráfico 11: Comparación de CBR entre las calicatas C-3 y C-1.....	50
Gráfico 12: Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA en C-3.....	51
Gráfico 13: Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA en C-1.....	52
Gráfico 14: Comparación de la Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA.....	53
.....	53

Resumen

El presente estudio titulado “Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo 2019” de tipo aplicada, diseño de investigación no experimental de tipo transversal, en un inicio se vio frustrada por la pandemia que sufrió el mundo, la cual a partir de ese momento se investigaron 2 tesis con un aditivo para el mejoramiento de la subrasante parecido al original, y se eligió a la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)

El objetivo general fue probar que este elemento influye en la subrasante de un suelo arcilloso limoso. Para el análisis de las tesis se tomó en cuenta como población los ensayos de suelos, pero como muestra solo los que son para estabilización y la dosis de 15% del aditivo en relación al peso de la muestra resultados positivos para granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado, expansión y CBR. Se concluyó que efectivamente la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en el mejoramiento de la subrasante en suelos limo arcillosos, tanto en la máxima densidad seca del suelo, el óptimo contenido de humedad, la resistencia y la expansión del suelo limo arcilloso.

Palabras claves: ceniza, maíz, subrasante

Abstract

The present study, titled “Improvement of the subgrade by adding corn cob ash on 12th street in the district of Víctor Larco Herrera, Trujillo 2019” which is an applied non-experimental cross-sectional research design, was initially frustrated by the pandemic that the world suffered, there are 2 theses that were investigated with an additive to improve the subgrade similar to the original, the sugarcane bagasse ash (CBCA) was chosen

The main objective was to prove that this element influences the subgrade of a silty clay soil. For the analysis of the theses, the soil tests were taken into account as a population, but as a sample only those that are for stabilization and the dose of 15% of the additive in relation to the weight of the soil, positive results for granulometry, Atterberg limits, Modified Proctor, Expansion and CBR. It was concluded that effectively the sugarcane bagasse ash influences the improvement of the subgrade in loamy clay soils, both in the maximum dry density of the soil, the optimal moisture content, the resistance and the expansion of the clayey clay soil.

Keywords: ash, corncob, subgrade

I. INTRODUCCIÓN

En España los accidentes automovilísticos es uno de los accidentes del que más sufre el país del viejo continente y según la Asociación Española de la Carretera (AEC) dice que más del 94% de los accidentes es provocada por una vía en mal estado.

Un país de primer mundo con un problema en común con el Perú, esto quiere decir que incluso en los países más desarrollados cuentan con el problema de estabilización de subrasante ya que si estos tendrían una buena estabilización no se verían afectados en la magnitud de crear accidentes a la hora del uso regular.

Cabe recalcar que el maíz es uno de los productos que se hacen notar a la hora de hacer crecer la economía española, un ejemplo claro está en la producción que llegó a tener Castilla La Mancha durante el año 2017 produciendo más de 260 mil toneladas de maíz en grano.

Entonces la tusa de maíz sin tener un uso masivo en este país puede llegar a tener un impacto y también podría ser la solución del problema en este país si los resultados de la investigación fueran positivos.



Figura 1: Hectáreas cultivadas con maíz BT en España

Fuente: www.fundación-autonoma.org



Figura 2: Falla de pavimento flexible por mala estabilización

En el Perú existen muchos lugares con falta de conexión vial lo cual es importantísimo para aquellos lugares que cuentan con recursos escasos y necesitan que vengan de otros lugares donde dichos recursos abundan, esto también genera el problema visto del otro lado ya que el comercio no se expande por la falta de conectividad vial.

Entonces, ¿Por qué no se expande la conectividad vial?, la respuesta podría darse por que el suelo de la zona que lo más probable es que tenga una subrasante difícil de estabilizar, al verse este problema lo más seguro es que se necesiten aditivos con costos elevados por encima del presupuesto que una municipalidad puede otorgar y muchas autoridades con una inflación alta en el proyecto no ven que sea factible invertir tanto para estos lugares pequeños.

Ahora, si se encontrara un aditivo que sea propio de la zona donde se quiere aplicar sería económico y fácil de encontrar, con propiedades que ayudaría a mejorar la estabilización de la subrasante para una pavimentación firme y duradera.

La calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera se encuentra en el departamento de la libertad en la ciudad de Trujillo, esta cuenta con un suelo con abundantes sales que hace difícil la estabilización de la subrasante y un ambiente húmedo por la cercanía con el mar, necesita un aditivo de las características propuestas, uno que ayude a mejorar la resistencia y sea bueno con el drenaje de la humedad que posee la ciudad.

La libertad es el departamento con más producción de maíz en el Perú, este es conformado por hojas, granos de maíz y la coronta, esta última con una capacidad de absorción de la humedad alta y en la zona de la libertad se le conoce como tusa. La incorporación de este elemento la estabilización de la subrasante podría mejorarla significativamente.

Dada el abundante encuentro de este producto en la zona, si obtuviese resultados positivos, se habría ganado un aditivo para la estabilización de subrasante muy barato en la zona y se aprovecharía para presentar más proyectos donde se necesite alrededor de la zona.

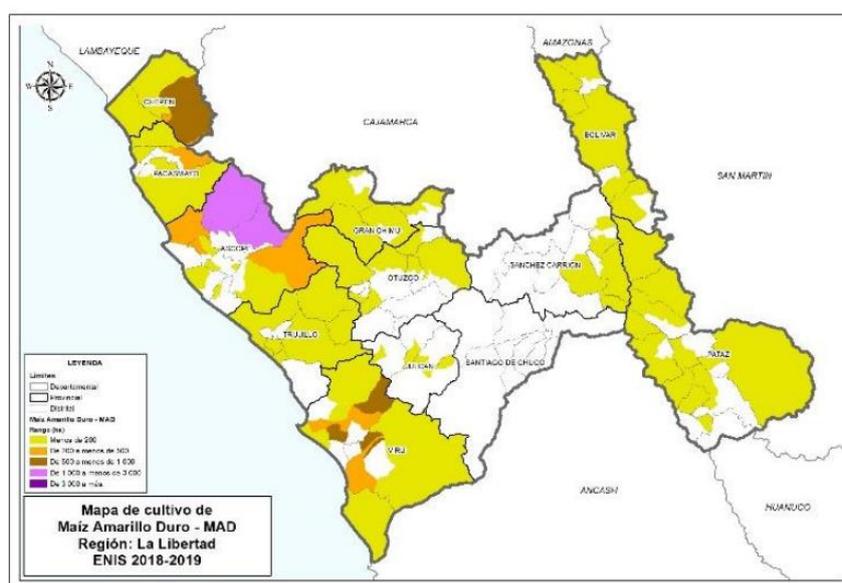


Figura 3: mapa de cultivo de maíz amarillo duro
Fuente: Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2018

Problema general

¿Cómo la ceniza de bagazo de caña influye en el mejoramiento de la subrasante?

Problemas específicos

¿Qué dosificación de la ceniza de bagazo de caña influye en la expansión de la subrasante?

¿Cómo la ceniza de bagazo de caña influye en la resistencia de la subrasante?

¿Cómo la ceniza de bagazo de caña influye en la absorción de humedad de la subrasante?

Justificación práctica: Esta investigación pretende ayudar a conectar villas y distritos alejados de los lugares más abundantes en recursos para así abastecerse del mismo modo y no sufran algún tipo de escases.

Se busca facilitar una solución en especial a las zonas con alto porcentaje de humedad y con cercanía al mar.

Justificación metodológica: El mayor fin es de obtener una mejora en un suelo que no presenta óptimas condiciones en su subrasante para soportar las bases y cargas de vehículos que debe tener un pavimento reglamentario, obteniendo la data de las propiedades que aporta la tusa de maíz y las condiciones de la subrasante en la calle 2 del distrito de Víctor de Larco Herrera, Trujillo.

Justificación ambiental: Es importante reducir la contaminación en el medio ambiente, siendo la tusa de maíz un producto con una menor relevancia en la zona de la libertad ese a la alta producción de este, al igual que los granos de maíz la tusa de maíz también tendrá un protagonismo alto especialmente en la unión de pueblos alejados.

Justificación económica: El punto económico puede ser uno de los más beneficiados ya que con este producto de alto grado de abundancia se obtendría un aditivo barato y al alcance de las empresas deseosas de adquirirlo, por ser un producto liviano también sería fácil de transportar lo cual ahorraría en combustible para su traslado, muchos proyectos con trabas de economía por las distintas municipalidades de alrededor podrían finalmente ejecutar esos proyectos que estarían en espera desde hace mucho tiempo.

La economía de la zona crecería ya que se rotaría el dinero por los puntos de esta ya que sería más accesible de llegar porque es más fácil hacer las vías de transporte.

Objetivo general: Explicar Cómo la ceniza de bagazo de caña influye en el mejoramiento de la subrasante.

Objetivos específicos: Determinar que la dosificación de la ceniza de bagazo de caña influye en el óptimo contenido de humedad y densidad seca de la subrasante.

Determinar que la ceniza de bagazo de caña influye en la resistencia de la subrasante.

Determinar que la ceniza de bagazo de caña influye en la expansión de la subrasante.

Hipótesis General: La ceniza de bagazo de caña es influyente en el mejoramiento de la subrasante.

Hipótesis específicas: La dosificación de la ceniza de bagazo de caña influye en la expansión de la subrasante.

La ceniza de bagazo de caña influye en la resistencia de la subrasante.

La ceniza de bagazo de caña influye en la absorción de humedad de la subrasante

II. MARCO TEÓRICO

Espinoza y Velásquez (2018) en su tesis para optar el título de ingeniería civil, titulada “**Estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia 2018**” Sustentada en la universidad Cesar Vallejo que tuvo el **objetivo** general de Determinar la estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de Pinar-Marian, distrito de Independencia 2018. Y la **conclusión** de En la presente tesis luego de realizar los ensayos de límite de consistencia, Proctor modificado y CBR con la combinación del suelo con las cenizas de caña de azúcar se determinó la estabilización de este suelo para fines de pavimentación, obteniendo resultados favorables en la que se obtuvo mejoras en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, donde se testifica que el suelo consiguió estabilizarse con la adición del 20% de CCA con referencia al peso de la muestra, se logró un CBR al 95% de 15.18%, una densidad seca de 1.859gr/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 9.567% y reduciendo el índice de plasticidad de 16.11% a 9.73%, así mismo se consiguió disminuir el porcentaje de expansión del suelo de 1.47% a 0.24%.

Neyra (2020) en su tesis para optar el título de ingeniería civil, titulada “**Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasantes areno-limosas**” sustentada en la universidad de Piura el cual conto con el **objetivo** general de encontrar el efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasantes areno-limosas. **Concluye** con La adición de la ceniza de caña a un suelo arenoso-limoso como el evaluado en la presente investigación, combinado con un 2% de cemento, puede aumentar el CBR si se añade hasta en un 10%, mientras que, para contenidos mayores, disminuye el CBR respecto al suelo natural. La adición de ceniza de caña de azúcar disminuye la máxima densidad seca de las mezclas, debido fundamentalmente a la menor densidad de sus partículas. La sustitución del suelo por ceniza produce un aumento del volumen de la mezcla debido a la diferencia de pesos unitarios de los dos materiales.

Terrones (2018) en su tesis para optar el título de ingeniera civil, titulada ***“Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018.”***, sustentada en la universidad privada del norte el cual su **objetivo** general fue: Encontrar la influencia de la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar en dosificaciones de 5, 10 y 15 por ciento en peso de suelo seco para el mejoramiento de suelos arcillosos en el sector Barraza, Trujillo – 2018. Finalmente **concluyo** luego de elaborados las pruebas en el laboratorio a las muestras de suelo extraídas de la vía de acceso, se encontró arcilla de baja plasticidad (CL) en el suelo de la muestra y limo de baja plasticidad (ML) acorde a la clasificación SUCS, mientras que en la clasificación AASHTO, se encontró la predominación de suelos de tipo A-4, A-6 y A-7-6, haciendo uso de los resultados correspondientes a las pruebas para un límite líquido, límite plástico y también índice de plasticidad; los cuales permiten obtener el índice de grupo. De esta manera, se determinó que el suelo presente a lo largo de la carretera posee una plasticidad media. Por otra parte, de las pruebas para contenido de humedad, los rangos oscilan entre 15.48 y 33.67, obteniendo una humedad promedio de 25.47 a partir de las 5 calicatas y 4 posteos realizados.

Velásquez (2018) en la tesis que le permite obtener el título de ingeniera civil ***“Influencia del cemento portland tipo i en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector la molina”***, sustentada en la universidad nacional de Cajamarca con el siguiente **objetivo**: Evaluar la influencia del cemento Portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina. La cual **concluyo** de esta forma: a) La influencia del cemento Portland Tipo I, en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina, se reflejó en la reducción de su índice de plasticidad e índice de contracción y en el incremento de su índice CBR. b) Para el suelo arcilloso más desfavorable se obtuvo un índice de plasticidad de 44% el cual indicó que se trató de un suelo de alta plasticidad. Su índice de contracción fue de 27%, lo que sugirió que el suelo estaba sujeto a grandes cambios volumétricos. Asimismo, su índice CBR fue de 1.30% al 95%DSM, que correspondió a un suelo de subrasante inadecuada.

Hernan, Mejia, Zelaya (2016) en la tesis que le permite obtener el título de ingeniera civil: “**Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la facultad multidisciplinaria oriental de la universidad de el salvador**”, sustentada en la universidad de El Salvador el cual tenía como **objetivo**: Analizar las mejoras en el comportamiento de un suelo arcilloso mediante la utilización de cal como agente estabilizador, para ser utilizado como subrasante de pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador. Y **concluye** que Con la adición de cal al suelo natural se buscó aumentar su capacidad de soporte CBR, para que de este modo pueda cumplir con los requerimientos mínimos para poder ser usado como capa subrasante. Para ello se debe añadir 5% de cal en peso al suelo en su estado natural ya que de este modo se logra aumentar su valor de soporte de 1.93% al 54.00%. Confirmando así que el material con suelo-cal al 5% es factible para formar parte de la capa subrasante de un pavimento rígido.

Caamaño (2016) en la tesis que le permite obtener el título de ingeniera civil “**Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente**” sustentada en la universidad militar nueva granada se **demuestra** que: Se logró de manera experimental una mejora de las características físicas y de las propiedades geomecánicas de un suelo blando de subrasante mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz, generando una capa de soporte más estable para la conformación de una estructura de pavimento, evaluando su comportamiento a través de ensayos de clasificación y de resistencia como parámetros índices del suelo. Del aporte de esta investigación para fines de mi estudio se pudo **concluir** que, mediante la aplicación de ceniza de cascarilla de arroz dentro de la construcción de carreteras permite que al trabajarse con las subrasantes de la estructura de pavimento, aporte un mejor resultado, además de ello incluye la elaboración del ensayo de resistencia no confinada para comparar los resultados de los diferentes porcentajes, a manera de disminuir tiempos, razón por la cual también se elaborará dicho ensayo en la en la ejecución de la presente tesis.

Nnochiri (2018) in his article titled *“Effects of corn cob ash on lime stabilized lateritic soil”* from the Afe Babalola University. This study **assesses the effects of** Corn Cob Ash (CCA) on lime-stabilized lateritic soil. From the results of the study, the following **conclutions** can be drawn; The lateritic soil is classified as A-2-6 using AASHTO classification system and GP using the USCS. The optimal amount of lime required is 10%, because at 10% lime the least value of plasticity index was recorded. The addition of corn cob ash (CCA) further reduced the plasticity index value, thus, improving the soil properties. The maximum dry density (MDD) and optimum dry density (OMC) of lime-treated soil decreased and increased respectively with the addition of the CCA. Upon the addition of CCA to the lime-treated soil, the values of unsoaked and soaked CBR improved considerably. The addition of CCA to the lime-treated soil improved the unconfined compressive strength (UCS) values to peak values at 4% CCA. UCS values also increased with curing ages of 7, 14 and 28 days. Based on the results of this research, the corncob ash aptly qualifies as a pozzolanic material. Also, the CCA can serve as a good complement for lime stabilization in lateritic soils. Una vez adherida la ceniza de tusa de maíz al suelo, los valores del CBR incrementan considerablemente. Según los resultados de esta investigación, la ceniza de tusa de maíz califica adecuadamente como material puzolánico. Además, la ceniza de tusa de maíz puede servir como un buen complemento para la estabilización de suelos.

Li (2019) in his thesis titled *“Laboratory and in situ evaluations of using bio-based co-product for pavement geo-materials stabilization”* from the Iowa State University. The primary **goal** of this study was to continue Yang (2015)’s investigation of soil stabilization with biofuel co-products (Yang 2015) by extending laboratory tests using lignosulfonate. The second goal of this study was to perform a field demonstration in Buchanan County, IA, and evaluate the performance of the field demonstration. The **conclutions** are: The Proctor compaction test results revealed that both types of silty soils showed various behavior with regard to optimum moisture contents and maximum dry unit weight resulting from specific lignosulfonate dosages. The unconfined compressive strength test results determined that only a low dosage of lignosulfonate is required to improve soil strength. Soil 1’s (sandy silt with gravel) optimum mix

proportion was 5% of lignosulfonate with 11.85% of actual water content, leading to a 225% increase in unstabilized soil compressive strength.

Los resultados de la resistencia a la compresión determinan que la proporción óptima para cada suelo corresponde al incremento de la fuerza de compresión. La durabilidad es determinada con la óptima proporción brindada para la resistencia.

Regasa (2018) in his thesis titled *“Engineering Geological Characterization and Possible Improvements for Sub-grade Materials, Case study of Meki-Ziway Highway, central Ethiopia”* from the Addis Ababa University. The General **objective** of this research is to characterize the engineering properties of Modjo –Hawassa subgrade soil along the Expressway corridor and suggest possible mitigation measures for identified problems based on ERA specification and other standards. The main objective of the present study was to characterize the sub-grade soil for its general suitability for pavement design and to work on possible improvement using the appropriate methods. The maximum dry density for sub-grade soil samples varies between 0.9 and 1.59gm/cc. Similarly, the moisture content varies between 15% and 33% & the CBR values for the sub grade materials range from 2% to 30%. In addition, the linear shrinkage lies between 5% and 14.28%.

La densidad máxima seca para las muestras de suelo de la subrasante varía entre 0,9 y 1,59 g / cc. Del mismo modo, el contenido de humedad varía entre 15% y 33% y los valores de CBR para los materiales de la subrasante varían entre 2% y 30%. Además, la merma lineal se encuentra entre 5% y 14.28%.

Akinwumi, Aidomojie (2016) in his article titled *“Effect of Corncob ash on the geotechnical properties of Lateritic soil stabilized with Portland cement”* from the Covenant University. the main **objective** was to providing experimental insights on the engineering properties of lateritic soil stabilized with cement-corncob ash (CCA) to ascertain its suitability for use as a pavement layer material. Series of specific gravity, consistency limits, compaction, California bearing ratio (CBR) and permeability tests, considering three CCA blends and

four CCA contents, varying from 0 to 12%, were carried out. the following **conclusions** were made: The chemical compositions of the cement and corncob ash indicate that they are rich in lime and silica, respectively. As the CCA content in the soil increased, the plasticity, swell characteristics and permeability of the lateritic soil decreased while the bearing capacity and long-term strength increased. The natural soil, which only satisfy the requirements of TRL (1993) and the Nigerian General Specification (1997) for use as a subgrade material, became improved by CCA stabilization such that it satisfies their requirements for use as a subbase material. The higher the corncob ash content in the CCA blend, the higher the plasticity, swell potential and the permeability of the soil; and the lower the bearing capacity and strength of the soil. Of the blends, 60C:40CA blend gave the best geotechnical properties.

La mezcla de cemento y cenizas de tusa de maíz, es más barata que usar cemento en su totalidad, se puede utilizar para mejorar suelos con propiedades geotécnicas similares a las del suelo utilizado en este estudio para que sean más adecuados para su uso como materiales de capa de pavimento.

La tusa de maíz en Sudamérica existe desde la época incaica “En el sur de América éste cultivo ha sido utilizado desde tiempos de los incas se ha estado mejorando hasta tiempos actuales.”¹ Siendo la tusa parte del maíz nunca se ha visto este de otro modo sin embargo el maíz siempre ha sido este elemento visto solo como alimento.

Según barrera: “Zea más es el nombre científico de este producto tan importante para la población de esa generación”² (2018, p.1). Esto quiere decir que el maíz es uno de los alimentos más recurridos desde principios de la humanidad, sin embargo, no hay uso recurrente para la tusa siendo el sobrante, teniendo como ventaja similitud de propiedades entre todas las razas de maíz.

Hay distintas clasificaciones raciales otorgadas a este producto, con amplia variedad en cada región, aun así, todas estas variedades encuentran relaciones

¹ (Asturias, 2004, pág. 11)

² (barrera, 2018, pág. 1)

entre razas existentes en el mundo ya que cuentan con orígenes en común todas estas, por eso las propiedades en cada raza podría variar, pero no significativamente.³ No importa la raza del maíz la tusa siempre va a tener algo en común entre todas ellas, como si fuera un elemento de propiedades con pocas variantes. Entonces teniendo en cuenta que uno de los mayores productores de maíz es el departamento de la libertad se tiene la libertad de proponer una de esas razas más abundantes que se produce en este lugar como es el maíz amarillo duro.

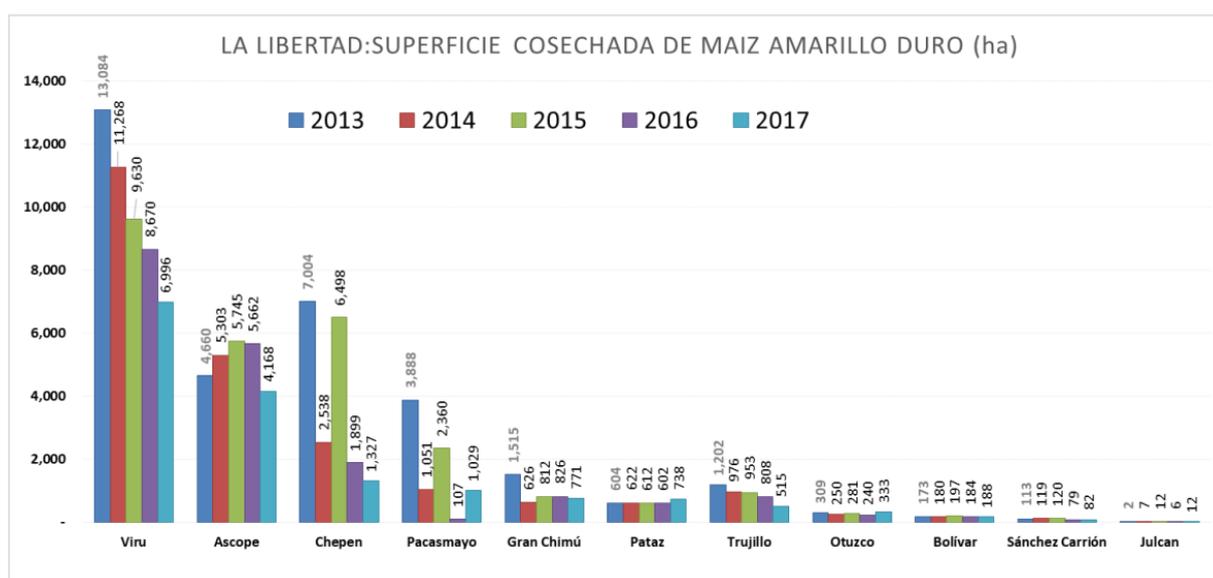


Figura 4: superficies por hectárea de maíz cosechado en la libertad

Fuente: Agencias y Oficinas Agrarias

Características:

“Es la estructura que conecta la mazorca con el tallo, eje central o raquis al que se adhieren los granos en forma de hileras. Este residuo agrícola se obtiene al separar los granos de maíz de la mazorca.”⁴

³ (Acosta 2009, pág.119)

⁴ (Chicaiza, 2017, pág.27)



Figura 5: tusas de maíz

La tusa como la envoltura del maíz nace de un tallo cilíndrico, el cual está unido al olate de la planta en la parte de abajo, este tallo mide aproximadamente tres centímetros de longitud por un centímetro de diámetro en donde crecen hojas superpuestas y traslapadas en relación unas con otras y así se forma la capa que protege al maíz en la mazorca.

“Tiene una forma alargada tubular, está conformada por tres capas, el núcleo o médula es esponjosa y blanda, luego está el anillo con tejidos leñosos y por último la superficie exterior paja leñosa.”⁵ Por estas características se piensa que aportará un buen drenaje, una resistencia alta y flexibilidad.

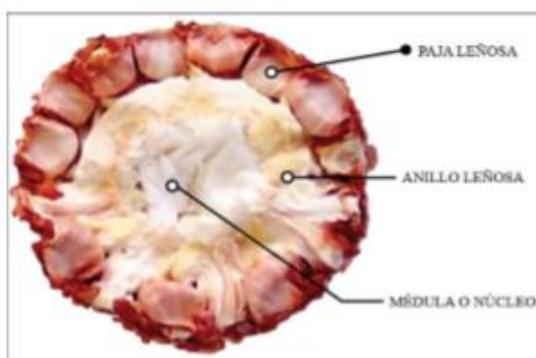


Figura 6: Estructura de la tusa de maíz

⁵ (Chicaiza, 2017, pág,28.)

Propiedades

Tabla 1: Análisis químico en tusa de maíz

Análisis químico	Contenido
Carbono	44%
Hidrogeno	7%
Oxigeno	47%
Nitrógeno	0.7%

Fuente: READE “Specialty chemicals resource”

“El poder calórico óptimo de 16.07 kJ/g se obtuvo para la tusa seca con 13.71% de humedad, fuerza de compactación de una tonelada y cantidad de oxígeno igual al estequiométrico”.⁶ Estos resultados prueban que puede controlar la humedad a través de su poder calórico y al mismo tiempo podría funcionar en climas secos aduriéndose de una forma amigable con el material del terreno natural del suelo.

Ventajas: Se piensa que por el poder calórico con el que cuenta este material puede mantener la mayoría de sus propiedades después de ser calcinado por el horno del laboratorio. El carbono tiene como propiedad básica enlazarse con otros elementos, por esto se piensa que la adición de este aditivo va a ser positivo.

Desventajas: El producto cuenta con mucho espacio entre enlace de moléculas, se piensa que podría pasar liquido fácilmente entre las moléculas de este material sin dañarlas y podrían contener mucha humedad.

⁶ (Espinoza y Torres 2013, pág.13)

Ceniza de Tusa de maíz: Cuando se empieza con la selección del lugar de extracción de la tusa de maíz para luego hacer el limpiado de material y posteriormente una pulverización y tamizado para ser pasado por la malla N°200 y así proceder a pesar los porcentajes dependiendo del peso del suelo de ceniza de tusa de maíz y colocarlo dentro del analizador térmico en el laboratorio de Polímeros.

Se procediera a calcinar la tusa de maíz a 670°C durante 2 horas como valor referencial, luego se dejó enfriar durante 24 horas en la mufla del laboratorio de Mecánica de suelos para así proceder a separar la muestra para colocar en el espectrómetro en el laboratorio.

Ceniza de bagazo de caña de azúcar: El proceso de quemado del bagazo de caña de azúcar deriva del tratamiento de la caña de azúcar, primero llega el cargamento de caña de azúcar a la fábrica, luego de la descarga la caña de azúcar inicia una molienda avanzando por una transportadora hasta el difusor, un molino con cuchillas desfibran los tallos de caña de azúcar, es ahí donde en el difusor se le extraen los azucares diluidos en agua caliente, es acá donde el bagazo de caña de azúcar se separa y se utiliza para generar energía con vapor en los procesos de dicha fabrica, cuando finaliza su uso queda solamente la ceniza de bagazo de caña que normalmente si no es desecho se vende como fertilizante.



Figura 7: Recolección de Caña de azúcar

Absorción de agua: “Es dicha característica que tiene un material para que un fluido pase a través de él sin modificar la estructura de otro, también se puede decir que es permeable un material cuando una cantidad significativa de líquido pasa por este y es visible para la vista en un tiempo determinado.”⁷ Esto quiere decir que un buen drenaje relaciona de forma directa la densidad y la permeabilidad del material y deberá respetar un porcentaje dado por normas, todo esto dependerá directamente del tamaño de partículas del suelo que se determinara con los ensayos.

Aplicación de la tusa de maíz

Tusas con propósito ambiental La universidad pontificia bolivariana participo en la V Conferencia Internacional de Energía Sostenible, con un grupo de investigadores que contaban con la hipótesis de que al combinar el carbón mineral con la tusa de maíz en una medida tal que pueda bajar el porcentaje del contenido de azufre de un producto final (mezcla en briquetas) se obtiene energía renovable que cuenta con las normas de la sostenibilidad, esto con un fácil acceso a los que deseen el producto por un bajo costo. Las diferentes alternativas que genera esto en fuentes de energía renovable para reemplazar otros recursos como el carbón mineral, la leña, toda energía en la industria y agroindustria que se piense relativamente y todo esto de manera eco amigable. La importancia de tener un combustible a un fácil alcance de forma económica y potente genera una situación de ganancia para todos ya que las alternativas de uso para esta necesidad incrementan con un recurso más que casi siempre es el desperdicio del maíz que se produce para alimentos.

La tusa del maíz en bioproductos sustitutos del plástico, se sabe que en la época actual la producción de plástico se ha salido un poco de control ya que se ve desperdicios de este material en todo el planeta desde la tierra hasta el mar, y es que este material no es amigable ecológicamente hablando pero es un material que nos ha ayudado a lo largo de la evolución humana ya sea para llantas juguetes y principalmente envoltorios de productos que usamos diariamente, poder reemplazar este producto de manera total con otro que

⁷ (Crespo, 2014, pág.36)

cumpla las mismas tareas y encima pueda ser eco amigable con nuestro planeta era casi imposible de pensar pero gracias al trabajo de los profesores de la Escuela de Diseño de Producto de Utadeo, Andrés Téllez y Juan Manuel España de manera efectiva, con agrícolas especialistas en maíz del Valle del Cauca y Fenalce, muchas cosas estarían cerca del cambio. La investigación de los docentes aprovecharía la tusa de maíz como un desecho a formar parte de otro producto nuevo y renovable aplicado en otros materiales y aplicaciones en productos de alto valor agregado, se podrían reemplazar empaques para productos de consumo humano plásticos y polímeros utilizados en diferentes mercados como el automotriz o el de la construcción.

La tusa de maíz como sustituto parcial del agregado grueso, esta aplicación solo es real cuando se obtienen los márgenes y dosis correcta con un estudio de resistencia para los bloques (tradicionales) hechos con poliestireno y tusa de maíz en sustitución parcial para el agregado grueso para el concreto.

Granulometría de las partículas “se da cuando ciertos tamices analizan y determinan los tamaños y la distribución de las partículas de un suelo”⁸. La definición del tamaño de la partícula depende de los tamices por sus distintas mallas de alambre de abertura cuadrada, las aberturas que van desde la malla numero 100 (150 micras) hasta 9.52 milímetros, son para agregados finos estrictamente. Para el agregado grueso se dosifican dependiendo del peso del agregado, en el porcentaje que pasan por las mallas. El agregado fino tiene un parámetro de partícula únicamente. Los tamaños de los tamices que se presentan en un análisis completo son los siguientes que se muestran en la tabla 2.

⁸ (ASTM C 136, pág. 2014)

Tabla 2: Equipo completo de tamices para análisis granulométrico

Tamaños nominales de abertura	
mm	ASTM
80	3"
63	2 ½"
50	2"
40	1 ½"
25	1"
20	¾"
12.5	½"
10	3/8"
6.3	¼"
5	N° 4
2.5	N° 8
2.0	N° 10
1.25	N° 16
0.63	N° 30
0.315	N° 50
0.630	N° 100
0.080	N° 200

Fuente: laboratorio nacional de vialidad

Dosificación, “La dosificación del chasqui, arena, poliestireno y tusa de maíz se realizó al volumen con la ayuda de una parihuela cuyas dimensiones son de 30cm x30cm x 30cm, con los datos de dosificación establecidos, la dosificación del agua se realizó en un recipiente previamente señalado por litros, el cemento realizo al peso con la ayuda de una balanza.”⁹

Sabiendo eso nuestra dosificación será realizada con una trituración similar en una parihuela con las mismas dimensiones, pero esta será calcinada por un horno, así y solo así se marcará un margen de positividad. “Se hicieron los cálculos correspondientes a los porcentajes (%) en peso del material estabilizante, en este caso de ceniza de bagazo de caña de azúcar a ser necesitado. Así para una mezcla de 3000 g. de suelo el 5% de CBCA corresponde a 150 g., de igual manera que el 10% y 15% corresponde a 300 g. y 450 g. respectivamente.”¹⁰

⁹ Chicaiza, 2017, pág.82

¹⁰ (Terrones, 2018, pág. 138)

Como se nota un gran aumento de resistencia en su muestra la dosificación combinando estas dos teorías encontrando en las cenizas de tusa una relación al peso del suelo para 3 dosificaciones en un 10%, 15%, y 20% respectivamente.



Figura 8: tusa de maíz en carguero listo para proceso

La subrasante Suelos y Pavimentos define que: “la subrasante es donde se construye la estructura de un pavimento el cual solo se puede realizar en un terreno natural allanado para que descansa la estructura del pavimento, este tendrá las características aceptables compactada y analizada para su resistencia, en pocas palabras estable y en optimo estado de tal manera que no se vea afectada por las cargas de un futuro transito estudiado”¹¹

La subrasante es la parte que tiene contacto con la intemperie del terreno natural, en esta parte es donde se propaga toda la carga de las bases y los vehículos que se transportarán en esa zona, para esto se necesitará realizar un conteo y solo así se tendrá este conocimiento. El Manual de también aclara: “solamente son estables aquellos suelos que tengan una subrasante en una profundidad máxima de 0.60 metros (cuentan con CBR mayor o igual a 6 por ciento) si está por debajo de esta medida la subrasante (cuentan con un CBR menor a 6 por

¹¹ (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, 2013 pág. 23)

ciento) quiere decir que la subrasante es inadecuada y necesita obligatoriamente estabilizar para un pavimento.”¹²

Por eso es necesario estabilizar los suelos que tengan un cbr menor del 6 por ciento, tarea que corresponde al ingeniero cual responsabilidad será también saber la naturalidad del terreno y brindar soluciones alternas para el tipo de subrasante con la cual se esté trabajando, lo suficiente para que resista las capas de rodadura y el tránsito proyectado.

“la capacidad de soportar las cargas de diseño de pavimento y de estudio de tránsito en la zona donde se efectuará la obra en el tiempo estimado de vida que tenga el proyecto siguiendo las normas básicas para un diseño de pavimento”¹³

“En la etapa constructiva, los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante, deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida del ensayo proctor modificado (MTC EM 115)”¹⁴

Para un correcto uso es necesario que este material este compactado con óptimas condiciones para trabajar en él, de otra forma sería muy difícil que resista las capas de rodadura y mucho menos a los vehículos.

Ensayo Proctor “ [...] es un ensayo de compactación elaborado en laboratorio, el contenido de agua y peso unitario seco de la subrasante es posible encontrar con este ensayo, llamada la curva de compactación, todo esto con un molde de 101.6 o 152.4 milímetros (4 o 6 pulgadas) de diámetro y un pistón de 44.5 newtons, este se deja caer en una altura de 457 milímetros (18 pulgadas) para producir una fuerza de compactación de 2700 kilo newtons por metro cubico (56000 pie-lbf/pie³)”¹⁵

¹² (El Manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos, 2013, pag.23)

¹³ (García, 2015, pág. 6)

¹⁴ (Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, 2013 pág. 23)

¹⁵ (manual de ensayo de materiales del MTC, 2016, pag.105)

En esta investigación se realizará el ensayo Proctor con una energía modificada, para así determinar los óptimos contenidos de humedad (OCH) y la máxima densidad seca (MDS) tanto del suelo natural sin incorporación de la tusa de maíz como el suelo con sus respectivos porcentajes de este material, para una dosificación correcta seguida de este proceso. “El estado límite de una red continua de líquido es producto por menos poros de un material y el incremento de la humedad de este, eventualmente los poros podrían cerrarse para dejar de comunicarse entre ellos por una continuidad del agua creciente.”¹⁶

Todo esto se alcanzaría a tener con los resultados del ensayo Proctor para óptimo contenido de humedad. El Óptimo contenido de Humedad y máxima densidad seca resulta familiar para un ingeniero, aunque actualmente algunos lo utilizan como si fueran constantes, pero no lo son ya que dependen de un método de compactación, en el cual existen muchos factores que ayudan a encontrar la cantidad adecuada y requerida. Para ello la energía de compactación con que se realiza el ensayo influye proporcionalmente en el óptimo contenido de humedad y en la máxima densidad seca.¹⁷

¹⁶ (Chirinos, 2015, pág. 19)

¹⁷ (Juárez y Rico, 2005, pág. 598)

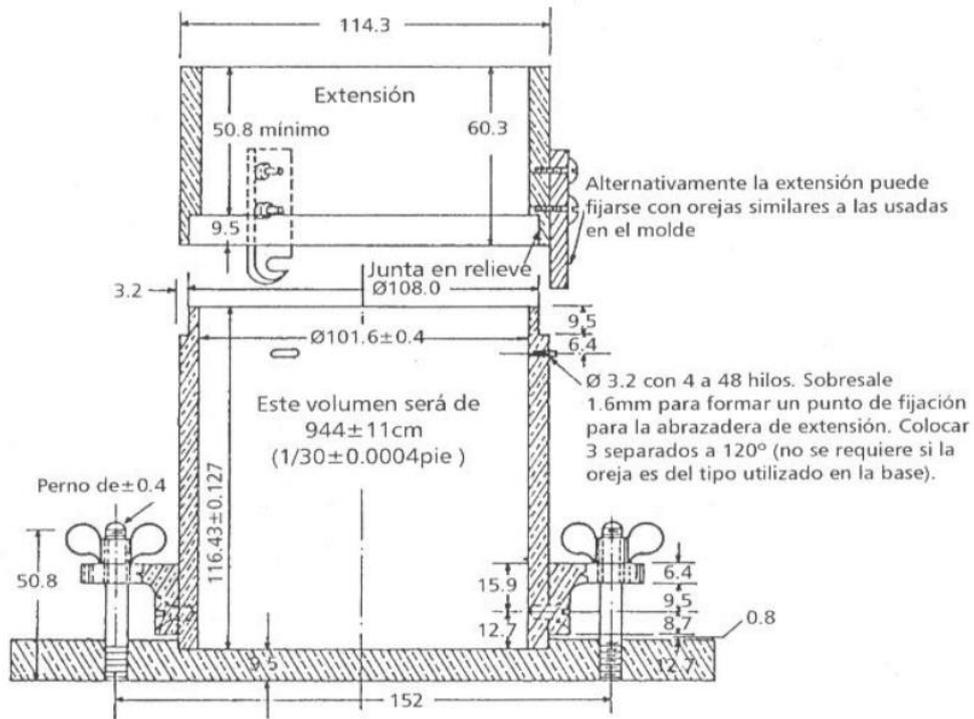
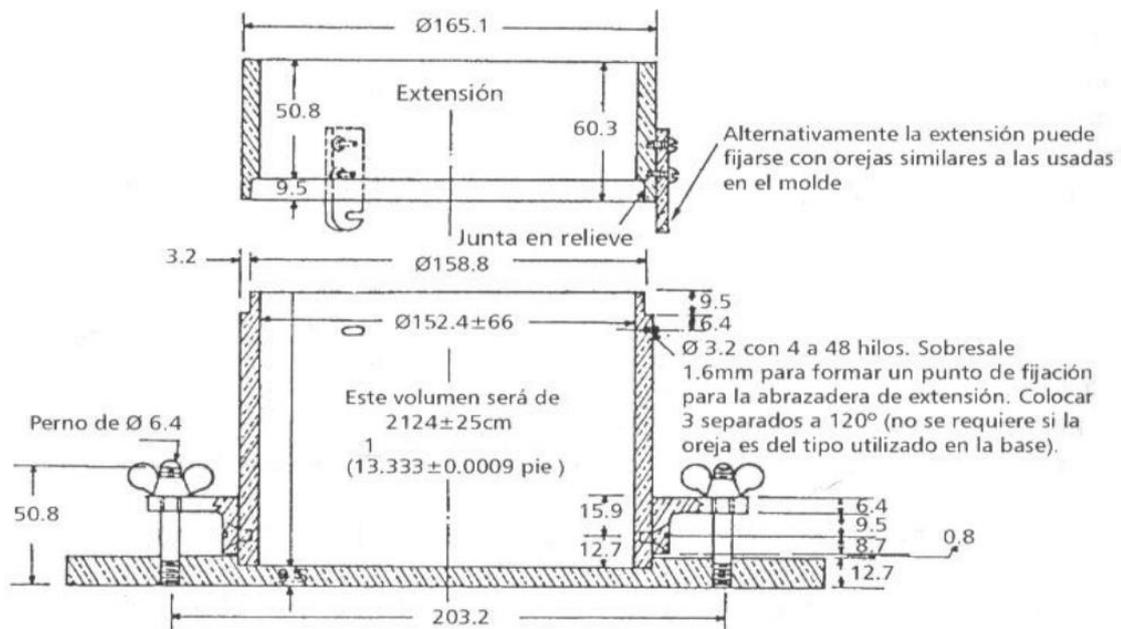


Figura 9: Molde cilíndrico de 4,0 pulgadas para Proctor modificado

Fuente: GG-17



(Dimensiones dadas en mm)

Figura 10: Molde cilíndrico de 6,0 pulgadas para Proctor modificado

Fuente: GG-17

Ensayo CBR cuyas siglas en ingles son por “California Bearing Ratio” que significa “proporción de soporte de California” se llama así porque fue desarrollado por primera vez, antes de la segunda guerra mundial, los encargados de este hecho fueron del Departamento de Transportes de California. “A pesar de tener diferentes limitaciones, el CBR es el ensayo más utilizado en Latinoamérica y mundialmente ya que cuenta con un precio barato que genera su ejecución, También cuenta con relaciones directas a la ejecución de pavimentos por su método y especialmente es para diseñar y evaluar suelos estructurales en carreteras.”¹⁸

En comparación a otros ensayos es importante tener en cuenta que este es uno de los más famosos y de los que más al alcance de realizar en relación a lo que contribuye en este estudio.

“El ensayo de C.B.R. es importante para la clasificación de suelos en las subrasantes, capas firmes y principalmente para determinar la capacidad portante de los suelos.”¹⁹ Para obtener el numero CBR es necesario hacer una relación directa de la carga unitaria (en kilogramos por centímetros cuadrados) para luego penetrar con el pistón circular de 19.35 centímetros cuadrados a la muestra del suelo previamente compactado que tendrán el contenido de humedad y densidad dadas por la carga unitaria para tener la misma penetración, pero con el material en cenizas. Ahora sabiendo que normalmente la carga de relación es la penetración de 2.54 milímetros (0.1”) siempre si el valor de CBR para la otra penetración que es de 5.08 milímetros (0.2”) es mayor que la anterior, ese es el valor final del CBR.

“En el diseño de pavimentos flexibles utilizados en las diferentes obras de infraestructura vial, el método del CBR se convierte en pieza clave en la búsqueda de evaluar la resistencia potencial de los materiales utilizados en la base y subbase de las estructuras y además de esto, brindando información sobre la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura e indicando la pérdida de resistencia debida a la saturación en

¹⁸ (Pariona, 2014, pág. 27)

¹⁹ (Terrones, 2018, pág. 40)

el campo. A continuación, se presenta una tabla donde con base a los valores de CBR se establece una clasificación general para el suelo.”²⁰

Tabla 3: Clasificación de suelos según CBR

Valor CBR	Clasificación General	Usos
0--3	Muy Pobre	Subrasante
3--7	Pobre a Regular	Subrasante
7--20	Regular	Sub-base
20--50	Bueno	Base, Subbase
>50	Excelente	Base

Fuente: Manual de laboratorio de Suelos. Joseph Bowles

Porcentaje de expansión es una cifra que se haya cuando “las probetas se saturan durante 96 horas para simular las condiciones de trabajo más desfavorables y para determinar su posible expansión. Se confeccionan 3 probetas como mínimo, las que poseen distintas energías de compactación (lo usual es con 56, 25 y 10 golpes)”.²¹ Se harán 5 lecturas desde el minuto cero donde se sumerjan los moldes, cada 24 horas hasta cumplir las 96 horas, para su determinación se usa la siguiente ecuación.

$$\% \text{expansión} = \frac{L_o - L_f}{H}$$

Dónde:

L_o: Lectura Inicial

L_f: Lectura final

L_o: Altura del espécimen

²⁰ (Wilmar, 2015, pág. 133)

²¹ (Araujo, 2014, pág. 5)



Figura 11: Sumergimiento de moldes de CBR.

Fuente: ICO TEC

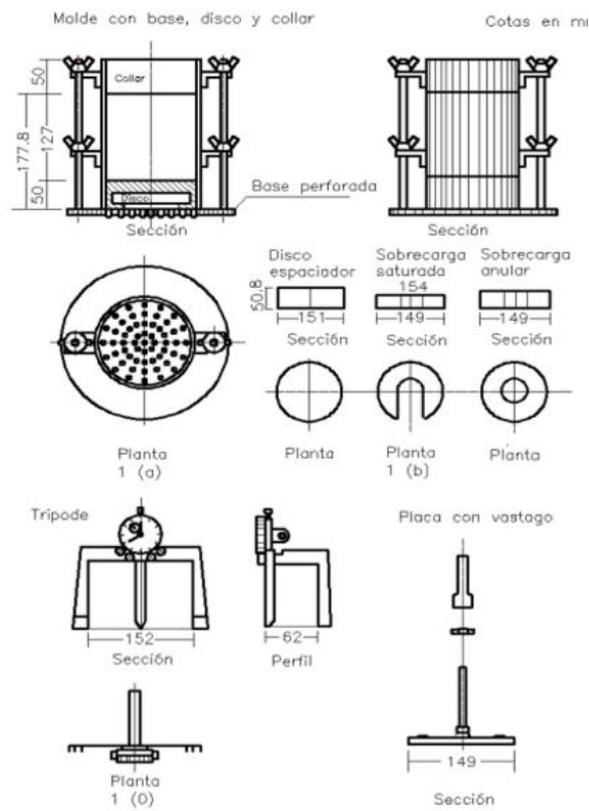


Figura 12: Equipo requerido para ensayo CBR

Fuente: MTC E 132 / ASTM D1883

Mejoramiento para el manual de carreteras: El mejoramiento consiste en la obtención de resistencia mecánica y permanente de sus propiedades con el pasar del tiempo. Los procesos son variados e inician desde la aplicación de otro material, a la incorporación de uno o más agentes que permiten mejorar la resistencia del suelo. Cualquiera sea el mecanismo a utilizar para el mejoramiento, es indispensable realizar un proceso de compactación.²²

Una subrasante en una profundidad no menor de 0.60 metros se determinan suelos estables ya que cuenta con un CBR mayor o igual al 6 por ciento, en caso el suelo este por debajo del nivel requerido (CBR menor de 6 por ciento) significa que tiene una subrasante inadecuada para el trabajo y correspondería estabilizarla. “El mejoramiento consiste en cambiar proporcionalmente las características mecánicas de un suelo, mezclando este con un material más resistente o por acción física”.²³

Es aquí donde entra el cuestionamiento del ingeniero dependiendo del tipo de suelo con el que se encuentre este deberá dar alternativas de solución eligiendo la que más convenga ara el proyecto técnica y económicamente.

²² (MTC, 2013, pág.107)

²³ (Mejía y Carranza, 2002, pág. 129)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación de la investigación es aplicada “entendida como la utilización de los conocimientos en la práctica, para aplicarlos en provecho de los grupos que participan en esos procesos y en la sociedad en general, además del bagaje de nuevos conocimientos que enriquecen la disciplina”²⁴ entonces producir nuevos conocimientos y ponerlos a prueba con problemas reales es lo que se plantea.

Correlacional causal “Este tipo de investigación está indicada para determinar el grado de relación y semejanza que pueda existir entre dos o más variables, es decir, entre características o conceptos de un fenómeno. Ella no pretende establecer una explicación completa de la causa – efecto de lo ocurrido, solo aporta indicios sobre las posibles causas de un acontecimiento.”²⁵ Ya que se tiene variables que se encuentran relacionadas solo tendríamos que describirlas para su discusión.

No experimental cuantitativa “Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables”²⁶ entonces como nosotros vamos a observar situaciones ya existentes de las investigaciones ya existentes, aunque no podemos manipularlas tenemos el control de estas.

Transversal “Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede”²⁷ como nosotros vamos a medir y evaluar ensayos realizados describiendo estos quedaría como una investigación no experimental cuantitativa transversal.

²⁴ (Vargas, 2009. pág.159)

²⁵ (Inter, 2018. pág.1)

²⁶ (Hernández y otros, 2014, pág. 152)

²⁷ (Hernández y otros, 2014, pág. 154)

3.2. Variables y operacionalización “cuando se construye un instrumento, el proceso más lógico para hacerlo es transitar de la variable a sus dimensiones o componentes, luego a los indicadores y finalmente a los ítems o reactivos y sus categorías”²⁸ entonces la interacción de teorías de cada variable es lo que determinara su operacionalización.

Proporción o razón “En esta escala sólo es arbitraria la unidad de medida. El hecho de fijar el origen permite hacer comparaciones no sólo de los intervalos de los objetos, sino también de los valores de los números asignados a estos objetos”²⁹ es decir como los ensayos y mediciones ya cuentan con una razón en el sentido de su propia escala es necesaria la aplicación de esta. Es importante recalcar que se tendrá que indicar el nivel de cada variable.

V1: ceniza de tusa de maíz = Variable Independiente

V2: mejoramiento de subrasante = Variable Dependiente

3.3. Población y muestra

Población: para delimitar mi población se necesita una muestra de un análisis que delimita la misma. “La población es el conjunto de sucesos que tengan relación con una serie de especificaciones”³⁰. Para no sufrir deficiencias se describirá y analizará una cantidad adecuada de veces todas las características posibles de la población ya que solo así se verá bien representada. Como se analizará un mejoramiento de suelos, la población vendrá a ser la cantidad de ensayos para suelos que se podrían hacer.

Tabla 4: Ensayos de mecánica de suelos

Nombre de ensayo	uso	Método MTC	Ensayo ASTM	Propósito del ensayo
Análisis granulométrico por tamizado	Clasificación / agregados	E-109 / E-204	D-422 / C-136	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo y agregados

²⁸ (Hernández y otros, 2014, pág. 211)

²⁹ (Coronado, 2007, pág. 119)

³⁰ (Lepkowski, 2008b)

Contenido de humedad	clasificación	E-108	D-2216	Determina el contenido de humedad natural de suelos y agregados
Limite Liquido	clasificación	E-110	D-4318	Hallar el contenido de agua entre los estados líquido y plástico
Limite plástico	Clasificación	E-111	D-4318	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semisólidos
Limite plástico	clasificación	E-111	D-4318	Hallar el contenido de agua por encima del cual, el suelo esta en un estado plástico
Material que pasa malla N° 200	clasificación	339.112	C-117	Determinar la cantidad de material fino que pasa por el tamiz N° 200 tales como arcilla agregados muy finos y materiales solubles en agua
Peso Unitario	Calidad agregados	E-203	C-29	Determinar el peso unitario suelto o compacto y el porcentaje vacío de los agregados
Equivalente de arena	Calidad agregados	E-114	D - 2419	Determinar la porción relativa del contenido de polvo fino nocivo en los agregados.
durabilidad	Calidad agregados	E-209	C - 88	Determinar la resistencia a la desintegración de los agentes agregados sometidos a la acción de los atmosféricos.
Abrasión de los ángeles	Calidad agregados	E-207	C -131 / C-535	Determinar la resistencia al desgaste de agregados naturales o triturados, de tamaño menores de 1.5"
Peso específico y Absorción – agregado grueso	Calidad agregados	E-206	C-127	Determinar los pesos específicos aparente y nominal de agregados con tamaño igual o mayor a 4.75 mm.
Peso específico y absorción - agregado fino	Calidad agregados	E-205	C-128	Determinar los pesos específicos aparente y real a 23° C de los agregados con tamaño inferior a 4.75 mm.
Compactación Proctor modificado	Diseño de espesores	E-115	D-1557	Determina la máxima densidad seca y el contenido de humedad optimo

Valor relativo de soporte (CBR)	Diseño de espesores	E-132	D-1883	Determinar la capacidad de carga. permite inferir el módulo resiliente.
Adherencia del bitumen - agregado	Calidad de agregados	E-519	D-2489	Determina el grado de cubrimiento de las partículas del agregado en una mezcla bituminosa.
Adhesividad de los áridos finos (Riedel Weber)	Calidad de agregados	E-220	-	Determinar la adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos, arenas naturales.
Sales solubles en agregados para pavimentos flexibles	Calidad de agregados	E-219	-	Describe el procedimiento que debe seguirse para determinar el contenido de sales en agregados
Contenido de impurezas orgánicas	Calidad de agregados	E-213	C-40	Determinar la presencia y el contenido de materia orgánica en el agregado fino.
Contenido de cloruros	Calidad de agregados	-	339.177(*)	Determinar la presencia y el contenido de materia orgánica en el agregado fino.
Contenido de sulfatos	Calidad de agregados	-	339.178(*)	Determinar la presencia y el contenido de materia orgánica en el agregado fino.
Determinación del potencial de hidrogeno PH	Calidad de agregados	E-129	339.176(*)	Determinar el potencial de hidrogeno en una muestra de suelos.
Carbón y lignito o partículas livianas en el agregado.	Calidad de agregados	E-211	C-123	Determinar la presencia partículas livianas en el agregado mediante separación por suspensión.
Terrones de arcilla y Partículas desmenuzables	Calidad de agregados	E-21 2	C-142	Determinar en forma aproximada la presencia terrones de arcilla y partículas desmenuzables.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

Muestra “Básicamente la muestra es un subgrupo de la población.”³¹ Es decir que la muestra tiene que salir de la población ya que la población es en el conjunto de ensayos de mecánica de suelos, la muestra solo será los ensayos de mecánica de suelos que se van a emplear siendo estos los ensayos

³¹ (Hernández y otros, 2014, pág. 176)

clasificación de suelos, granulometría, límites de Attergber, Proctor modificado, expansión y C.B.R.

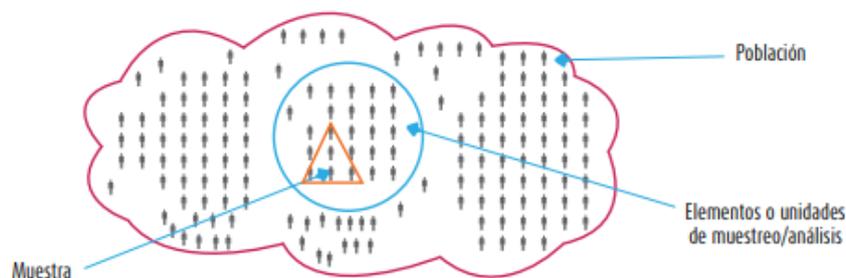


Figura 13: Representación de una muestra como subgrupo

Fuente: Hernández y otros (2014)



Figura 14: terreno natural de la calle 12 **Figura 15:** Terreno excavado de la calle 12

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos y validez

Técnica

Análisis documental “es una forma de investigación técnica, un conjunto de operaciones intelectuales, que buscan describir y representar los documentos de forma unificada sistemática para facilitar su recuperación.”³² es la observación escogida para la recolección de datos, ya que es el método que más se acerca a la verdad. Se analizará cada uno de los trabajos con exigencia para la realización.

³² (Dulzaides y Molina, 2004, pag.2)

Instrumentos

para cada variable que se va a manipular se precisó un instrumento respectivo del ensayo que le toque, esto para precisar los datos recolectados en cada ensayo del laboratorio en cada tesis.

Validez “La validez, se refiere a la cantidad de veracidad que cuenta un instrumento a la hora de medir una variable específica.”³³ Esto quiere decir que la variable cuenta con sus instrumentos y no se puede usar el mismo instrumento para otra variable. Un ejemplo es el de tratar de medir el óptimo contenido de humedad de la subrasante con el instrumento el cual sirve para hacer las cenizas de la tusa de maíz.

Confiabilidad “La confiabilidad respectiva de un instrumento al medir el mismo objetivo pueda dar resultados iguales”³⁴.

Esto se refiere a que si mis instrumentos brindan resultados en segunda instancia muy diferentes a los primeros mi instrumento no es confiable y se tiene que asegurar la confiabilidad verificando los resultados tengan un rango no muy alejados.

3.5. Procedimiento del presente estudio inicia cuando se encuentra con dos tesis con características similares, seguidamente se dará la recolección de datos del instrumento validado por ingenieros especialistas, luego analizando cada ensayo con sus respectivas dosificaciones se discutirá y llegará a una conclusión eventualmente.

³³ (Hernández y otros, 2014, pag.200)

³⁴ (Hernández y otros, 2014, pag.200)

3.6. Método de recolección de datos “Es el procedimiento con el cual un todo complejo se extrae en varias partes y caracteres. El análisis permitirá el fraccionamiento del todo en sus variables relacionadas y componentes”.³⁵ Entonces en este proyecto los datos se analizarán en un laboratorio especialista en estudios de mecánica de suelos el cual tendrá que estar certificado con un cumplimiento de las normas que rigen en el país. Y así distribuirlo en el instrumento que se maneja.

3.7. Aspectos éticos para lograr los objetivos en el proyecto de investigación, el investigador está comprometido a respetar los datos tomados de los diversos manuales que nos permiten desarrollar la investigación. Como investigador se debe estar comprometido en su totalidad al respetar el contenido ya que es auténtico, esto significa que la realización del siguiente proyecto será a través de fuentes de suma confiabilidad, de igual manera con lo que respecta a la manipulación de técnicas e instrumentos que se usarían, serán las precisas para interpretar los resultados finales que se pretenden lograr.

³⁵ (Hernández, 2016, pag.34)

IV. RESULTADOS

Descripción De La Zona De Estudio: “Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo 2019”

Acceso a la zona de trabajo: El ingreso a la zona de proyecto es por el **Avenida Juan Pablo II** una de las av. Principales del distrito de Víctor Larco Herrera en Trujillo provincia de La Libertad, la cual se llega desde lima cruzando toda la panamericana Norte.

Ubicación Política: La zona de estudio está ubicada en el departamento de La Libertad, Provincia de Trujillo, distrito de Víctor Larco Herrera el cual limita con los siguientes distritos.

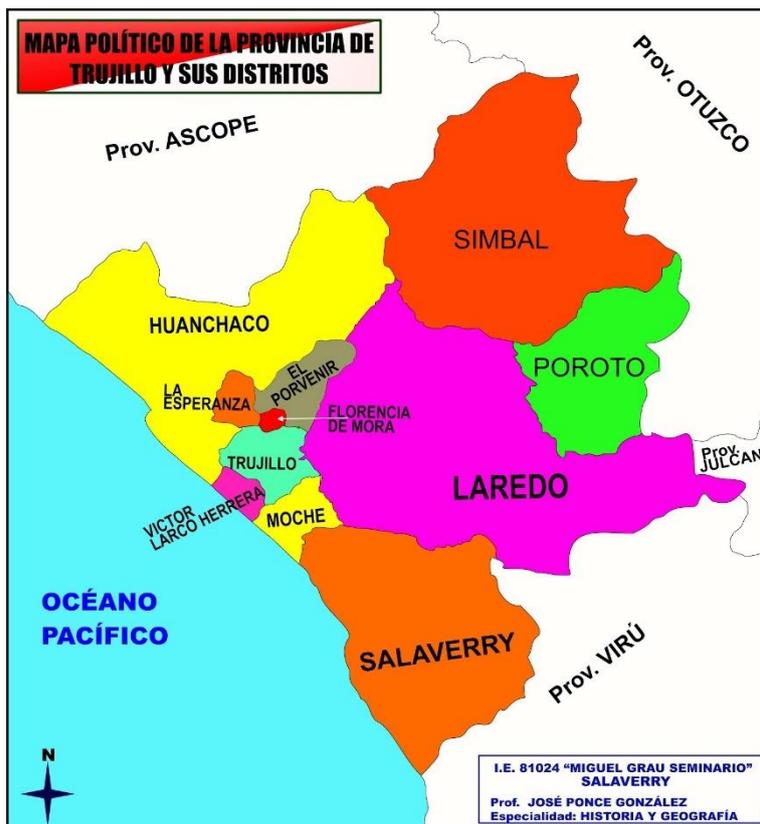


Figura 16: Ubicación de la región de lima y el Perú.

Norte: Ascope
Sur: Viru
Este: Otuzco
Oeste: Océano Pacífico



Figura 17: Departamento De La Libertad Y Provincias



Norte: Huanchaco
Sur: Moche
Este: Trujillo metropolitano
Oeste: Océano Pacífico

Figura 18: Distritos De Trujillo

Esta zona de investigación y de estudio se eligió debido a gran problema que es el suelo de muy baja capacidad portante según manual del MTC. Siendo el pavimento un gran aporte a la sociedad, vecinos y turismo, por ello se consideró el suelo como estudio para esta tesis y desarrollar el problema.

Ubicación Geográfica: Las coordenadas de nuestra zona de estudio del distrito de Víctor Larco Herrera es $8^{\circ}07'58.6''S$ $79^{\circ}03'08.8''O$. Presentando una altitud de 10 m s. n. m. como se muestra en la siguiente figura.



Figura 19: delimitación de la zona de estudio

Trabajos de Campo

Ubicación de calicatas

Las calicatas 1 y 2 se ubicaron en la calle 12 en las siguientes progresivas 0+000 km y 0+120km respectivamente, tal y como se muestra en la figura 19 estas calicatas se hicieron con la finalidad de conocer las características del terreno en su estado natural y posteriormente ver su comportamiento al incorporarle las cenizas de tusa de maíz.



Figura 20: ubicación de las calicatas

En la siguiente figura se observa la calicata 1 y 2 con una profundidad de 1.50 metros, en donde cabe mencionar que no se encontró capa freática, luego se procedió a llevar la muestra al laboratorio de esta misma casa de estudios para realizarle los ensayos correspondientes que ayuden a determinar las características naturales del suelo y poder constatar si es un suelo en condiciones deficientes para poder ser usado como material de subrasante.



Figura 21: señalización de calicatas, medidas y muestra final

En el año 2019 el mundo sufrió un cambio que marco historia, se propago una enfermedad mortal causada por un virus llamado COVID-19 por sus siglas en inglés (Corona Virus disease 2019), por ser el año que emergió, este virus tiene su origen en la ciudad de Wuhan en China, pese a esto se expandió y produjo

una pandemia mundial, el mundo tuvo que actuar poniéndose en cuarentena, el Perú no fue ajeno a esta cuarentena obligatoria y tuvo que parar todas las actividades económicas entre estas las académicas, por lo tanto también el presente estudio, pero para continuar con la investigación se decidió comparar con un material con elementos químicos parecidos a los de la ceniza de tusa de maíz. A continuación, se hará un proceso comparativo entre dos tesis con el mismo procedimiento, pero con un material diferente, este será un material con las características similares de la CTM, en este caso se ha elegido la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) por su composición química que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5: composición química del CTM Y el CBCA

Ceniza de Tusa de maíz		Bagazo de caña de azúcar	
Composición Química	Resultado %	Composición Química	Resultado %
CaO	49.628	SiO ₂	67.52
Al ₂ O ₃	15.837	Al ₂ O ₃	3.50
K ₂ O	4.062	CaO	7.60
SiO ₂	19.212	MgO	3.50
SO ₂	2.719	Fe ₂	8.95
ClO ₂	0.865	K ₂ O	3.75
Fe ₂ O ₃	2.813	Na ₂ O	2.17
TiO ₂	0.173	P ₂ O ₅	1.70
SrO	0.052	SO ₃	0.03
ZnO	0.117		
MnO	0.106		
ZrO ₂	0.006		
As ₂ O ₃	0.008		
CuO	0.036		
P ₂ O ₃	4.337		
Ni ₂ O ₃	0.011		

Fuente: elaboración de la universidad de san marcos y Hernández (2011)

Según el ASTM C618, 2012 contamos con la clacificacion de puzolanas, entonces teniendo todo esto claro se desarrollara la comparacion entre las siguientes tesis:

- Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector barraza, trujillo – 2018. (TESIS 1)

- Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal. (TESIS 2)

En esta ultima tomando los parametros solo del CBCA y sus reacciones al suelo que se trate. De ahora en adelante nos referiremos a estas en tesis 1 y tesis 2 para mayor entendimiento de las comparaciones. La autora de la tesis 1 lleva a cabo su proceso en la vía de acceso del sector barraza en trujillo, lo que primero procede hacer es determinar 5 puntos donde colocar sus calicatas cada una a 700m de distancia, adicional hizo posteos entre cada calicatas pero la tesis 2 no realizo esto por ende no se procedera a tomar en cuenta estos datos, ella conto con 2 estratos en cada calicata una de 1.50m y otra de 0.90m, dado que la tesis 2 solo realizo un estrato con altura de 1.50m se tomara los datos de ese estrato. Por otro lado los autores de la tesis 2 toman la calicata en la Carretera Casma - Tingo María km 392 + 300, sin embargo utilizan ademas del aditivo CBCA la cal a la cual no se le tomara en cuenta los datos relacionados con este material ya que la tesis 1 no cuenta con cal para ninguna clase de combinacion ademas este material no es clasificada como puzolana.

Tabla 6: Datos de calicatas

item	fuelle	calicata	ubicacion	progresiva
1	Andrea Thatiana Terrones Cruz	C -3	vía de acceso del sector barraza en trujillo	1+524
2	-Landa Alarcon, Jacques Yitzhak -Torres Montesinos, Sergio Feliciano	C - 1	Carretera Casma - Tingo María	392 + 300

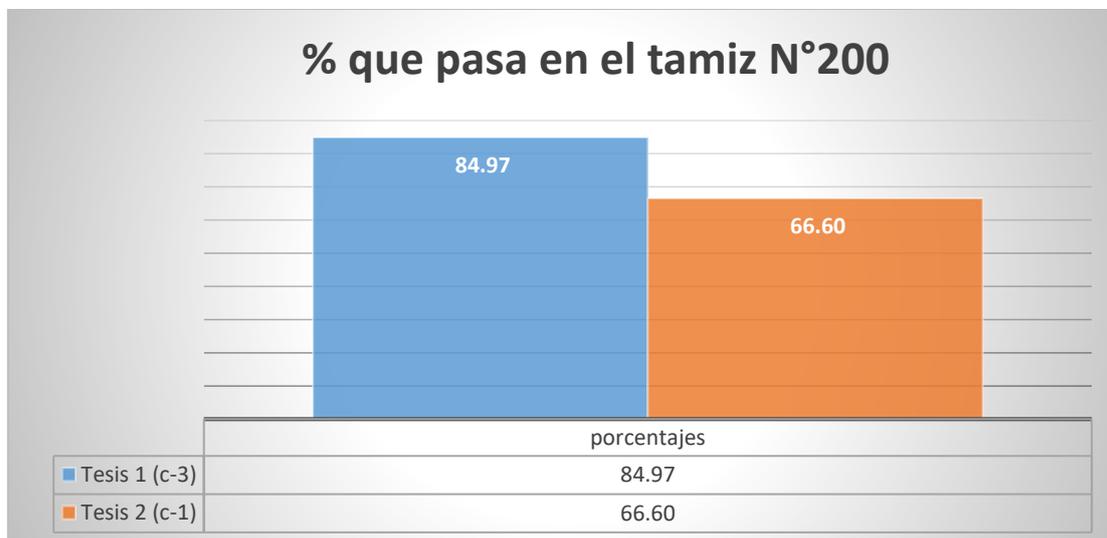
Fuente: Elaboración propia

Análisis granulométrico

Se procederá a descartar que los suelos de las tesis de las que vamos a analizar sean granulares, si estos pasan almenos el 50% por la malla N° 200 podriamos afirmar y clasificarlo como suelos finos según del Sistema Unificado de Clasificación del Suelos (SUCS) y la “American Association of State Highway and Transportation Officials” (AASHTO) asi y solo asi comparacion seria la que buscamos para el aditivo que se utilizaria en este caso la ceniza de bagazo de

caña de azúcar (CBCA), dada de otra forma se tendría que buscar una tesis diferente, la cual cuente con esas características.

Gráfico 1: Porcentaje que pasa por el tamiz N° 200 de la calicata C-1 y C-3



Fuente: elaboración propia

Tabla 7: Clasificación del suelo C-3 y C-1

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	SUCS	AASHTO
C-1	392 + 300	1.50	CL	A-4
C-3	1+524	1.50	CL	A-6

Fuente: Terrones (2018).

Según los datos de Terrones, los porcentajes que pasan la malla N° 200 son mas del 50% del suelo y la clasificación SUCS y AASHTO lo determina como vimos en la tabla N° 6, se puede decir que el suelo en general es limo arcilloso y cuenta con baja compresibilidad, ya que SUCS lo clasifica de CL a ML y AASHTO de A-4 hasta A-6. Entonces como no es granular aplica para la comparación que necesitamos con el elemento puzolánico que se quiere.

A diferencia de Terrones, Landa y Torres solo cuentan con una calicata como ya era mencionado y En base a la Figura 25 determinaron la clasificación AASHTO Y SUCS, ya que cuenta con más del 50% que pasa la malla N°200 estas quedarán clasificadas como suelos de arcilla de baja plasticidad o CL según

SUCS y del tipo A-6 con índice del grupo 8 en base a AASHTO. Dado que la tesis 1 cuenta con más calicatas que la tesis 2 se tomará la calicata con porcentaje más crítico para la comparación, en este caso será la C-3.

Como se observa en el Gráfico 1 la diferencia es mínima en las muestras que se tomaron, así se podrá realizar una comparación justa entre los ensayos necesarios para un mejoramiento de suelo utilizando el elemento de la CBCA.

Resultados del Ensayo de los Límites de Atterberg

se presentaron los resultados de los ensayos correspondientes a límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las muestras tomadas en cada una de las calicatas las tesis 1 y 2, dado que la tesis uno cuenta con dos estratos se tomara solo uno y sera el estrato de profundidad de 1.50m ya que la tesis 2 cuenta con los mismos datos para su calicata segun en la norma NTP 339.129.

Tabla 8: limites de la C-1 y C-3

Calicatas	%Limite Liquido	%Limite Plástico	%Índice de Plasticidad
C-1	36.71	22.10	14.61
C-3	32.97	18.79	14.19

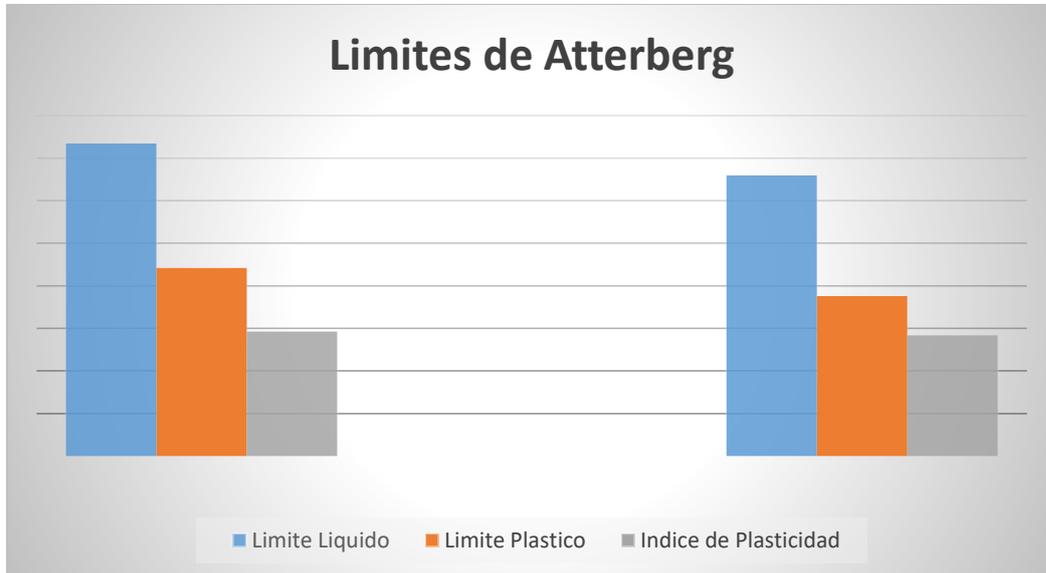
Fuente: Terrones (2018); Landa y Torres (2019)

Estos datos son necesarios para el estudio del comportamiento de suelo, en el grafico se puede apreciar que la calicata 3 (C-3) es la que cuenta con el índice de plasticidad más alto, entonces seguiremos con la misma calicata de muestra ya que es con la se había destinado la comparación y reacción del uso de la CBCA.

Con los datos de Landa y Torres se puede verificar que el suelo cuenta con índices altos y caracterizados como arcillosos lo cual no permitiría la resistencia de cargas. Ahora compararemos la tesis 2 con la tesis 1 pero seguiremos con la calicata escogida anteriormente, la C-3. En la Figura 28 podremos observar que precisamente esta cuenta con un índice de plasticidad mayor que el de la primera tesis, en líneas generales no están muy lejos de su diferencia, pero de la misma

forma se puede interpretar que la tesis 2 es la que podría verse más afectada por las cargas que se le puedan aplicar.

Gráfico 2: Comparación de límites entre tesis



Fuente: elaboración propia

Ensayo de Proctor modificado

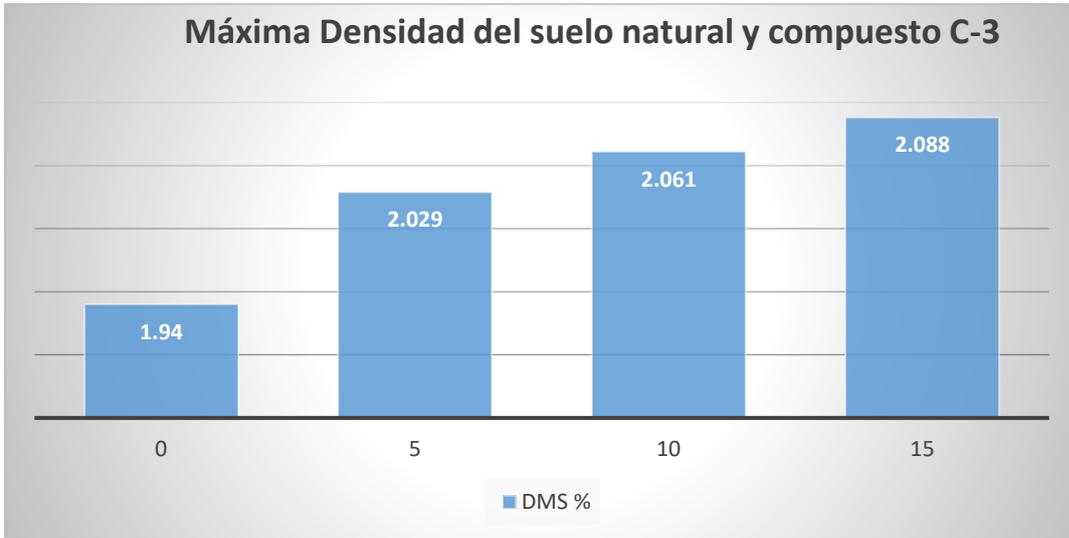
Máxima Densidad del suelo natural y compuesto de la tesis 1 solo se considerara la calicata C-3 por las características que cuenta ya que la tesis 2 solo cuenta con una calicata (C-1) y facilitar así la comparación general entre ambas. En el siguiente tabla y gráfico se mostrara sus porcentajes de la máxima densidad del suelo natural y con CBCA.

Tabla 9: Máxima Densidad del suelo natural y compuesto C-3

Dosis %	DMS %
0	1.94
5	2.029
10	2.061
15	2.088

Fuente: Terrones (2018)

Gráfico 3: Máxima Densidad del suelo natural y compuesto de la C-3



Fuente: elaboración propia

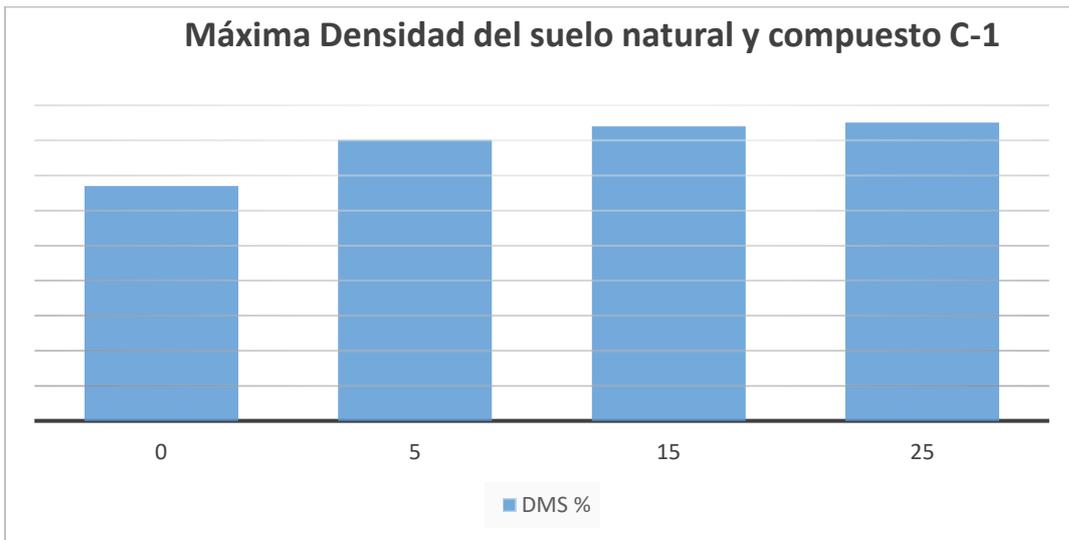
se presentaron los resultados del ensayo correspondiente a máxima densidad del suelo, realizado a las muestras del estrato 1 la cual cuenta con la altura de 1.50m tomadas de las calicatas 01, 03 y 05; realizado bajo lo dispuesto en la norma NTP 339.141. A continuación, se mostrarán los resultados del terreno natural y con la adición de la CBCA. Mostrando el porcentaje de la densidad máxima seca (DMS). Como la calicata elegida es la C-3 solo daremos los datos de esta con adición de 5%,10% y 15% de CBCA respecto al peso de la muestra en cada una de ellas, pero se puede notar el gran porcentaje con el que sobresale la que cuenta con la dosis de 15%.

Tabla 10: Máxima Densidad del suelo natural y compuesto de la C-1

Dosis %	DMS %
0	1.34
5	1.604
15	1.681
25	1.703

Fuente: Landa y Torres (2019)

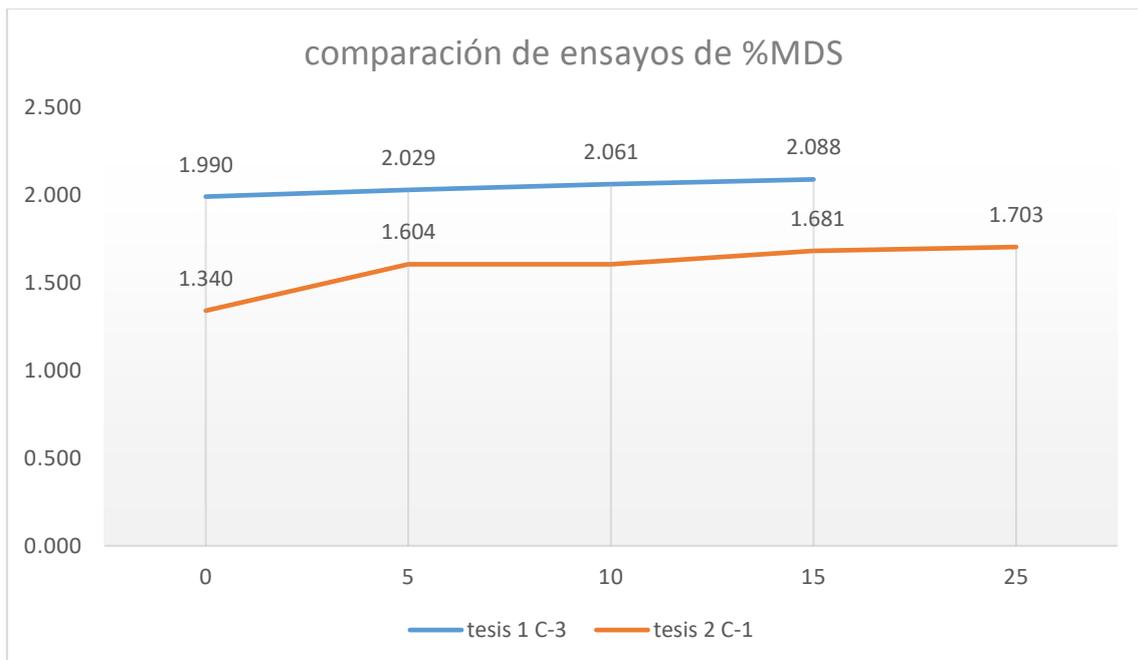
Gráfico 4: Máxima Densidad del suelo natural y compuesto de la C-1



Fuente: elaboración propia

Por otro lado, se presenta el ensayo de máxima densidad del suelo seco de la calicata c-1, la cual cuenta con un mayor porcentaje de densidad máxima seca en la tercera dosis aplicada la cual es de 25% de CBCA, se puede notar la diferencia que hace en los límites por muy poca que sean pese a usar el mismo aditivo, la influencia es levemente distinta.

Gráfico 5: comparación de Máxima Densidad del suelo entre C-3 y C-1



Fuente: elaboración propia

En el grafico 5 se aprecia el comparativo de los porcentajes de densidad máxima seca entre las dos tesis y se aprecia como la tesis 1 cuenta con mejores resultados que la tesis 2 teniendo un porcentaje máximo con la dosis de 15 % la cual llega a un 2.088 mientras que la tesis 2 pese que también tuvo la dosis de 15% su máximo porcentaje lo alcanza con la dosis de 25% la cual llega a 1.703, sin embargo se pone por debajo de la primera tesis en todas sus dosificaciones. El uso de la CBCA como material estabilizante, resultó para cada caso, cuenta con porcentajes favorables, esto debido a la interacción de la ceniza con la sílice de la arcilla creando una reacción puzolánica, generando un incremento en la floculación del material ensayado, en la cual se nota la diferencia con mas aumento de porcentaje en la calicata c-3.

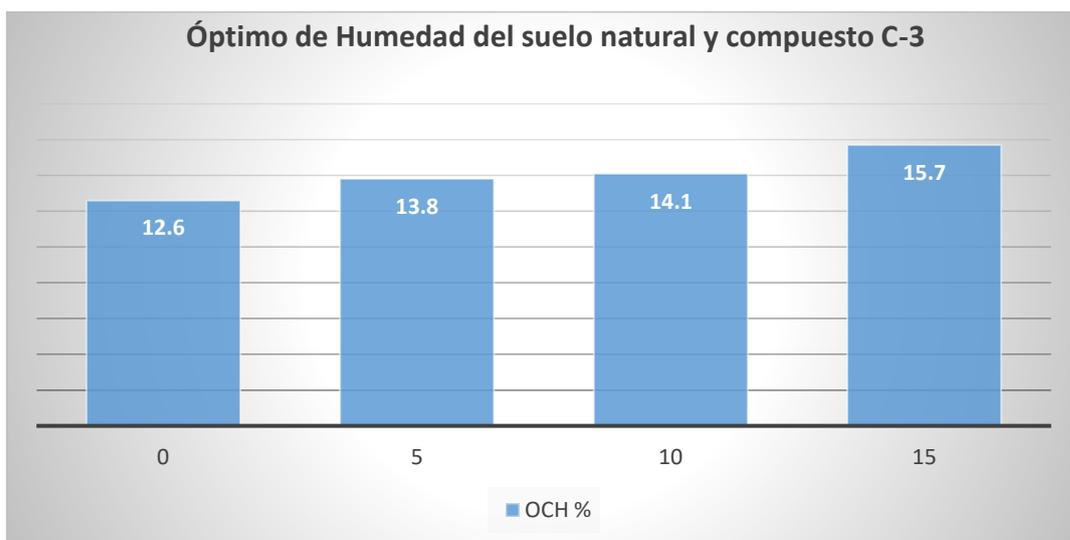
Óptimo contenido de Humedad de la tesis 1 solo se concidero la calicata c-3 por las caracteriticas que cuenta, ya que la tesis solo cuenta con la calicata c-1 y facilitar asi la comparacion general de ambas. En los siguientes graficos se mostraran los porsentajes del suelo natural y luego con CBCA.

Tabla 11: Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto C-3

Dosis %	OCH %
0	12.6
5	13.8
10	14.1
15	15.7

Fuente: Terrones (2018)

Gráfico 6: Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto C-3



Fuente: elaboración propia

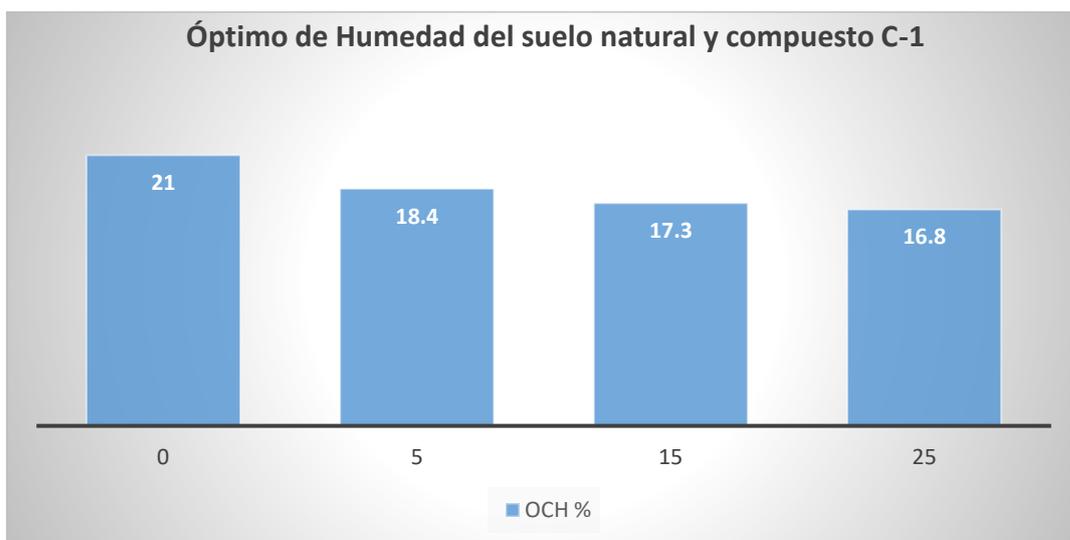
Se puede observar en el gráfico que la dosis con mayor porcentaje de OCH fue la de 15%, claramente se puede deducir el impacto de la CBCA en este suelo va de aumento con mayor adición a este. Sin embargo, en la tesis 2 ocurre algo diferente, como lo muestra la tabla 12.

Tabla 12: Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto C-1

Dosis %	OCH %
0	21
5	18.4
15	17.3
25	16.8

Fuente: Landa y Torres (2019)

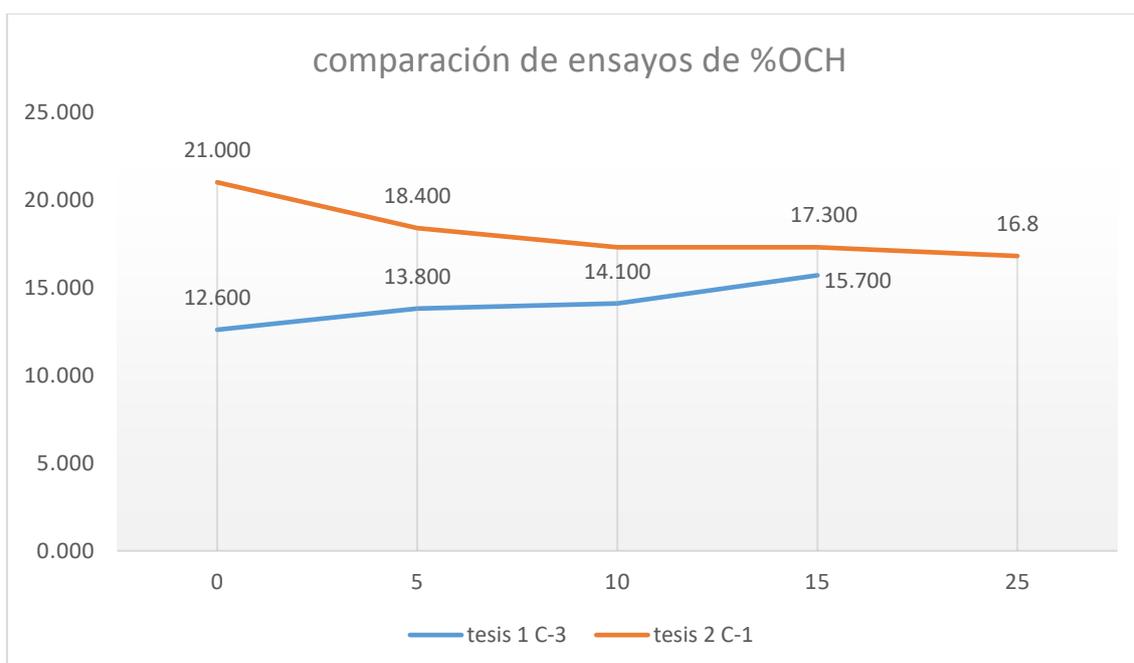
Gráfico 7: Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto C-1



Fuente: elaboración propia

En la tesis 2 se puede ver un impacto de reducción en el OCH de la muestra por la adición de CBCA, la interacción de esta con la sílice de la arcilla, reduce el contenido de vacíos, aumenta la densidad del suelo y por tal, se produce la reducción en el OCH del material ensayado, viendo el impacto con menor porcentaje en la dosis de 25%.

Gráfico 8: Comparación Óptimo de Humedad del suelo entre tesis



Fuente: elaboración propia

Al observar el gráfico de líneas de la variación del óptimo contenido de humedad (OCH) por cada dosificación de cada tesis sobre las calicatas elegidas, se puede resaltar el descenso de los porcentajes de agua a medida que se aplica un mayor porcentaje de material estabilizante de la tesis 2, un mayor contenido de CBCA. Esto simboliza un comportamiento lógico, con respecto a la variación de las máximas densidades secas de la figura 32; ya que a mayores valores de pesos específicos secos máximos se relaciona a un menor contenido de humedad óptima, sin embargo, pasa de manera contraria en la tesis 1, la cual sus valores incrementan.

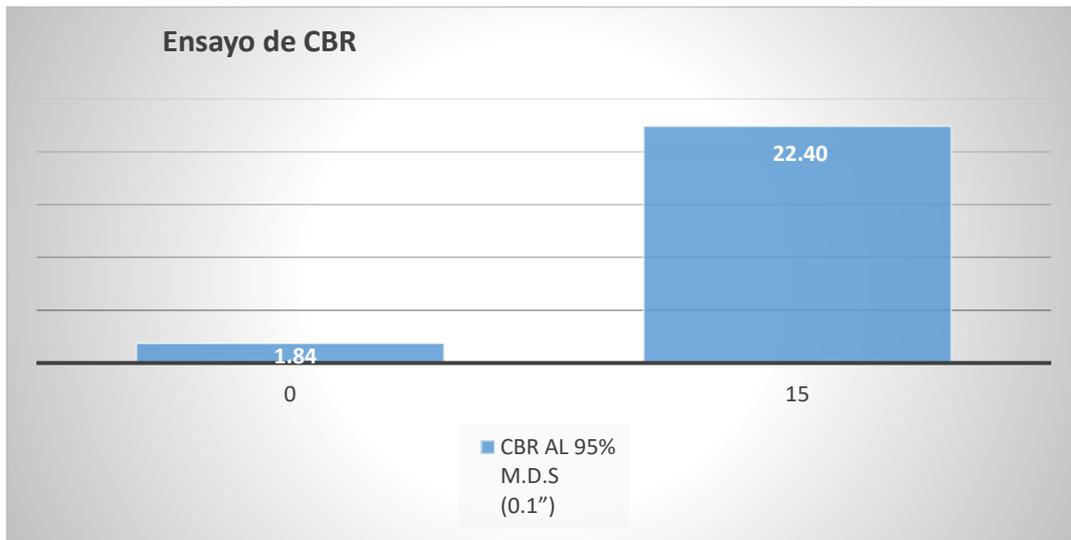
Ensayo de CBR es el ensayo de mayor importancia en lo que a estabilización de suelos de subrasante se refiere, pues permite determinar la capacidad de resistencia del material a la penetración y así clasificarla como apta o insuficiente como material de soporte de una carretera con o sin pavimento. Procederemos a comparar los parámetros que se hicieron y datos obtenidos en ambas tesis, la tesis uno cuenta con una especificación la de penetración a 1" y a 2" como lo especifica la norma, sin embargo, la tesis solo especifica que cuenta con uno, adicionalmente del CBR cuenta con el incremento del CBR, pero nos enfocaremos solamente en los porcentajes del CBR al 95% de la MDS.

Tabla 13: CBR de la muestra de suelo natural y con 15% de CBCA en c-3

Dosis %	CBR AL 95% M.D.S
0	1.84
15	22.40

Fuente: Terrones (2018)

Gráfico 9: CBR de la muestra de suelo natural y con 15% de CBCA en C-3



Fuente: elaboración propia

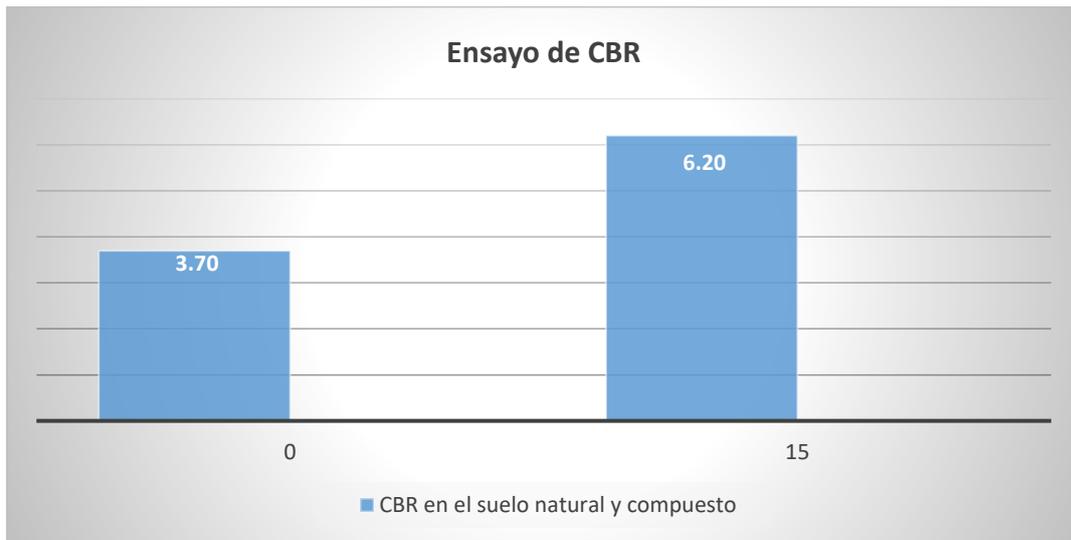
Se verifica un porcentaje altamente notorio en la calicata C-3 de la tesis 1 con la dosificación al 15% de CBCA cuando sin agente el suelo natural solo cuenta con 1.84% mientras con el impacto de la CBCA llega a 22.40%, es claro la influencia de la CBCA en este tipo de suelo. Ahora en la tesis 2 con la calicata C-1 se hizo no solo con una dosificación sino con 3 pero nos enfocaremos en la misma dosis de 15%.

Tabla 14: CBR de la muestra de suelo natural y con 15% de CBCA en C-1

Dosis %	CBR en el suelo natural y compuesto
0	3.70
15	6.20

Fuente: Landa y Torres (2019)

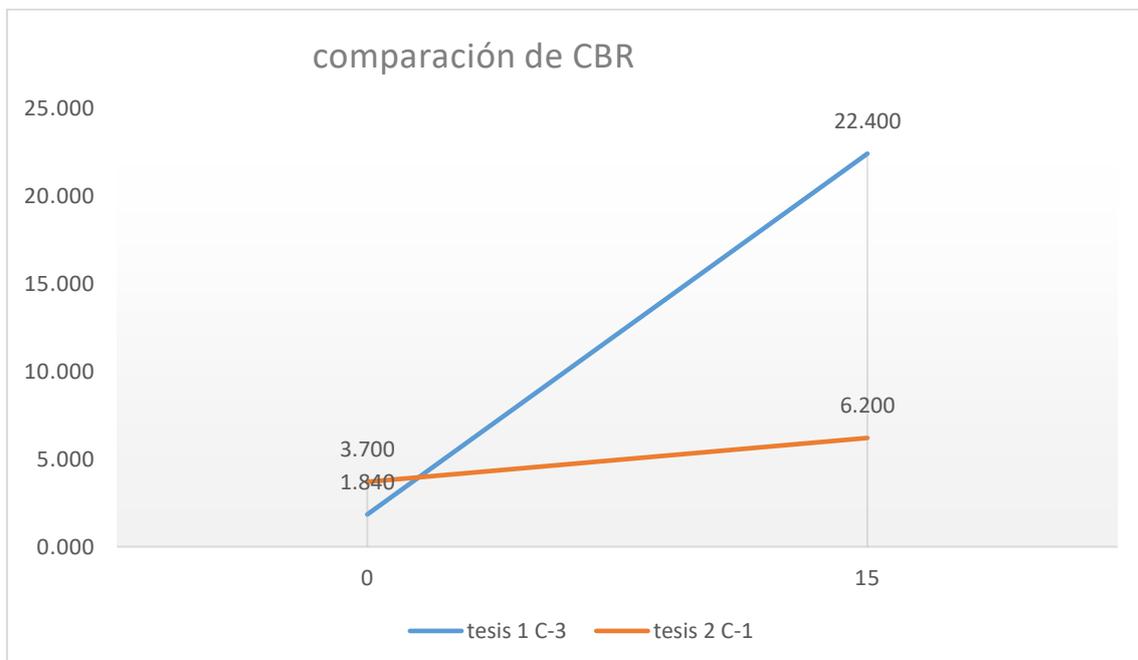
Gráfico 10: CBR de la muestra de suelo natural y con 15% de CBCA en C-1



Fuente: elaboración propia

A comparación de la C-3, la C-1 a pesar que cuenta con un impacto positivo, no tiene una cifra tan elevada, llega a 6.20% con el 15% de la dosis que se empleó en la tesis 2, cabe recalcar que la muestra natural si es más elevada en comparación a la c-1 con una cifra de 3.70%.

Gráfico 11: Comparación de CBR entre las calicatas C-3 y C-1



Fuente: elaboración propia

En la figura 38 se puede apreciar la gran diferencia con la que cuenta la tesis 1 con su calicata c-3 variando desde la muestra patrón sin la CBCA de 1.840% hasta 22.400% con la adición de la CBCA con un impacto muy positivo, por otro lado la tesis 2 con su calicata c-2 aunque también es positivo no se ve una cantidad tan significativa, ya que esta va desde 3.700% sin la adición de la CBCA hasta 6.200% hasta la adición de la CBCA.

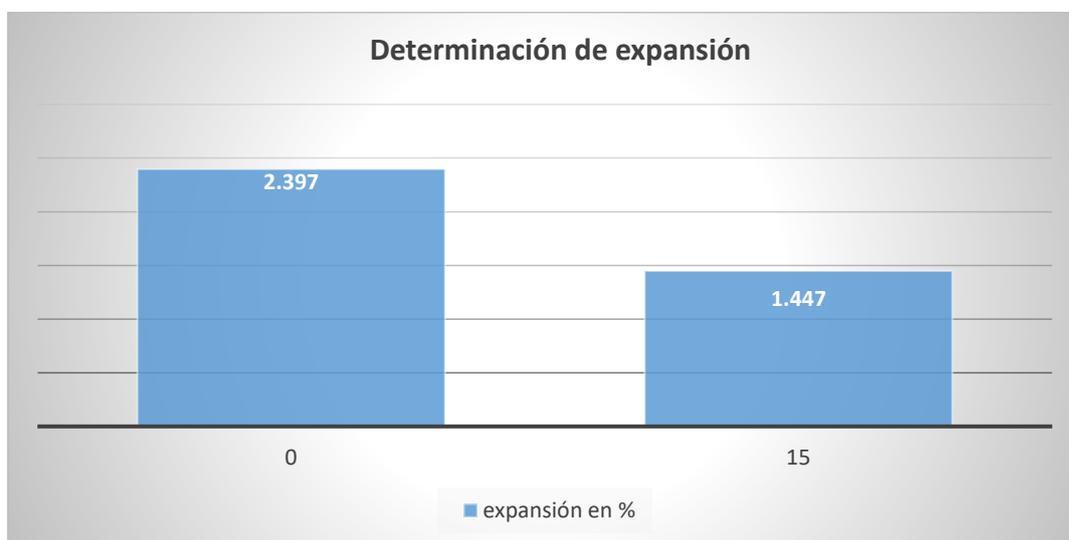
Determinación de expansión Es la variable del suelo natural y ante las combinaciones o dosis planteadas por su porcentaje que fueron tomadas en el ensayo de CBR del suelo, tenemos que:

Tabla 15: Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA en C-3

Dosis %	expansión en %
0	2.397
15	1.447

Fuente: Terrones (2018)

Gráfico 12: Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA en C-3



Fuente: elaboración propia

Para la calicata C-3 se puede observar que la expansión del terreno natural cuenta con un porcentaje de 2.397% y agregando la dosis de 15% respecto al

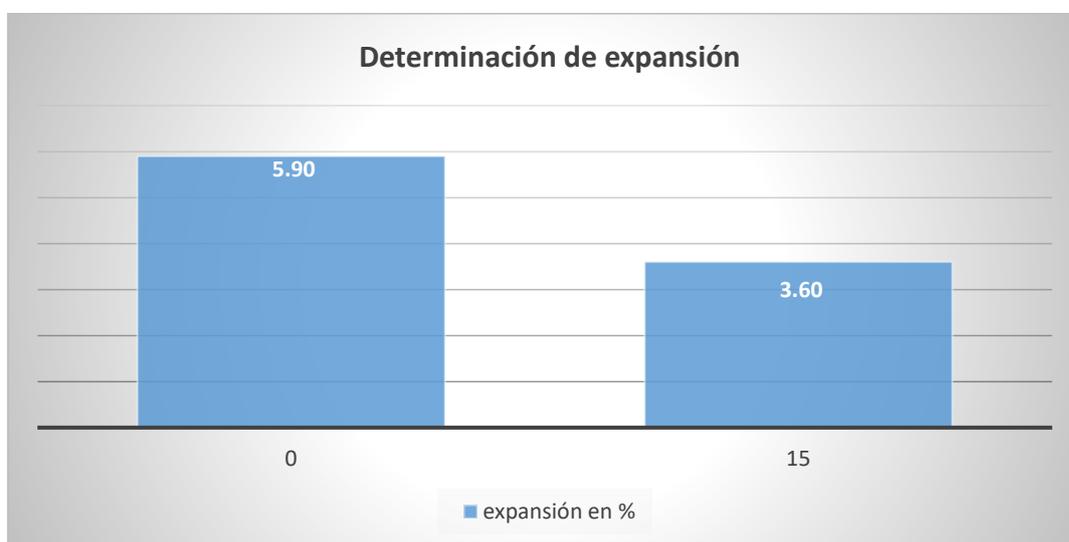
peso de este, se reduce la expansión a un porcentaje de 1.447% lo cual es positivo.

Tabla 16: Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA en C-1

Dosis %	expansión en %
0	5.90
15	3.60

Fuente: Landa y Torres (2019)

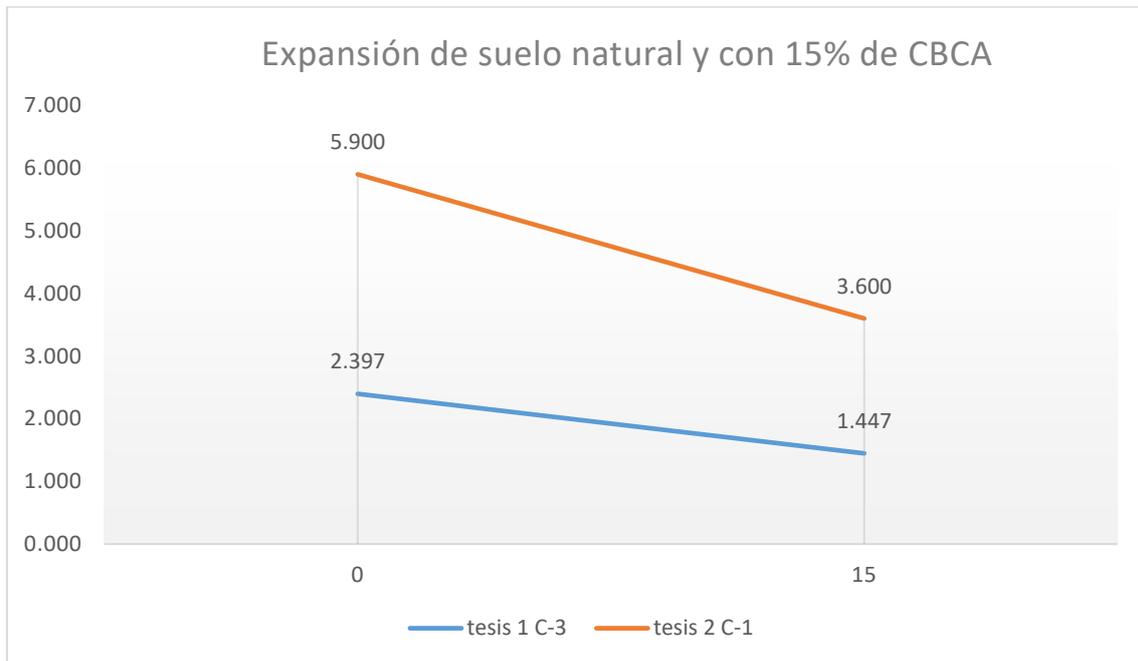
Gráfico 13: Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA en C-1



Fuente: elaboración propia

Para la calicata C-1 se puede observar que la expansión del terreno natural cuenta con un porcentaje de 5.90% y agregando la dosis de 15% respecto al peso de este, se reduce la expansión a un porcentaje de 3.60% lo cual es positivo.

Gráfico 14: Comparación de la Expansión de suelo natural y con 15% de CBCA



Fuente: elaboración propia

En la gráfico 14 se puede apreciar como las dos calicatas cuentan con una reducción de su expansión al impacto de la dosis del 15% de CBCA inclusive se puede ver la línea de reducción casi paralela entre ambos estudios realizados ya que no cambia mucho, por ejemplo se puede apreciar que la C-3 de su expansión al suelo natural de 2.397% y agregando la CBCA se reduce a 1.447, pese a que el tipo del suelo que se trata y el agente estabilizante es el mismo, en la C-1 ejemplo se puede apreciar que la C-3 de su expansión al suelo natural de 5.900% y agregando la CBCA se reduce a 3.600 aunque se puede ver una ligera mayor reducción en la calicata c-1 que baja 2.3% menos al agregar la CBCA en relación al suelo . esto quiere decir que la CBCA es altamente favorable para suelos expansivos o que tiendan a expandirse ya que los reduce a un porcentaje mínimo.

V. DISCUSIÓN

Según Espinoza y Velásquez (2018), en su tesis de investigación determinó en el ensayo de máxima densidad seca en terreno natural un total de 1.656 g/cm³ y 6.382% de óptimo contenido de humedad, luego con una dosificación de 20% de cenizas de bagazo de caña de azúcar obtiene un 1.859 (g/cm³) de **MDS** y 9.567 % de **OCH**, es claro que el impacto de la CBCA incrementa la densidad seca y óptimo contenido de humedad para la subrasante.

Neyra (2020), en su tesis uso 3 dosificaciones de caña de azúcar respecto al suelo, 5%, 10% y 15% en su terreno natural para DMS tuvo la cifra de 1.88 (g/cm³) y para OCH el porcentaje fue de 11% obteniendo mejoras significativas con la dosis de porcentaje de 15% disminuyendo su MDS a 1.24 y aumentando su OCH a 24.5 con este suelo de tipo areno-limoso en Piura.

Velazques (2018) en su estudio contando con dosis de cemento en 1%, 3% y 5% la densidad seca máxima del suelo analizado que analiza este tesista incrementa con porcentaje de cemento, de 1.615 gr/cm³ para el suelo existente, a 1.735 gr/cm³ con la adición de 5% de cemento en relación al peso del suelo, pero este aumento es mínimo, también el contenido de humedad óptimo, disminuyendo su valor con un mayor porcentaje de 18.90% para el suelo existente a 16.40% con la adición de 5% del aditivo. Aunque no es su mayor dosificación tomamos esta ya que es un material de un costo elevado.³⁶

Estos resultados pueden parecerse a los de los otros materiales que son más orgánicos, pero tiene que tenerse en cuenta que el precio no será el mismo, por eso el tesista trata de minimizar la cantidad de dosis que desarrolla en sus ensayos.

Con respecto a la Tesis 1 de Terrones que en su calicata C-3 el DMS del suelo natural es de 1.94 (g/cm³) y 12.6% de OCH que agregando tan solo el 15% de CBCA vemos un incremento de su densidad y su contenido de humedad que

³⁶ (Espinoza y Velásquez, 2018, pág. 86)

llega a mejorar 2.088 (g/cm³) y 15.7% donde se encuentra una mejora también. En la tesis 2 de Torres y Landa donde su calicata C-1 se encuentre con la DMS de 1.34 (g/cm³) y 21% de OCH y agregando el 15% de ceniza de caña de azúcar llega a mejorar con 1.681 (g/cm³) y 17.3% respectivamente, comparando se aprecia una similitud común la cual es que con la adición de CBCA llegan a mejorar cada muestra en sus respectivas dosificaciones para mejorar la subrasante. Se concuerda con Neyra ya que en su estudio cuenta con números altamente parecidos pese a que cuenta con un suelo areno-limoso y no limo-arcilloso como las tesis iniciales que se compararon en el aspecto de la MDS y el OCH.

Según Espinoza y Velásquez (2018), en su tesis su calicata C-01 cuenta con un porcentaje de resistencia inicial de 4.81% la cual aumenta si agregamos una dosificación de 20% a 15.18% de resistencia a la subrasante, recalando que esto se hizo al 95% de la MDS con el **CBR** de 1" de penetración.

Neyra (2020), en su tesis se comparan los valores de CBR con ceniza y con el valor de CBR del suelo natural se desarrolló con la MSD al 100%, pero es importante recalcar sus números ya que se puede notar que cuando se adiciona 15% del aditivo, el valor de CBR es menor que el del suelo natural, siendo en la condición saturada un 35.82% menos. Esto sucede ya que está ligada de manera directa a la MDS. La adición de ceniza de caña de azúcar disminuye la densidad del suelo gracias a la baja densidad de las partículas de ceniza y, al haber un mayor volumen de ceniza, se requerirá una mayor cantidad de cemento para cementar tanto las partículas de arena como las de ceniza.³⁷ Con este método sin sumergir los moldes de CBR obtuvo su suelo natural un porcentaje de 71% y adicionando el 15% nos muestra una disminución en este con el valor de 49%.

Velásquez en su tesis contando con tres dosificaciones de 1%, 3% y 5% dado a que solo se tomara en cuenta con la adición de 5% ya que es la mayor en este estudio donde se tiene como aditivo el cemento, se obtuvo un índice CBR de

³⁷ (Neyra, 2020, pág. 34)

13.75% al 95% DSM, lográndose una subrasante buena ($10\% \leq \text{CBR} < 20\%$).³⁸ Recordando que el cemento cuenta con un precio superior a los elementos anteriormente analizados, aun así, no se acerca tanto como a la CBCA.

Con respecto a la tesis 1 cuenta con una resistencia inicial de 1.84% la cual aumenta al momento de agregarle el aditivo de CBCA al 15% aumenta en un 22.40% esto quiere decir que es parecido con la tesis discutida ya que aumenta progresivamente. Con respecto a la tesis 2 cuenta con una resistencia inicial de 3.70% la cual aumenta al momento de agregarle el aditivo de CBCA al 15% aumenta en un 6.20% esto quiere decir que es parecido con la tesis discutida ya que también aumenta al igual que las demás tesis con las que estamos discutiendo. Según el MTC en el 2013 los suelos la subrasante con la profundidad no mayor a 0.60 m, tienen que ser suelos estables el rango es con un valor de CBR mayor o igual a 6%. El estudio es positivo ya que los resultados pasan el rango establecido.

Se concuerda con Espinoza y Velásquez ya que hizo su ensayo al 95% de la MDS con el CBR de 1" de penetración y cuenta con un crecimiento tal y como lo hicieron nuestros tesisistas en la comparación al inicio, teniendo en independencia un suelo arcilloso.

Espinoza y Velásquez (2018), en su tesis de investigación en la muestra patrón su **expansión** es de 1.47% con adición de CBCA al 20% la expansión tiene el valor mínimo de 0.24% con esto se convierte en un buen aditivo para suelos expansivos.

Espinoza y Velásquez (2018), en su tesis su expansión promedio que se presentó durante el periodo de saturación ya conocido de 96 horas de 5 lecturas cada 24 horas, el cual se da debido al agua absorbida por los mismos. La expansión baja de manera significativa con la adición de del aditivo.³⁹ Lo que el tesisista esperaba era que disminuyera este parámetro con una adición de 8% de

³⁸ (Espinoza y Velásquez, 2018, pág. 83)

³⁹ (Espinoza y Velásquez, 2018, pág. 86)

cemento lo cual lo hace mucho más caro que un material como era una de las puzolanas de las que se trató anteriormente.

Con respecto a la tesis 1 de la calicata C-3 de Terrones en su muestra patrón la expansión es de 2.397% y con adición de CBCA al 15% se muestra una disminución de 1.447%, es un aditivo para suelos expansivos y cuenta con una cifra de similar dosificación sobre la disminución sobre suelos expansivos. La tesis 2 de la calicata C-1 se aprecia que su muestra patrón es de 5.90% y es capaz de reducirla adicionando 15% de cenizas de caña de azúcar al porcentaje de 3.60% esto hace que este aditivo sea considerado también para esta clase de suelos al igual de las tesis con la que se está discutiendo.

Se concuerda con los tesisistas Espinoza y Velásquez ya que la adición en su muestra de suelo natural pudo disminuir su suelo expansivo al mínimo (0.24%) lo cual hace a este material altamente positivo para suelos expansivos o que tiendan a un hinchamiento por disminuir este porcentaje casi a la perfección o acercarse al cero absoluto.

VI. CONCLUSIONES

La ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) influye en el mejoramiento de la subrasante de un suelo limo-arcilloso (calcificados desde CL a ML).

La CBCA influye en el aumento de la densidad máxima seca en la subrasante de suelos arcillosos, obteniendo un mejor resultado con la primera tesis adicionando el 15% de CBCA en 2.088 (g/cm³). En cuanto al óptimo contenido de humedad con la misma dosificación va hasta 15.7%.

El ensayo de CBR nos da resultados favorables para medir la resistencia con la CBCA, estas generaron un aumento progresivo favorable en especial con la tesis uno que con la dosificación de 15% tuvo una cifra de 22.40%, sin duda alguna muy favorable.

La CBCA influye en la disminución de la expansión de suelos arcillosos con sus diferentes porcentajes de dosificación, sin embargo, la tesis dos con la calicata C-1 conto con una disminución en 2.30% favorable.

VII. RECOMENDACIONES

No existen muchos estudios de mejoramiento de subrasante con elementos puzolánicos, se recomienda revisar más estudios de este tipo y aun mejor generar mas conocimientos sobre este elemento que mejora las propiedades del suelo con más ensayos.

Es recomendable verificar si la zona de estudio puede ser abastecido con el material que se quiera investigar para que no se vea perjudicada económicamente el estudio o la ejecución que se quiera realizar.

Si el lugar de estudio es muy extenso se recomienda hacer los ensayos con muestras de mas de una calicata para datos mas exactos en los resultados.

Si se planeara realizar otro estudio con material puzolánico para mejoramiento de subrasante, se recomienda que sea un material que tenga un uso mínimo y no tan indispensable para agregarle un nuevo valor, en este caso para la ingeniería.

REFERENCIAS

ACOSTA Rosa. El cultivo del maíz, su origen y clasificación. Artículo científico. Cuba: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2009, 119pp

ALTAMIRANO Navarro, Genaro y Díaz Sandino, Axell. Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas. Tesis (título profesional de ingeniera civil). Managua- Nicaragua: Universidad Nacional Autónoma De Nicaragua, facultad de ingeniería civil, 2015, 89pp.

ARAUJO William, Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura. Tesis (título profesional de ingeniera civil). Piura- Perú: Universidad de Piura, facultad de ingeniería civil, 2014, 5pp.

AUSTRIAS miguel. Maíz de alimento sagrado a negocio del hambre. Artículo científico. Ecuador: HIVO, 2004, 17pp.

BARRERA Consuelo. 2010. Artesanías de tusa. Artículo científico. Guatemala, obtenido 10, 2019, de <https://cadprebasicahn.files.wordpress.com/2010/07/artesantias-de-tusa.pdf>, 1pp.

BOTIA Wilmar, Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo. Trabajo de grado. (título profesional de ingeniera civil mención estructuras). Universidad militar nueva granada facultad ingeniería programa ingeniería civil Bogotá D.C. 2015, 133pp.

BOWLES Joseph, Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. engineering properties of soils ano their measurements copyright © 1978, by mcgraw-hill book co., U.S.A. 191pp.

BUITRON Shirley, ENRIQUEZ Alexis. Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabi con ceniza de volcán de Tungurahua. Tesis (título profesional de ingeniera civil mención estructuras). Quito-Ecuador: Escuela politécnica nacional, Facultad de ingeniería civil y ambiental, 2018, 59pp.

CAAMAÑO Iván. Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente. Tesis (título profesional de ingeniera civil). Bogota-D.C.: Universidad militar nueva granada, facultad de ingeniería civil, 2016, 18pp.

CHICAIZA Verónica. Análisis comparativo de la resistencia a compresión entre bloques tradicionales y bloques elaborados con poliestireno expandido granular y bloques elaborados con tusa de maíz triturado como sustituto parcial del agregado grueso. Tesis (título profesional de ingeniera civil). Ambato-Ecuador: Universidad técnica de Ambato, facultad de ingeniería civil y mecánica, 2017, 27pp.

ESPINOZA, Alexis y Velásquez, Jhonatan. Estabilización De Suelos Arcillosos Adicionando Ceniza De Caña De Azúcar En El Tramo De Pinar-Marian, Distrito De Independencia 2018. Tesis (título profesional de ingeniera civil). Huaraz - Peru: Universidad Cesar Vallejo, facultad de ingeniería, 2018.

ESPINOZA Rafael, Torres Gabriela. Determinación de las características energéticas de la tusa de maíz con variación del contenido de humedad, densidad y relación aire-combustible. Tesis (título profesional de ingeniera civil). Pichincha- ecuador: 2013, 13pp.

GARCÍA Anabelen. Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 mollepampa de cajamarca, 2015. Tesis (título profesional de ingeniera civil). Cajamarca-Perú: 2015, 21pp.

GG-17 ensayo de compactación Proctor modificado grupo de geotecnia, articulo científico, facultad de minas. 5pp

HIGUERA Carlos, Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del de flectómetro de impacto. Artículo científico. Colombia: Revista Facultad de Ingeniería, UPTC, 2010, 89pp.

Instituto tecnológico de costa rica, Estudio exploratorio del efecto de la saturación en el ensayo de California Bearing Ratio (CBR) de campo y laboratorio en el diseño de estructura de pavimento, artículo científico, 40pp

LANDA Jacques y Torres Sergio, Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal. Trabajo de investigación (grado de bachiller en Ingeniería Civil). Lima-Perú: Universidad peruana de ciencias aplicadas, facultad de ingeniería, 2019.

MANUAL de estabilización de suelo tratado con cal. Estabilización y modificación con cal. Publicación de la Nacional Lime Association. EE.UU. 2004, 7pp.

MINISTERIO de agricultura y riego. Encuesta Nacional de Intenciones de Siembra 2018. Artículo estadístico. Lima- Perú, 2018, 19pp.

MINISTERIO de agricultura y riego. Producción de Caña de azúcar en el Perú, Perspectivas. Artículo científico. Lima, 2017, 5pp.

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

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). MTC: Manual de carreteras, especificaciones técnicas generales para la construcción. Lima, 2013. 1282pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú).NP, R.D. N°10-MTC/14: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos-Sección suelos y pavimentos. Lima, 2014. 302pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos- Sección suelos y pavimentos. Lima, 2013. 23pp.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. manual de ensayo de materiales, Lima 2016. 249pp

MOHAMMADI, Iman. Investigation on the Use of Crumb Rubber Concrete (CRC) for Rigid Pavements. Thesis (Master of Engineering). Australia: University of Technology Sydney, Centre for Built Infrastructure Research, 2014, 149pp.

MOHAMMED Abdulsattar, Zaid. Soil stabilization with rice husk ash and cement. Thesis (Bachelor of civil engineering). Malaysia: Infrastructure University of Kuala Lumpur, Faculty Of Engineering, 2016, 65pp.

ONUR Tastan, Erdem. Stabilization of organic soils using fly ash. Thesis (Master of Science). U.S.A.: University of Wisconsin, Faculty of Engineering and Environmental, 2005, 117pp.

PATIÑO Juan. Estabilización del suelo mediante adiciones de caucho reciclado. Tesis (título profesional de ingeniera civil). Guayaquil-Ecuador: Universidad católica de Santiago de Guayaquil, facultad de ingeniería, 2017, 15pp.

PELAEZ, Gabriel; velasquez, sandra y giraldo, Diego. Aplicaciones de caucho reciclado: una revisión de la literatura. Ciencia e Ingeniería Neogranadina. [en línea]. 2017, vol.27, n.2, pp.27-50. <http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2143>.

PEREZ Collantes, Carolina. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería ,2014. 151pp.

PINO, Raúl. Metodología de la Investigación: Elaboración de diseños para contrastar hipótesis. 2.a ed. Lima: San Marcos, 2018. 233pp.

READE. 2017 Specialty chemicals resource. Estados Unidos, artículo científico obtenido el 10 de <https://www.reade.com/news/2018-year-in-review>. 34pp

RONDON, Hugo, Reyes, Fredy. Pavimentos Materiales, construcción y diseño. Colombia. Editorial Ecoe, 2015. 605 pp. ISBN: 9789587711769

RUANO, López Denis. Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 158pp.

SALAS Solorzano, Elmer y Pinedo Infantez, Adrián. Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de subrasante para pavimentos flexibles en el Asentamiento Humano los Conquistadores Nuevo Chimbote-2018. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018, 132pp.

SÁNCHEZ Albán María. Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del cantón Tosagua Provincia de Manabí. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Quito: Pontificia universidad católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2014, 416pp.

SEVILLA, Ricardo, El cultivo del maíz en el Perú, artículo científico, STC-CGIAR, 2008, 2pp.

TERRONES Andrea, estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo - 2018. Tesis (título profesional de Ingeniería Civil). Trujillo - Perú: Universidad peruana de ciencias aplicadas, facultad de ingeniería, 2018.

VALDERRAMA Mendoza, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación. Lima: San Marcos, 2013. 495pp. ISBN: 9786123028787

VENTURA Martel, Cairo y ALARCÓN Mestanza, Adilio. Suelos arcillosos mejorados con Cemento y Aditivo Con-Aid, para la estabilización de la subrasante, camino vecinal Ruta PA-701, Pasco, 2018. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018, 154pp.

VERGARA segundo, informe maíz amarillo duro en la libertad 2017-2018, informe estadístico, Portal Agrario La Libertad, Trujillo 2018.

ANEXOS

Matriz de consistencia

Título: Mejoramiento de subrasante adicionando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Trujillo 2019
 Autor: HECTOR ALONZO IPINCE CUEVAS

Problema		Objetivos		Hipótesis		Variables e indicadores			Tipo y diseño de Investigación																				
¿Cómo la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en el mejoramiento de la subrasante?		Explicar cómo la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en el mejoramiento de la subrasante.		La ceniza de bagazo de caña de azúcar es influyente en el mejoramiento de la subrasante.		<p style="text-align: center;">VARIABLE 1: ceniza de tusa de maíz</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">DIMENSIONES</th> <th style="width: 33%;">INDICADORES</th> <th style="width: 33%;">INSTRUMENTOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ceniza de bagazo de caña de azúcar</td> <td>5%, 10%, 15%</td> <td rowspan="2">Balanzas calibradas</td> </tr> <tr> <td>cenizas de bagazo de caña de azúcar</td> <td>5%, 15%, 25%</td> </tr> </tbody> </table>			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ceniza de bagazo de caña de azúcar	5%, 10%, 15%	Balanzas calibradas	cenizas de bagazo de caña de azúcar	5%, 15%, 25%	<p style="text-align: center;">VARIABLE 2: mejoramiento de subrasante</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">DIMENSIONES</th> <th style="width: 33%;">INDICADORES</th> <th style="width: 33%;">INSTRUMENTOS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Óptimo contenido de humedad y densidad seca</td> <td>Proctor</td> <td rowspan="2">Moldes, tamices, recipientes, balanzas, etc.</td> </tr> <tr> <td>resistencia</td> <td>CBR</td> </tr> <tr> <td>Expansión</td> <td>CBR</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	Óptimo contenido de humedad y densidad seca	Proctor	Moldes, tamices, recipientes, balanzas, etc.	resistencia	CBR	Expansión	CBR		<p>Tipo: Aplicativa</p> <p>Nivel: correlacional causal</p> <p>Diseño: No experimental-transversal</p> <p>Población: Todos los ensayos para mecánica de suelos</p> <p>Muestra: Ensayos de mecánica de suelos que se aplican para mejoramiento de subrasante</p> <p>Técnica: Análisis documental</p> <p>Instrumento: formato de ensayos realizados</p>
DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS																											
ceniza de bagazo de caña de azúcar	5%, 10%, 15%	Balanzas calibradas																											
cenizas de bagazo de caña de azúcar	5%, 15%, 25%																												
DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS																											
Óptimo contenido de humedad y densidad seca	Proctor	Moldes, tamices, recipientes, balanzas, etc.																											
resistencia	CBR																												
Expansión	CBR																												
<p>Específicos</p> <p>- ¿Qué dosificación de la ceniza de bagazo de caña influye en el óptimo contenido de humedad y densidad seca de la subrasante?</p> <p>- ¿Cómo la ceniza de bagazo de caña influye en la resistencia de la subrasante?</p> <p>- ¿Cómo la ceniza de bagazo de caña influye en la expansión de la subrasante?</p>		<p>Específicos</p> <p>- Determinar que la dosificación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en el óptimo contenido de humedad y densidad seca de la subrasante.</p> <p>- Determinar que la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia de la subrasante.</p> <p>- Determinar que la ceniza de bagazo de caña influye en la expansión de la subrasante.</p>		<p>Específicos</p> <p>- La dosificación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la resistencia de la subrasante.</p> <p>- La ceniza de bagazo de caña de azúcar influye en la expansión de la subrasante.</p>																									

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN					
variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
ceniza de tusa de maíz	la estructura de la tusa de maíz según Chicaiza: "Tiene una forma alargada tubular, está conformada por tres capas, el núcleo o médula es esponjosa y blanda, luego está el anillo con tejidos leñosos y por último la superficie exterior paja leñosa." (2017, p,28.).	Para analizar la dosificación de la ceniza de tusa que se utilizará, será respecto del peso del suelo en la zona.	ceniza de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo	5%, 10%, 15%	Por Razón
			cenizas de bagazo de caña de azúcar para el mejoramiento de subrasante Carretera Casma -Tingo María km 392 + 300	5%,15%, 25%	
subrasante	En Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" Sección: Suelos y Pavimentos: "La subrasante es donde se construye la estructura de un pavimento el cual solo se puede realizar en un terreno natural allanado para que descansa la estructura del pavimento, este tendrá las características aceptables compactada y analizada para su resistencia, en pocas palabras estable y en optimo estado de tal manera que no se vea afectada por las cargas de un futuro transito estudiado" (2013. P.23).	La subrasante se analizará en base de su granulometría, limites, OCH y MDS, su resistencia y la expansión.	Proctor	Optimo Contenido de Humedad	Por Razón
			Proctor	Máxima densidad seca	
			CBR	Expansión	
			CBR	Resistencia	

Instrumento de recolección de datos

Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo

Granulometría	
calicatas	% que pasa por el tamiz N°200
tesis 2 C-1	
tesis 1 C-3	

Límites de Atterberg			
calicatas	Limite Líquido	Limite Plástico	Índice de Plasticidad
tesis 2 C-1			
tesis 1 C-3			

Máxima Densidad del suelo natural y compuesto seco		
dosis %	tesis 1 C-3	tesis 2 C-1
0		
5		
10		
15		
25		

Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto		
dosis %	tesis 1 C-3	tesis 2 C-1
0		
5		
10		
15		
25		

CBR		
dosis %	tesis 1 C-3	tesis 2 C-1
0		
15		

Expansión		
dosis %	tesis 1 C-3	tesis 2 C-1
0		
15		

DATOS DEL ESPECIALISTA:		Firma y Sello
APELLIDOS Y NOMBRES: Huertas Martell José Antonio ESPECIALIDAD: Geotecnia C.I.P. N°: 148106		 José Antonio Huertas Martell INGENIERO CIVIL. CIP 148106

Instrumento de recolección de datos

Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo

Granulometría	
calicatas	% que pasa por el tamiz N°200
tesis 2 C-1	
tesis 1 C-3	

Límites de Atterberg			
calicatas	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
tesis 2 C-1			
tesis 1 C-3			

Máxima Densidad del suelo natural y compuesto seco		
dosis %	tesis 1 C-3	tesis 2 C-1
0		
5		
10		
15		
25		

Óptimo de Humedad del suelo natural y compuesto		
dosis %	tesis 1 C-3	tesis 2 C-1
0		
5		
10		
15		
25		

CBR		
dosis %	tesis 1 C-3	tesis 2 C-1
0		
15		

Expansión		
dosis %	tesis 1 C-3	tesis 2 C-1
0		
15		

DATOS DEL ESPECIALISTA:	
APELLIDOS Y NOMBRES: REYES CORDERO FRANCISCO JOSE ESPECIALIDAD: INGENIERIA CIVIL C.I.P. N°: 95726	Firma y Sello ESTREMADOYROS FASESOLICITANTES S.A.  INC. FRANCISCO REYES CORDERO INGENIERO DE CAMPO


FRANCISCO JOSE RICARDO REYES CORDERO
INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 95726

revisión de instrumentos de recolección de datos DPI ▶ Recibidos X



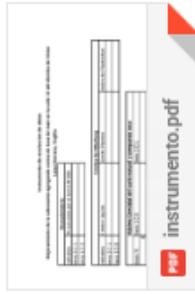
Alonzo Ipince <alonzoipince@gmail.com>
para jibenites8411 ▼

27 jun. 2020 20:20 (hace 18 horas)



Buenas noches estimado Ing. benites, se dirige a utd el estudiante del X ciclo de ing. civil de la Universidad Cesar Vallejo Hector Alonzo Ipince Cuevas, con la petición de que se pueda validar el instrumento de recolección de datos de la tesis: " Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo-2019" por utd, de antemano se lo agradezco.

cordiales saludos.



JOSE LUIS

para mí ▼

27 jun. 2020 21:26 (hace 17 horas)



Estimado (a). Hector Alonzo Ipince Cuevas

Habiendo revisado tus instrumentos para a recolección de datos, de tu DPI titulado "Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Víctor Larco Herrera, Trujillo-2019", doy por **VALIDADO** para que pueda aplicar en su desarrollo de tesis.

Atte. Mg. Jose Luis Benites Zuñiga
Ingeniero Civil
CIP 126769

CERTIFICADO
DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Wesley John Leonardo Carrasco, hace constar por medio de la presente que el Srta. Andrea Thatiana Terrones Cruz, identificada con D.N.I N° 70251014, ha realizado ensayos de granulometría, límites de consistencia, gravedad específica, contenido de humedad, próctor modificado, CBR y compresión inconfiada, en las instalaciones del **Laboratorio de Suelos** de esta universidad, requeridos para la tesis **"Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo 2018"**; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 21 de noviembre del 2018



Wesley J. Leonardo Carrasco
Supervisor de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 171 - 2018**Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	18375	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
3. Dirección	Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra, El Cortijo San Isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
4. Equipo	PRENSA CBR	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emita.
Capacidad	10000 lbf	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	FORNEY	
Modelo	LA-3629	
Número de Serie	2651	
Clase	NO INDICA	
Procedencia	U.S.A.	
Identificación	1-014926 (*)	
Indicador	DIGITAL	
Marca	FORNEY	
Modelo	LA-0498-27	
Número de Serie	1206	
División de Escala / Resolución	0,01 kgf	
5. Fecha de Calibración	2018-07-02	

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrología
2018-07-05	

Sello



Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz P1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0542
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 171 - 2018**

Página 1 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al LEDI-PUCP tomado como referencia en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS.

UPNCCASERI - Calle 31 s/n del Caserío Mansiche - Trujillo - LA LIBERTAD.

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,4 °C
Humedad Relativa	68 % HR	68 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE 006-188/C

10. Observaciones

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- (*) Código indicado en una etiqueta adherido en el equipo.
- Celda de Carga: Marca: Diamond, Modelo: DS-10K, 0t-6B y Serie: 609735

**Metrología & Técnicas S.A.C.**

Av. San Diego de Alcalá N° 71 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ

Telf: (511) 540-0642

Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282

RPM: N 971439272 / 8942635342 / 971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com

ventas@metrologiatecnicas.com

WEB: www.metrologiatecnicas.com

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LF - 171 - 2018

Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 8

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo	Indicación de Fuerza (Ascenso)				
	F_0 (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{Promedio}$ (kgf)
10	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0
20	1000,0	1000,5	1000,0	1000,0	1000,2
30	1500,0	1501,0	1500,0	1500,0	1500,3
40	2000,0	2001,5	2000,5	2000,5	2000,8
50	2500,0	2501,5	2500,0	2500,0	2500,5
60	3000,0	3002,0	3000,5	3000,5	3001,0
70	3500,0	3502,0	3500,5	3501,0	3501,2
80	4000,0	4002,0	4001,0	4001,5	4001,5
90	4500,0	4503,0	4502,0	4502,0	4502,3
100	5000,0	5003,5	5002,5	5002,5	5002,8
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud a (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa σ (%)	
500	0,00	0,00	---	0,00	0,15
1000	-0,02	0,05	---	0,00	0,15
1500	-0,02	0,07	---	0,00	0,15
2000	-0,04	0,05	---	0,00	0,15
2500	-0,02	0,06	---	0,00	0,15
3000	-0,03	0,05	---	0,00	0,15
3500	-0,03	0,04	---	0,00	0,15
4000	-0,04	0,02	---	0,00	0,15
4500	-0,05	0,02	---	0,00	0,15
5000	-0,06	0,02	---	0,00	0,15

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (ϵ_0) 0,00 %

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá No. 11 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERU
Tel.: (511) 340-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: + 971439272 / 994263342 / 971439282



email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 166 - 2018***Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

- Página 1 de 3

1. Expediente	18375	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
2. Solicitante	UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.	
3. Dirección	Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra, El Cortijo San Isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.	
4. Equipo	PRENSA MULTIUSO	
Capacidad	10000 lbf	
Marca	FORNEY	
Modelo	LA-3626-22D	
Número de Serie	2636	
Procedencia	U.S.A.	
Ubicación	1-013541 (*)	
5. Indicador	ANALÓGICO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	SPI	
Número de Serie	P9102	
División de Escala / Resolución	0,0001 pulg.	
6. Fecha de Calibración	2018-06-27	

Fecha de Emisión

2018-07-03

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello



ALLAN C. QUISPE MORALES



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 166 - 2018***Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

7. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones de LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticas. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

8. Lugar de calibración

LABORATORIO DE SUELOS
UPNCCASERI - Calle 31 s/n del Caserio Mansiche - Trujillo - LA LIBERTAD.

9. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,3 °C	21,2 °C
Humedad Relativa	68 % HR	68 % HR

10. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,0 %	LEDI-PUCP INF-LE 006-18B/C

11. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de $\pm 2,0$ °C.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido al equipo.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 166 - 2018**Área de Metrología
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

12. Resultados de Medición

El equipo presenta ANILLO DE CARGA con las siguientes características:

Capacidad : 10000 lbf

Marca : FORNEY

Modelo : LA-D498-019

NF de Serie : 380

%	Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia				Error de Exactitud q (%)	Incertidumbre U (k=2) (%)
	Divisiones	F _i (kgf)	F _r (kgf)	F _s (kgf)	F _t (kgf)	F _e (kgf)		
10	100	470,7	466,6	465,9	465,2	1,0	0,6	
20	200	935,7	938,2	937,4	937,7	-0,2	0,6	
30	300	1398,5	1401,1	1400,8	1401,0	-0,2	0,6	
40	400	1859,1	1861,7	1861,0	1861,2	-0,1	0,6	
50	500	2317,7	2323,1	2322,8	2322,7	-0,2	0,6	
60	600	2774,1	2776,2	2775,4	2775,3	-0,1	0,6	
70	700	3228,5	3225,8	3224,9	3225,0	0,1	0,6	
80	800	3680,7	3676,4	3675,8	3675,7	0,1	0,6	
90	900	4130,7	4123,7	4122,9	4123,0	0,2	0,6	
100	1000	4578,7	4590,3	4588,8	4588,2	-0,2	0,6	

Con los resultados obtenidos se realizó la siguiente ecuación de ajuste:

Y = Fuerza (kgf)

X = Valores del Dial

$$Y = -0,000106x^2 + 4,681x + 3,697$$

**13. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Fin del Documento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	:	ANDREA TERRONES CRUZ
MUESTRA	:	Cenizas de Bagazo
FECHA DE INGRESO	:	03 DE JULIO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO		

REPORTE DE RESULTADOS

PARAMETROS	Unidades	MUESTRA
SiO ₂	%	50.6
Al ₂ O ₃	%	4.7
Fe ₂ O ₃	%	3.2

TRUJILLO 06 DE JULIO DEL 2018





UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
 NORMA ASTM D 422

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADOCCANDO CENIZAS DE BAGAJE DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO DE SUPERFICIES EN EL SECTOR BARRAJA, TRUJILLO 2028.
 SOLICITANTE: APORESA THALIANA TERESA CRUZ
 UBICACIÓN: DISTRITO DE SAN JOSÉ, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD
 MUESTRA: C-1
 PROGRESIVA: 0-022

Hora de inicio: 11:00 a.m. Masa del suelo: 80
 Cónicamente: 2 Densidad específica: 2.73
 Lectura en el Escudero: 5 Coeficiente "V": 0.981

Diámetro (mm)	A	H	(H/A)	V	V ²	N (L/100 ml)	PIB	L	S	F	W (%)
2	38	39	23	0.9	0.81	21.28	14.0	11.1	0.81388	0.94985	
7.5	27	28	24	0.9	0.81	15.80	12.0	13.3	0.81388	0.93121	
15	26	26	23	0.9	0.81	14.38	10.0	13.7	0.81388	0.92132	
30	13	14	23	0.9	0.81	13.32	8.0	14	0.81388	0.91344	
60	12	12	21	0.9	0.81	9.85	6.0	14.3	0.81388	0.90869	
100	9	10	23	0.9	0.81	6.96	4.0	14.7	0.81388	0.90388	
150	8	9	23	0.9	0.81	4.81	3.0	14.8	0.81388	0.90062	
250	7	8	23	0.9	0.81	3.28	2.0	15	0.81388	0.90012	
348	6	7	23	0.9	0.81	1.84	1.0	15.2	0.81388	0.90012	



Jorge Alberto Barrantes Virástevo
 Jorge Alberto Barrantes Virástevo
 ING. DE MATERIALES
 R. CIP. N° 197384



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D 422

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS ADICIONANDO CENIZAS DE BAGAJOS DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRAMANTE EN EL SECTOR BARRACA, TRUJILLO 2018.
SOLICITANTE: ANDRICA TRINIDAD TORRES CRUZ
UBICACIÓN: DISTRITO DE LARDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD
MUESTRA: C-2
PROGRESIVA: 0-7716

Horas de inicio: 10:02 a.m. Masa del vaso: 60
Código: 1 Gravedad específica: 2.72
Lecturas deflucante: 5 Coeficiente "K": 0.985

TIEMPO (min)	H	h	T (°C)	D ₁	D ₂	% QUE PASA	R ₁	L	K	D ₁₀ (mm)
1	17	15	22	0.8	6.8	18.89	12.0	13.1	0.0750	0.07512
2	36	17	22	0.8	6.8	18.05	11.0	13.5	0.0750	0.07507
5	34	15	22	0.8	6.8	14.77	9.0	13.8	0.0750	0.07546
25	24	14	22	0.8	6.8	13.13	8.0	14	0.0750	0.07546
60	22	13	22	0.6	6.6	11.49	7.0	14.3	0.0750	0.07600
150	21	12	22	0.6	6.6	9.85	6.0	14.3	0.0750	0.07611
300	20	11	22	0.6	6.6	8.21	5.0	14.5	0.0750	0.07649
500	9	10	22	0.6	6.6	6.56	4.0	14.7	0.0750	0.07711
1000	8	9	22	0.6	6.6	4.92	3.0	14.8	0.0750	0.07731



Jorge Alejandro
Jorge Alejandro Serrano Velásquez
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 187384



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DE HIDRÓMETRO
 NORMA ASTM D-422

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS APOYANDO CERVIDAS DE BASAZO DE CAÑA PARA EL MUJERAMIENTO DE SUPERFICIE EN EL SECTOR BARRAJA, TRUJILLO 2023.

SOlicitante: ANDREA THAYANA TOROVALS CRUZ

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

MUESTRA: C-1

PROBETA N°: 1-1248

Marca de hierro:	13-40 a.m.	Masa del suelo:	60
Origen (m):	1	Gravedad específica:	2.74
Antes de ser ensayado:	3	Coeficiente "a":	0.980

USMP (mm)	N°	h	t (s)	D ₁	D ₂	N-GUS P ₁₀₀	W _p	L	W	U	U ₁₀₀
1	16	17	21	0.3	0.3	31.24	13.2	13.3	0.0284	0.0118	
2	15	26	21	0.3	0.3	39.61	13.2	14.7	0.0284	0.0360	
5	13	34	21	0.3	0.3	38.34	20.9	34	0.0284	0.0249	
15	11	44	21	0.3	0.3	33.87	8.3	34.3	0.0284	0.0214	
30	10	51	21	0.3	0.3	31.94	7.3	34.5	0.0284	0.0383	
60	8	59	21	0.3	0.3	8.17	5.0	34.8	0.0284	0.0385	
120	7	68	21	0.3	0.3	6.50	4.0	35	0.0284	0.0464	
250	5	6	21	0.3	0.3	3.27	2.0	36.9	0.0284	0.0208	
500	4	5	21	0.3	0.3	1.88	1.0	38.5	0.0284	0.0431	



Jorge Alejandro Barrallos Villanueva
 ING. DE MATERIALES
 R. CIP. N° 197384



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
LABORATORIO DE CERAMICOS Y SUELOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR MEDIO DE HIDROMETRO
NORMA ASTM D-422

PROYECTO: ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS ADOPTANDO COMO DE BARRIO DE CAÑA PARA O, ALCORAMIENTO DE SARMASANTO EN EL MICHON BARRADA, TRUJILLO 2018.
 INGENIERO: ANDREA TRUJILLO TORRES ORTEGA
 UBICACION: DISTRITO DE LARGO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD
 MUESTRA: C-4
 PROGRESIVA: 2-4882

hora de inicio: 12:07 p.m. Masa del suelo: 60
 Diámetro (mm): L Gravedad específica: 2.78
 lectura en el hidrometro: 8 Coeficiente "a": 0.572

tiempo (min)	H	R	T (°C)	O ₁	O ₂	W QUE PERDA	W _p	L	S	D (mm)
1	34	35	22	0.9	6.9	47.00	29.8	30.5	0.01268	0.06126
2	33	34	22	0.9	6.9	46.86	28.2	30.7	0.01268	0.02933
5	28	29	22	0.9	6.9	47.88	23.8	31.5	0.01268	0.01933
10	22	23	22	0.9	6.9	47.56	21.0	32.8	0.01268	0.01136
30	18	19	22	0.9	6.9	47.27	18.0	33.2	0.01268	0.00841
60	17	18	22	0.9	6.9	46.45	12.0	33.2	0.01268	0.00587
120	14	15	22	0.9	6.9	46.48	8.0	33.8	0.01268	0.00430
240	11	11	22	0.9	6.9	46.26	7.0	34.2	0.01268	0.00320
1440	10	11	22	0.9	6.9	46.12	6.0	34.5	0.01268	0.00127



Jorge Alejandro Barrantes Torres
 ING. DE MATERIALES
 R. CIP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/alejandrobarrantes64@gmail.com



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DE HIDRÓMETRO
NORMA ASTM D 422

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS AÑADIENDO CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA PARA EL MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE EN EL SECTOR BARRUDA, PUNTO 2008

SOlicitante: ANORA THAYANA TORRES-ORC

UBICACIÓN: DISTRITO DE LAREDO, PROVINCIA DE TRUJILLO, DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

MUESTRA: C-5

PROGRESIVA: 34+200

Fecha de inicio: 13.10.2016
Mesa del suelo: 80
Dn(g/ml): 3
Gravedad específica: 2.76
Lectura en defloculante: 9
Coeficiente "K": 0.076

TIEMPO (min)	R	R'	T (°C)	C1	C2	% QUA. P&M	Wp	L	U	E	(mm)
1	34	34	22	0.0	0.0	40.07	28.0	66.7	0.00276	0.00174	
2	31	32	22	0.0	0.0	42.11	25.0	55.5	0.01276	0.00508	
3	30	30	22	0.0	0.0	40.08	22.0	55.2	0.03276	0.01892	
15	27	28	22	0.0	0.0	36.90	22.0	55.7	0.05276	0.03127	
30	26	28	22	0.0	0.0	30.53	22.0	52.2	0.07276	0.04844	
50	20	21	22	0.0	0.0	25.41	22.0	52.9	0.09276	0.07052	
120	17	17	22	0.0	0.0	22.76	18.0	48	0.11276	0.09430	
250	17	18	22	0.0	0.0	20.53	12.0	33.3	0.11276	0.09294	
3400	14	15	22	0.0	0.0	14.40	0.0	14.8	0.11276	0.06820	



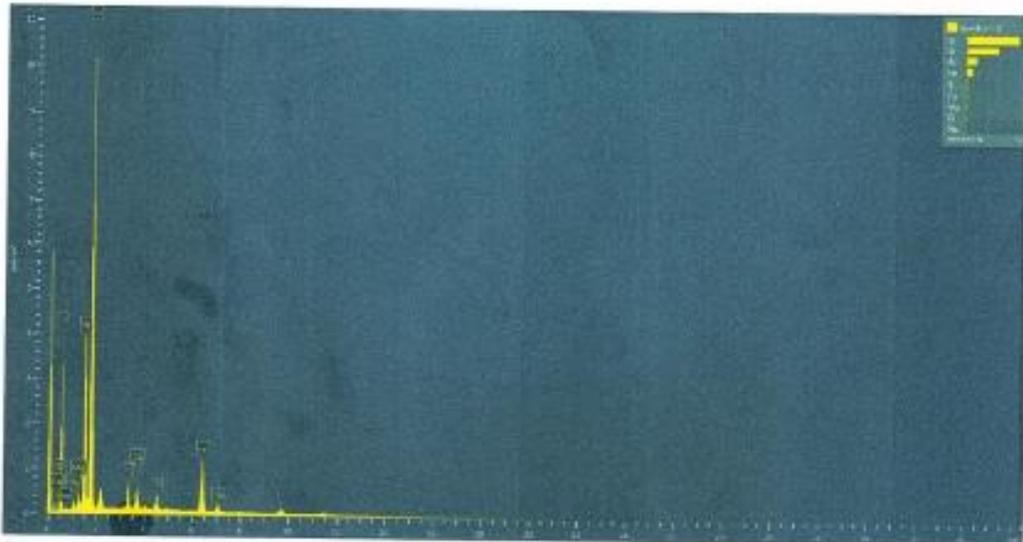
Jorge Alejandro Barrantes Velásquez
Jorge Alejandro Barrantes Velásquez
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 167384



ANALISIS DE EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSION DE ENERGIA DE RAYOS X)

SOLICITANTE: ANDREA TERRONES CRUZ
MUESTRA: SUELO ARCILLOSO + 15% CENIZA

Element	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Number of Ions
O				3.00
Na	Na ₂ O	1.29	0.12	0.04
Mg	MgO	2.11	0.12	0.05
Al	Al ₂ O ₃	19.61	0.21	0.39
Si	SiO ₂	62.45	0.32	1.06
K	K ₂ O	2.10	0.06	0.05
Ca	CaO	1.95	0.06	0.04
Ti	TiO ₂	1.97	0.08	0.03
Fe	FeO	8.52	0.12	0.12
Total		100.00		1.77 (Cation sum)



Jorge Alejandro Barrios Vilanova
ING. DE MATERIALES
R. CIP. N° 197384

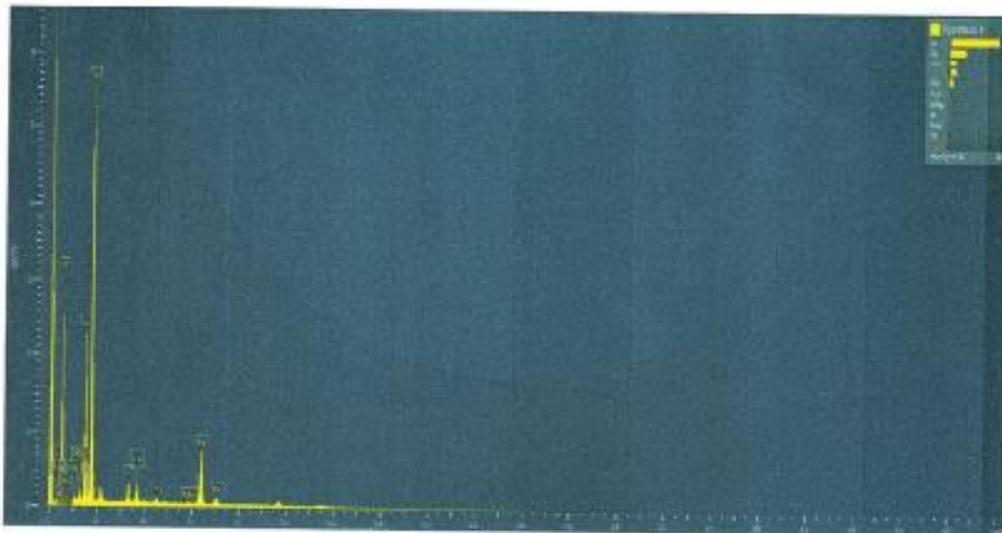


ANALISIS DE EDS (ESPECTROSCOPIA DE DISPERSION DE ENERGIA DE RAYOS X)

SOLICITANTE: ANDREA TERRONES CRUZ

MUESTRA: SUELO ARCILLOSO

Element	Oxide	Oxide %	Oxide % Sigma	Number of Ions
C	CO2	29.79	3.34	0.60
O				3.00
Na	Na2O	1.33	0.11	0.04
Mg	MgO	1.73	0.10	0.04
Al	Al2O3	15.70	0.24	0.27
Si	SiO2	40.34	0.80	0.60
K	K2O	1.25	0.04	0.02
Ca	CaO	1.80	0.06	0.03
Ti	TiO2	0.72	0.05	0.01
Mn	MnO	0.19	0.04	0.00
Fe	FeO	7.13	0.16	0.09
Total		100.00		1.69 (Cation sum)



Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
Jorge Alejandro Barrantes Villanueva
ING. DE MATERIALES
R. CP. N° 197384

Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria-Ing de Materiales- UNT/ jpbarrantes64@gmail.com