



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Estabilización de suelos con ceniza de bagazo de caña de  
azúcar en el distrito de Paiján - Ascope - La Libertad - 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTORES:**

Gutiérrez Montoya, Jesús Julinho (ORCID: 0000-0001-6069-8648)

Romero Costilla, Johan Andrés (ORCID: 0000-0001-5805-3998)

**ASESORES:**

Ing. Meza Rivas, Jorge Luis (ORCID: 000-0001-4258-4097)

Dr. Ing. Farfán Córdova, Marlon Gastón (ORCID: 0000-0001-9295-5557)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial.

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

## **Dedicatoria**

Este proyecto está dedicado a mis padres Jesús Gutiérrez Rodríguez y Rocío Montoya Marino por el apoyo incondicional tanto económico como moral y sus consejos que día a día me ayudaron a salir adelante y poder luchar por mis sueños, a mis hermanas, mis sobrinos, abuelitos y tíos por estar conmigo en las buenas, las malas y brindarme el apoyo moral día a día durante todo el transcurso de mi carrera universitaria, gracias por ayudarme a poder vencer todos los obstáculos y salir adelante para cumplir con esta meta trazada.

**Gutiérrez Montoya, Jesús Julinho**

Quiero dedicar esta investigación a mi Madre Nora Costilla Llanos por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; por su apoyo incondicional y su motivación constante a seguir luchando para alcanzar esta meta que me propuse, también a mi abuelo y tías, quienes me aconsejaron durante mi etapa universitaria y me aconsejaron para salir adelante, y finalmente a mi ángel guardián en el cielo, mi abuela, que me guía desde arriba para cumplir todas mis metas propuestas.

**Romero Costilla, Johan Andres**

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por brindarnos la salud y fortaleza de llegar hasta esta etapa de nuestras vidas, a nuestros padres y demás familiares por su apoyo constante y siempre estar con nosotros en las buenas y en las malas. Asimismo, agradecemos nuestros asesores, Dr. Ing. Farfán Córdova, Marlon y el Ing. Meza Rivas, Jorge, por el apoyo y confianza durante la realización de nuestro trabajo de investigación, por guiarnos en nuestras dificultades y por la confianza depositada en nosotros.

**Gutiérrez Montoya, Jesús Julinho**

**Romero Costilla, Johan Andres**

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas .....	v
índice de figuras.....	vi
Resumen .....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. MARCO TEÓRICO .....	13
III. METODOLOGÍA .....	19
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	19
3.2. Variables y operacionalización .....	20
3.3. Población, muestra, muestreo .....	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	21
3.5. Procedimientos.....	21
3.6. Método de análisis de datos.....	22
3.7. Aspectos éticos .....	23
IV. RESULTADOS.....	24
V. DISCUSIÓN.....	37
VI. CONCLUSIONES.....	40
VII. RECOMENDACIONES .....	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS .....	46

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Cantidad de calicatas con porcentaje de dosificación de CBCA.....	20
<b>Tabla 2.</b> <i>Análisis granulométrico C-1</i> .....	25
<b>Tabla 3.</b> <i>Análisis granulométrico C-2</i> .....	26
<b>Tabla 4.</b> <i>Análisis granulométrico C-3</i> .....	27
<b>Tabla 5.</b> <i>Límites de Atterberg C-1</i> .....	28
<b>Tabla 6.</b> <i>Límites de Atterberg C-3</i> .....	28
<b>Tabla 7.</b> <i>Contenido de humedad natural C-1</i> .....	29
<b>Tabla 8.</b> <i>Contenido de humedad natural C-2</i> .....	29
<b>Tabla 9.</b> <i>Contenido de humedad natural C-3</i> .....	30
<b>Tabla 10.</b> <i>Ensayo Proctor Modificado C-1</i> .....	31
<b>Tabla 11.</b> <i>Ensayo Proctor Modificado C-1</i> .....	31
<b>Tabla 12.</b> <i>Ensayo Proctor Modificado C-1</i> .....	32
<b>Tabla 13.</b> <i>Ensayo Proctor Modificado C-1 (15% Ceniza)</i> .....	32
<b>Tabla 14.</b> <i>Ensayo Proctor Modificado C-1 (20% Ceniza)</i> .....	33
<b>Tabla 15.</b> <i>Ensayo CBR C-1 (10% Ceniza)</i> .....	33
<b>Tabla 16.</b> <i>Ensayo CBR C-1 (15% Ceniza)</i> .....	34
<b>Tabla 17.</b> <i>Ensayo CBR C-1 (20% Ceniza)</i> .....	34
<b>Tabla 18.</b> <i>Porcentajes de CBR de muestra patrón y porcentajes de ceniza añadidos</i> .....	35

## índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Composición Química del CBCA.....	17
<b>Figura 2:</b> Plano de ubicación y localización de la zona .....	24
<b>Figura 3:</b> Gráfica de variación del porcentaje de CBR .....	35

## Resumen

Este trabajo de investigación, ha tenido una interrogante: ¿Determinar cuál es el efecto de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) en la estabilización de suelos? El diseño de la investigación fue experimental, de corte cuasi experimental. Se elaboró un plano de ubicación en el distrito de Paiján, provincia de Ascope, la cual tiene una extensión de 3 km, Se realizaron los ensayos correspondientes, donde las calicatas C-1 y C-3, según AASHTO, su clasificación es A-4 y según SUCS, es un tipo de suelo limoso (ML), la C-2, según AASHTO, su clasificación es A-3(0) y según SUCS, es un tipo de arena mal graduada (SP). El contenido de humedad fue de 5.39% y 3.02% para la calicata C-1 y C-2 respectivamente; la calicata C-3, con un 33.95%. Para los límites de Atterberg se obtuvo un límite líquido (LL) de 16.30% y 22.65%, en el límite plástico (LP) un 10.85% y 16.22% para C-1 y C-3 respectivamente, para las propiedades mecánicas sin añadir CBCA, se realizó el ensayo de Proctor modificado una MDS de 2.2 gr/cm<sup>3</sup> y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 6.68% y un CBR de diseño de 1.59% y para las propiedades mecánicas añadiendo 10%, 15%, 20% de CBCA se obtuvo una máxima densidad seca (MDS) de 2.147 gr/cm<sup>3</sup>, 2.112 gr/cm<sup>3</sup> y 2.107 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 10.61%, 12.3% y 12.33% respectivamente y para CBR de diseño se obtuvo 3.54%, 11.43% y 12.57% respectivamente. Finalmente se obtuvo un aumento máximo de CBR de 12.57% añadiendo un 20% de cenizas a la muestra

**Palabras Clave:** California Bearing Ratio (CBR), Ceniza de Bagazo de caña de azúcar, Estabilización de Suelos.

## Abstract

This research work has had one question: To determine what is the effect of sugarcane bagasse ash (CBCA) on soil stabilization? The research design was experimental, quasi-experimental. A location plan was drawn up in the district of Paján, province of Ascope, which has an extension of 3 km. The corresponding tests were carried out, where the C-1 and C-3 calicatas, according to AASHTO, its classification is A-4 and according to SUCS, it is a type of silty soil (ML), the C-2, according to AASHTO, its classification is A-3(0) and according to SUCS, it is a type of poorly graded sand (SP). The moisture content was 5.39% and 3.02% for test pits C-1 and C-2, respectively; test pit C-3, with 33.95%. For the Atterberg limits, a liquid limit (LL) of 16.30% and 22.65% was obtained, in the plastic limit (LP) 10.85% and 16.22% for C-1 and C-3 respectively, for the mechanical properties without adding CBCA, the modified Proctor test was performed with an MDS of 2.2 gr/cm<sup>3</sup> and an optimum moisture content (OCH) of 6.68% and a design CBR of 1.59% and for the mechanical properties by adding 10%, 15%, 20% CBCA, a maximum dry density (MDS) of 2.147 gr/cm<sup>3</sup>, 2.112 gr/cm<sup>3</sup> and 2.107 gr/cm<sup>3</sup> respectively, and an optimum moisture content (OCH) of 10.61%, 12.3% and 12.33% respectively were obtained and for design CBR 3.54%, 11.43% and 12.57% respectively. Finally, a maximum CBR increase of 12.57% was obtained by adding 20% ash to the sample.

**Keyword:** California Bearing Ratio (CBR), Sugarcane Bagasse Ash, Soil Stabilization.

## I. INTRODUCCIÓN

Para la elaboración de un proyecto de infraestructura vial, la estabilización de suelo es una etapa primordial, ya que los suelos, al ser un recurso natural accesible y de bajo costo, son muy variables, por lo que puede ocurrir que nos encontremos con un tipo de suelo de pésima calidad de manera parcial o total. Los proyectistas al ver este problema, utilizaron los métodos de estabilización tradicionales, tales como son la estabilización con cal y cemento, estabilización con aditivos, químicos, etc., pero que, a su vez, traen un alto costo al proyecto, además de ser perjudiciales para nuestro medio ambiente, es por ello que, en el ámbito de la ingeniería, buscamos optimizar los elevados costos que se nos presentan durante la elaboración de un proyecto, además de buscar revertir los efectos negativos de estos productos químicos en nuestro medio ambiente. La estabilización química de suelos problemáticos es el método más popular y seguro para mejorar las propiedades, tanto físicas como mecánicas, principalmente la resistencia, capacidad portante y la durabilidad. Los productos de estabilización tradicionales como la cal y el cemento son usados debido a las propiedades positivas que presentan al momento de su adición a los suelos (Zalwano, Bazairwe y Safiki, 2021).

Los residuos y subproductos agroindustriales, tales como la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) y otros, han sido identificados como causante de los efectos negativos en nuestro medio ambiente, por lo cual se busca un interés en esto para que sean eliminados de manera efectiva. La principal opción para reducir los impactos negativos de estos residuos es su reutilización en conjunto con distintos materiales de construcción, principalmente dentro de los proyectos de infraestructura vial (Liet, Hadi, Bing, 2021), es por ello que, al buscar productos innovadores y reducir la contaminación ambiental, podemos ver a las fábricas productoras de azúcar, las cuales utilizan como materia prima la caña de azúcar, estas fábricas producen y arrojan al ambiente una gran cantidad de cenizas, las cuales también son conocidas como CBCA, ya que esta tiene propiedades químicas que son beneficiosas en el aumento de la resistencia de la capacidad

portante de las sub rasantes. La CBCA se presenta como el material más favorable para la estabilización de suelos problemáticos, principalmente por la disponibilidad en abundancia que tiene en distintos países en fase de desarrollo, cabe resaltar que su alto nivel de sílice, lo cual produce una reacción mucho más efectiva en las propiedades mecánicas del suelo (Zalwano, Bazairwe y Safiki, 2021). Para entender mejor la capacidad portante que debe resistir una sub rasante, es imprescindible realizar un estudio de laboratorio llamado CBR (Relación de Soporte de California) y cumplir con ciertos porcentajes de resistencia, tal como mencionan Landa y Torres (2019) en su investigación, si el material analizado obtiene un CBR mayor al 6% se puede utilizar como subrasante estable, ya que el suelo tiene buenas propiedades mecánicas, por su parte, si este porcentaje obtenido es menor, se debe aplicar un método de estabilización que haga que este valor se vuelva favorable para el proyecto. El método convencional indica que se debe reemplazar el material natural por un material granular, el cuál es obtenido de las canteras cercanas a los ríos, por lo que su extracción genera un deterioro masivo del ecosistema, así como causa la erosión del suelo en la zona. Por ello, se buscan métodos de estabilización no convencionales, con la finalidad de evitar el menor impacto ambiental negativo posible.

El distrito de Paiján está ubicado en la provincia de Ascope, al ser una zona agrícola, la siembra de la caña de azúcar es bastante alto, siendo la empresa más importante de la provincia, la empresa Casa Grande, la cuál es la encargada de la molienda y producción de azúcar rubia de primera calidad. En el distrito de Paiján, se busca realizar proyectos de pavimentación, debido al rápido crecimiento urbano en las zonas más cercanas a los campos de cultivo, pero a su vez se evidencia el problema de la estabilización de manera constante, principalmente por el tipo de suelo que predomina en la zona, el cual es un suelo arcilloso, por lo que, los proyectistas, cuando buscaban un método de estabilización eficiente, el cual aumente de manera notoria las propiedades mecánicas de una subrasante y que a su vez, poder reducir, en el medio ambiente, todos los efectos negativos; además,

este tenga un efecto positivo para soportar el tránsito pesado predominante en la zona a estabilizar, por ello, al tener la materia prima ceca de nuestra zona de estudio, como lo es la caña de azúcar, se planteó la pregunta, ¿En qué medida influyó el uso de la ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de suelo para subrasante en el distrito de Paiján?

La justificación teórica de este proyecto de investigación se basa en la Norma Técnica CE.020 “Suelos y Taludes” y la Norma E.050 “Suelos y Cimentaciones” del Reglamento Nacional de Edificaciones.

Como justificación social, la construcción de pavimentos contribuye en el desarrollo y así contribuir con un estilo de vida mejorado para pobladores de la zona donde se pretende ejecutar, sin embargo, existen ciertas limitaciones para poder ejecutar este tipo de proyectos, uno de las principales limitaciones son las condiciones del suelo, en especial la capacidad portante que presentan estos, por lo que se necesita aplicar un estudio y método de estabilización con el objetivo de mejorar un terreno. Actualmente se utilizan materiales convencionales para la mejora de suelos, tales como la cal y el cemento, por ello se buscaron soluciones innovadoras y, a su vez, que sean económicas y reducir el efecto negativo que genera en el medio ambiente.

Cabe resaltar que nuestra sociedad está en un desarrollo constante, y las comunicaciones de las empresas agrícolas con los campos es más frecuente durante los últimos años, especialmente debido al transporte de la materia prima, el tránsito pesado es la causa principal por la que se generan los daños a los pavimentos y sub rasantes, es por ello que se buscó que los agentes estabilizadores naturales, tales como pudo ser la CBCA, sean efectivos ante este tipo de tránsito y no sea sólo aplicado en caminos de trocha o donde el tránsito no sea constante.

Por lo expuesto anteriormente, el objetivo general de este informe de investigación es Determinar cuál es el efecto de la Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar (CBCA) en la estabilización de suelos, a su vez, como objetivos específicos tenemos: a) Realizar un plano de ubicación y localización de la zona de estudio b) Determinar las propiedades

físicas del suelo sin añadir CBCA mediante las pruebas de granulometría, límite de Atterberg y ensayo del contenido de humedad. c) Determinar las propiedades mecánicas del suelo sin añadir CBCA mediante los ensayos de Proctor modificado y el ensayo de CBR. d) Determinar las propiedades mecánicas del suelo con CBCA con un porcentaje de 10%, 15% y 20% mediante los ensayos de Proctor modificado y el ensayo de CBR. e) Comparar las propiedades mecánicas del suelo sin mezcla estabilizadora y el suelo estabilizado. Después de haber analizado información de artículos científicos y otras tesis de investigación, llegamos a la hipótesis que, al estabilizar un suelo con la CBCA, se obtuvo un resultado de mejoría de las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia del terreno; además, se mejoró las propiedades del terreno natural.

## II. MARCO TEÓRICO

Para comprender la ejecución, y el aporte que nuestra investigación buscó dar en la sociedad y la ingeniería, se presentaron otras investigaciones similares, con su metodología, resultados y discusiones de estos proyectos de investigación.

A nivel internacional, Araujo y Rodríguez (2019) en su investigación describen lo siguiente: evaluar su comportamiento de compactación resistencia, compresibilidad y relación tensión-deformación donde las mezclas homogéneas están descritas en las matrices de experimento, de los materiales dados mediante porcentajes como suelo en (97, 95 y 93) % (masa), cemento, CBCA y ambos en 3%, 5% y 7% (masa), para un total de 16 mezclas. Se llevaron a cabo una serie de pruebas para examinar el beneficio de la CBCA y cómo cambiaron las propiedades de la mezcla suelo-cemento con cuatro tipos de adiciones de CBCA (0, 25, 50, 75) % para mejorar un terreno natural. Los métodos de prueba son las siguientes durezas, geometría de partículas y resistencia del material, considerando la determinación del índice de resistencia CBR, relación de humedad-densidad, humectación, secado de mezclas compactadas y relaciones humedad-densidad, resistencia a la compresión, fueron los métodos de prueba, siempre considerando la determinación del índice de resistencia CBR, relaciones humedad-densidad, humectación y resistencia a la compresión y secado de mezclas.

Cañar (2017) en su informe de investigación experimental tuvo como objetivo estabilizar dos suelos con diferentes propiedades combinando un aditivo como la CC y mediante ensayos de laboratorio evaluar la capacidad portante y la resistencia al corte. Previo a la actividad del laboratorio, en los terrenos concerniente a Ambato y Puyo, para determinar la ubicación y visualizar la extracción, una vez identificada su ubicación, se tomaron muestras para pruebas tales de: granulometría, límites, suelos. Para establecer la capacidad portante (CBR) de cada suelo, realizamos la prueba de proctor modificado, que dio la máxima densidad seca y húmeda, y luego realizamos la prueba CBR, igual método se ejecutó para los porcentajes de (20, 23 y 25) %

cenizas de carbón. Para determinar la resistencia, se realizó la prueba de compresión irrestricta en suelos denominados Cangahua y arcilla altamente plástica.

Parra (2018) en su informe de investigación planteó lo siguiente: Se evaluó en este proyecto, las propiedades mecánicas bajo cargas monótonas de tracción y compresión de diferentes formas de prueba de caolín mediante la adición de cal y cenizas volantes al (2, 4, 6, 8)% , basado en la prueba de Standard-Proctor y Study Earth (Kaolin) ; previamente se hizo una descripción de los materiales, después de todo el objetivo era hallar la mejora del suelo a través de comparaciones, lo que llevó a la conclusión de que la cal frente al caolín ofrece mejor resistencia a tensiones y deformaciones máximas, y las cenizas no tienen mejora respecto al suelo, obtuvo un mejor rendimiento sin pasar los datos obtenidos con la cal. En conclusión, cuando se quiere realizar una estabilización de suelo, los resultados dados, dan a la cal como mejor elección para lograr una mejor estabilización.

Liet, Hadi, Bing, (2021) de Australia, en su agregaron residuos industriales para estabilizar suelos problemáticos, principalmente la CBCA, variando los contenidos de 0% a 25% por el peso seco del suelo. Reemplazaron el uso total de cal en la mezcla del suelo natural con la mezcla estabilizadora, con una proporción de 3:1, es decir, que aplicaron un porcentaje de 4.5% de CBCA, e incluyeron un 1.5% de cal, con respecto al peso de la muestra que se estabilizó, así, ejecutaron los principales ensayos de laboratorio para hallar la capacidad de resistencia de dos tipos de muestras, una sin estabilizar y la otra con el agente estabilizador. Los resultados demostraron que las mezclas con este residuo agroindustrial dan un resultado positivo para la mejora de terrenos problemáticos, ya que se vio en la investigación que se mejoró la resistencia a la compresión, debido a la composición química de este, tales como la sílice y el óxido férrico, lo que provoca una reacción química en el suelo y mejora las propiedades mecánicas a largo plazo. Por consiguiente, los investigadores concluyeron que la utilización de CBCA mejora de

satisfactoriamente las condiciones mecánicas de los suelos problemáticos a comparación a la estabilización con cal y cemento. Finalmente, Ojeda, Mendoza y Baltazar (2020) en su investigación realizada en México, tiene como objetivo analizar la influencia del cambio parcial de CPC por SCBA en las propiedades de resistencia a la comprensión, CBR y compactación de un suelo de material granular arenoso, las características de materiales se obtuvieron con análisis de fluorescencia de rayos X, las etapas de cenizas con difracción de rayos X, las características de la superficie se determinó con microscopio electrónica de barrido. El diseño de mezcla del suelo su realizaron con porcentajes determinados, para el suelo seco (3,5,7) %, las pruebas de compactación se realizaron siguiendo la norma del ASTM D558, 2011. Las pruebas de CBR se realizó la compactación dinámica de tres probetas, siguiendo la norma ASTM D1883, 2016). Se obtuvo de la sustitución de PPC por SCBA, en un porcentaje de 25% de PPC por SCBA se determinó con un porcentaje bueno en un suelo arenoso granular teniendo una aceptación en los ensayos de proctor, CBR y de comprensión.

A nivel nacional, Terrones (2018), su investigación consistió en estabilizar un suelo arcilloso – limoso actual en la ruta de llegada a la zona de estudio, para ello aplicó CBCA en variados porcentajes, tales como son 5%, 10% y 15%, que se obtuvo de la empresa Agroindustrial Laredo. Las pruebas de caracterización de suelos se desarrollaron durante el proceso experimental. Además, se halló la densidad óptima, densidad seca, resistencia a la compresión y el CBR del suelo sin cambios y del suelo estabilizado con CBCA. Preparó 36 probetas para evaluar la resistencia a la compresión a los 7 días de curado. Para comprobar estos datos, se prepararon 6 probetas que fueron sometidas a la prueba de CBR. Con los ensayos y datos que se obtuvieron, se determinó que añadiendo un porcentaje de CBCA de 15% es suficiente para lograr las propiedades requeridas del terreno, teniendo una resistencia de 150.60kPa y un CBR de 23.67%.

Aquino (2020) en su informe de investigación busca determinar cuál es el efecto que tendrá añadir CBCA en el terreno de Laredo. En el

laboratorio se caracterizaron las muestras del suelo y del CBCA con rayos X y microscopía electrónica. Según AASHTO, el suelo pertenece a la clase A6 y son poco usados en trabajos de infraestructura. Se realizaron distintos estudios de laboratorio, tales como son, principalmente, el Proctor modificado y el CBR, para determinar las características del suelo. Se aplicó de manera gradual un 5%, 10% y 15% de CBCA, lo que dio como resultado un mejoramiento de las propiedades del suelo, ya que se vio reducida la plasticidad, el hinchamiento y el índice MDD en la aplicación más alta de CBCA. Finalmente se realizó un diseño de pavimento flexible con las nuevas propiedades del suelo, demostrando un ahorro durante la ejecución y mantenimiento de estos.

Espinoza y Velásquez (2018) en su informe de investigación realizaron las pruebas de consistencia de Proctor modificado y CBR con la adición del suelo con CBCA en proporciones de 10%, 20% y 30% para la estabilización, atestiguando que con la adición de 20 CCA el suelo se estabiliza en correspondencia a la cantidad de la muestra y alcanza un CBR de 95 15.18%, una densidad de 1.859 gr / cm<sup>3</sup> y con contenido de humedad de 9.567% y una reducción en el índice de plasticidad de 16.11.73%, el porcentaje de 1.7.2%.se podría reducirse la expansión del suelo.

Para entender de una manera más detallada el desarrollo de las variables y sus dimensiones, daremos una explicación sobre su caracterización y funcionalidad, tanto a nivel teórico como normativo. La CBCA es un componente proveniente de los residuos orgánicos de las fábricas de azúcar. Es utilizado material principal en el calentamiento de las calderas para el proceso de creación de azúcar. Su uso será de gran aprovechamiento en la construcción moderna, ya que podría ser utilizado como material cementante y de estabilización (Chávez, 2017).

Este subproducto (CBCA) tiene propiedades semejantes al cemento, principalmente por su alto nivel de sílice, además, que es fácil de encontrar en las fábricas azucareras, pero, a pesar de ser un producto

fácil de obtener, no se han realizado muchos estudios que respalden su importancia en la estabilización de suelos.

Según Ojeda, Mendoza y Baltazar (2018), en su artículo indican que la ceniza de bagazo cuenta con una composición química predominante de óxidos, siendo un porcentaje total de 73.069%, los cuales se pueden apreciar en la siguiente figura:

Composición Química	Resultados (%)
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	62.66
Óxido de Calcio (CaO)	4.87
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5.20
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	5.19
Óxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	13.93
Óxido de Magnesio (MgO)	2.19
Trióxido de Azufre (SO <sub>3</sub> )	0.30
Óxido de Titanio (TiO <sub>2</sub> )	0.64
Peróxido de Sodio (Na <sub>2</sub> O)	0.56
Óxido de Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3.36
Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	2.1
P. Ignición (%)	1.5

Figura 1. Composición Química del CBCA

Una estabilización de un terreno, también la podemos conocer como mejoramiento de suelos, esto es una alteración de las propiedades físicas y mecánicas que tiene un suelo, mejorándolas de manera química hacia las propiedades deseadas. En el proceso, se deben incluir distintos materiales como químicos, los cuales servirán como agentes estabilizadores para lograr las propiedades a las cuales se busca llegar. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2008). Los ensayos que se van a realizar durante la investigación comprenden en distintos análisis de laboratorio con los que se van a determinar las características físicas y mecánicas de una muestra de suelo obtenida. Para conocer las propiedades físicas necesitamos realizar un análisis granulométrico, un análisis de plasticidad y un análisis del contenido de humedad.

El análisis de granulometría es un ensayo que tiene la finalidad de clasificar el suelo de acuerdo a la dimensión que tienen sus partículas, a este proceso se le llama gradación del suelo, el método para realizarlo comprende en pasar el suelo por un tamizado, los cuales tienen medidas distintas. Este método es el más común dentro de un análisis

de granulometría, Para obtener el análisis granulométrico se deben pasar la muestra por un grupo de tamices organizados, de los cuales se conoce su medida, el primer tamiz es el más grande mientras que el último es el más pequeño. Por medio de movimientos circulares y horizontales se hace pasar toda la muestra para luego pesar y analizar la proporción de la muestra retenida en cada tamiz (Duque, Escobar, 2002).

El análisis de plasticidad y consistencia es el ensayo para el cual se determinará cual es el porcentaje de arcilla que contiene un suelo, y por el cual se obtiene su deformación, dentro de este análisis se realizan los ensayos de laboratorio como el índice Líquido (IL), el cual es la humedad natural presente en el terreno y puede ser comparado con sus límites líquido (WP) y plástico (WL); el WP, es el contenido de humedad correspondientes a una muestra colocada en la copa de Casagrande, dicho límite será determinado por los golpes de dicho aparato; finalmente, el WL, es la humedad más baja de una muestra y por el cual nuestra muestra ya no puede ser moldeada (Duque, Escobar, 2002).

El ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio) es el encargado de medir el máximo valor de esfuerzo cortante que tendrá que resistir el suelo. Actúa bajo términos de humedad y densidad relativamente controlados. Este ensayo es uno de los estudios principales previos a la construcción de carreteras, ya que evalúa la calidad que tendrá un terreno para la construcción de una carretera pavimentada o rígida. (Chávez, 2017).

Finalmente, el ensayo de Proctor o de la aplicación de la energía se divide en dos tipos, el ensayo de proctor estándar y modificado; ambos son similares pero sus resultados son distintos, este ensayo se elabora mediante la compactación de una muestra del terreno dentro de un molde con un volumen determinado, la humedad se hace variar de acuerdo a las capas que se coloca en el cilindro, la diferencia entre ambos ensayos es en el número de golpes que recibe cada capa de la muestra, pero al final tienen la misma finalidad de compactar y analizar el contenido de agua y suelo seco (Chávez, 2017).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

##### - Tipo de investigación

La investigación que se realizó es del tipo básica porque durante la realización de esta investigación generó un nuevo aprendizaje sobre un objeto de experimentación.

##### - Diseño de investigación

La investigación tiene un diseño de tipo experimental de corte cuasi experimental porque se trabajó con muestras que no han sido seleccionada de manera aleatoria, sino que se estableció previamente mediante parámetros y normas establecidas.

G1 -----> O1

G2 -----X1-----> O2

G3 -----X2-----> O3

G4 -----X2-----> O4

Donde:

G1: Muestra base

G2: Muestra a experimentar con 10% de CBCA

G3: Muestra a experimentar con 15% de CBCA

G4: Muestra a experimentar con 20% de CBCA

O<sub>i</sub> (i = 1,4): Medición de la variable dependiente.

X<sub>i</sub> (i = 1,3): Estímulo de las muestras experimentales.

**Tabla 1.** Cantidad de calicatas con porcentaje de dosificación de CBCA

Descripción	Dosificación de CBCA (%)	Cantidad de calicatas
RG1	0%	1
RG2	25%	1
RG3	35%	1
RG4	45%	1
Total		

Fuente: Elaboración propia

La zona donde se realizó la investigación consta con una longitud de 3 km aproximadamente, por lo que al observar el anexo 3, para el tipo de carretera que existente en la zona, se realizó una calicata por kilómetro, por lo que se tendrán 3 calicatas, a su vez, en el anexo 4, el ensayo de CBR a realizarse para este tipo de carretera se debe de dar a cada 3 km.

### 3.2. Variables y operacionalización

#### - Variable Independiente

Ceniza de bagazo de caña de azúcar

#### - Variable Dependiente

Estabilización de suelos

#### - Operacionalización

La matriz de operacionalización se adjunta en el anexo 1.

### 3.3. Población, muestra, muestreo

#### - Población: El suelo del distrito de Paiján.

- **Criterios de inclusión:** Carreteras no pavimentadas, tránsito continuo de vehículos pesados.
- **Criterios de exclusión:** Suelos con buena capacidad portante, carreteras pavimentadas, áreas agrícolas.

- **Muestra**

Para la realización de esta experimentación se tomó como muestra el suelo del sector Saucipe, ya que esta zona cumplió con los criterios de inclusión dentro de la población de los suelos existentes en el distrito de Paiján.

- **Muestreo**

La muestra es del tipo no probabilístico, ya que no se usó un procedimiento de selección al azar, sino que esta estuvo basada en el juicio personal de los investigadores y les pareció mucho más relevante.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

- **Técnicas**

El uso de métodos para recolectar información es una fase donde se reconocen y se transforman los datos con la finalidad de recalcar información útil (Hernández y Duana, 2020).

Durante la ejecución de la investigación, se utilizó la técnica de observación de campo y laboratorio, a la vez, tuvimos participación en la recolección de muestras y en los ensayos que se realizaron donde se verificó un desarrollo certero y los resultados obtenidos fueron confiables.

- **Instrumentos**

La investigación tendrá como instrumentos de recolección a la guía de observación para la clasificación de las calicatas, además se emplearán fichas de laboratorio para cada uno de los ensayos que se realizarán, los cuales están ya establecidos en el laboratorio a trabajar.

### **3.5. Procedimientos**

**Paso 1:** Se obtuvieron las muestras del suelo ubicado en el sector Saucipe - Paiján, para realizar el secado correspondiente.

**Paso 2:** Obtención de la CBCA, proveniente de los terrenos de caña de azúcar aledaños, así como también en la principal fábrica productora de azúcar de la provincia.

**Paso 3:** Realizar un plano de ubicación de la zona de estudio.

**Paso 4:** Procesar las muestras del suelo para determinar las características físicas, realizando los métodos:

- Análisis de granulometría según la norma (ASTM D422, AASHTO T-88).
- Análisis de plasticidad según la norma (ASTM D423).
- Análisis del contenido de humedad (AASHTO 265, ASTM D 2216).

**Paso 5:** Procesar las muestras del suelo para determinar las características mecánicas, realizando los métodos:

- Ensayo de Proctor modificado (ASTM D1557, AASHTO T180-01).
- Ensayo CBR (Californian Bearing Ratio) (MTC E-132/ ASTM D-1883/ AASHTO T-193)

**Paso 6:** Adicionar las cenizas con el suelo natural, mediante porcentajes dados de (25%, 35%, 45%), aplicando los ensayos de:

- Ensayo de Proctor modificado (ASTM D1557, AASHTO T180-01).
- Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio) (MTC E-132/ ASTM D-1883/ AASHTO T-193)

**Paso 7:** Se analizarán y procesarán los datos, para así poder corroborar con nuestros objetivos dados, con lo que queremos lograr con nuestro proyecto.

### **3.6. Método de análisis de datos**

En esta investigación se llevó a cabo la realización de 3 calicatas de tal manera que nos permitieron obtener 3 muestras de suelos, las cuales se trabajaron en un laboratorio y se realizaron los ensayos que permitan calcular la consistencia del

suelo, su resistencia y el comportamiento elástico, agregándole CBCA. Los resultados obtenidos fueron observados y procesados para su respectiva interpretación y por último se realizó las conclusiones que permitan responder a la pregunta de investigación del mejoramiento de los suelos estabilizados con CBCA.

### **3.7. Aspectos éticos**

En el estudio se empleó la calidad ética de la investigación aplicando los principios éticos que dispone la Universidad César Vallejo (UCV), tales como: el respeto a la autoría de las fuentes de información mediante el manejo apropiado del estilo ISO y cumplimiento del código de ética de la UCV. Del mismo modo, se realizaron los ensayos de mecánica de suelos establecidos: Ensayo CBR (MTC 249-ASTM D1883), Ensayo Proctor Standard (MTC E 116-ASTM D698), Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D6913), Índice de Plasticidad (ASTM D4318). Por lo tanto, no hubo motivo de que se llegase a admitir información engañosa o inventada, ya que se tomaron en consideración los datos reales por los ensayos que se realizaron en laboratorio.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Plano de ubicación de la zona



**Figura 2:** Plano de ubicación y localización de la zona

Se determinó la ubicación de la zona de estudio, mediante un plano de ubicación y localización la cual es una trocha carrozable en el distrito de Paiján, provincia de Ascope, región La Libertad. Esta carretera cuenta con una longitud de 3km y se realizaron 3 calicatas a una distancia de 1 km cada una.

## 4.2. Propiedades físicas de las muestras sin añadir CBCA

### 4.2.1. Ensayo de granulometría

Se realizó un ensayo de granulometría por tamizado para las 3 calicatas, con las cuales se obtuvieron los siguientes resultados sobre el terreno:

#### - Calicata 1:

**Tabla 2.** Análisis granulométrico C-1

Tamices	Abertura	% Que Pasa
2"	50.6	100.00
1 1/2"	38.1	100.00
1"	40	100.00
3/4"	19.05	100.00
1/2"	12.7	100.00
2/8"	9.525	100.00
1/4"	6.35	100.00
N°4	4.75	98.74
N°8	2.36	97.27
N°10	2	96.35
N°16	1.18	95.11
N°30	0.6	91.76
N°40	0.425	89.87
N°50	0.3	88.25
N°100	0.15	58.46
N°200	0.075	39.52

Fuente: Elaboración propia

La C-1, se demostró que el porcentaje de finos presentes en la muestra es de 39.52%. Este fue el porcentaje que pasó la malla N° 200 durante el tamizaje de la muestra.

- **Calicata 2**

**Tabla 3. Análisis granulométrico C-2**

Tamices	Abertura	% Que Pasa
2"	50.6	100.00
1 1/2"	38.1	100.00
1"	40	100.00
3/4"	19.05	100.00
1/2"	12.7	100.00
2/8"	9.525	100.00
1/4"	6.35	100.00
N°4	4.75	99.87
N°8	2.36	98.93
N°10	2	98.24
N°16	1.18	97.41
N°30	0.6	95.96
N°40	0.425	93.93
N°50	0.3	92.24
N°100	0.15	31.00
N°200	0.075	6.77

Fuente: Elaboración propia

La calicata C-2 mostró una disminución en la presencia de finos, reduciendo este porcentaje hasta un 37.89%, lo cual nos demuestra que el suelo extraído de dicha calicata es una arena con poca presencia de fino y por lo tanto carece de LL y LP.

- **Calicata 3**

**Tabla 4. Análisis granulométrico C-3**

Tamices	Abertura	% Que Pasa
2"	50.6	100.00
1 1/2"	38.1	100.00
1"	40	100.00
3/4"	19.05	100.00
1/2"	12.7	100.00
2/8"	9.525	100.00
1/4"	6.35	100.00
N°4	4.75	99.52
N°8	2.36	98.87
N°10	2	98.52
N°16	1.18	97.78
N°30	0.6	95.80
N°40	0.425	94.64
N°50	0.3	93.85
N°100	0.15	85.60
N°200	0.075	70.10

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, la C-3, nuevamente se observó un incremento en los finos presente en el material, incluso mucho mayor que el de la calicata C-1, teniendo un porcentaje que pasa de 70.10%, por lo que se puede determinar que el material de esta calicata es arcilloso.

#### 4.2.2. Análisis de límites de Atterberg

##### - Calicata 1

**Tabla 5. Límites de Atterberg C-1**

Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (LL)	16.30
Límite Plástico (LP)	10.85
Índice de Plasticidad (IP)	5.45

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 6 se determinaron los límites de la calicata C-1, el cual nos da un resultado de LL de 16.30%, LP de 10.85% y un IP de 5.45%

##### - Calicata 3

**Tabla 6. Límites de Atterberg C-3**

Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido (LL)	22.65
Límite Plástico (LP)	16.22
Índice de Plasticidad (IP)	6.44

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 7, se aprecia los límites de Atterberg de la calicata C-1, el cual nos dio un resultado de LL de 22.65%, LP de 16.22% y un IP de 6.44%. por lo que se observó que el material extraído de la calicata 3 cuenta con una mayor plasticidad que el material de las demás calicatas.

Cabe recordar que no se realizó este ensayo para el material extraído de la calicata C-2, ya que, al presentar un material sumamente arenoso, al realizar el ensayo, este fallaba antes de llegar a los estándares establecidos, por lo que se determinó que no cuenta con un límite líquido, ni límite plástico.

### 4.2.3. Ensayo de contenido de humedad natural

#### - Calicata 1

**Tabla 7. Contenido de humedad natural C-1**

SIMBOLO	DESCRIPCION	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Pr	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	10.3	10.6	10.5	
Prmh	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDAD	(g)	131.1	139.1	137.0	
Prms	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	(g)	125.5	132.0	120.0	
Pms	PESO DEL SUELO SECO	(g)	115.2	121.4	109.5	
Pagua	PESO DEL AGUA	%	5.6	7.1	17.1	<b>PROMEDIO</b>
W	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.9	5.9	15.6	<b>5.39</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 7 contiene los resultados del ensayo de contenido de humedad natural de la muestra tomada en la C - 1, donde se obtuvo un porcentaje de 5.39% de humedad presente en el terreno de donde se extrajo el material estudiado.

#### - Calicata 2

**Tabla 8. Contenido de humedad natural C-2**

SIMBOLO	DESCRIPCION	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Pr	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	10.7	10.3	9.9	
Prmh	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDAD	(g)	126.1	130.5	129.0	
Prms	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	(g)	122.7	126.8	125.6	
Pms	PESO DEL SUELO SECO	(g)	112.0	116.6	115.7	
Pagua	PESO DEL AGUA	%	3.4	3.6	3.4	<b>PROMEDIO</b>
w	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.0	3.1	2.9	<b>3.02</b>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 8 contiene los resultados del ensayo de contenido de humedad natural de la muestra tomada en la C - 2, donde se obtuvo un porcentaje menor a comparación de la calicata anterior, con un porcentaje de 3.02%, cabe recordar que el material estudiado fue arena, la cual tiene una absorción de agua a comparación de materiales mayormente plásticos.

- **Calicata 3**

**Tabla 9. Contenido de humedad natural C-3**

SIMBOLO	DESCRIPCION	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Pr	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	10.2	10.2	26.9	
Prmh	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDAD	(g)	127.5	132.4	146.3	
Prms	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	(g)	97.4	101.6	116.2	
Pms	PESO DEL SUELO SECO	(g)	87.2	91.4	89.3	
Pagua	PESO DEL AGUA	%	30.1	30.9	30.0	<b>PROMEDIO</b>
w	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.5	33.8	33.6	<b>33.95</b>

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 9 se tienen los resultados obtenidos en el ensayo de contenido de humedad natural del material obtenido de la C-3, obteniendo un porcentaje mucho mayor a las que se obtuvieron en las dos calicatas anteriores, teniendo un porcentaje de 33.95%, lo cual demostró que este material es altamente plástico.

**4.3. Propiedades mecánicas de las muestras sin añadir CBCA**

**4.3.1. Ensayo de Proctor Modificado**

- **Calicata 1:**

Se realizó el ensayo de Proctor modificado, el cuál es el estudio preliminar para el ensayo de CBR, según el Manual de Carreteras de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC – 2013), para el tipo de carretera en el cual se planeó realizar la estabilización, se debe realizar un CBR cada 3 km (ver Anexo 5), por ello se tomó la calicata C-1, ya que es el material con un contenido de humedad más crítico a comparación de las demás, cabe resaltar que en el ensayo de contenido de humedad se observó porcentaje mayor en la calicata C-3, pero las condiciones en las que fueron extraídas las muestras influyeron en este resultado.

Por ello al realizarse el ensayo de Proctor modificado en la calicata C-1, se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 10. Ensayo Proctor Modificado C-1**

<b>PROCTOR C-1:</b>		
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%):	6.68	%
Máxima Densidad Seca (MDS) (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.22	gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 10 contiene el resultado de la humedad óptima que debe contuvo la muestra, luego de haber añadido ciertos porcentajes de humedad sobre este, así se obtuvo, gracias al ensayo de proctor modificado, un OCH de 6.68%, el cual se utilizó para realizar el ensayo de CBR, y una MDS de 2.22 gr/cm<sup>3</sup>.

#### 4.3.2. Ensayo de CBR

Se realizó el ensayo de CBR para la muestra patrón de la calicata C-1, teniendo como resultado:

**Tabla 11. Ensayo Proctor Modificado C-1**

Calicata C-1		CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds 100%	1.179	2.48	3.81
95% Max Ds	1.12	1.59	2.4
CBR DISEÑO		1.59%	

Fuente: Elaboración propia

El ensayo para la muestra obtenida de la calicata C-1 (muestra patrón) indicó que el CBR al aplicar una carga de penetración de 0.1" fue de 1.59%, y cuando se aplicó una carga de penetración de 0.2" fue de 2.4% teniendo así un CBR de diseño de 1.59%

#### 4.4. Propiedades mecánicas de las muestras añadiendo porcentajes de CBCA

##### 4.4.1. Ensayo de Proctor Modificado

Al igual que en la muestra patrón, se realizó un ensayo de proctor modificado para la C-1, pero esta vez, se añadió los porcentajes de cenizas descritos en los objetivos de la investigación, los cuales son 10%, 15% y 20% respectivamente, obteniendo los siguientes resultados:

##### - Calicata 1 con 10% de CBCA añadida

**Tabla 12.** *Ensayo Proctor Modificado C-1*

<b>PROCTOR C-1 (10% CENIZA)</b>		
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%):	10.61	%
Máxima Densidad Seca (MDS) (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.147	gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11 contiene los resultados luego del ensayo de proctor modificado del material extraído de la calicata C-1, a la cual se le añadió un 10% con relación al peso total de la muestra, se obtuvo una OCH de 10.61%, lo que hace indicó que la CBCA contiene propiedades químicas de absorción de humedad mayores, y se obtuvo una MDS de 2.147 gr/cm<sup>3</sup>.

##### - Calicata 1 con 15% de CBCA añadida

**Tabla 13.** *Ensayo Proctor Modificado C-1 (15% Ceniza)*

<b>PROCTOR C-1 (15% CENIZA)</b>		
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%):	12.3	%
Máxima Densidad Seca (MDS) (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.112	gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 12 indica los resultados luego del ensayo de proctor modificado del material extraído de la C-1, en esa ocasión se le añadió un 15% de ceniza al peso de la muestra, se obtuvo una OCH de 12.3%, lo que

hace indicó que, si aumentamos el porcentaje de CBCA, el porcentaje de humedad también aumentará de manera notoria, mientras tanto, la MDS disminuyó a 2.112 gr/cm<sup>3</sup>.

- **Calicata 1 con 20% de CBCA añadida**

**Tabla 14. Ensayo Proctor Modificado C-1 (20% Ceniza)**

<b>PROCTOR C-1 (20% CENIZA)</b>		
Óptimo Contenido de Humedad (OCH) (%):	12.33	%
Máxima Densidad Seca (MDS) (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.107	gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 13 contiene el resultado luego del ensayo de proctor modificado del material extraído de la C-1, en esa ocasión se le añadió un 20% de ceniza, se obtuvo una OCH de 12.33%, lo que hace indicó que, el porcentaje de CBCA añadido no puede exceder dicho límite, de lo contrario el porcentaje de humedad óptimo empezará a ser menor, mientras tanto, la MDS siguió disminuyendo hasta 2.107 gr/cm<sup>3</sup>.

**4.4.2. Ensayo de CBR**

- **CBR al añadir 10% de CBCA**

**Tabla 15. Ensayo CBR C-1 (10% Ceniza)**

C-1 (10% Ceniza)		CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds 100%	1.098	3.89	6.41
95% Max Ds	1.02	3.54	4.26
CBR DISEÑO		3.54%	

Fuente: Elaboración Propia

El ensayo de CBR para la muestra obtenida de la calicata C-1 con un porcentaje de 10% de ceniza añadida mostró un leve incremento en los resultados de dicho ensayo. Este determinó que al aplicar una carga de penetración de 0.1", el CBR fue de 3.54%, y cuando se aplicó una carga de penetración de 0.2" fue de 4.26% teniendo así un CBR de diseño de 3.54%.

- **CBR al añadir 15% de CBCA**

**Tabla 16. Ensayo CBR C-1 (15% Ceniza)**

C-1 (15% DE CENIZA)		CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds 100%	1.174	12.31	18.2
95% Max Ds	1.115	11.43	16.9
CBR DISEÑO		11.43%	

Fuente: Elaboración propia

El ensayo de CBR para la muestra obtenida de la calicata C-1 con un porcentaje de 15% de ceniza añadida mostró incremento satisfactorio y a la vez importante en el resultado de dicho ensayo. Este determinó que al aplicar una carga de penetración de 0.1", el CBR fue de 11.43%, y cuando se aplicó una carga de penetración de 0.2" fue de 16.9% teniendo así un CBR de diseño de 16.9%. A su vez se determinó que el incremento en el porcentaje de CBR fue de 11.43%.

- **CBR al añadir 20% de CBCA**

**Tabla 17. Ensayo CBR C-1 (20% Ceniza)**

C-1 (20% DE CENIZA)		CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds 100%	1.601	13.24	19.6
95% Max Ds	1.52	12.57	18.62
CBR DISEÑO		12.57%	

Fuente: Elaboración propia

La tabla 17 mostró el ensayo de CBR para la muestra obtenida de la calicata C-1 con un porcentaje de 20% de ceniza añadida, en el que se evidenció un incremento satisfactorio y a la vez importante en el resultado de dicho ensayo, al igual que en el porcentaje anterior. Este determinó que al aplicar una

carga de penetración de 0.1”, el CBR fue de 12.57%, y cuando se aplicó una carga de penetración de 0.2” fue de 18.62% teniendo así un CBR de diseño de 12.57%. A su vez se determinó que el incremento en el porcentaje de CBR fue de 12.64%.

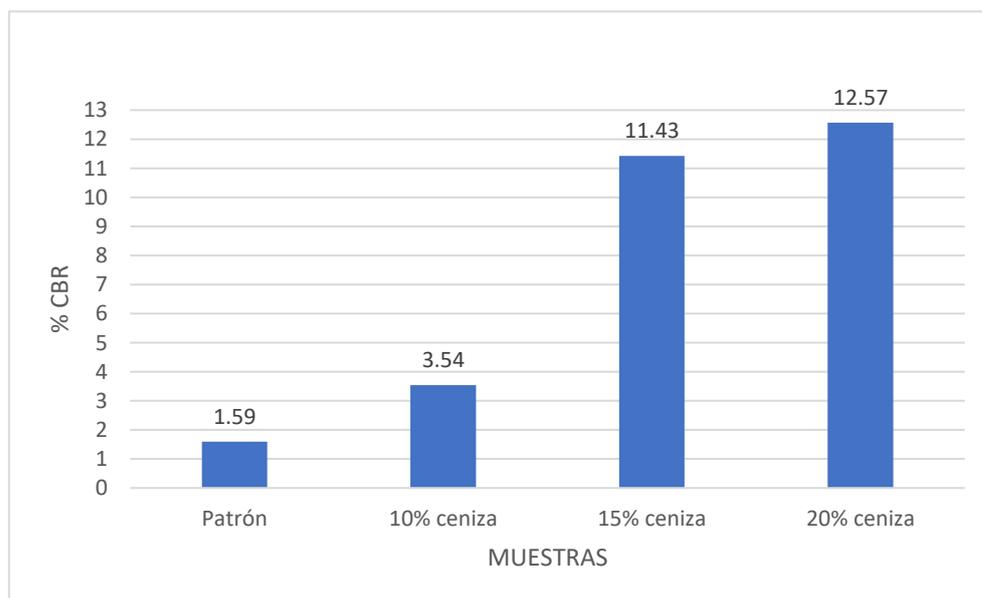
#### 4.5. Comparación entre la muestra patrón y la muestra estabilizada

Luego que se realizaron los ensayos de CBR con los porcentajes de CBCA de 10%, 15% y 20%, se obtuvieron los siguientes porcentajes:

**Tabla 18.** Porcentajes de CBR de muestra patrón y porcentajes de ceniza añadidos

CBR Patrón	CBR con 10% ceniza	CBR con 15% ceniza	CBR con 20% ceniza
1.59	3.54	11.43	12.57

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3:** Gráfica de variación del porcentaje de CBR

Del gráfico se analizó que la muestra patrón obtuvo un CBR bajo, ya que se obtuvo, del ensayo de tamizaje, que es un suelo limoso, con una capacidad portante de 1.59%, lo cual es clasificado como un CBR pobre, así, al mezclar esta muestra

con un 10% de CBCA, se notó un pequeño aumento en el CBR de este, llegando hasta 3.54%, así, al aumentar el porcentaje de CBCA hasta un 15%, se determinó un aumento notorio en el CBR de la muestra, llegando a tener un 11.43%, mejorando de manera considerable su capacidad portante, por ello, al utilizar un 20% de CBCA, se alcanzó un 12.57% de CBR, llegando así a un CBR sumamente alto, pero no con un aumento significativo como la anterior.

Como bien se mencionó, la presencia de óxidos en la CBCA, fue el principal factor de la mejora de CBR de la muestra, ya que estos absorben una mayor humedad y mejora la resistencia y capacidad portante de los suelos ensayados.

## V. DISCUSIÓN

Se realizó el plano de ubicación y localización de la zona de estudio con el propósito de conocer las características del terreno y determinar cuál es la distancia del tramo de trocha a estabilizar, el cuál fue de 3km, de donde se obtuvieron 3 calicatas a lo largo de todo el tramo. Teniendo como referencia a Capuñay y Pastor (2020) quienes realizaron en su zona de estudio un total de 10 calicatas, las cuales fueron distribuidas alrededor de la ciudad de Chimbote. A su vez, Aquino (2020) realizó 3 calicatas a lo largo de su zona de estudio, la cual fue una avenida de 1 km de distancia. El Manual de Carreteras del MTC (2013) indica que a lo largo de una carretera de un IMDA bajo debe de realizarse una calicata por kilómetro, por ello, nuestra zona de estudio, al contar con un IMDA menor a 200 veh/día, se realizaron solo 3 calicatas.

Con respecto a las propiedades físicas de este estudio de suelos, después de que se realizó el ensayo de granulometría, el cuál demostró que el tipo de suelo para la C-1 es de suelo limoso (ML), en la C-2 una arena mal graduada (SP) y de la C-3 nuevamente un suelo limoso (ML), en comparación a Espinoza y Velásquez (2018) quienes luego de realizar los análisis de granulometría, obtuvieron un tipo de suelo de tipo CL, la cual es una arcilla con baja plasticidad. Estos tipos de suelo hallados son caracterizados por tener una capacidad portante sumamente baja.

Con respecto a la tabla 5 y tabla 6 se obtuvo un índice de plasticidad entre 5.45% y 6.44%, siendo este último el porcentaje más alto obtenido, cabe resaltar que para la calicata C-2 no se determinó un índice de plasticidad debido al bajo porcentaje de finos que contenía. A comparación de la investigación de Terrones (2018), quien realizó 5 calicatas a lo largo de su zona de estudio, obteniendo un índice de plasticidad entre 8.23% y 14.19% el más alto, demostrando que nuestra muestra tiene un índice de plasticidad menor al de otros autores, siendo más vulnerable que otros.

La tabla 7, tabla 8 y tabla 9 indicaron el contenido de humedad natural de las muestras donde el promedio de la C-1, C-2 y C-3 fueron 5.39%,

3.02% y 33.95% respectivamente, teniendo en cuenta que en la calicata C-3, con respecto a Carrasco (2017), donde obtuvo porcentajes de humedad para 6 calicatas de 16.86%, 18.62%, 18.09%, 16.66%, 17.18% y 14.63%. Los porcentajes de humedad de nuestra zona de estudio son más bajos que los del autor citado anteriormente, lo que determina que la muestra extraída en la zona de estudio contiene materiales que no tienen la propiedad de absorber un mayor porcentaje de humedad, cabe resaltar que la calicata C-3 de nuestro estudio contiene un porcentaje de humedad notablemente alto debido a que esta se encontró cerca de un canal de regadío de la zona.

De la tabla 10, el ensayo de proctor modificado, determinó que en la muestra patrón, la MDS fue de 2.22 gr/cm<sup>3</sup> y el OCH fue de 6.68%. Espinoza y Velásquez (2018) en su investigación obtuvo un MDS de 1.656 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 6.382%. Los valores de proctor modificado que obtuvimos a comparación de los obtenidos por los autores citados, es relativamente parecidos, lo que determina que esta muestra se encuentra en el rango de vulnerabilidad.

Los ensayos de CBR que fueron realizados para la muestra patrón indicó un CBR de 1.59%. en el estudio realizado por Terrones (2018) con respecto al CBR, fueron para 3 calicatas, obteniendo los valores de 2.65%, 3.05% y 2.98%. esto demostró que los porcentajes de CBR se encuentran en un nivel muy pobre para los tipos de suelos de nuestro estudio y de la autora anteriormente citada, por lo que se necesita de un agente estabilizador para mejorar estas propiedades.

Con el propósito de aumentar las propiedades mecánicas del suelo, en la tabla 12, tabla 13 y tabla 14, se realizaron ensayos de proctor modificado añadiendo porcentajes de (10, 15, 20)% de CBCA obteniendo una MDS de 2.147 gr/cm<sup>3</sup>, 2.112 gr/cm<sup>3</sup> y 2.107 gr/cm<sup>3</sup> y se obtuvo un OCH de 10.61%, 12.3% y 12.33%. Aquino (2020) utilizó un porcentaje de 5%, 10% y 15% donde obtuvo una MDS de 1.92 gr/cm<sup>3</sup>, 2 gr/cm<sup>3</sup> y 2.05 gr/cm<sup>3</sup> y se obtuvo un OCH de 12.39%, 13.34% y 13.67%. Los resultados entre el autor citado y nuestra investigación son parecidos, y dan a resaltar que al añadir porcentajes de CBCA a la muestra de un suelo malo, sus propiedades mecánicas

aumentarán, este aumento no es correlativo, si no que depende la tipología del suelo a trabajar.

La tabla 15, tabla 16 y tabla 17, se realizó un ensayo de CBR con porcentajes de CBCA añadidos de 10%, 15% y 20%, obteniendo los valores de 3.54%, 11.43% y 12.57%. Los investigadores Espinoza y Velásquez (2018) determinaron en su investigación porcentajes de 10%, 20% y 30% de CBCA, obteniendo valores de 11.56%, 15.18% y 10.42%. Los investigadores citados utilizaron un porcentaje de CBCA mayor a utilizado en esta investigación, lo que demuestra que el CBCA si mejora las propiedades de un suelo en malas condiciones, pero que, a la vez, si se sigue utilizando un mayor porcentaje de esta, no se mejorarán las condiciones del suelo.

## **VI. CONCLUSIONES**

1. En la investigación realizada se elaboró un plano donde se ubicó y localizó la zona de estudio fue en el distrito de Paiján; además tiene una extensión de 3 km. Se ubicaron las calicatas que se hicieron durante la ejecución de la investigación, de donde se lograron obtener las muestras para su posterior análisis en el laboratorio.
2. Se estableció que las calicatas C-1 y C-3, según AASHTO, su clasificación es A-4 y según SUCS, es un tipo de suelo limoso (ML), del mismo modo, la calicata C-2, según AASHTO, tuvo una clasificación A-3(0) y según SUCS, es un tipo de arena mal graduada (SP). El contenido de humedad promedio que se obtuvo fue de 5.39% y 3.02% para la calicata C-1 y C-2 respectivamente; y teniendo un alto contenido de humedad para la calicata C-3, con un 33.95%. Para los límites de Atterberg se obtuvo un LL de 16.30% y 22.65% para C-1 y C-3 respectivamente; y en el LP un 10.85% y 16.22% para C-1 y C-3 respectivamente.
3. Se determinó las propiedades mecánicas del suelo sin añadir CBCA, realizando los ensayos de Proctor Modificado y CBR, estos ensayos fueron ejecutados para la muestra tomada de la calicata C-1, la cual es la muestra base, obteniendo una MDS de 2.22 gr/cm<sup>3</sup> y un OCH de 6.68%. Por su parte, luego de realizar el ensayo de CBR, se obtuvo un CBR de diseño de 1.59%
4. Se realizó ensayos de proctor modificado y CBR a la muestra con adición de CBCA de 10%, 15% y 20% de los cuales se obtuvo una MDS de 2.147 gr/cm<sup>3</sup>, 2.112 gr/cm<sup>3</sup> y 2.107 gr/cm<sup>3</sup> respectivamente, y un OCH de 10.61%, 12.3% y 12.33% respectivamente. Se determinaron los porcentajes de CBR con los porcentajes de CBCA añadidos, y obtuvimos 3.54%, 11.43% y 12.57% respectivamente.
5. Se compararon los resultados de CBR obtenidos en la muestra patrón y las muestras con adición de CBCA donde se pudo evidenciar un aumento máximo de 10.58%, presentándose en la adición del 20% de CBCA.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda que en el distrito de Paiján se elaboren estudios en otras zonas de iguales o parecidas características a la estudiada para determinar si requieren de una estabilización con CBCA.
2. El porcentaje de utilización de CBCA depende principalmente del tipo de suelo de la zona, ya que puede aumentar o disminuir su capacidad portante (CBR) del suelo, por ello se deben utilizar mayores o iguales porcentajes de ceniza.
3. Se recomienda realizar los ensayos de laboratorio de manera adecuada y concisa para obtener resultados con una mayor exactitud.
4. En futuras investigaciones, se recomienda mezclar la CBCA con otro tipo de estabilizador (ya sea químico o natural) para buscar obtener resultados mucho más beneficiosos que utilizando solo cenizas.

## REFERENCIAS

AQUINO Mendoza, Marco. Estabilización de suelos con ceniza de bagazo de caña de azúcar para su uso en subrasantes en el distrito de Laredo – Trujillo - La Libertad 2018. Tesis (Título para optar por el título profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada de Trujillo, 2020. Disponible en: <http://repositorio.uprit.edu.pe/bitstream/handle/UPRIT/280/TESIS%20AQUINO%20MENDOZA%20MARCO%20ANTONIO%20PDF.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CAPUÑAY Aguirre, Christian Y PASTOR Olascuaga, Cristian. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA SU USO COMO SUBRASANTE MEJORADA EN LOS PAVIMENTOS DE CHIMBOTE. Tesis (Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2020. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3754>

CARRASCO Mejía, Danny. estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de moro a virahuanca en el distrito de moro – provincia del santa – 2017. Tesis (Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil). Nuevo Chimbote: Universidad César Vallejo, 2017. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10223>

DUQUE Escobar, Gonzalo Y ESCOBAR Potes, Carlos. Mecánica de Suelos. Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 175 pp. Disponible en: [https://www.academia.edu/9290907/Mecanica\\_de\\_los\\_Suelos](https://www.academia.edu/9290907/Mecanica_de_los_Suelos)

ESPINOZA Chuquiño, Alex Y VELÁSQUEZ Perez, Jhonathan. estabilización de suelos arcillosos adicionando ceniza de caña de azúcar en el tramo de pinar-marian, distrito de independencia 2018. Tesis (Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil). Huaraz: Universidad Cesar Vallejo, 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/26696>

HERNANDEZ, S., & Duana, D. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín Científico De Las Ciencias Económico Administrativas Del ICEA, 9(17), 51-53. (2020).

INSTITUTO ESPAÑOL DEL CEMENTO Y SUS APLICACIONES. Manual de estabilización de suelos con cemento o cal. España. Instituto español del cemento y sus aplicaciones, 2008. 216 pp.

ISBN: 978-84-89702-23-3

Ley N° 10-2014-MTC/14. Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, 9 de abril del 2014. Disponible en:

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)

NEYRA León, Mercedes. Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasantes areno-limosas. Tesis (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Piura: Universidad de Piura. 2020. Disponible en:

[Listar por autor "Neyra León, Mercedes Lucía" \(udep.edu.pe\)](http://listarporautor.neyraleon.com/author/mercedes-lucia/)

NORMA ASTM D2216. Norma Método de prueba estándar para Determinación en Laboratorio de contenido de agua (humedad) de Suelos y Rocas en relación a su masa. Disponible en:

<https://pdfcoffee.com/astm-d2216-espaol--3-pdf-free.html>

NORMA ASTM D854. Métodos de prueba estándar para Gravedad específica de los sólidos del suelo por el agua Pycnometer. Disponible en:

<https://pdfcoffee.com/norma-astm-d854-4-pdf-free.html>

NORMA D4318-05. Los métodos estándar de ensayo para Límite Líquido, Límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos

<https://ensayosdelaboratoriosuelos.files.wordpress.com/2015/12/traduccic3b3n-astm-d4318.pdf>

NORMA D1557-78. Determinar la relación humedad-densidad de suelos y mezclas de suelo-agregado usando un martillo de 4.54 kg (10 lb) y una caída de 457 mm (18 pulg). Disponible en:

[https://www.academia.edu/9650084/ASTM\\_Designaci%C3%B3n\\_D1557\\_78\\_M%C3%A9todos\\_de\\_Ensayos\\_Est%C3%A1ndar\\_para\\_DETERMINAR\\_LA\\_RELACION\\_HUMEDAD\\_DENSIDAD\\_DE\\_SUELOS\\_Y\\_MEZCLAS\\_DE\\_SUELO\\_A\\_GREGADO\\_USANDO\\_UN\\_MARTILLO\\_DE\\_4#:~:text=Translate%20PDF-.ASTM%20Designaci%C3%B3n%20%3A%20D1557%2D78%20M%C3%A9todos%20de%20Ensayos%20Est%C3%A1ndar%20para%20DETERMINAR,457%20MM%20\(18%20PULG\).](https://www.academia.edu/9650084/ASTM_Designaci%C3%B3n_D1557_78_M%C3%A9todos_de_Ensayos_Est%C3%A1ndar_para_DETERMINAR_LA_RELACION_HUMEDAD_DENSIDAD_DE_SUELOS_Y_MEZCLAS_DE_SUELO_A_GREGADO_USANDO_UN_MARTILLO_DE_4#:~:text=Translate%20PDF-.ASTM%20Designaci%C3%B3n%20%3A%20D1557%2D78%20M%C3%A9todos%20de%20Ensayos%20Est%C3%A1ndar%20para%20DETERMINAR,457%20MM%20(18%20PULG).)

NORMA D1883-99. Método de prueba estándar para la CBR (relación de producción de radios de California) -I laboratorio de suelos compactados. Disponible en:

<https://pdfcoffee.com/normativa-d-1883-99-astm-4-pdf-free.html>

OJEDA Farías, Omar; BALTAZAR Zamora, Miguel; Mendoza Rangel José. Influence of sugar cane bagasse ash inclusion on compacting, cbr and unconfined compressive strength of a subgrade granular material. Artículo. Revista ALCONPAT. 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.21041/ra.v8i2.282>

PÉREZ Loayza, César. Empleo de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (cbca) como sustituto porcentual del agregado fino en la elaboración del concreto hidráulico. Tesis (Tesis para optar por el título profesional de ingeniería civil). Cajamarca: Universidad nacional de Cajamarca. 2017. Disponible en: [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1048/T016\\_44477012\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1048/T016_44477012_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

TERRONES Cruz, Andrea. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector barraza, trujillo – 2018. Tesis (Tesis para optar por el título profesional de ingeniería civil). Trujillo. 2018. Disponible en:

<https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14971>

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEF. CONCEPTUAL	DEF. OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Variable Independiente</b> Ceniza de Bagazo de Caña de azucar	La ceniza de bagazo de caña de azúcar es un subproducto de los residuos de producción de azúcar. La utilización de estas cenizas en campos diversos, como agricultura y ahora, en construcción, será de gran utilidad (Aquino, 2020). Es un subproducto de la etapa de combustión del carbón pulverizado comúnmente asociado con las plantas de generación de energía. Es un polvo de grano muy fino compuesto por silicio, aluminio y varios óxidos. (Pérez, 2014, p.33).	En los porcentajes dados de 10%, 15%, 20% de CBCA, de la muestra a estabilizar se interpretará por el método cuantitativo, lo que permitirá evaluar datos mediante una serie de patrones con el objetivo de lograr resultados numéricos		Adición de Ceniza de Bagazo de Caña de Azucar	Razón

<b>Variable Dependiente</b> Estabilización de suelo	La estabilización de suelos : es el proceso que se le da a un suelo al exponerlo a una mezcla del suelo y otro material con propiedades estabilizantes para mejorar sus propiedades físico-mecánicas. (Espinoza y Velásquez, 2018). “Es la esencia material sobre la que se trabaja, cuyas propiedades físico-químicas son de interés, principalmente las mecánicas” (Craig, Vaughan y Skinner, 2006, p.513).	Para la siguiente variable de estabilización de suelo se definió el método de operación cuantitativa aplicada donde a través de los ensayos de laboratorio se determinará las propiedades del suelo con resultados numéricos.	Propiedades Físicas	Análisis de granulometría. Análisis de plasticidad. Análisis del contenido de humedad.	Nominal
			Propiedades Mecánicas muestra patrón	Ensayo de proctor modificado Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio)	Nominal

Propiedades mecánicas con muestra y porcentajes de 10% - 15% y 20% añadidos	Ensayo de proctor modificado Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio)	Nominal
---	--	---------

			Comparación de las propiedades mecánicas de las muestras	Muestra patrón VS Muestra con CBCA	Nominal
--	--	--	--	------------------------------------	---------

## ANEXO 3

Plano de ubicación de la zona de estudio



## ANEXO 4

### Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número Mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras con IMDA mayor a 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 Calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 Calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 Calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras con IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 4 Calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 4 Calicatas x km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 6 Calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA <200 veh/día, de una calzada	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	1 calicata x km	

**Fuente:** Manual de Carreteras de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC – 2013)

## ANEXO 5

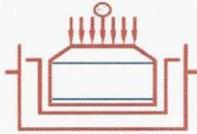
### Número de ensayos de CBR

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
<b>Autopistas: carreteras con IMDA mayor a 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li></ul>
<b>Carreteras Duales o Multicarril: carreteras con IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li><li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li></ul>
<b>Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles</b>	Cada 1 km se realizará un CBR
<b>Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles</b>	Cada 1.5 km se realizará un CBR
<b>Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles</b>	Cada 2 km se realizará un CBR
<b>Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA &lt;200 veh/día, de una calzada</b>	Cada 3 km se realizará un CBR

**Fuente:** Manual de Carreteras de “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” del Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC – 2013)

## ANEXO 6

### ENSAYOS DE LABORATORIO



**HUERTAS ESTRUCTURAS & GEOTECNIA SRL**  
Laboratorio Geotecnico, Estructural y Ensayos de Materiales de Construccion

#### CONSTANCIA DE ENSAYOS DE LABORATORIOS

El que suscribe, **ING. JOSE LUIS HUERTAS MARTELL** con CIP 99762, **GERENTE GENERAL** de la empresa **HUERTAS ESTRUCTURAS & GEOTECNIA S.R.L.** con R.U.C N.º **20607116220**, con ubicación en **URB UPAO II MZ I LT 12**, Provincia de **TRUJILLO** departamento de **LA LIBERTAD**

#### **CERTIFICA**

Que, los tesisas **GUTIERREZ MONTOYA JESUS JULINHO** y **ROMERO COSTILLA JOHAN ANDRES**, identificados con DNI N.º 70803206 - N.º 76340565 respectivamente, estudiantes de la facultad de Ingeniería Civil de la **UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**, han realizado sus ensayos de:

- Análisis de granulometría según la norma (ASTM D422, AASHTO T-88).
- Análisis de plasticidad según la norma (ASTM D423).
- Análisis del contenido de humedad (AASHTO 265, ASTM D 2216).
- Ensayo de Proctor modificado (ASTM D1557, AASHTO T180-01).
- Ensayo de CBR (Californian Bearing Ratio) (MTC E-132/ ASTM D-1883/ AASHTO T-193)

Los tesisas han realizado de manera concisa y elaborada y de acuerdo a la norma vigente los ensayos indicados en las instalaciones de nuestro laboratorio de Mecánica de suelos.

Se expide el presente certificado a solicitud de los interesados para los fines que estimen conveniente.

HUERTAS ESTRUCTURAS & GEOTECNIA SRL  
ING. JOSE LUIS HUERTAS MARTELL  
GERENTE GENERAL

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	
	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas	
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022	
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**  
(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;127. ASTM D2216)

SIMBOLO	DESCRIPCION	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Pr	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	10.3	10.6	10.5	
Prmh	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA HUMEDAD	(g)	131.1	139.1	137.0	
Prms	PESO DEL RECIPIENTE + MUESTRA SECA	(g)	125.5	132.0	120.0	
Pms	PESO DEL SUELO SECO	(g)	115.2	121.4	109.5	
Pagua	PESO DEL AGUA	%	5.6	7.1	17.1	<b>PROMEDIO</b>
w	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.9	5.9	15.6	<b>5.39</b>



	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022	
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;127. ASTM D2216)**

SIMBOLO	DESCRIPCION	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Pr	PESO DEL RECIPENTE	(g)	10.7	10.3	9.9	
Prmh	PESO DEL RECIPENTE + MUESTRA HUMEDAD	(g)	126.1	130.5	129.0	
Prms	PESO DEL RECIPENTE + MUESTRA SECA	(g)	122.7	126.8	125.6	
Pms	PESO DEL SUELO SECO	(g)	112.0	116.6	115.7	
Pagua	PESO DEL AGUA	%	3.4	3.6	3.4	<b>PROMEDIO</b>
w	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	3.0	3.1	2.9	<b>3.02</b>

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022	
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	

**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**  
**(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;127. ASTM D2216)**

SIMBOLO	DESCRIPCION	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Pr	PESO DEL RECIPE	(g)	10.2	10.2	26.9	
Prmh	PESO DEL RECIPE + MUESTRA HUMEDAD	(g)	127.5	132.4	146.3	
Prms	PESO DEL RECIPE + MUESTRA SECA	(g)	97.4	101.6	116.2	
Pms	PESO DEL SUELO SECO	(g)	87.2	91.4	89.3	
Pagua	PESO DEL AGUA	%	30.1	30.9	30.0	<b>PROMEDIO</b>
w	CONTENIDO DE HUMEDAD	%	34.5	33.8	33.6	<b>33.95</b>

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762 <b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

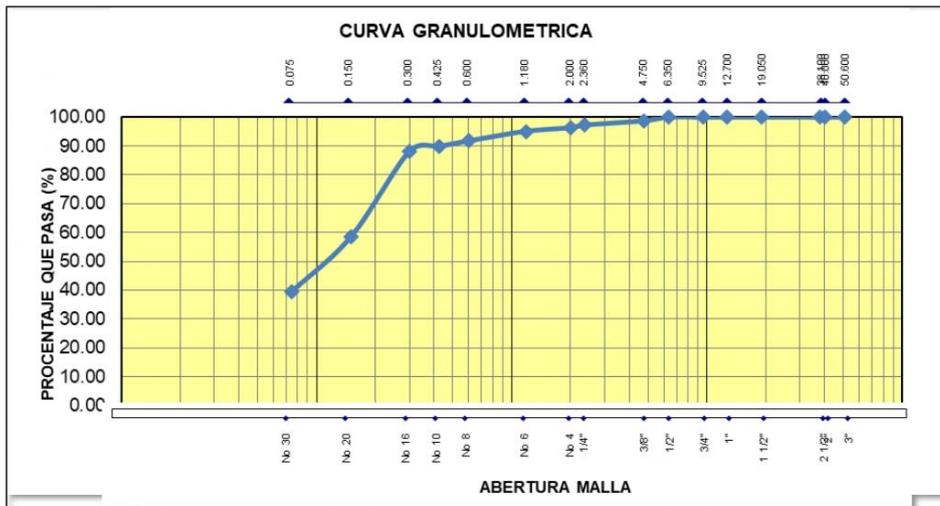
(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;128. ASTM D422)

Tamices	Abertura	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	50.6	0.000	0.000	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.000	0.000	0.00	100.00
1"	40	0.000	0.000	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.000	0.000	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.000	0.000	0.00	100.00
2/8"	9.525	0.000	0.000	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.000	0.000	0.00	100.00
N°4	4.75	6.320	1.256	1.26	98.74
N°8	2.36	7.410	1.473	2.73	97.27
N°10	2	4.640	0.922	3.65	96.35
N°16	1.18	6.210	1.235	4.89	95.11
N°30	0.6	16.880	3.356	8.24	91.76
N°40	0.425	9.500	1.889	10.13	89.87
N°50	0.3	8.160	1.622	11.75	88.25
N°100	0.15	149.840	29.789	41.54	58.46
N°200	0.075	95.240	18.934	60.48	39.52
Pasa N°200		198.800	39.523	100.00	0.00
Total		503			

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762 <b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;128. ASTM D422)



Resultados ASTM-D2487 / D3282		
Coeficiente de:	Uniformidad (Cu)	.....
	Curvatura	.....
	Grava (No 4 < Diam < 2")	1.26
	Arena (No 200 < Diam < No 4)	59.22
Clasificación:	Inicio (Diam < No 200)	39.52
	AASHTO	A4
	SUCS	ML
ES UN SUELO LIMOSO		

Nota: Los ensayos fueron realizados por los testistas.

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762 <b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;128. ASTM D422)

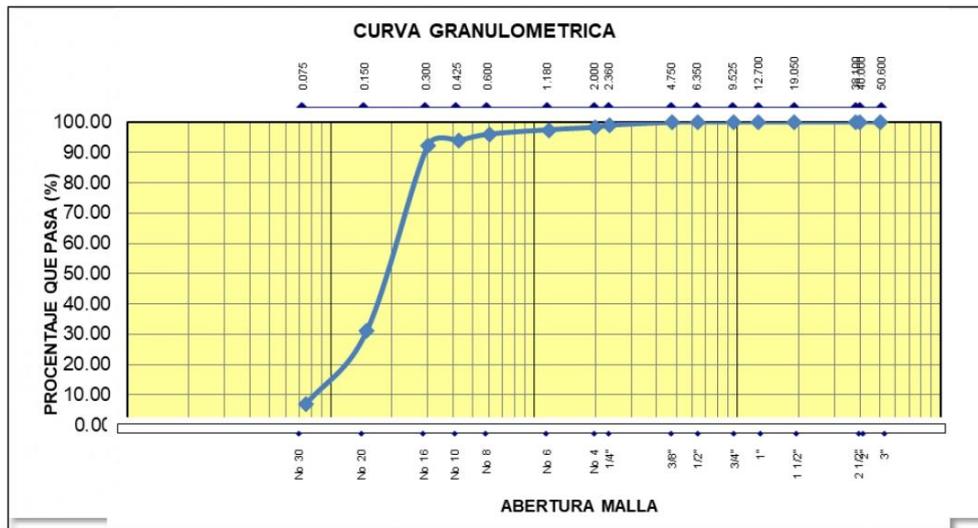
Tamices	Abertura	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	50.6	0.000	0.000	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.000	0.000	0.00	100.00
1"	40	0.000	0.000	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.000	0.000	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.000	0.000	0.00	100.00
2/8"	9.525	0.000	0.000	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.000	0.000	0.00	100.00
N°4	4.75	0.740	0.132	0.13	99.87
N°8	2.36	5.260	0.939	1.07	98.93
N°10	2	3.880	0.693	1.76	98.24
N°16	1.18	4.630	0.827	2.59	97.41
N°30	0.6	8.090	1.445	4.04	95.96
N°40	0.425	11.420	2.039	6.08	93.93
N°50	0.3	9.450	1.688	7.76	92.24
N°100	0.15	342.920	61.236	69.00	31.00
N°200	0.075	135.720	24.236	93.23	6.77
Pasa N°200		37.890	6.766	100.00	
Total		560			

Nota: Los ensayos fueron realizados por los tesistas.

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;128. ASTM D422)



Nota: Los ensayos fueron realizados por los tesistas.

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

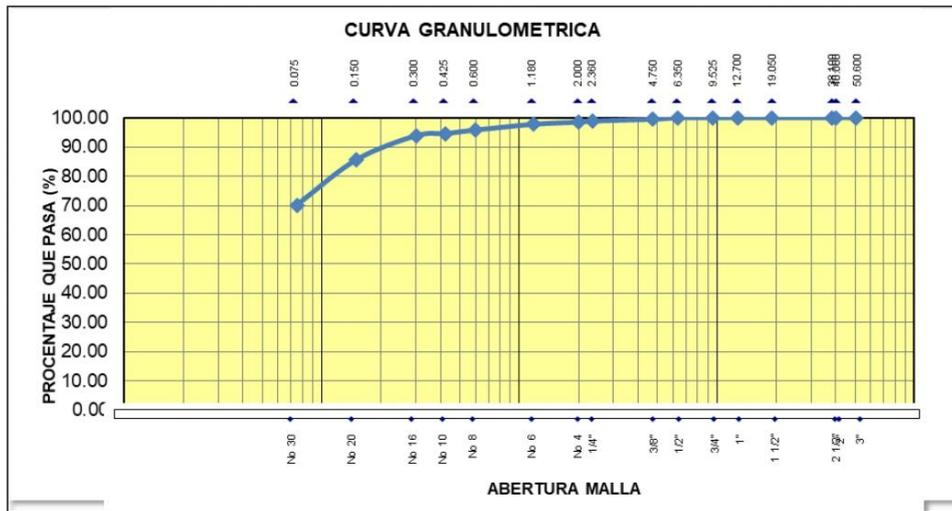
**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;128. ASTM D422)

Tamices	Abertura	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	% Que Pasa
2"	50.6	0.000	0.000	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.000	0.000	0.00	100.00
1"	40	0.000	0.000	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.000	0.000	0.00	100.00
1/2"	12.7	0.000	0.000	0.00	100.00
2/8"	9.525	0.000	0.000	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.000	0.000	0.00	100.00
N°4	4.75	2.410	0.482	0.48	99.52
N°8	2.36	3.220	0.644	1.13	98.87
N°10	2	1.790	0.358	1.48	98.52
N°16	1.18	3.660	0.732	2.22	97.78
N°30	0.6	9.900	1.980	4.20	95.80
N°40	0.425	5.810	1.162	5.36	94.64
N°50	0.3	3.980	0.796	6.15	93.85
N°100	0.15	41.220	8.244	14.40	85.60
N°200	0.075	77.520	15.504	29.90	70.10
Pasa N°200		350.490	70.098	100.00	
Total		500			

Nota: Los ensayos fueron realizados por los tesistas.

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;128. ASTM D422)



Resultados ASTM-D2487 / D3282		
Coeficiente de :	Uniformidad (Cu)	.....
	Curvatura	.....
	Grava (No 4 < Diam < 2")	0.48
	Arena (No 200 < Diam < No 4)	29.42
Clasificación:	Inicio (Diam < No 200)	70.1
	AASHTO	A4
	SUCS	ML
ES UN SUELO LIMOSO		

Nota: Los ensayos fueron realizados por los tesistas.

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	
	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas	
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022	
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	

### **ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**

**(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;129. ASTM D4318-84)**

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318)				
N° RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		20	26	30
PESO DE RECIPIENTE	(g)	27.79	28.22	35.03
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	39.19	41.57	45.42
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	37.52	39.79	43.96
PESO DEL AGUA	(g)	1.67	1.78	1.46
PESO DEL SUELO SECO	(g)	9.73	11.57	8.93
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	17.16	15.38	16.35
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	16.30		

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318)			
N° RECIPIENTE		1	2
PESO DE RECIPIENTE	(g)	21.1	25.36
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	22.92	27.32
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	22.69	27.02
PESO DEL AGUA	(g)	0.23	0.3
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.59	1.66
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	14.47	18.07
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	10.85	

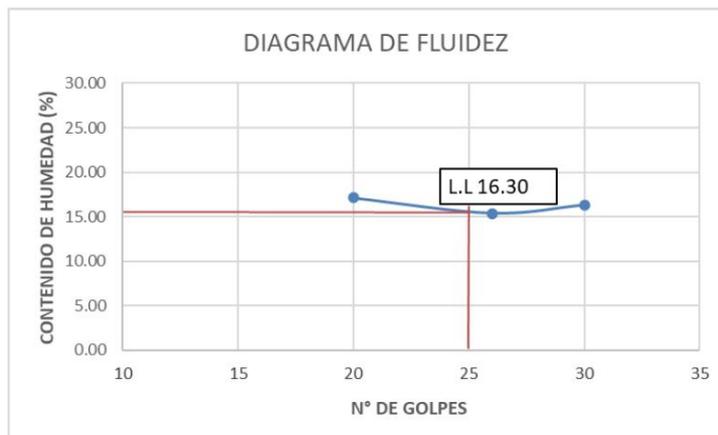
Nota: Los ensayos fueron realizados por los tesistas.



	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

### ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;129. ASTM D4318-84)



Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido	16.30
Límite Plástico	10.85
Índice de Plasticidad	5.45

Nota: Los ensayos fueron realizados por los tesistas.



	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	
	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas	
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022	
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	

**ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG**  
(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;129. ASTM D4318-84)

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM-D4318)				
Nº RECIPIENTE		1	2	3
NÚMERO DE GOLPES		16	24	28
PESO DE RECIPIENTE	(g)	23.13	26.13	24.69
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	40.08	44.29	34.1
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	36.87	40.91	32.42
PESO DEL AGUA	(g)	3.21	3.38	1.68
PESO DEL SUELO SECO	(g)	13.74	14.78	7.73
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.36	22.87	21.73
LÍMITE LÍQUIDO	(%)	22.65		

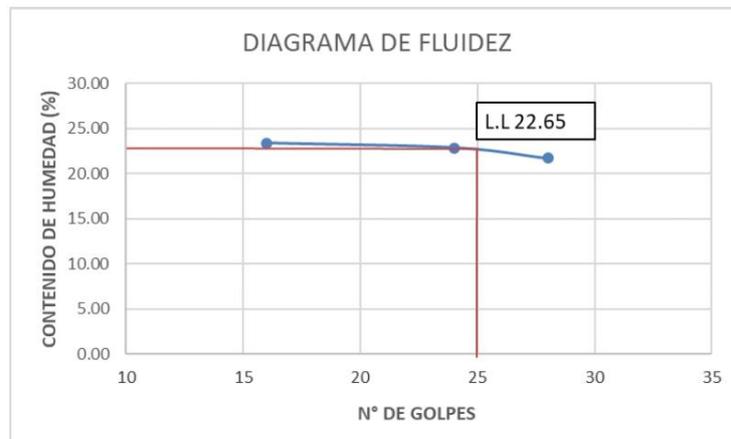
LÍMITE PLÁSTICO (ASTM-D4318)			
Nº RECIPIENTE		1	2
PESO DE RECIPIENTE	(g)	13.87	13.76
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	15.82	16.49
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	15.45	15.94
PESO DEL AGUA	(g)	0.37	0.55
PESO DEL SUELO SECO	(g)	1.58	2.18
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.42	25.23
LÍMITE PLÁSTICO	(%)	16.22	

Nota: Los ensayos fueron realizados por los tesistas.

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN EL DISTRITO DE PAIJÁN – ASCOPE - LA LAIBERTAD – 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762 <b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

### ENSAYO DE LÍMITE DE ATTERBERG

(NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 339;129. ASTM D4318-84)



Límites de Consistencia ASTM-D427	
ASTM-D4318	
Límite Líquido	22.65
Límite Plástico	16.22
Índice de Plasticidad	6.44

Nota: Los ensayos fueron realizados por los tesistas.

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR PAIJAN, ASCOPE, LA LAIBERTAD 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas <b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

Tipo de prueba: Proctor Modificado  
N° de capas: 5 N° de golpes/capa: 25  
Volumen del molde (cm3): 867.4

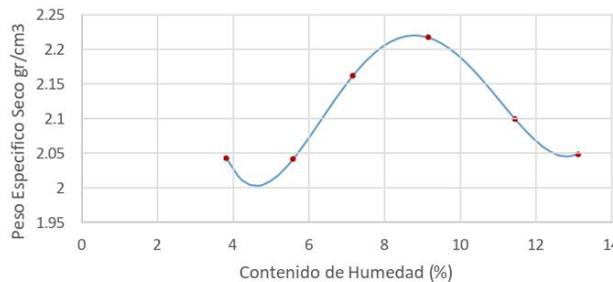
**CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA N°	1	2	3	4	5	6
Masa de la tara + suelo húmedo	92.66	78.93	67.30	45.05	79.50	62.90
Masa de la tara + suelo seco	90.25	75.27	63.49	42.12	72.41	56.78
Masa del agua	2.41	3.66	3.81	2.93	7.09	6.12
Masa de la tara	27.77	10.20	10.59	10.27	10.73	10.29
Masa del suelo seco	62.48	65.07	52.90	31.85	61.68	46.49
contenido de humedad (%)	3.86	5.62	7.20	9.20	11.49	13.16

**CALCULO DE PESO ESPECIFICO SECO**

N° DE PRUEBA	1	2	3	4	5	6
Masa del suelo + molde (gr)	3830	3860	4000	4090	4020	4000
Masa del molde (gr)	1990	1990	1990	1990	1990	1990
Masa del suelo en molde (gr)	1840	1870	2010	2100	2030	2010
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.1211817	2.1557662	2.3171605	2.4209139	2.3402168	2.3171605
Densidad seca (gr/cm3)	2.0424015	2.0409677	2.1614846	2.2169669	2.0989468	2.0476105

**Método de la Ecuación Polinómica**



<b>RESULTADO PROCTOR C-1:</b>	
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	6.68 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (gr/cm3):	2.22 gr/cm3

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PAIJAN, ASCOPE, LA LAIBERTAD 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022	
<b>CALICATA:</b> C-01 (10% de cenizas)	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	

Tipo de prueba: Proctor Modificado  
 N° de capas: 5      N° de golpes/capa: 25  
 Volumen del molde (cm3): 867.4

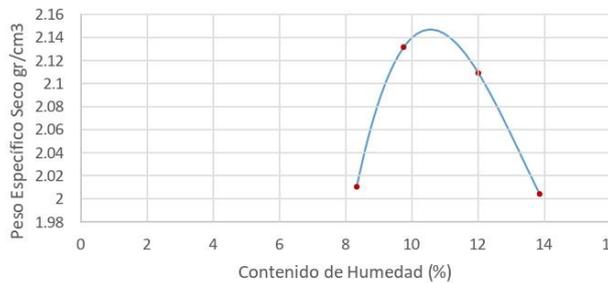
**CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA N°	1	2	3	4
Masa de la lata + suelo húmedo	48.24	67.46	55.77	67.35
Masa de la lata + suelo seco	46.53	64.60	52.81	61.95
Masa del agua	1.71	2.86	2.96	5.40
Masa de la lata	26.13	35.42	28.27	23.13
Masa del suelo seco	20.40	29.18	24.54	38.82
contenido de humedad (%)	8.38	9.80	12.06	13.91

**CALCULO DE PESO ESPECIFICO SECO**

N° DE PRUEBA	1	2	3	4
Masa del suelo + molde (gr)	3880	4020	4040	3970
Masa del molde (gr)	1990	1990	1990	1990
Masa del suelo en molde (gr)	1890	2030	2050	1980
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.1788225	2.3402168	2.3632731	2.282576
Densidad seca (gr/cm3)	2.0103112	2.131321	2.108899	2.0038354

**Método de la Ecuación Polinómica**



*[Handwritten signature]*

<b>RESULTADO:</b>	
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	10.61 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (gr/cm3):	2.14684 gr/cm3

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PAIJAN, ASCOPE, LA LAIBERTAD 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762 <b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01 (15% de cenizas)	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

Tipo de prueba:	Proctor Modificado
N° de capas:	5    N° de golpes/capa:    25
	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ):    867.4

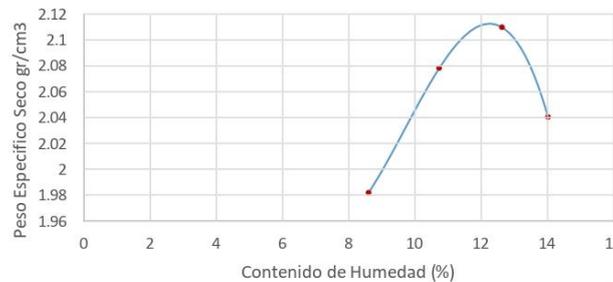
#### CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Masa de la lata + suelo humedo	45.38	47.35	58.42	50.63
Masa de la lata + suelo seco	42.62	43.87	54.70	47.00
Masa del agua	2.76	3.48	3.72	3.63
Masa de la lata	10.73	11.61	25.36	21.21
Masa del suelo seco	31.89	32.26	29.34	25.79
contenido de humedad (%)	8.65	10.79	12.68	14.08

#### CALCULO DE PESO ESPECIFICO SECO

N° DE PRUEBA	1	2	3	4
Masa del suelo + molde (gr)	3858	3987	4052	4009
Masa del molde (gr)	1990	1990	1990	1990
Masa del suelo en molde (gr)	1868	1997	2062	2019
Densidad humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.1534606	2.3021739	2.3771069	2.3275358
Densidad seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.9819295	2.0780114	2.1096285	2.0403518

#### Método de la Ecuación Polinómica



RESULTADO:	
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	12.3 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (gr/cm <sup>3</sup> ):	2.11239 gr/cm <sup>3</sup>

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PAIJAN, ASCOPE, LA LAIBERTAD 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762 <b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01 (20% de cenizas)	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

Tipo de prueba:	Proctor Modificado
N° de capas:	5    N° de golpes/capa: 25
	Volumen del molde (cm3): 867.4

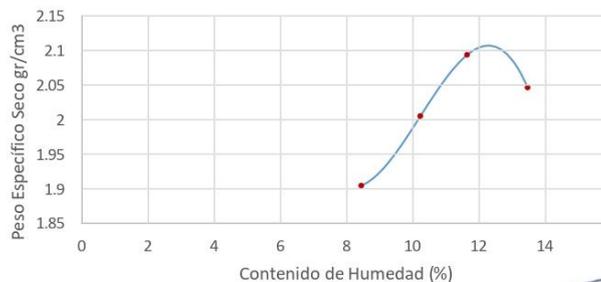
#### CALCULO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA N°	1	2	3	4
Masa de la lata + suelo humedo	41.77	45.29	40.48	48.58
Masa de la lata + suelo seco	39.33	42.05	37.32	44.02
Masa del agua	2.44	3.24	3.16	4.56
Masa de la lata	10.59	10.53	10.27	10.29
Masa del suelo seco	28.74	31.52	27.05	33.73
contenido de humedad (%)	8.49	10.28	11.68	13.52

#### CALCULO DE PESO ESPECIFICO SECO

N° DE PRUEBA	1	2	3	4
Masa del suelo + molde (gr)	3782	3908	4018	4005
Masa del molde (gr)	1990	1990	1990	1990
Masa del suelo en molde (gr)	1792	1918	2028	2015
Densidad humeda (gr/cm3)	2.0658466	2.2111014	2.3379112	2.3229246
Densidad seca (gr/cm3)	1.9041831	2.0050033	2.093363	2.0462848

#### Método de la Ecuación Polinómica



RESULTADO:	
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	12.33 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (gr/cm3):	2.10708 gr/cm3

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PAIJAN, ASCOPE, LA LAIBERTAD 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	

#### a) Ensayo preliminar de Proctor Modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.22
Óptimo Contenido de Humedad (%)	6.68

#### b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°	IV	VI	V
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes por Capa	56	25	12
1 Peso del molde + Suelo compactado (gr)	13614.00	13111.00	12660.00
2 Peso del molde (gr)	9202.00	8958.00	8735.00
3 Peso del Suelo Compactado (gr)	4412.00	4153.00	3925.00
4 Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	3180.86	3180.86	3180.86
5 Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.39	1.31	1.23

#### c) Contenido de Humedad

Tara N°	V	VI	IV
6 Peso de la Tara (gr)	36.72	10.27	10.29
7 Peso de la Tara + Suelo Húmedo (gr)	121.07	54.90	57.09
8 Peso de la Tara + Suelo Seco (gr)	110.34	50.31	51.67
9 Peso del agua (gr)	10.73	4.59	5.42
10 Peso del suelo seco (gr)	73.62	40.04	41.38
11 Contenido de Humedad (%)	14.57	11.46	13.10
12 Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.21	1.17	1.09

#### d) Determinación de la Expansión

Tiempo (Hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	57.00	1.447	1.14	105.00	1.050	0.83	125.50	1.26	0.99
48	69.00	1.752	0.24	168.50	1.685	0.50	141.50	1.42	0.13

72	117.00	2.971	0.96	188.50	1.885	0.16	184.00	1.84	0.33
Total	% Expansión		2.34	% Expansión		1.48	% Expansión		1.45

**e) Ensayo de Penetración**

Penetración Deformación Rd	Penetración Pulgadas (pulg)	Molde N° 4 (56 golpes)			Molde N° 6 (25 golpes)			Molde N° 5 (12 golpes)		
		Ensayo de Carga			Ensayo de Carga			Ensayo de Carga		
		Kg	lbs	lbs/pulg2	Kg	lbs	lbs/pulg2	Kg	lbs	lbs/pulg2
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.02	3.00	6.61	2.11	4.60	10.14	3.23	2.90	6.39	2.04
40	0.04	8.10	17.86	5.68	8.50	18.74	5.96	4.40	9.70	3.09
60	0.06	15.10	33.29	10.60	15.10	33.29	10.60	6.60	14.55	4.63
80	0.08	26.20	57.76	18.39	22.90	50.49	16.07	9.60	21.16	6.74
100	0.10	39.90	87.96	28.00	33.70	74.30	23.65	14.30	31.53	10.04
120	0.12	57.20	126.10	40.14	43.80	96.56	30.74	18.00	39.68	12.63
160	0.16	89.90	198.20	63.09	64.40	141.98	45.19	25.90	57.10	18.18
200	0.20	115.30	254.19	80.91	79.10	174.39	55.51	33.10	72.97	23.23
240	0.24	141.60	312.17	99.37	91.50	201.72	64.21	39.00	85.98	27.37
300	0.30	175.60	387.13	123.23	108.10	238.32	75.86	46.10	101.63	32.35
360	0.36	209.10	460.99	146.74	121.40	267.64	85.19	54.00	119.05	37.89
400	0.40	233.30	514.34	163.72	133.30	293.88	93.54	58.00	127.87	40.70
500	0.50	306.80	676.38	215.30	166.60	367.29	116.91	71.90	158.51	50.46

56

$$\text{CBR (0.1")} = \frac{28.00 \times 100}{1000} = 2.8 \%$$

$$\text{CBR (0.2")} = \frac{80.91 \times 100}{1500} = 5.394 \%$$

25

$$\text{CBR (0.1")} = \frac{23.65 \times 100}{1000} = 2.365 \%$$

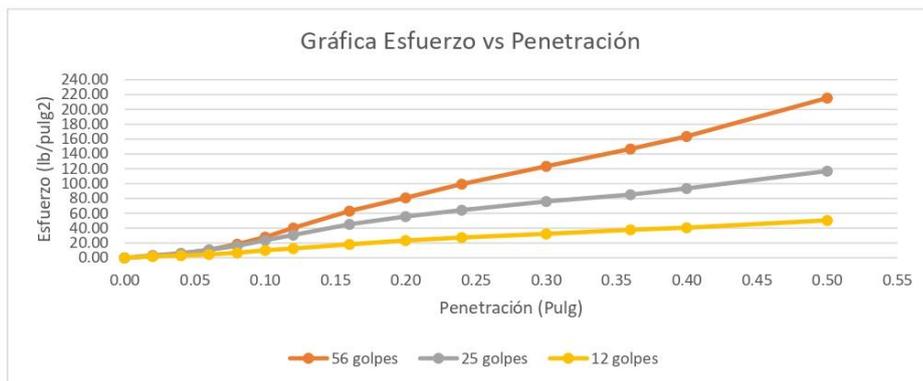
$$\text{CBR (0.2")} = \frac{55.51 \times 100}{1500} = 3.70 \%$$

12

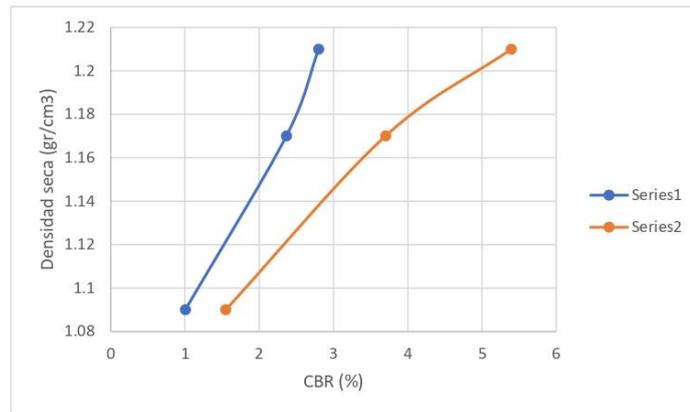
$$\text{CBR (0.1")} = \frac{10.04 \times 100}{1000} = 1.004 \%$$

$$\text{CBR (0.2")} = \frac{23.23 \times 100}{1500} = 1.548 \%$$

INGENIERIA CIVIL Y GEOTECNICA  
 ING. OSCAR LUIS MARTINEZ  
 DIRECTOR GENERAL



Molde	CBR (%)	DS(gr/cm3)	CBR (%)	DS(gr/cm3)
56 Golpes	2.8	1.21	5.394	1.21
25 Golpes	2.365	1.17	3.7	1.17
10 Golpes	1.004	1.09	1.548	1.09



Calicata C-1		CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds 100%	1.179	2.48	3.81
95% Max Ds	1.12	1.59	2.4
CBR DISEÑO		1.59%	

INSTITUTO NACIONAL DE EXPERIMENTACIÓN Y BIODIVERSIDAD  
 INIA  
 DIRECCIÓN GENERAL

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PAIJAN, ASCOPE, LA LAIBERTAD 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01 (10% de cenizas)	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m	

#### a) Ensayo preliminar de Proctor Modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.986
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.64

#### b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°	III	I	II
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes por Capa	56	25	12
1 Peso del molde + Suelo compactado (gr)	12710.00	12060.00	12416.00
2 Peso del molde (gr)	8493.00	7969.00	8512.00
3 Peso del Suelo Compactado (gr)	4217.00	4091.00	3904.00
4 Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	3180.86	3180.86	3180.86
5 Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.33	1.29	1.23

#### c) Contenido de Humedad

Tara N°	II	I	III
6 Peso de la Tara (gr)	10.59	10.29	10.27
7 Peso de la Tara + Suelo Húmedo (gr)	37.28	36.8	39.02
8 Peso de la Tara + Suelo Seco (gr)	32.92	32.75	35.21
9 Peso del agua (gr)	4.36	4.05	3.81
10 Peso del suelo seco (gr)	22.33	22.46	24.94
11 Contenido de Humedad (%)	19.525	18.032	15.277
12 Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.109	1.090	1.065

#### d) Determinación de la Expansión

Tiempo (Hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	206.20	2.062	1.62	71.00	1.803	1.42	150.00	1.50	1.18
48	247.30	2.473	0.32	77.00	1.956	0.12	163.00	1.63	0.10
72	252.50	2.525	0.04	82.00	2.083	0.10	171.00	1.71	0.06

Total	% Expansión	1.99	% Expansión	1.64	% Expansión	1.35
-------	-------------	------	-------------	------	-------------	------

**e) Ensayo de Penetración**

Penetración Deformación Rd	Penetración Pulgadas (pulg)	Molde N° 4 (56 golpes)			Molde N° 6 (25 golpes)			Molde N° 5 (12 golpes)		
		Ensayo de Carga			Ensayo de Carga			Ensayo de Carga		
		Kg	lbs	lbs/pulg2	Kg	lbs	lbs/pulg2	Kg	lbs	lbs/pulg2
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.02	9.70	21.38	6.81	6.40	14.11	4.49	9.40	20.72	6.60
40	0.04	20.10	44.31	14.11	14.20	31.31	9.96	22.60	49.82	15.86
60	0.06	32.40	71.43	22.74	24.10	53.13	16.91	34.10	75.18	23.93
80	0.08	48.80	107.59	34.25	36.30	80.03	25.47	44.90	98.99	31.51
100	0.10	65.50	144.40	45.96	51.20	112.88	35.93	57.10	125.88	40.07
120	0.12	85.10	187.61	59.72	70.10	154.54	49.19	67.20	148.15	47.16
160	0.16	133.10	293.43	93.40	101.20	223.11	71.02	85.90	189.38	60.28
200	0.20	177.10	390.44	124.28	135.00	297.62	94.74	101.40	223.55	71.16
240	0.24	218.00	480.61	152.98	168.20	370.82	118.03	119.10	262.57	83.58
300	0.30	281.10	619.72	197.26	207.10	456.58	145.33	137.10	302.25	96.21
360	0.36	331.60	731.05	232.70	246.10	542.56	172.70	155.90	343.70	109.40
400	0.40	364.00	802.48	255.44	267.10	588.85	187.44	165.10	363.98	115.86
500	0.50	448.30	988.33	314.60	328.00	723.12	230.18	189.40	417.56	132.91

56

$$\text{CBR (0.1")} = \frac{45.96 \times 100}{1000} = 4.596 \%$$

$$\text{CBR (0.2")} = \frac{124.28 \times 100}{1500} = 8.285 \%$$

25

$$\text{CBR (0.1")} = \frac{35.93 \times 100}{1000} = 3.593 \%$$

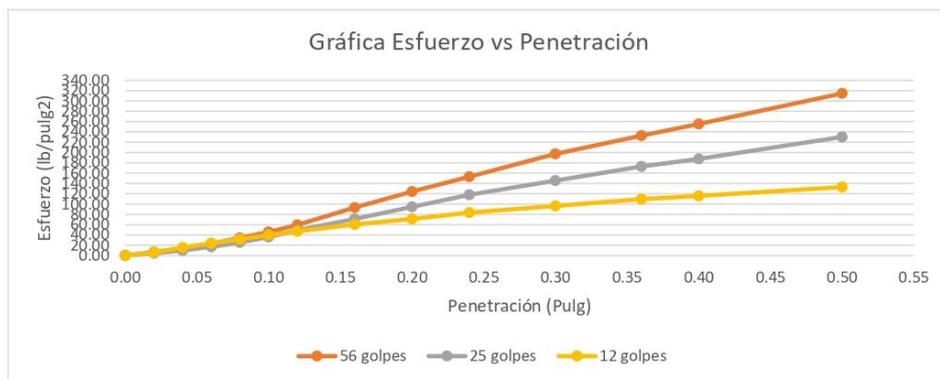
$$\text{CBR (0.2")} = \frac{94.74 \times 100}{1500} = 6.316 \%$$

12

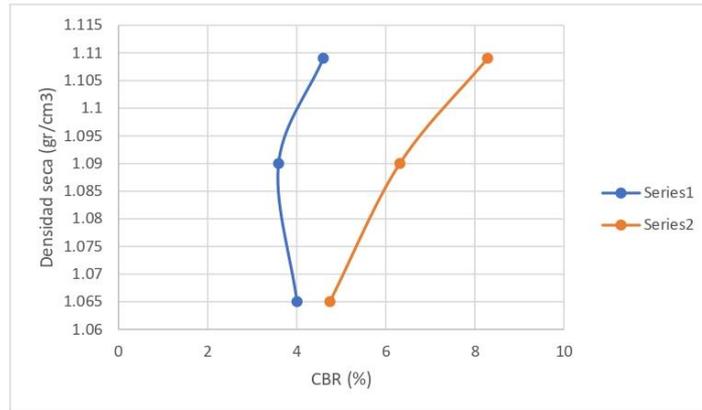
$$\text{CBR (0.1")} = \frac{40.07 \times 100}{1000} = 4.007 \%$$

$$\text{CBR (0.2")} = \frac{71.16 \times 100}{1500} = 4.744 \%$$

INGENIERO CIVIL GENERAL



Molde	CBR (%)	DS(gr/cm3)	CBR (%)	DS(gr/cm3)
56 Golpes	4.596	1.109	8.285	1.109
25 Golpes	3.593	1.09	6.316	1.09
10 Golpes	4.007	1.065	4.744	1.065



C-1 (10% Ceniza)		CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds 100%	1.098	3.89	6.41
95% Max Ds	1.02	3.54	4.26
CBR DISEÑO		3.54%	

ALBERTO LUIS MARTINEZ & GEOLOGIA S.A.  
 ING. ALBERTO LUIS MARTINEZ  
 INGENIERO GENERAL

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PAIJAN, ASCOPE, LA LAIBERTAD 2022.</b>
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762 <b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022
<b>CALICATA:</b> C-01 (15% de cenizas)	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m

#### a) Ensayo preliminar de Proctor Modificado

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.147
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.30

#### b) Compactación de los moldes CBR

Molde N°	V	IV	VI
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes por Capa	56	25	12
1 Peso del molde + Suelo compactado (gr)	13122.00	13455.00	13055.00
2 Peso del molde (gr)	8735.00	9202.00	8958.00
3 Peso del Suelo Compactado (gr)	4387.00	4253.00	4097.00
4 Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	3180.86	3180.86	3180.86
5 Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.38	1.34	1.29

#### c) Contenido de Humedad

Tara N°	V	VI	IV
6 Peso de la Tara (gr)	26.90	10.27	35.42
7 Peso de la Tara + Suelo Húmedo (gr)	61.47	60.45	61.47
8 Peso de la Tara + Suelo Seco (gr)	58.50	52.30	56.10
9 Peso del agua (gr)	2.97	8.15	5.37
10 Peso del suelo seco (gr)	31.60	42.03	20.68
11 Contenido de Humedad (%)	9.40	19.39	25.97
12 Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.22	1.16	1.02

#### d) Determinación de la Expansión

Tiempo (Hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	35.00	0.350	0.28	7.60	0.193	0.15	19.00	0.19	0.15
48	46.00	0.460	0.09	14.20	0.361	0.13	32.50	0.33	0.11
72	56.60	0.566	0.08	18.70	0.475	0.09	39.00	0.39	0.05
Total		% Expansión	0.45		% Expansión	0.37		% Expansión	0.31

Penetración Deformación Rd	Penetración Pulgadas (pulg)	Molde N° 5 (56 golpes)			Molde N° 4 (25 golpes)			Molde N° 6 (12 golpes)		
		Ensayo de Carga			Ensayo de Carga			Ensayo de Carga		
		Kg	lbs	lbs/pulg2	Kg	lbs	lbs/pulg2	Kg	lbs	lbs/pulg2
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20	0.02	2.40	5.29	1.68	3.70	8.16	2.60	13.20	29.10	9.26
40	0.04	24.40	53.79	17.12	18.20	40.12	12.77	44.40	97.89	31.16
60	0.06	78.80	173.72	55.30	56.90	125.44	39.93	72.60	160.06	50.95
80	0.08	124.70	274.92	87.51	109.30	240.96	76.70	103.40	227.96	72.56
100	0.10	183.10	403.67	128.49	164.40	362.44	115.37	114.40	252.21	80.28
120	0.12	243.30	536.38	170.74	226.70	499.79	159.09	134.40	296.30	94.32
160	0.16	353.90	780.22	248.35	318.60	702.39	223.58	162.40	358.03	113.96
200	0.20	448.80	989.43	314.95	372.00	820.12	261.05	207.90	458.34	145.89
240	0.24	548.50	1209.23	384.91	402.60	887.58	282.53	243.40	536.60	170.81
300	0.30	677.20	1492.97	475.23	450.20	992.52	315.93	318.40	701.95	223.44
360	0.36	776.30	1711.45	544.77	542.20	1195.34	380.49	352.10	776.25	247.09
400	0.40	846.20	1865.55	593.82	633.30	1396.19	444.42	369.10	813.73	259.02
500	0.50	967.90	2133.85	679.23	859.70	1895.31	603.30	421.50	929.25	295.79

**e) Ensayo de Penetración**

56

$$\text{CBR (0.1")} = \frac{128.49 \times 100}{1000} = 12.849\%$$

$$\text{CBR (0.2")} = \frac{314.95 \times 100}{1500} = 20.99\%$$

25

$$\text{CBR (0.1")} = \frac{115.37 \times 100}{1000} = 11.537\%$$

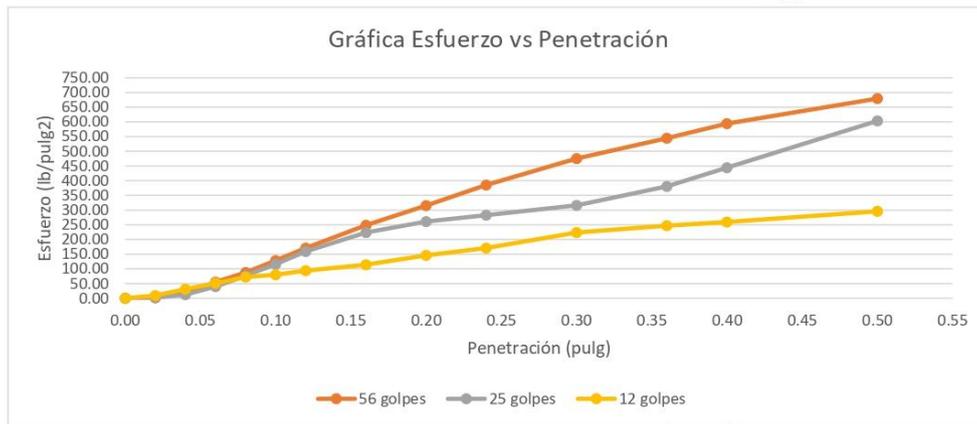
$$\text{CBR (0.2")} = \frac{261.05 \times 100}{1500} = 17.40\%$$

12

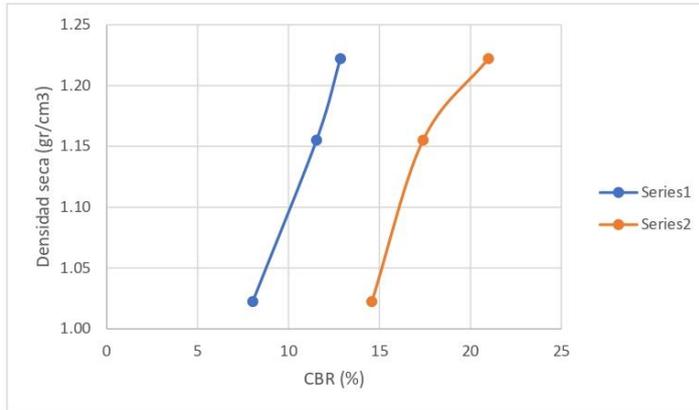
$$\text{CBR (0.1")} = \frac{80.28 \times 100}{1000} = 8.028\%$$

$$\text{CBR (0.2")} = \frac{145.89 \times 100}{1500} = 14.589\%$$

Ing. Luis Humberto Martell
   
 Ingeniero General



Molde	CBR (%)	DS(gr/cm3)	CBR (%)	DS(gr/cm3)
56 Golpes	12.849	1.22	20.99	1.22
25 Golpes	11.537	1.16	17.4	1.16
10 Golpes	8.028	1.02	14.58	1.02



C-1 (15% DE CENIZA)		CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds 100%	1.174	12.31	18.2
95% Max Ds	1.115	11.43	16.9
CBR DISEÑO		11.43%	

HUBO CONSULTORES Y GEOTECNICOS S.A.  
 ING. JOSE LUIS HUERTAS MARTELL  
 DIRECTOR GENERAL

	<b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b>	
	<b>ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL</b>	
	<b>TESIS: ESTABILIZACION DE SUELOS CON CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PAIJAN, ASCOPE, LA LAIBERTAD 2022.</b>	
<b>TESISTAS:</b> Gutiérrez Montoya Jesús Julinho Romero Costilla Johan Andrés	<b>JEFE DE LABORATORIO:</b> Ing. José Luis Huertas Martell CIP: 99762	<b>LUGAR:</b> Geotecnia y Estructuras Huertas
<b>ASESORES:</b> Ing. Farfán Córdova, Marlon Ing. Meza Rivas, Jorge	<b>FECHA:</b> 15/06/2022	<b>PROFUNDIDAD:</b> 1.50m
<b>CALICATA:</b> C-01 (20% de cenizas)		

**a) Ensayo preliminar de Proctor Modificado**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.107
Óptimo Contenido de Humedad (%)	12.33

**b) Compactación de los moldes CBR**

Molde N°	2	1	3
N° de Capas	5	5	5
N° de Golpes por Capa	56	25	12
1 Peso del molde + Suelo compactado (gr)	12953.00	12676.00	11857.00
2 Peso del molde (gr)	8512.00	7696.00	8493.00
3 Peso del Suelo Compactado (gr)	4441.00	4980.00	3364.00
4 Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	3180.86	3180.86	3180.86
5 Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.40	1.57	1.06

**c) Contenido de Humedad**

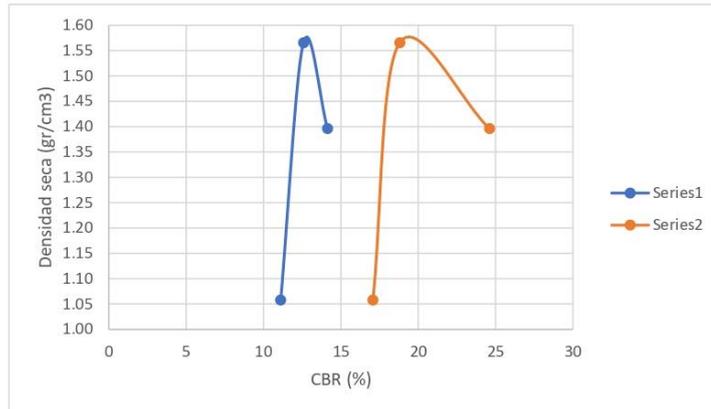
Tara N°	II	I	III
6 Peso de la Tara (gr)	10.59	10.29	10.27
7 Peso de la Tara + Suelo Húmedo (gr)	37.28	36.8	39.02
8 Peso de la Tara + Suelo Seco (gr)	32.92	32.75	35.21
9 Peso del agua (gr)	4.36	4.05	3.81
10 Peso del suelo seco (gr)	22.33	22.46	24.94
11 Contenido de Humedad (%)	19.525	18.032	15.277
12 Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.109	1.090	1.065

**d) Determinación de la Expansión**

Tiempo (Hrs)	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
24	28.60	0.286	0.23	32.60	0.828	0.65	27.60	0.28	0.22
48	37.30	0.373	0.07	45.20	1.148	0.25	36.40	0.36	0.07



Molde	CBR (%)	DS(gr/cm3)	CBR (%)	DS(gr/cm3)
56 Golpes	14.133	1.40	24.6	1.40
25 Golpes	12.582	1.57	18.8	1.57
10 Golpes	11.109	1.06	17.07	1.06



C-1 (20% DE CENIZA)	CBR 0.1"	CBR 0.2"
Max Ds 100%	1.601	13.24
95% Max Ds	1.52	12.57
CBR DISEÑO	12.57%	

INGENIERO EN GEOTECNIA  
 ING. JOSÉ LUIS MARTÍNEZ MARTÍNEZ  
 PARTE GENERAL

## ANEXO 8

### FOTOGRAFÍAS DE EXCAVACIÓN DE CALICATAS



Excavación de la calicata C-1



Calicata C-1 a 1.50m de profundidad



Muestras tomadas de C-1



Tesista Gutiérrez luego de la excavación y toma de muestras de C-1



Tesista Romero luego de la excavación y toma de muestras de C-1



Tesista Romero tomando muestras de C-1



Excavación de la calicata C-2



Tesista Gutiérrez con muestras tomadas de la C-2



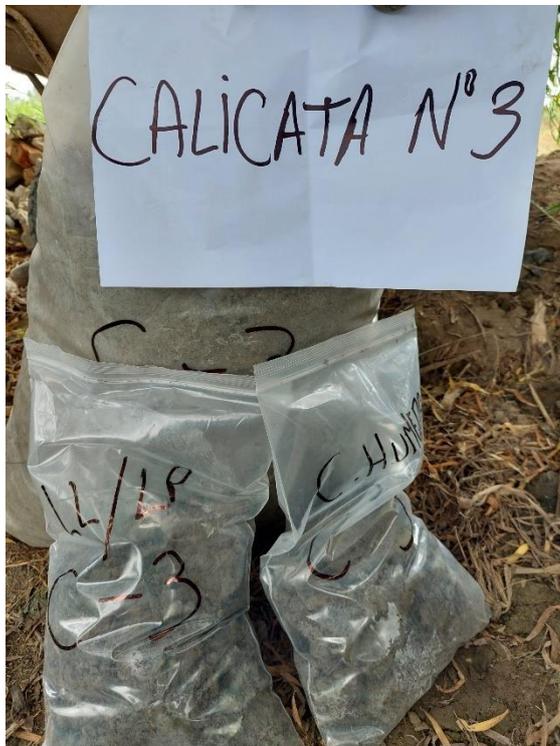
Muestras extraídas de la calicata C-2



Tesista Romero con muestras extraídas de C-2



Tesista Gutiérrez extrayendo muestras de la calicata C-3



Muestras extraídas de la calicata C-3



Tesista Romero con muestras extraídas de C-3

## ANEXO 8

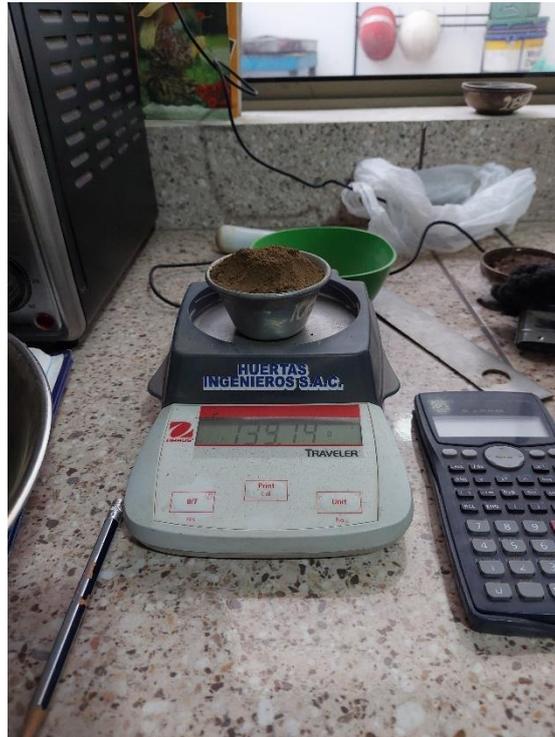
### FOTOGRAFIAS DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Tesista Romero preparando la muestra para ensayo de contenido de humedad



Tesista Gutiérrez preparando las taras para ensayo de contenido de humedad.



Pesaje de las taras con las muestras para ensayo de contenido de humedad.



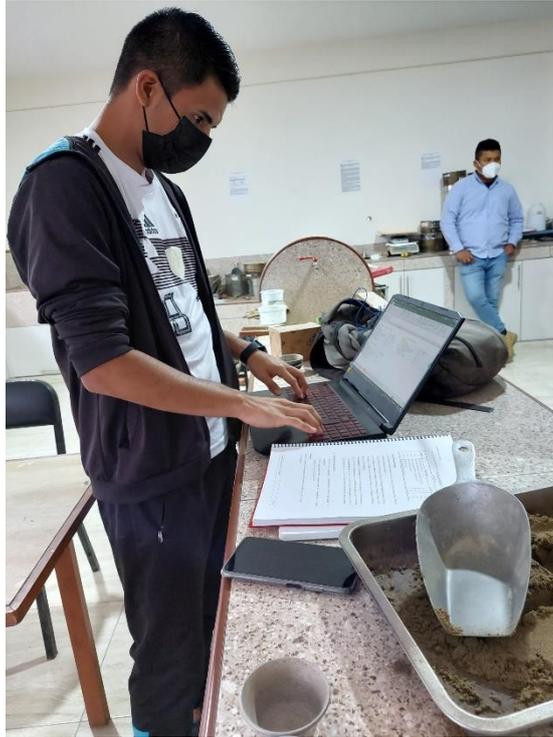
Tesista Gutiérrez secando la muestra tomada para el ensayo de granulometría de la calicata C-1.



Tesista Gutiérrez secando la muestra tomada para el ensayo de granulometría de la calicata C-2



Pesaje de muestra de C-1 para ensayo de granulometría



Tesista Gutiérrez apuntando los datos obtenidos durante los ensayos en las tablas elaboradas.



Muestra seca tamizada por la malla N°4



Enrasado de la muestra de CBR.



Adición del porcentaje de 10% de cenizas para proctor modificado



Ensayo de Proctor con un porcentaje de cenizas añadido



Preparación de mezcla con ceniza para ensayo de CBR



Ensayo de expansión de las muestras de CBR



Colocación del molde para el ensayo de penetración.



Aplicación de carga para el ensayo de penetración