



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Influencia del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista-Carabayllo 2021”

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

Ingeniera Civil

**AUTORA:**

Jibaja Ocaña, Geraldine Guadalupe (ORCID: 0000-0002-7676-8193)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo dedico en primer lugar a Dios, por acompañarme y siempre levantarme de mis tropiezos, a mis padres que con su esfuerzo y sacrificio pudieron darme una carrera para nuestro futuro, por creer en mi capacidad y brindarme siempre su apoyo, sus consejos para ser una mejor persona, a mis hermanos por sus palabras y compañía, a mi pareja por sus palabras y brindarme el tiempo necesario para hacerme profesional , a todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron para lograr cumplir una de mis metas.

## **AGRADECIMIENTO**

En primera instancia, agradezco a Dios por brindarme la fortaleza para seguir adelante permitirme tener y disfrutar de mi familia

A mis padres por su constante apoyo en cada decisión y acompañarme en este camino de trabajo y superación, por permitirme cumplir una de mis metas.

A mis hermanos y mi pareja por su confianza y sus palabras de motivación

A mi asesor temático de la presente tesis al Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo, por su apoyo, paciencia, y su gran disponibilidad para atender nuestras dudas durante el ciclo académico.

Para finalizar, agradezco a los docentes, a mis amistades que fueron parte de mi aprendizaje profesional, en las que se compartió conocimientos y experiencia a lo largo de la carrera de Ingeniería Civil.

## Índice de Contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de gráficos y figuras .....	vi
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	6
III. METODOLOGÍA .....	19
3.1 Tipo de Investigación .....	19
3.2 Variables Operacionalización .....	20
3.3 Población, muestra y muestreo .....	22
3.5. Procedimiento .....	24
3.6. Método de análisis de datos .....	25
3.7. Aspectos éticos .....	25
IV. RESULTADOS .....	25
V. DISCUSIÓN .....	51
VI. CONCLUSIONES .....	54
VII. RECOMENDACIONES .....	56
REFERENCIAS .....	58
ANEXOS .....	66

## Índice de tablas

Tabla 1: Categoría de subrasante.....	11
Tabla 3: Clasificación de suelo según el tamaño de las partículas. ....	12
Tabla 4: Características química del bagazo de la caña de azúcar .....	17
Tabla 5: Técnicas de Investigación de Campo .....	22
Tabla 6: Ensayo de laboratorio .....	24
Tabla 7: Tamizado obtenido de la C-1 muestra en estado natural .....	29
Tabla 8: Tamizado obtenido de la C-2 muestra en estado natural .....	30
Tabla 9: Tamizado obtenido de la C-3 muestra en estado natural .....	30
Tabla 10: Sistema de clasificación de suelos AASHTO .....	31
Tabla 11: Resultados del límite de consistencia de las 3 calicatas .....	34
Tabla 12: Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra Patrón .....	35
Tabla 13: Ensayo de Atterberg con la incorporación del aditivo Perma-zyme....	38
Tabla 14: Ensayo de Atterberg con la incorporación de la CBCA .....	39
Tabla 15: Resumen del Ensayo de Limite de Atterberg con la incorporación del aditivo perma-zyme y CBCA .....	40
Tabla 16: Óptimo CH y Densidad máxima seca con la incorporación del aditivo Perma-zyme .....	43
Tabla 17: Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Densidad Máxima Seca (DMS) con la incorporación de la CBCA .....	44
Tabla 18: Resumen del Ensayo de Proctor Modificado con la incorporación del aditivo perma-zyme y CBCA .....	46
Tabla 19: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación del aditivo perma-zyme .....	48
Tabla 20: Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación de la CBCA .....	49
Tabla 21: Resumen del Ensayo de CBR con la incorporación del aditivo perma- zyme y CBCA .....	50

## Índice de gráficos y figuras

<i>Figura 1: Comparación de producto Perma-zyme y tradicional</i> .....	1
<i>Figura 2: Cuchara de Casagrande</i> .....	13
<i>Figura 3: Equipo de CBR</i> .....	15
<i>Figura 4: Cenizas del bagazo de caña de azúcar</i> .....	16
<i>Figura 5: Aditivo Perma-Zyme</i> .....	18
<i>Figura 6: Mapa del Perú</i> .....	26
<i>Figura 7: Distrito de Carabaylo</i> .....	26
<i>Figura 8: Localización de la Av. Bonavista</i> .....	26
<i>Figura 9: Calicata -1</i> .....	27
<i>Figura 10: Calicata -2</i> .....	27
<i>Figura 11: Calicata - 3</i> .....	27
<i>Figura 12: Ensayo en laboratorio</i> .....	28
<i>Figura 13 : Curva granulométrica de la C-1</i> .....	32
<i>Figura 14: Curva granulométrico de la C-2</i> .....	32
<i>Figura 15: Curva granulométrica de la C-3</i> .....	33
<i>Figura 16: Grafico del Límite de consistencia de la muestra natural</i> .....	35
<i>Figura 17: Grafico del Optimo CH de la muestra patrón</i> .....	36
<i>Figura 18: Grafico de la Densidad Máxima Seca de la muestra patrón</i> .....	36
<i>Figure 19: Grafico del California Bearing Ratio de la muestra patrón</i> .....	37
<i>Figura 20: Ensayo de Casa Grande</i> .....	38
<i>Figura 21: Ensayo del Limite Plástico</i> .....	38
<i>Figura 22: Grafico Ensayo de Atterberg con la incorporación del Perma-zyme</i> .....	39
<i>Figura 23: Grafico Ensayo de Atterberg con la incorporación de la CBCA.</i> .....	40
<i>Figura 24: Grafico Comparativo del Ensayo de Atterberg con la incorporación.</i> .....	41
<i>Figura 25: Mezcla de la muestra natural incorporando el aditivo perma-zyme y las CBCA</i> .....	42
<i>Figura 26: Muestra ingresada al horno de secado</i> .....	42
<i>Figura 27: Grafico del óptimo CH con la incorporación del perma-zyme</i> .....	43

<i>Figura 28: Grafico de la DMS con la incorporación del perma-zyme.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 29: Grafico del óptimo CH con la incorporación de la CBCA.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 30: Grafico de la DMS con la incorporación de la CBCA .....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 31: Grafico Comparativo del Ensayo de Proctor Modificado con la incorporación del perma -zyme y la CBCA. ....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 32: Ensayo de CBR.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 33: Penetración de la muestra .....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 34: Grafico del Ensayo de CBR con la incorporación del Perma-zyme....</i>	<i>48</i>
<i>Figura 35: Grafico del Ensayo de CBR con la incorporación de la CBCA .....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 36: Grafico Comparativo del Ensayo de CBR con la incorporación del perma -zyme y la CBCA. ....</i>	<i>50</i>

## RESUMEN

Este presente trabajo de investigación tuvo como objetivo general evaluar la influencia del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista-Carabayllo 2021, realizándose los ensayos establecidos tales como: Análisis granulométrico, límite de atterberg, proctor modificado y CBR. Para la metodología su diseño de investigación fue experimental (cuasi), nivel explicativo, de enfoque cuantitativo. Sus resultados según los objetivos específicos al incorporar el perma-zyme 0.20 ml, 0.25ml y CBCA en 14% , 18% fueron: determinar el IP, el cual disminuyó el 5.6% con el 0.25ml del perma-zyme y con los porcentajes de la CBCA el IP disminuyó al 0%, el segundo fue determinar la mejora de la DMS del patrón, el cual incremento de 2.013 gr/cm<sup>3</sup> con el 0.25ml del perma-zyme, asimismo con el 18% de la CBCA incremento al 1.970 gr/cm<sup>3</sup>, el tercer fue determinar la mejora del CBR al 100% del patrón, el cual aumento al 33.4% incorporando el 0.25ml del perma-zyme y con el 18% de la CBCA aumento al 23.6%.En conclusión , tanto con la incorporación del perma-zyme y CBCA mejoraron positivamente las propiedades de la subrasante.

Palabras claves: Perma-zyme, cenizas, bagazo, mejoramiento, subrasante.

## **ABSTRACT**

The general objective of this present research work was to evaluate the influence of the perma-zyme additive and sugarcane bagasse ash on the properties of the subgrade, Av. Bonavista-Carabayllo 2021, performing the established tests such as: Granulometric analysis, limit from atterberg, modified proctor and CBR. For the methodology, his research design was experimental (quasi), explanatory level, with a quantitative approach. Their results according to the specific objectives when incorporating the perma-zyme 0.20 ml, 0.25ml and CBCA in 14%, 18% were: determine the PI, which decreased by 5.6% with the 0.25ml of perma-zyme and with the percentages of the CBCA the IP decreased to 0%, the second was to determine the improvement of the DMS of the pattern, which increased by 2,013 gr / cm<sup>3</sup> with 0.25ml of perma-zyme, also with 18% of the CBCA increased to 1,970 gr / cm<sup>3</sup>, the third was to determine the improvement of CBR to 100% of the standard, which increased to 33.4% incorporating 0.25ml of perma-zyme and with 18% of CBCA it increased to 23.6%. In conclusion, both the incorporation of perma-zyme and CBCA positively improved the properties of the subgrade.

Keywords: Perma-zyme, ash, bagasse, improvement, subgrade.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde las últimas décadas en América latina y Europa se vienen empleado técnicas en estabilización de suelos, el primer país en utilizar un estabilizante fue EE. UU en 1940, con la finalidad de perfeccionar ciertas propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo, para el mejoramiento de la subrasante. Pero con el transcurso de los años se fueron investigando nuevas innovaciones de estabilizantes, entre uno de estos tenemos el aditivo perma-zyme, que es un producto hecho a base de enzimas orgánicas que catalizan acciones de aglutinamiento sobre las partículas plásticas del suelo , Además, Este aditivo se viene usando en diferentes países como, EE. UU, Ecuador, Nicaragua, Colombia y también en muchos países de Sudamérica Gracia a que demostró tener resultados favorables y se convirtió en una de las mejores opciones de estabilizante para la subrasante, la cual brinda mejora en la resistencia del suelo ante el tránsito . Al mismo tiempo, en países como Colombia, México, Ecuador, vienen buscado otras alternativas de estabilizantes, mediante el uso de productos naturales como las cenizas de bagazo de la caña, cisco de café, cenizas de cascarillas de arroz, cenizas volcánicas y entre otros. Ya que se ha demostrado que estos productos tienen propiedades con alto contenido de sílice, oxido de calcio, aluminio entre otros óxidos, que permiten disminuir la humedad que se genera en el suelo y aumentar la resistencia para el uso de subrasante.



Figura 1: Comparación de producto Perma-zyme y tradicional

Fuente: Amazyme USA

En la actualidad, tras el gran desarrollo en el sector de la construcción a nivel nacional, la red vial viene siendo una de las partes fundamentales, para el desarrollo en un país. Por lo tanto, es importante que las carreteras se encuentren en un estado óptimo, puesto que es el único medio, por el cual las personas y los vehículos puedan transitar. Pero, hay un porcentaje de carretera que se encuentran en condiciones desfavorables, debido a que en nuestro país existe gran variedad de suelos entre arcilloso, árenos o limos que no son recomendable para su uso en construcción. Además, hay otros factores que perjudican las vías las cuales son, el gran tránsito vehicular, inadecuada compactación y las adversidades climáticas, que traen como consecuencia, reducir el tiempo de servicio, deterioro, fisuras y entre otros, agregado a todo ello, los mantenimientos para estas carreteras son costosas y generalmente al poco tiempo de realizarse se dañan. Por lo tanto, para que la construcción de la carretera tenga un mayor tiempo de servicio, se propuso mejorar el suelo mediante las distintas técnicas de estabilización, una de ellas es el aditivo perma-zyme, que es un producto orgánico, su proceso es simple y de bajo costo, este producto ya fue utilizado en varios Regiones como Cajamarca, San Martín, Huánuco y Trujillo. También se vienen usando otras alternativas con productos naturales que abundan en la localidad, uno de estos productos es el bagazo de la caña, que al convertirlo en cenizas se usa como estabilizantes mejorando las propiedades del suelo y además contribuir con el Medio ambiente.

A nivel local, en el distrito de Carabayllo, de acuerdo a los últimos estudios en las vías nos indican que cuenta con el 76% de vías pavimentadas, el 24% no pavimentada y el 37% de las vías no cuentan con un mantenimiento. Por consiguiente, la parte de nuestra zona de estudios, se encuentra ubicado en la Av. Bonavista, se puede apreciar que la vía de dicho sector no está pavimentada y presenta fallas de ahuellamiento, fisuras, hundimiento entre otros. Debido a que es un suelo arcilloso agregando a ello también por la falta de mantenimiento; esto hizo que el suelo no pueda soportar grandes cargas y se termine deformando el afirmado, estos motivos impactaron de forma negativa la fluidez de los vehículos y transeúntes, ocasionando incomodidad e inseguridad al transitar. Por ello, se empleó como alternativa de solución, el uso del aditivo Perma-Zyme y las CBCA, para el mejoramiento de las propiedades físico

mecánicas del suelo arcilloso. Además, la aplicación de estos agregados nos permite mejorar el problema de compactación en la carretera, incrementar el valor de soporte, reducir el IP, reducir el Óptimo contenido de humedad. Asimismo, ampliar el periodo de vida útil de la carretera y disminuir los costos de mantenimiento.

**Formulación del problema:** Tomando en cuenta la realidad problemática de la zona de estudio, se observó que la carretera de la Av. Bonavista se encuentra en mal estado. Debido al tipo de suelo arcilloso, esto permitió que se deforme el afirmado; ante esta situación se optó por la alternativa de solución, la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar, para mejorar la estabilización del suelo y que logre disminuir el índice de plasticidad, óptimo contenido de humedad, incrementar la Densidad Máxima Seca y aumentar su capacidad de resistencia.

Es por ello, que en la actual investigación se ha planteado el siguiente Problema General: ¿De qué manera influye la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021? En cuanto a los problemas específicos: ¿Cuánto influye la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021? ¿Cuánto influye la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en el óptimo contenido de humedad y la densidad máxima seca de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021? ¿Cuánto influye la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en la resistencia de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021?

### **Justificaciones del estudio**

Se puede justificar esta investigación planteando nuevas alternativas de solución para mejorar la subrasante, proponiendo usar productos como estabilizante de suelo, el aditivo perma-zyme es un producto producido por una compañía industrial y la cenizas del bagazo de caña de azúcar son residuos producido por empresas agroindustriales, el uso de estos productos será un beneficio para el

medio ambiente. Además esta propuesta se da con el fin de buscar una solución ecológica al problema de estabilización en los caminos viales. **Justificación teórica**, La información que fue recopilada durante el desarrollo de este proyecto, ayudara como antecedentes para futuras referencias e investigaciones relacionadas a la aplicación del aditivo perma-zyme y CBCA para la estabilización de la subrasante. **Justificación metodológica**, En esta investigación, se propuso una nueva alternativa de mejorar para los profesionales de la ingeniería civil que realicen estudios por medio de ensayos en laboratorio para determinar la propiedad del suelo, aplicando técnicas de estabilización en la subrasante. **Justificación técnica**, se realizó con el propósito de mejorar las propiedades físicas-mecánicas del suelo mediante la aplicación del aditivo perma-zyme y las CBCA, con el objetivo que origine resultados positivos en las propiedades y favorezca en el aspecto técnico como en lo económico para la elaboración de proyectos. **Justificación social**, es fundamental que la infraestructura vial se encuentre en excelentes condiciones, por lo tanto, se requiere que los proyectos sean de calidad, innovador, poco costoso y eco-amigable. Por ende, esta investigación, se realizó con el fin de brindar una mejora a las propiedades del suelo con dichos aditivos, beneficiando a los transeúntes y transportistas que circulan por la Av. Bonavista, mejorando la estructura e incrementando la capacidad de resistencia y serviciabilidad de la vía. **Justificación Ambiental**, El uso de estos aditivos no contaminan y son beneficioso para el medio ambiente; ya que uno está compuesto por enzimas orgánicas y el otro es de residuos naturales, el cual ayudo a la problemática de estabilización del suelo de la subrasante.

Siguiendo de la justificación es necesario plantear la hipótesis de investigación la cual, se propone como hipótesis general: La aplicación del aditivo perma-zyme y las cenizas del bagazo de caña de azúcar mejoran positivamente las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021. Similarmente se planteó las Hipótesis Específicas: La aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar disminuyen el índice de plasticidad de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021. La aplicación del aditivo perma-zyme y las cenizas del bagazo de caña de azúcar disminuyen el óptimo contenido de humedad e incrementan la densidad máxima seca de la

subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021. La aplicación del aditivo perma-zyme y las cenizas del bagazo de caña de azúcar aumentan la resistencia de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021.

Es importante también tener claros los objetivos de investigación los cuales se detallan a continuación. Como objetivo general: Evaluar la influencia de la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021. En forma similar se planteó los objetivos específicos: Evaluar la influencia de La aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas de bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad de la subrasante en la Av. Bonavista – Carabayllo 2021. Determinar la influencia de La aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas de bagazo de caña de azúcar en el óptimo contenido de humedad y densidad máxima seca de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021. Determinar la influencia de La aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas de bagazo de caña de azúcar en la resistencia de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

**A nivel nacional se tiene a:** Salas, E y Pinedo A (2018), que tuvo como objetivo general evaluar de qué manera influye el adicionar las cenizas del bagazo de caña de azúcar en la estabilización de subrasante para pavimento flexible en el AA. HH, los Conquistadores. La metodología es de tipo aplicada, el diseño de la investigación es experimental, el nivel es de tipo descriptiva, debido a que se describe la realidad del lugar. Se obtuvo como resultado de la muestra patrón mediante el ensayo de proctor modificado la DMS fue de 1.846 gr/cm<sup>3</sup> y adicionando las CBCA el 5%,10% y 15%, se obtuvieron una DMS de 1.962 gr/cm<sup>3</sup>, 1.983 gr/cm<sup>3</sup> y 1.933 gr/cm<sup>3</sup>, el Optimo CH que fue de 11.40% para la muestra patrón y adicionando la CBCA se obtuvieron el 11.20% ,11.60% y 12%, con respecto a los ensayos de CBR al 100% incorporando el 5%,10% y 15% , se obtuvieron un 20%,32% y 23%.En conclusión al incorporar el 10% mostro mejor comportamiento de resistencia del terreno, por lo tanto se puede afirmar que la CBCA mejoró las propiedades de un suelo CL a nivel de subrasante.<sup>1</sup>

Oscanoa, K. (2021), teniendo como objetivo general determinar la influencia en la estabilización de la subrasante en suelos blandos aplicando enzimas orgánicos y bischofita en la carretera no pavimentada. La metodología es de tipo aplicada, el nivel es descriptivo-explicativo y el diseño fue experimental. Obteniendo como resultado de la muestra patrón una DMS de 1.861 gr/cm<sup>3</sup> y al adicionar enzimas orgánicos 1L, 1.5L y 2L, se obtuvieron un DMS de 1.885 gr/cm<sup>3</sup>, 1.901 gr/cm<sup>3</sup> y 1.926 gr/cm<sup>3</sup>, al aplicar bischofita 3%,4% y 5%, se obtuvieron un DMS de 1.801 gr/cm<sup>3</sup>, 1.819 gr/cm<sup>3</sup> y 1.825 gr/cm<sup>3</sup>,con respecto a los ensayos de CBR ,al adicionar enzimas orgánicos 1L, 1.5L y 2L, se obtuvieron un CBR al 100% 9.9%,12.3% y 14.9%, al aplicar bischofita 3%,4% y 5%, se obtuvieron un CBR al 100% de 9.1%,10.6% y 12%.En conclusión el porcentaje más óptimo fue al utilizar 2L de aditivo perma-zyme, ya que influyó positivamente en las propiedades , aumentando densidad máxima seca e incrementando la resistencia del suelo, por lo tanto se puede afirmar que el aditivo mejoro las propiedades de la subrasante. <sup>2</sup>

Aquino, J (2020), tuvo como objetivo determinar la influencia de la aplicación de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de suelos a nivel de subrasante en el distrito de Laredo. La metodología fue de tipo aplicada, diseño

experimental y nivel descriptivo. Para los resultados se llevó a cabo estudios en el laboratorio para verificar una mejora en las propiedades del suelo adicionando las CBCA, se obtuvo como resultados para el suelo en su estado natural un IP de 15.30% e incorporando las CBCA en un (5%,10%,15%) se obtuvo un IP de (14.04%,10.07%,8.92%) y con el ensayo de proctor modificado del suelo natural se obtuvo un Optimo CH de 11.71% y la DMS fue de 1.89 gr/cm<sup>3</sup> e incorporando el 5% de la CBCA se obtuvo un OCH de 12.39% una DMS de 1.92 gr/cm<sup>3</sup> , con el 10% de la CBCA se obtuvo un OCH de 13.34% una DMS de 2 gr/cm<sup>3</sup> y con el 15% de la CBCA se obtuvo un OCH de 13.67% una DMS de 2.05 gr/cm<sup>3</sup>. En conclusión se determinó que la influencia de la CBCA aumento la resistencia de la subrasante progresivamente, siendo el 15% el más óptimo , el cual alcanzo una mejora del CBR. <sup>3</sup>

**A nivel internacional tenemos a:** Ortegón, Peralta y Cobos (2019), tuvo como objetivo general evaluar el comportamiento geotécnico del suelo de origen volcánico estabilizados con cenizas de la cascara de coco y cisco de café. La metodología es aplicada, enfoque cuantitativo y experimental, Para obtener los resultados se realizó ensayos de la muestra del suelo compactado a 56 golpes adicionando el 5%,10%,15% de conglomerante ya sea de CCF Y CCO. Evaluando cual es el porcentaje que genera mejoramiento en el suelo, para un CBR al 0.1", se obtuvo un 99.63% agregando el 15% de cenizas de cisco de café y un CBR al 0.1", se obtuvo 101.61% agregando el 15% de CCO, En conclusión, se determinó que el CCF y CCO funcionan adecuadamente como material conglomerante, con solo adicionar el 15% se llegó a lograr un porcentaje de compactación superior al 100%.<sup>4</sup>

Clavería, Triana y Varón (2018), tuvo como objetivo evaluar el efecto de la ceniza proveniente de la cascara de arroz y el bagazo de caña de azúcar en las propiedades del suelo de origen volcánica. La metodología es de tipo aplicada, diseño experimental y nivel descriptivo, ya que describe el comportamiento del suelo modificado con CCA Y CBCA. Los instrumentos empleados fueron un software (Grapher), ensayos de análisis granulométrico, límites de consistencia, ensayo de proctor y CBR. Se obtuvo como resultados para la muestra patrón un CBR al 0.1" de 76.67%, agregando el 10% de CBC aumento un 6.26% más y adicionando el 15% de CBC aumento un 22.46%, agregando el 5% y 10% de las

CCA aumento un 23% y 13.41% con respecto al ensayo de proctor modificado la DMS adicionando el 5% se obtuvo un 1.11 gr/cm<sup>3</sup>, siendo el más alto resultado. En conclusión, al adicionar el 10% de CCA y 15% de CBCA influyo positivamente en la mejora de las propiedades del suelo arcilloso, siendo una alternativa de solución económica, sustentable y de impacto al medio ambiente.<sup>5</sup> Fiallos (2016), Tuvo como objetivo de investigación analizar y comparar el comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado mediante tres componentes químicos con cal, cloruro de calcio y sulfato de calcio. Fue un estudio de tipo explorativo- experimental, ya que estabilizaciones de suelo con los componentes mencionado. Los resultados obtenidos para la estabilización del suelo natural + cal con el 5% y 15% a los 21 días de curado se obtuvo una mejora carga admisible, para la estabilización de arcilla-yeso con el 10% y 15% a los 7 días y para el suelo natural + el cloruro de calcio con el 10% a los 14 días. En conclusión, la mezcla de arcilla- yeso y arcilla-cloruro de calcio, no se pueden considerar para la estabilización de la subrasante. Ya que, no cumple con las especificaciones generales.<sup>6</sup>

En otros idiomas tenemos a: Barragán y Cuervo (2019), The objective of the research was to analyze the physical-mechanical factors associated with the resistance of a clay soil through the application of rice husk ashes in virgin soils of the same type. The methodology is a mixed descriptive level, experimental and quantitative design. The sample was extracted from the soil at a depth of 1 m that was studied in the laboratory according to the INVIAS regulations. The result indicates that adding 1% of rice husk ash, an increase of 19% with respect to the natural sample. In conclusion, with the addition of CCA the resistance of the soil increases.<sup>7</sup>

Mohd (2015), The objective of the research was to investigate the use of enzymes in the stabilization of kaolin, laterite and peat soils. The methodology is a mixed descriptive level, experimental and quantitative design, since laterite, kaolin and peat were used as soil to investigate the geotechnical properties. For the results, 2% and 5% were mixed with each additive and the result was that just adding 2% of lignin and terrazyme showed an improvement in the resistance tests in a curing period of 30 days. In conclusion, lignin and terrazyme are suitable for stabilizing peat and kaolin.<sup>8</sup>

Khaoya, P y Kiptanui, S. (2016), had as general objective to assess the effect of partial replacement of lime by sugar cane bagasse ash in stabilization of expansive clay soil to produce sub-base layer material for road construction. The methodology used is explanatory-experimental type, quantitative approach. Results for the standard sample were a 100% CBR of 11%, adding 4%, 5% and 6%, a 100% CBR of 26%, 21% and 14% was obtained, adding 4%, 5 % and 6%, a 100% CBR of 34% 33% and 30% was obtained. And by providing lime / ash, a 100% CBR of 19%, 27%, 30% and 36% was obtained. In conclusion, by combining a higher proportion of bagasse ash and less lime, the CBR increased significantly, therefore can use for stabilization of expansive clay, it also contributes to the environment.<sup>9</sup>

**A nivel de artículo se tiene a:** Pancar y Vefa (2016), Cuyo objetivo general fue demostrar los beneficios del refuerzo geo sintético y la estabilización de la cal. También comparar el rendimiento del refuerzo de geo celda, geotextil y la estabilización de la cal mediante tratamientos solos y juntos. La metodología empleada es descriptiva-experimental para poder obtener resultados de la experimentación a realizar con el suelo arcilloso. Para los resultados se examinaron 10 alternativas diferentes para los tramos en la carretera no pavimentada, mientras que el asentamiento disminuyo a 41mm cuando se estabilizo con un 3% de cal ,36mm cuando el suelo se reforzó de geotextil ,35mm cuando se estabilizo con 6% cal ,29 mm utilizando 12% de cal ,24mm cuando se estabilizo el suelo reforzado con geo celda, como resultados de la prueba utilizando el 3% y 12% de cal , la estabilización más satisfactoria fue el 12% ,para la reducción de los asentamiento .Finalmente, los efectos de estabilización de la cal, el refuerzo geotextil y el refuerzo geocelda.Tambien aumentaron el módulo de reacción de la subrasante.<sup>10</sup>

Ojeda, Mendoza y Baltazar (2018), tuvo como objetivo analizar de qué manera influye como reemplazo del Cemento Portland Compuesto (CPC) y la ceniza del bagazo de caña de azúcar para mejorar los componentes de un granular suelo con arena. La metodología empleada es aplicativa/experimental, ya que se aplicó estabilizadores al suelo para mejorar la resistencia, los instrumentos empleados fueron los ensayos de resistencia a la compresión, compactación y CBR, realizando las siguientes combinaciones de los estabilizadores, en

proporciones de 3%, 5% y 7% de cemento portland en relación al suelo y adicionando en proporciones de 0%,25%,5% y 100% de CBCA. En conclusión, nos indicó que al sustituir el 25% del CPC por la CBCA se comprobó como un porcentaje óptimo para un suelo granular arenoso, ya que muestra resultados favorables. <sup>11</sup>

Tique, Mora. Días y Magaña (2019), Tuvo como **objetivo** general comparar el rendimiento de estos dos agentes químicos como campo de estudio en el municipio de Cunduacán. Los estabilizadores del suelo arcilloso, para así identificar al mejor agente químico para el suelo de la zona y definir qué cantidades utilizar. La **metodología** empleada fue descriptiva – experimental, para poder obtener los resultados de la experimentación a realizar en los suelos arcillosos, mediante el ensayo de límite de consistencia, adicionando el 8% de NaCl se obtuvo una reducción del 88.93% del IP y adicionando el 8% de Cao disminuyó el 51.29%. En **conclusión**, la NaCl es un estabilizador con mayor éxito por su efectividad trabajabilidad que la cal, además es aproximadamente 12.5% más cómodo. Además, a partir del 10% de sales ya no conviene agregar más, ya que los beneficios son prácticamente los mismos que si se agrega el 12% ,14% y 16%.<sup>12</sup>

Luego de haber revisado los trabajos previos es necesario tener algunas definiciones de las **teorías referentes al tema**.

**Estabilización de Subrasante:** Es la capa superior del terreno de una vía, que resiste el peso transmitido por la estructura del pavimento, se conforma por suelos de características aceptables preparada y compactadas por capas, para reducir los espacios vacíos y de esa manera formar un cuerpo sólido. Asimismo, se sugiera que la capa de la subrasante tenga un espesor mínimo de 30 cm, para que pueda resistir el tránsito vehicular, Y mejore las condiciones de serviciabilidad. Además, para comprobar si la capa de la subrasante es la adecuada posible, se debe analizar las características del suelo, que se encuentre por debajo del nivel superior de la subrasante, asimismo deberá contar con un CBR  $\geq 6\%$ , y en caso tenga lo contrario un CBR  $< 6\%$  necesitara ser estabilizado con algún aditivo, enzima, polímeros y entre otros.<sup>13</sup>

**Tabla 1:** Categoría de subrasante

Categoría de Sub rasante	CBR
Sub rasante inadecuada	CBR <3%
Sub rasante insuficiente	De CBR $\geq$ 3% a CBR <6%
Sub rasante regular	De CBR $\geq$ 6% a CBR <10%
Sub rasante buena	De CBR $\geq$ 10% a CBR <20%
Sub rasante muy buena	De CBR $\geq$ 20% a CBR <30%
Sub rasante excelente	CBR <30%

Fuente: Manual de carreteras: sección suelo y pavimento

**Propiedades del suelo y su determinación:** las propiedades físico mecánicas de un suelo que conformar la subrasante, son las partes más importantes al momento de diseñar dicha estructura de un pavimento. Por ello, para establecer las características física y mecánicas de una muestra de suelo y usarlo como subrasante, se debe llevar a cabo estudios mediante la técnica de excavación exploratoria o calicatas a una profundidad mínima de 1.50m. La cual se recomienda realizar una calicata como mínimo por kilómetro.<sup>14</sup>

**Clasificación del suelo:** Se determina mediante sus características, el cual da una proximidad del comportamiento de los suelos. De esta manera, se comprueba mediante la granulometría, plasticidad y el índice de grupo<sup>15</sup>. Por ello, se debe evaluar bajo los términos de 2 sistemas más requeridos, que son el sistema AASHTO y el sistema ASTM.

**Tabla 2:** Clasificación de suelo según el sistema AASHTO -ASTM

Clasificación de suelo AASHTO	Clasificación de suelo ASTM
A-1,a	GW,GP,GM,SW,SP,SM
A-1,b	GW,GP,GM,SP
A-2	GW,GC,SM,SC
A-3	SP
A-4	CL,ML
A-5	CL,MH,CH
A-6	CL,CH
A-7	CH,MH,CH

Fuente: Manual de carreteras: suelo y pavimento

**Suelo arcilloso:** son aquellos suelos cuyo diámetro es menor a 0.002 mm, su textura está compuesta por partículas que contienen minerales como aluminio,

magnesio, etc. Además, un suelo con alto contenido de arcilla tiene a ser débil. Debido a que, al agregarse una cantidad de agua tiene a comportarse como plástico, haciendo que se hinche y se expanda, perdiendo su capacidad portante.

**Análisis granulométrico:** Es el procedimiento manual o mecánico, por donde se distribuyen las partículas de un suelo, separadas en proporciones de diferentes tamaños que pasa por cada tamiz. Para así obtener la clasificación del suelo y algunos parámetros como el diámetro efectivo, coeficiente curvatura, coeficiente uniforme. De acuerdo a los tamaños de las partículas se clasifica el suelo, como indica la siguiente tabla (ver tabla 3)

**Tabla 3:** *Clasificación de suelo según el tamaño de las partículas.*

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

Fuente: manual de carreteras: suelo y pavimento

Por consiguiente, se recurre al análisis granulométrico por tamizado (ensayo MTC E 107), que está constituido por mallas de diferentes aberturas, y cada tamiz está representado por un número, que indican la cantidad de hilos que cruzan por cada pulgada cuadrado, eso impiden que las partículas de mayor tamaño pasen a través del tamiz, dejando pasar solo a los tamaños finos.

**Contenido de humedad:** Es una de las propiedades físicas del suelo, que determina el porcentaje de humedad que posee el suelo, mediante la relación del peso del agua dada en una muestra de suelo entre el peso específico del suelo en seco. Además, a través de esta se verá que cantidad de agua se requiere añadir al suelo para alcanzar una capacidad portante óptima.

**Límite de Atterberg:** Determina la consistencia del suelo mediante los puntos de transición de un estado a otro, pasando continuamente de un estado

semisólido a plástico y finalmente a líquido. Se emplea esencialmente para la medición de plasticidad del suelo

**Limite Líquido (LL):** Se establece de forma estandarizada mediante la cuchara de Casagrande, el cual es expresado en porcentajes, con relación del peso seco, el cual se transforma de un estado semilíquido a plástico y así permita moldearse, para el procedimiento de la prueba de limite líquido consiste en colocar una muestra en la copa de Casagrande, sobre todo teniendo precaución de no efectuar burbujas de aire, luego utilizando una espátula se hace una división por la mitad la muestra. Por consiguiente, con la leva se sube a casi una altura de 1cm y, seguido se deja caer la cuchara de Casagrande una cantidad de 25 veces, hasta que se cierre a una distancia de 1.3cm. Así se obtendrá la medida de humedad de un suelo en un surco. <sup>16</sup>

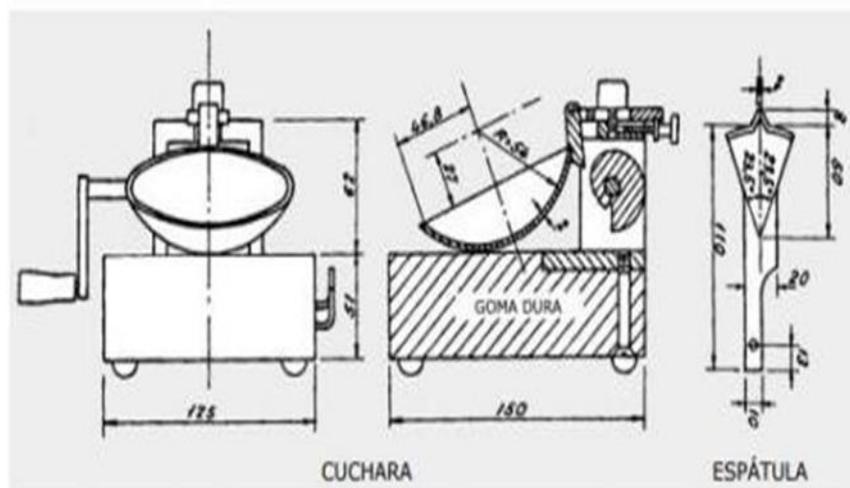


Figura 2: Cuchara de Casagrande

Fuente: Manual de carreteras

**Limite Plástico(LP):** Permite evaluar la cantidad de agua que suele tener un suelo, se establece en porcentajes, mediante una prueba que consiste en rodarse el molde con apoyo de los dedos de la mano en una placa lisa de vidrio esmerilado, dando una forma cilíndrica de 3.2 mm (1/8plg) de diámetro, de manera repetitiva hasta deformarse.

**Índice de Plasticidad (IP):** Se establece como la diferencia entre dos límites, el límite líquido y el límite plástico, se expresa en porcentajes conforme al peso en seco del suelo. Además, el IP establece la medida del intervalo de humedad, en el cual el suelo posee una consistencia plástica y permite clasificar

conformemente al suelo. Si el IP resulta ser alto, pertenece a un suelo arcilloso; si, de lo contrario, se obtiene un IP pequeño eso significa que el suelo es poco arcilloso.<sup>17</sup>

**Densidad Máxima Seca:** Es la relación entre el Optimo CH y la densidad máxima al ser expuesto a una variación, para determinar un grado de compactación.

**Optimo contenido de Humedad:** mide el porcentaje de contenido de agua que tiene el suelo al ser compactado al máximo peso unitario seco utilizando el esfuerzo de compactación modificada

**Ensayo de Proctor Modificado:** Es la versión mejorada del proctor Estándar, se realiza de acuerdo a las normas de prueba **D-1557** de la ASTM y la prueba T-180 de la AASTHO; estas mejoras se deben a la modificación de capacidad del molde como también a la energía de compactación. Para la prueba de proctor modificado se requiere la utilidad de un molde en forma cilíndrica de volumen 945 cm<sup>3</sup>, de la misma forma es el que se utiliza en el proctor estándar. Asimismo, la masa tomada de 6kg debe caer a una altura de 45.7 cm. luego, es compactada en 5 capas y con la ayuda de un pistón se golpea, una suma de 25 o 56 golpes cada muestra de acuerdo al método requerido.<sup>18</sup>

**Resistencia:** Es la capacidad del suelo para resistir cargas puestas sobre él. Se determina a través del ensayo en laboratorio conocido como CBR (California Bearing Ratio), que mide la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, se elabora regularmente sobre un suelo preparado en el laboratorio antes de proceder al ensayo se determina las condiciones de humedad y densidad en el suelo natural

**Compactación:** Se utiliza para el incremento de la resistencia y también para la disminución de compresibilidad del suelo. Se comprobó que, al aplicar una energía de compactación al suelo, el peso específico va a varias dependiendo a al contenido de humedad que posea el suelo.

**Ensayo de CBR:** Evalúa la eficacia del material de un suelo, mediante diferentes pruebas en el laboratorio, bajo un estado de humedad y densidad controlada. De esa manera, se logra calcular el valor de soporte al esfuerzo cortante del suelo. Además, para efectuar el ensayo de CBR, previamente se mezcla la muestra extraída del suelo con una suma de agua apropiada para alcanzar la humedad mejorada, obtenida en el ensayo de proctor, luego se compacta al 95%

o al 100% de la DMS, posteriormente se realizará el ensayo de penetración con un pistón hidráulico de (0.5pulg<sup>2</sup> de área) arriba de la muestra. <sup>19</sup>

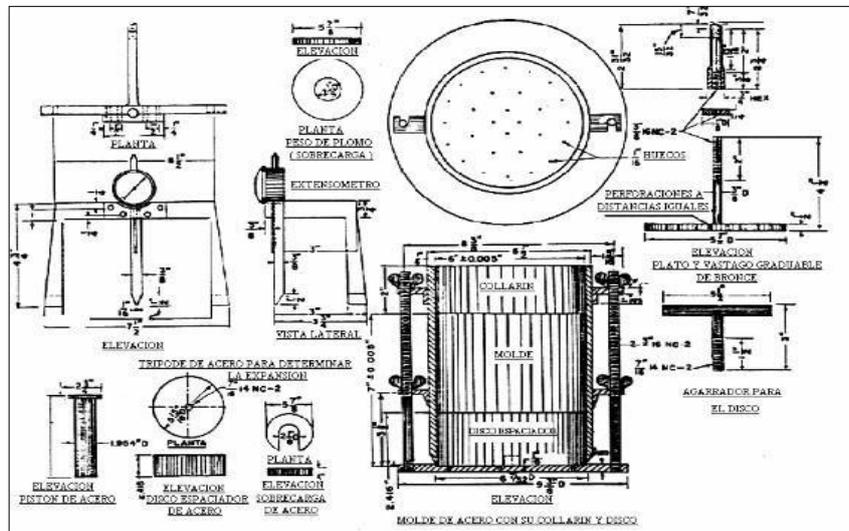


Figura 3: Equipo de CBR

Fuente: <https://es.slideshare.net/chininx100pre/cbr-ensayos>

**Estabilización de suelos:** Es un proceso que tiene como finalidad mejorar las propiedades físico mecánicas del suelo natural, como la resistencia a la deformación, la susceptibilidad del agua, disminuir las erosiones y los cambios de volumen <sup>20</sup>, mediante productos químicos, naturales o sintéticos.

Existen varios métodos de estabilizantes para la subrasante como:

**Estabilización física:** Consiste en el mejoramiento mediante el uso de maquinaria o equipo apropiados para la ejecución en este tipo de proceso. Además, hay diferentes tipos de estabilización física entre ellos tenemos: por compactación o por precarga. <sup>21</sup>

**Estabilización mecánica:** se especifica como aquella estabilización en la cual consiste en mezclar o combinar el suelo con diversos materiales, para la disminución de índices vacíos. De esta manera, obtener una mejor resistencia, compresibilidad y esfuerzo del suelo

**Estabilización química:** Consiste en la composición del material utilizando algunas sustancias químicas, que al emplearse reemplazan a los iones metálicos, y brindan una mejora a las propiedades del suelo. Además, existen varios agentes químicos a usar como son:

- **Estabilización con cal:** Se usa habitualmente para la reducción de plasticidad y de igual forma los cambios volumétricos de un suelo arcilloso. Las dosificaciones se encuentran en el rango de 2% y 10% con relación al peso del suelo en seco.
- **Estabilización con Cemento:** Es utilizada en mayor parte para suelos arenosos o de grava fina, ya que su ventaja es incrementar el valor de soporte, también se puede emplear en suelos arcillosos, solamente que involucraría mayor proporción de este, la cantidad de porcentaje de cemento varía entre el 8% y 18%.
- **Estabilización con Enzimas orgánicas:** son catalizadores, de origen orgánico que apresura la rapidez de una reacción química. Además, no se convierte ni forma parte del producto final, sino que conserva sus características originales<sup>22</sup>, en mayor parte se utiliza en suelos arcillosos. En circunstancia pueden sufrir desnaturalización, en la cual cambian sus propiedades o distribución química, debido a los factores físicos como el calor y químicos que está el PH.

**Cenizas del bagazo de caña de azúcar:** es el subproducto del residuo del azúcar de la caña que, además se usa como combustible para calentar las calderas de donde se adquiere la azúcar<sup>23</sup>. También, su reutilización está en diferentes campos de agricultura y ahora también se aplica en la construcción como estabilizante, el cual será de gran aprovechamiento para generar una resistencia al suelo.



*Figura 4:* Cenizas del bagazo de caña de azúcar

Fuente: Elaboración propia

**Características químicas del bagazo de la caña de azúcar:** es un material formado especialmente por celulosa y lignina. Según los estudios químicos realizados a las cenizas nos indican que, está compuesto por alto contenido de sílice, oxígeno y otros óxidos, concluyendo que presenta más del 50% de dióxido de sílice el cual produce la reacción puzolanica que permite trabajar como material cementante para la estabilización del suelo. <sup>24</sup>

**Tabla 4:** Características química del bagazo de la caña de azúcar

NOMBRES	Formula	VALLE DEL CAUCA (Colombia )			PERU
		CBC1 %	CBC2 %	CBC3 %	CBC1 %
Silice	SiO <sub>2</sub>	58,6	76,4	63,2	65.52
Oxido de aluminio	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	11,8	5,8	8,5	3.50
Oxido férrico	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5,8	4,5	6,4	8.95
Oxido de calcio	CaO	3,0	3,3	3,9	7.60
Oxido de magnesio	MgO	2,2	2,3	4,3	3.50
Oxido de potasio	K <sub>2</sub> O	2,0	4,2	7,3	3.75
Oxido de sodio	Na <sub>2</sub> O	1,3	1,2	1,1	2.17
Pérdidas por ignición	-----	10,0	2,0	11,0	8.0
Tamaño de partícula (µm)	-----	38,7	79,8	41,5	76.3
Oxido de fosforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	-----	-----	-----	0.03
Óxido de azufre	SO <sub>3</sub>	-----	-----	-----	1.70

Fuente: CAPUÑAY, C Y PASTOR, C (2020)

**Aditivo Perma-zyme:** Es un producto ecológico, compuesto por enzimas orgánicos, que funciona como un catalizador. Ya que, las estructuras de sus moléculas contienen porciones activas que apresuran el proceso de aglutinamiento, es así como llega a producir una disminución del IP, contenido de humedad e incrementa la capacidad de soporte CBR en el material del suelo.



*Figura 5: Aditivo Perma-Zyme*

Fuente: FERNANDEZ, C y SALAZAR, W (2015)

**Método de Aplicación del Perma-zyme:** La aplicación del aditivo es factible en diferente terreno, de preferencia en suelos arcillosos. Asimismo, para la adición del estabilizante se requiere de algunas maquinarias tradicionales como, por ejemplo, una motoniveladora, para mezclar el suelo con el producto, vibro-compactador, que se utiliza para nivelar el suelo y un carro-tanque, que permitirá diluir el perma-zyme con la cantidad de agua que se le agrega a dentro, también una fresadora que se puede utilizar para apresurar el trabajo y así conseguir mejor resultado.<sup>26</sup>

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo de investigación

##### **Tipo de investigación de acuerdo al fin:**

El presente trabajo según su finalidad es de tipo aplicada, puesto que fue necesario aplicar los conocimientos adquiridos y a la vez que se adquirió de otros. Con el propósito de encontrar soluciones inmediatas a situaciones o problemas específicos <sup>27</sup>, con respecto a las propiedades de la subrasante, por lo mismo fue necesario el uso de aparatos de medición para establecer la estabilización del suelo.

##### **Tipo de investigación de acuerdo a nivel:**

El trabajo de investigación es del nivel explicativo casual, puesto a que no solo responde a preguntas o describe un problema, sino que busca resolver los fenómenos o causas que originan este enigma. <sup>28</sup> Por ello, la influencia del aditivo perma-zyme y CBCA en las propiedades de la subrasante, pretenden solucionar los problemas que se tienen presentes en la investigación.

##### **Tipo de investigación de acuerdo al enfoque:**

La presente investigación según su enfoque es cuantitativa. De acuerdo a que “se recurrió a la recolección de datos para probar las hipótesis específicas en base a las mediciones numéricas y el análisis estadístico, que facilita la búsqueda de respuestas y así hacer una interpretación de los resultados [...]” [29]. Estas acciones sirven para revelar cuáles son las propuestas de investigación más importantes, y posteriormente, para refinarlas y responderlas.

##### **Tipo de investigación de acuerdo al diseño metodológico:**

El trabajo de investigación según su diseño es cuasi experimental, ya que se manipula intencionalmente las variables independientes y mide sus efectos en la variable dependiente”. <sup>30</sup> a fin de validar o contradecir una o más hipótesis dadas para un determinado fenómeno. Con respecto al presente estudio es cuasi experimental, por lo que se manipulo la variable independiente, el aditivo perma-zyme (0.20 ml, 0.25 ml) y la CBCA (14%, 18%), para determinar el efecto en propiedades de la subrasante al añadirse en diferentes proporciones.

## 3.2 Variables Operacionalización

**Variable Independiente:** Aditivo perma-zyme y CBCA

### **Definición Conceptual**

**Aditivo perma-zyme:** Está compuesto por enzimas orgánicas, el producto es aceptado como alternativa económica y ecológica para la estabilización del suelo. Además, tiene como beneficios mejorar la resistencia, reducir el índice de plasticidad.

**Cenizas de bagazo de caña de azúcar:** Es un residuo del procesamiento de la caña, tiene proceso parcialmente combustible y termoquímico. Además, está compuesto por más del 50% de dióxido de sílice, esto produce reacciones puzolanica, que permite trabajar como material cementante para la estabilización del suelo.

**Definición Operacionalización:** Se realizó una evaluación aplicando el aditivo perma-zyme, ml x kg de suelo, para seguidamente ser añadido al suelo. También, se aplicó las CBCA, el cual se determinó en porcentajes con respecto al peso del suelo.

### **Indicadores**

- Suelo natural + 0.20 ml Perma-zyme
- Suelo natural + 0.25 ml Perma-zyme
- Suelo natural + 14% CBCA
- Suelo natural + 18% CBCA

**Variable Dependiente:** Propiedades de la subrasante

**Definición Conceptual:** Las propiedades del suelo que constituyen la subrasante, son la parte más importantes para el diseño de un pavimento. Por ello, para determinar las características físicas –mecánicas del suelo a utilizar en la subrasante, es necesario tomar una muestra mediante una calicata a una profundidad de 1.50m.

**Definición Operacionalización:** Los ensayos en laboratorio se realizaron antes y después de aplicar el aditivo perma-zyme y CBCA, para determinar el IP, la resistencia y el Optimo CH.

**Dimensión 1:**

Índice de Plasticidad: Es la diferencia entre el LL y el LP.

**Indicador:**  $LL - LP = IP \%$

**Dimensión 2:**

**Optimo contenido de humedad:** Es el contenido de agua que se obtiene del suelo al ser compactado al máximo peso unitario seco usando el esfuerzo de compactación Modificada

**Densidad máxima seca:** Es la mayor densidad que puede lograr el suelo al ser compactado a la humedad óptima.

**Indicador:** Proctor modificado

95% de DMS

100% de DMS

**Dimensión 3:** Resistencia

Es la capacidad del suelo para resistir cargas puestas sobre él.

**Indicador:**

CBR al 0.1"

CBR al 0.2"

Nº de golpes

### 3.3 Población, muestra y muestreo

#### Población

“Es un conjunto de elementos, individuos u Objetos, que poseen características generales, susceptibles de ser observados. Al precisar un universo, se debe tener en cuenta quienes lo conforman, el lugar y el tiempo en el que se realiza el estudio” [31]. Además “[...] Una vez que se identifica esta población, el investigador debe evaluar si es posible estudiar a todos los individuos o una parte, para obtener un resultado” [32]. En el presente caso, se tomó como población a todo la Av. Bonavista, que tiene una longitud de 800m y 6m de ancho.

#### Muestra

“Es la toma de una fracción pequeña de la población, la cual permitirá dar a conocer datos específicos de la misma” [33]. En la presente investigación, se tomó como muestra 700m del suelo de la Av. Bonavista. Debido a que, es la parte más afectada, de acuerdo con la Norma c. e 0.10 pavimentos urbano, la Av. Bonavista pertenece a una vía colectora, asimismo nos indica que para ese tipo de vía se debe tomar un punto cada 1500m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se realizó 3 calicatas.

**Tabla 5:** *Técnicas de Investigación de Campo*

TIPO DE VÍA	NÚMERO DE PUNTOS DE INVESTIGACIÓN	ÁREA (m <sup>2</sup> )
Expresas	1 cada	1000
Arteriales	1 cada	1200
Colectoras	1 cada	1500
Locales	1 cada	1800

Fuente: Norma técnica c.e 0.10 Pavimentos Urbanos

#### Muestreo

“Es el proceso a través del cual eligen individuos o unidades de muestreo del marco muestral. La estrategia de muestreo debe detallarse de antemano, dado que la técnica de muestreo puede afectar el valor del tamaño de la muestra [...]” [34]. En la presente investigación se realizó el muestreo no probabilístico, debido a que la elección de los métodos no depende de la probabilidad, si no de los fundamentos relacionados con la característica del estudio.

### **3.4. Técnica e instrumento de recolección de datos**

#### **Técnica de recolección de datos**

“La técnica de recopilación de datos cuantitativos es un aspecto importante, se basan en muestreo aleatorio e herramientas de recopilación de datos estructurados, que se ajustan a diversos estilos en categorías de respuesta predeterminada. Producen resultados que son factibles de presentar, comparar y generalizar” [35]. Para el presente estudio de investigación, la técnica que se empleo es la observación, este método es esencial para la obtención de datos de la realidad, consiste en prestar atención detenidamente a dicho procesos de elaboración y transformación, para luego ser plasmado los resultados en una ficha. Evaluando y analizando las propiedades que contiene el suelo, el cual se modifica al aplicar el aditivo perma-zyme y CBCA, como instrumento para la recolección de datos se emplearán ensayo de mecánica de suelos. Y serán sujetadas a las normas específicas de cada ensayo, el cual nos arrojará datos numéricos y así conducir con datos que aporten a la investigación.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Una medida adecuada es aquella que registra datos observables acerca de la investigación y extrae de ellos información <sup>36</sup>, por otra parte, el equipo que mide o recopila los datos debe cumplir dichos requisitos como: confiabilidad, validez o parafraseo

Por lo tanto, para dicha investigación se realizó ensayos para la obtención de los resultados, por lo cual se menciona lo siguiente:

- Observación
- Fichas de Laboratorio (Ver anexo)
- Ensayos

**Tabla 6:** Ensayo de laboratorio

	<b>Ensayo</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Ensayos</b>	Ensayo de análisis granulométrico	Tamizado
	Ensayo de Clasificación de Suelos	Tamizado
	Ensayo Límites de Consistencia	Copa de Casagrande
	Ensayo Proctor Modificado	Molde Cilíndrico
	Ensayo de CBR	Prensa Hidráulica

Fuente: Elaboración propia

### **Confiabilidad**

Se refiere, la confiabilidad a la aplicación repetida o consecutiva de un objeto el cual se estudia continuamente arrojando resultados iguales o similares entre sí <sup>37</sup>, [...] es decir un instrumento es confiable, correcto o reproducible cuando los cálculos realizadas generan los mismos resultados en diferentes ocasiones [...] [38]. De ese modo, brinda la confianza de los resultados obtenidos y de los instrumentos que se utilizó en el trayecto del ensayo, a su vez se brindó los certificados de calibración y buen estado de los instrumentos utilizados en el laboratorio para los respectivos ensayos.

### **Validez**

“Es el valor en el que un instrumento de medición, evalúa efectivamente la variable de tal manera que una prueba sea creada, elaborada, aplicada y que mida aquello que pretende medir”. <sup>39</sup>

Por lo tanto, los instrumentos utilizados son sometidos a una validación de experto o especialistas en el ámbito de construcción o carreteras, en el cual se encargaron de revisar y aprobar el contenido del instrumento manipulado en esta Investigación

### **3.5. Procedimiento**

Para la recolección de muestra del suelo, se realizó mediante la excavación de 3 calicatas In situ (en el lugar), con una profundidad de 1.50m al nivel de la subrasante, luego se trasladado la muestra hacia el laboratorio de suelos, para ser sometido a los siguientes ensayos como: Límite de consistencia, Proctor

Modificado y CBR, de acuerdo a las normas ASTM, para el suelo natural y también aplicando el aditivo perma-zyme en 0.20ml y 0.25ml por kg de suelo y las CBCA en 12% y 14% en relación al volumen del suelo. Con la finalidad de evaluar y obtener mejores alternativas de resultados.

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

Para el método de recopilación de datos fue elaborada mediante la observación directa, a través del cual se pudo observar a detalle cada uno de los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos. De este modo, se obtuvo los resultados para luego ser evaluados, analizados y comprobados con las hipótesis que se implantaron en la investigación. Cada resultado alcanzado a través de una escala de medición, se debe analizar para poder probar con las interrogantes de la investigación. De esta manera, se afirma las hipótesis trazadas.<sup>40</sup>

### **3.7. Aspectos éticos**

El trabajo de investigación fue ejecutado con el propósito de contribuir con el mejoramiento de la infraestructura vial, mediante la aplicación de un aditivo ecológico y aprovechando los recursos naturales como el bagazo de caña de azúcar, además que se contribuirá con la preservación del medio ambiente. En cuanto a la elaboración de la presente tesis nos hemos conducido con la completa honradez, honestidad y transparencia. Evitando el plagio de otras investigaciones al atribuir el autor. Por ende, se respeta los derechos de auditoria de tesis, libros, artículos, entre otros que han sido tomados como referencia en esta investigación.

## IV. RESULTADOS

### a. Memoria descriptiva de Tesis

Nombre del proyecto

El presente informe de investigación lleva como título “Influencia del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista -Carabaylo 2021”

#### Ubicación de la zona de estudio

Departamento : Lima

Provincia : Lima

Distrito : Carabaylo

Ubicación : Av. Bonavista



Figura 6: Mapa del Perú

Fuentes: Google Earth

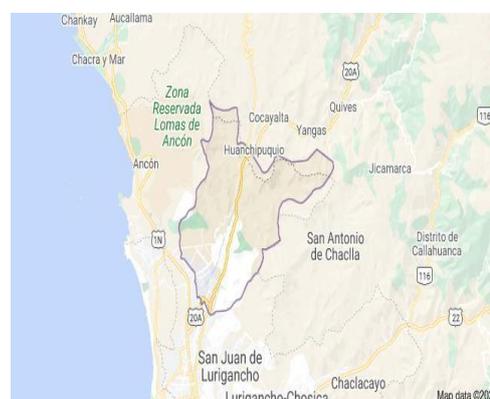


Figura 7: Distrito de Carabaylo

Fuentes: Google Earth

#### Localización



Figura 8: Localización de la Av. Bonavista

Fuentes: Google Earth

## Estudio de exploración de suelo

Se realizó según la Norma c.e 0.10 Pavimentos Urbanos. (2010), el cual nos indica que la Av. Bonavista pertenece a una vía colectora. En este caso por la atribución de la zona de estudio, se realizó 3 calicatas en los 700 m de la vía (C1 a 200m, C-2 a 450m, C-3 a 700m)

### Descripción de C-1:

Profundidad: 1.50m

Dimensiones: 1.00 x1.00m

Lado de vía: Izquierda



Figura 9: Calicata -1

Fuente: Elaboración propia

### Descripción de C-2:

Profundidad: 1.50m

Dimensiones:1.00 x1.00m

Lado de vía: Izquierda



Figura 10: Calicata -2

Fuente: Elaboración propia

### Descripción de C-3:

Profundidad: 1.50m

Dimensiones: 1.00 x1.00m

Lado de vía: Derecha



Figura 11: Calicata - 3

Fuente: Elaboración propia

### **Trabajo de laboratorio**

Se efectuó 03 ensayos de análisis granulometría por tamizado (NTP 339.128, 2014), clasificación de suelos mediante el sistema AASTHO (NTP 339.135, 2014) , SUCS (NTP 339.134, 2014) y los límites de consistencia (NTP 339.129, 2014) , con las muestras obtenidas de la C-1,C-2 y C-3 en su estado natural y se optó por utilizar la más desfavorable, seguidamente se realizó 04 ensayo de límite de consistencia, para determinar su límite líquido (MTC E-110, 2016) y límite plástico (MTC E-111, 2016) , de las cuales se obtuvo el IP, las muestras fueron tomadas de la siguiente manera : 02 ensayos aplicando en dosificaciones de 0.20ml de perma-zyme x kg de material y 0.24ml perma-zyme x kg de material y 02 ensayo adicionando el 12% de la CBCA por el peso del material y 14% de la CBCA por el peso del material .Asimismo , se realizó 05 ensayos del Proctor Modificado para determinar la DMS y el óptimo CH y por último se realizó 05 ensayos del CBR para determinar la resistencia del suelo .



*Figura 12: Ensayo en laboratorio*

Fuente: Elaboración propia

## Análisis granulométrico (ASTM D422)

Se inició las actividades de laboratorio, con el ensayo de análisis granulométrico por tamizado (ASTM-422), este ensayo nos brindó la información de conocer el tamaño de cada partícula que pasa por los diferentes tamices, clasificándolo y separándolo de acuerdo a su tamaño. Determinando el porcentaje de material que es retenido en cada malla. El cual nos indica que el % retenido en el tamiz N° 4 se denomina grava, el % que pasa el tamiz N° 4 se denomina arena y las que pasan el tamiz N° 200 son llamados arcilla y limos.

**Tabla 7:** Tamizado obtenido de la C-1 muestra en estado natural

TAMIZ	AASHTO T-27	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA		
	(mm)					
3"	76.200	100.00		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)		
2 1/2"	63.500	100.00		Contenido Humedad (%)		7.1
2"	50.800	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)		
1 1/2"	38.100	100.00		Limite Líquido (LL)		38
1"	25.400	100.00		Limite Plástico (LP)		22
3/4"	19.050	100.00		Indice Plástico (IP)		16
1/2"	12.700	100.00		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)		
3/8"	9.530	100.00		Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
N° 4	4.750	97.69		2.3	39.2	58.5
N° 10	2.000	97.17		CLASIFICACIÓN DE SUELOS		
N° 20	0.850	94.40		Clasificación SUCS (ASTM D2487)		CL
N° 40	0.430	84.72		Clasificación AASHTO (ASTM D3282)		A-6 (7)
N° 60	0.250	73.88		Nombre del Grupo		
N° 100	0.150	65.09		Arcilla arenosa de baja plasticidad		
N° 200	0.075	58.47				

Fuente: JJ Geotecnia

**Interpretación.** - Según el análisis granulométrico por tamizado, del material obtenido de la C-1, el cual nos indica que el 2.3% del material fue retenido en la malla N°4, el 39.2% paso por la malla N° 4 siendo considerada material arenoso y por ultimo un 58.5% paso la malla N° 200 siendo un material fino.

De acuerdo a la muestra extraída de la C-1 ubicada en 200m de la Av. Bonavista, se pudo demostrar según la clasificación de suelo por el sistema SUCS (ASTM D-2487) en el laboratorio (JJ GEOTECNIA SAC), determino que la muestra es un tipo de suelo (CL) **Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media.**

**Tabla 8:** Tamizado obtenido de la C-2 muestra en estado natural

TAMIZ	AASHTO T-27	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
	(mm)					
5"	127.000	100.0	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%)	6.8	
3"	76.200	94.2		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
2 1/2"	63.300	86.8		Limite Líquido (LL)		
2"	50.800	77.2		Limite Plástico (LP)		
1 1/2"	38.100	61.7		Indice Plástico (IP)		
1"	25.400	49.2		Grava (%)		
3/4"	19.000	39.3		Arena (%)		Finos (%)
1/2"	12.500	30.7		81.0	17.4	1.7
3/8"	9.500	25.8		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
Nº 4	4.750	19.0		Clasificación SUCS (ASTM D2487)		GP
Nº 10	2.000	16.2		Clasificación AASHTO (D3282)		A-1-a ( 0 )
Nº 20	0.840	14.5		Nombre del Grupo		Grava pobremente gradada con arena
Nº 40	0.425	11.0		<b>INDICACIONES:</b>		
Nº 60	0.250	6.8		El método de secado para el ensayo de contenido de humedad		
Nº 100	0.150	2.8		fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C.		
Nº 200	0.075	1.7				

Fuente: JJ Geotecnia

**Interpretación.** - según el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, del material obtenido de la **C-2** nos indica que, el 81% del material fue retenido en la malla Nº4 siendo considerada grava, el 17.4% paso por la malla Nº 4 siendo considerada material arenoso y por ultimo un 1.7% paso la malla Nº 200 siendo un material fino.

De acuerdo a la muestra extraída de la C-2 ubicada en 450m de la Av. Bonavista, se pudo demostrar según la clasificación de suelo por el sistema SUCS (ASTM D2487) en el laboratorio (JJ GEOTECNIA SAC). Por lo tanto, su clasificación es **Grava mal graduada mezclada con grava y arena (GP)**

**Tabla 9:** Tamizado obtenido de la C-3 muestra en estado natural

TAMIZ	AASHTO T-27	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN GRADACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
	(mm)					
5"	127.000	100.0	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>		
4"	101.600	100.0		Contenido Humedad (%)	7.1	
3"	76.200	100.0		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>		
2 1/2"	63.300	100.0		Limite Líquido (LL)		
2"	50.800	100.0		Limite Plástico (LP)		
1 1/2"	38.100	100.0		Indice Plástico (IP)		
1"	25.400	100.0		Grava (%)		
3/4"	19.000	100.0		Arena (%)		Finos (%)
1/2"	12.500	100.0		0.4	40.4	59.2
3/8"	9.500	100.0		<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
Nº 4	4.750	99.6		Clasificación SUCS (ASTM D2487)		CL
Nº 10	2.000	98.9		Clasificación AASHTO (D3282)		A-4 ( 5 )
Nº 20	0.840	96.7		Nombre del Grupo		Arcilla arenosa de baja plasticidad
Nº 40	0.425	92.4		<b>INDICACIONES:</b>		
Nº 60	0.250	86.1		El método de secado para el ensayo de contenido de humedad		
Nº 80	0.177	86.1		fue en horno de laboratorio controlado a 110 ±5°C hasta masa		
Nº 100	0.150	70.0		constante.		
Nº 200	0.075	59.2				
< Nº 200	FONDO					

Fuente: JJ Geotecnia

**Interpretación.** - según el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, del material obtenido de la **C-3** nos indica que el 0.4% del material fue retenido en la malla N°4, el 40.4% paso por la malla N° 4 siendo considerada material arenoso y por ultimo un 59.2% paso la malla N° 200 siendo un material fino. De acuerdo a la muestra extraída de la C-3 ubicada en 700m de la Av. Bonavista, se pudo demostrar según la clasificación de suelo por el sistema SUCS (ASTM D2487) en el laboratorio (JJ GEOTECNIA SAC). Por lo tanto, su clasificación es (CL) **Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media**

**Tabla 10:** Sistema de clasificación de suelos AASHTO

<b>SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO</b>											
Clasificación	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz N° 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz N° 200)				
Grupo:	A-1		A-3	A-2-4				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa:											
N° 10 (2mm)	50 máx	-	-	-				-			
N° 40 (0,425mm)	30 máx	50 máx	51 mín	-				-			
N° 200 (0,075mm)	15 máx	25 máx	10 máx	35 máx				36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz N° 40											
Límite líquido	-		-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
Índice de plasticidad	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
Constituyentes principales	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plástico  
(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30  
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación,** - es el sistema de clasificación de suelos, el cual nos indican que si pasa menos del 35% por el tamiz N°200 son materiales granulares y perteneces al grupo A-1, A-2 y A-3, pero si pasa más del 35% por el tamiz N° 200 son materiales limoso arcilloso y pertenecen al grupo A-4, A-5, A-6 y A-7.

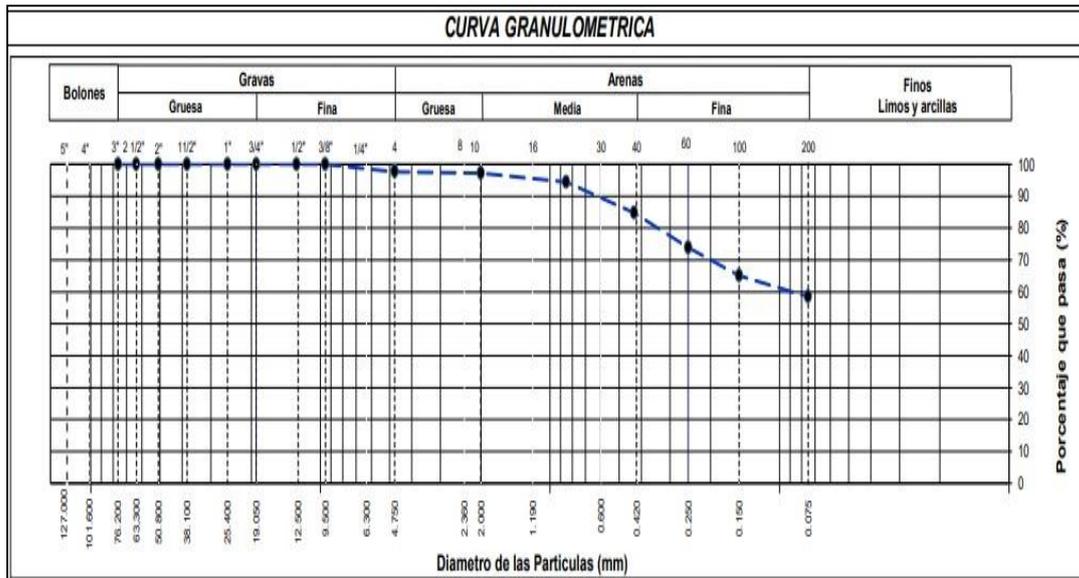


Figura 13: Curva granulométrica de la C-1

Fuente: JJ GEOTECNIA

**Interpretación.** -Según la curva granulométrica de la **C-1** nos indica que mediante la clasificación de suelos AASTHO (D 3242), se obtuvo como resultados que es de material limoso arcilloso, con porcentajes que pasa por el tamiz N° 10 de 97.17%, por el tamiz N°40 pasa el 84.72% y por el tamiz N°200 pasa el 58.47%. Por lo tanto, su clasificación es de suelo arcilloso

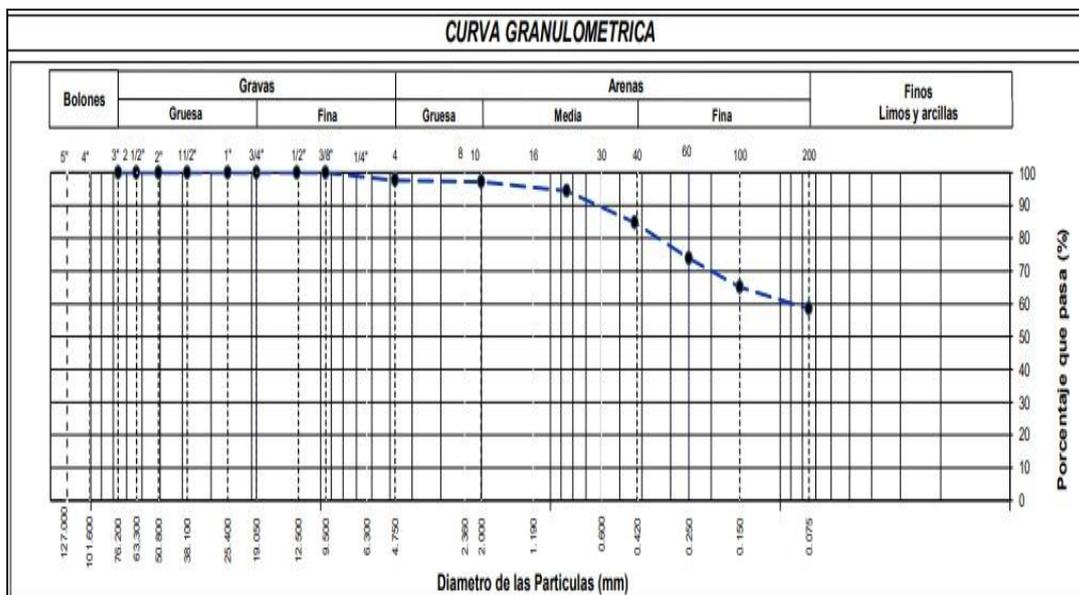


Figura 14: Curva granulométrico de la C-2

Fuente: JJ GEOTECNIA

**Interpretación.** -Según la curva granulométrica de la **C-2** nos indica que mediante la clasificación de suelos AASTHO (D 3242), se obtuvo como resultados, que es de material granulares, con porcentajes que pasa por el tamiz N° 10 de 16.2%, por el tamiz N°40 pasa el 11% y por el tamiz N° 200 pasa el 1.7%. Por lo tanto, su clasificación es de grava pobremente graduada con arena

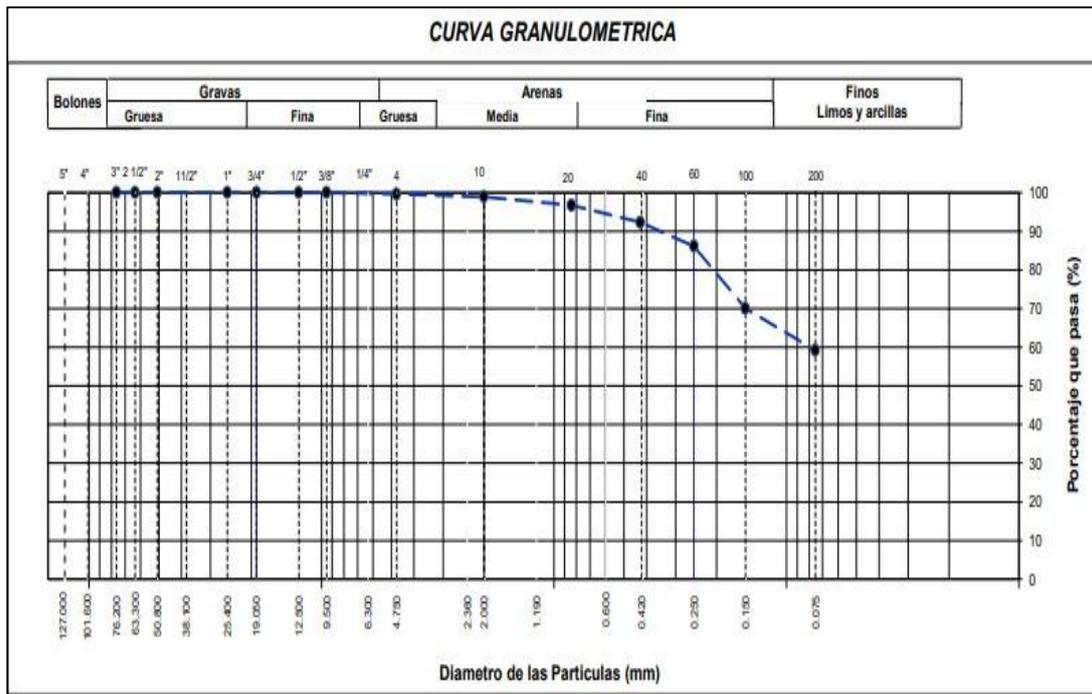


Figura 15: Curva granulométrica de la C-3

Fuente: JJ GEOTECNIA

**Interpretación.** -Según la curva granulométrica de la **C-3** nos indica que mediante la clasificación de suelos AASTHO (D 3242), se obtuvo como resultados, que es de material limoso arenoso, con porcentajes que pasa por el tamiz N° 10 de 98.9%, por el tamiz N° 40 pasa el 92.4% y por el tamiz N° 200 pasa el 59.2%. Por lo tanto, su clasificación es de suelo arcilloso

### LÍMITE DE CONSISTENCIA

También conocida con límite de atterberg, se utiliza para determinar el comportamiento de los suelos de grano finos en cuatro estados: estado sólido, semisólido, pastoso y semilíquido, para pasar de un estado de consistencia a otro, es en función del contenido de humedad. Entre el estado semisólido y

plástico se llama límite plástico, entre el estado plástico y semilíquido se llama límite líquido. La diferencia entre el límite líquido y plástico es el índice de plasticidad

**Tabla 11:** Resultados del límite de consistencia de las 3 calicatas

CALICATAS	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
C-1	38%	22%	16%
C-2	N.P	N.P	N.P
C-3	31%	22%	9%

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** - se puede visualizar los resultados obtenidos de los límites de consistencia de las tres calicatas, para la C-1 un LL de 38%, Límite plástico de 22% y un IP del 16%, con respecto a la C-2 se determinó la muestra N.P (No plástico) siendo la diferencia y por último para la C-3 se obtuvo un Límite Líquido de 31%, LP de 22% y un IP de 9%.

**En conclusión,** la calicata N° 01, es el terreno más desfavorable, debido a que su clasificación es **Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media (CL)** siendo considerado un suelo arcilloso de baja resistencia. Por consiguiente, se procedió a llevar la muestra al laboratorio, realizar el proctor modificado y el CBR.

**Tabla 12:** Resultados de los ensayos en laboratorio de la muestra Patrón

ENSAYOS		CALICATA N°01
CONTENIDO DE HUMEDAD		7.1 %
LIMITES DE ATTERBERG	Limite liquido	38%
	Limite plástico	22%
	Índice de plasticidad	16%
CLASIFICACIÓN DE SUELOS	SUCS	CL-ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD
	AASHTO	A-6-7
PROCTOR MODIFICADO	Óptimo contenido de Humedad (OCH)	10.8%
	Densidad Máxima Seca (DMS)	1.884 g/cm <sup>3</sup>
California Bearing Ratio (CBR)		8%

Fuente: Elaboración propia



*Figura 16:* Gráfico del límite de consistencia de la muestra natural

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** - Se puede visualizar que la muestra patrón tiene un 7.1% de contenido de humedad, un Limite Liquido de 38%, Limite Plástico 22% y un Índice de plasticidad de 16%.

De acuerdo a los resultados se determinó que la muestra patrón es arcilla de baja plasticidad, por el cual se puede corroborar en el ensayo realizado, esto es debido a que posee altos porcentajes de plasticidad.

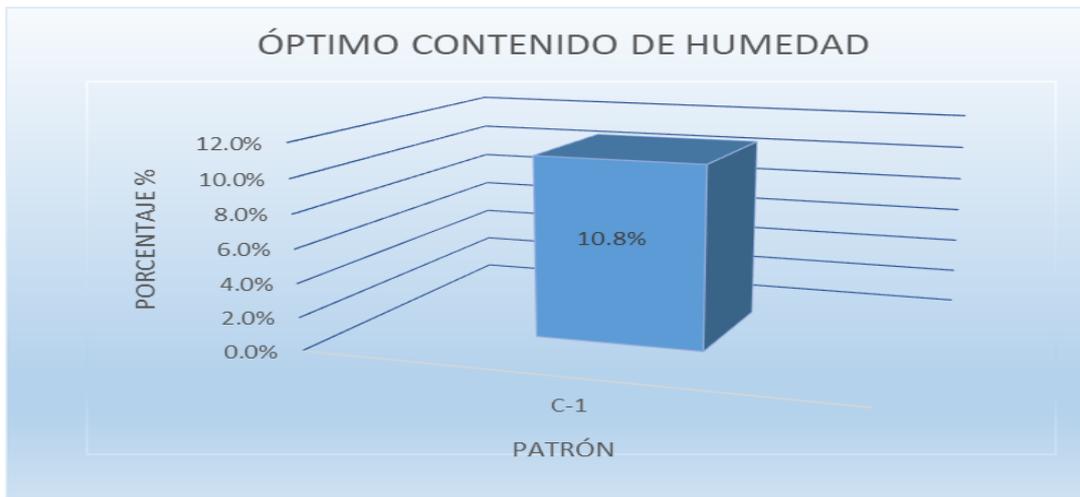


Figura 17: Grafico del Optimo CH de la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** - Se efectuó el ensayo de proctor modificado de la muestra patrón donde se obtuvo como resultado un 10.8% del Optimo CH.

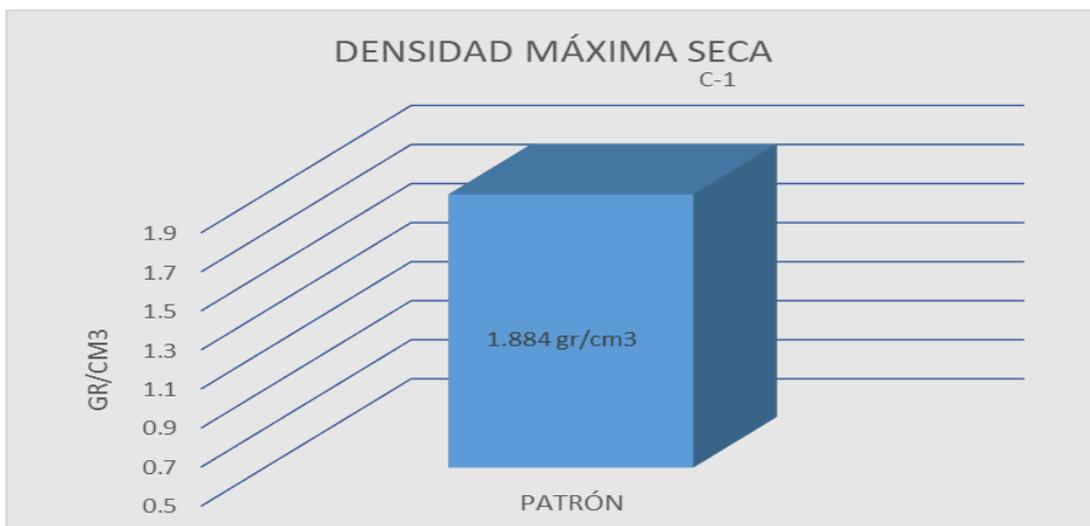


Figura 18: Grafico de la Densidad Máxima Seca de la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** - Se realizó el ensayo de proctor modificado de la muestra patrón, donde se obtuvo como resultado un 1.884 gr/cm<sup>3</sup> de la Densidad Máxima Seca

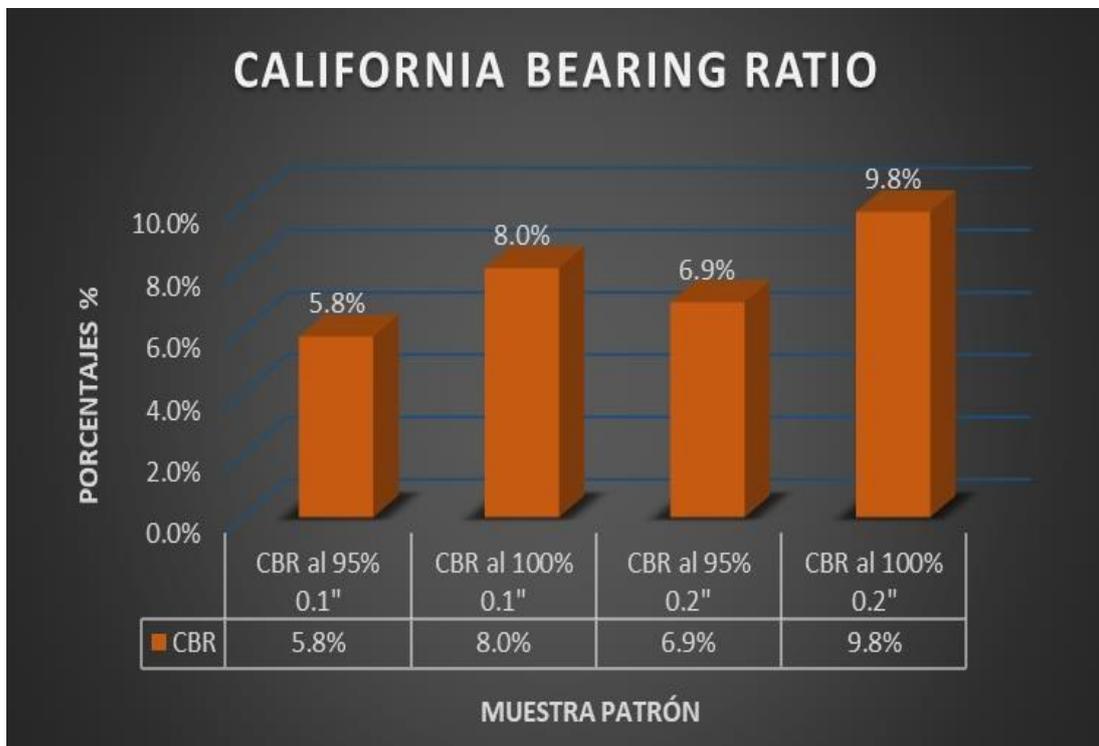


Figure 19: Grafico del California Bearing Ratio de la muestra patrón

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** - En el ensayo de California Bearing Ratio (**CBR**) se tuvo como resultado de la muestra natural una DMS de 1.884 gr/cm<sup>3</sup> y al 95% de su DMS fue de 1.793 gr/cm<sup>3</sup> y un Optimo CH de 10.8%. La muestra después de ser llevada a saturación. Se mide su resistencia con una penetración al 0.1" el cual nos indica el CBR al 95% un 5.8% y con CBR al 100% un 8%. Asimismo, con una penetración al 0.2", se tuvo como resultado el CBR al 95% un 6.9% y CBR al 100% un 9.8%.

Esto nos indica que, el suelo natural es pobre para el uso en la subrasante.

**Objetivo 1:**

**Evaluar la influencia de la aplicación del aditivo perma-zyme en 0.20ml, 0,25 ml y cenizas del bagazo de caña de azúcar en un 14%, 18% para determinar**

## el índice de plasticidad de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021

### Ensayo de Límite de Atterberg

También conocido como límite de consistencia, este ensayo consiste en determinar el comportamiento del suelo, el cual se realizó con la muestra obtenida del material pasante por la malla N° 40 de la fracción fina, para rápidamente ser humedecida con agua destilada y dejar reposar durante 24 horas para su saturación completa. De esta manera, se halla el LL, LP y por diferencia el índice de plasticidad, para los casos del suelo natural, adicionando al SN+0.20ml, SN+0.25ml del aditivo perma-zyme, SN+14%, SN+18% de las CBCA



Figura 20: Ensayo de Casa Grande

Fuente: Elaboración propia



Figura 21: Ensayo del Limite Plástico

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13:** Ensayo de Atterberg con la incorporación del aditivo Perma-zyme

Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
Suelo Natural (SN)	38.0%	22%	16.0%
SN + 0.20 ml de perma-zyme	26.3%	20%	6.1%
SN + 0.25ml de perma-zyme	22.7%	17%	5.3%

Fuente: Elaboración propia

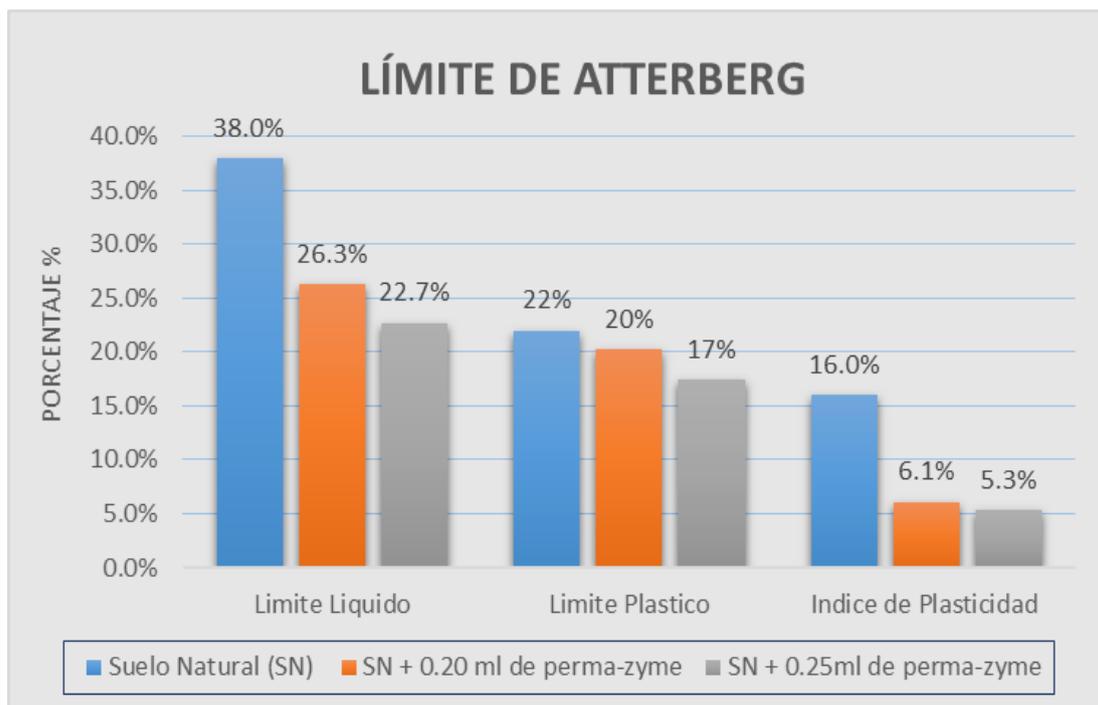


Figura 22: Grafico Ensayo de Atterberg con la incorporación del Perma-zyme.

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** Los ensayos obtenidos de Límite de consistencia con la adición de diferentes porcentajes del aditivo perma-zyme mostraron resultados óptimos para un suelo CL (arcilla inorgánica de baja plasticidad), ya que se redujo el IP de la muestra natural. Inicialmente se tuvo como resultado que el IP de la muestra patrón fue de un 16%, sin embargo, al incorporar mayor porcentaje del perma-zyme se puede evidenciar una reducción del IP del suelo natural, tal es el caso que al incorporar un 0.25ml del aditivo perma-zyme redujo considerablemente el Índice de plasticidad de un 16% a un 5.3%, mejorando así sus propiedades físicas del suelo de tipo CL.

Tabla 14: Ensayo de Atterberg con la incorporación de la CBCA

Muestra	Límite Líquido	Límite Plástico	Índice de Plasticidad
Suelo Natural	38%	22%	16%
SN+ 14% de CBCA	N.P	N.P	N.P
SN+ 18% de CBCA	N.P	N.P	N.P

Fuente: Elaboración propia

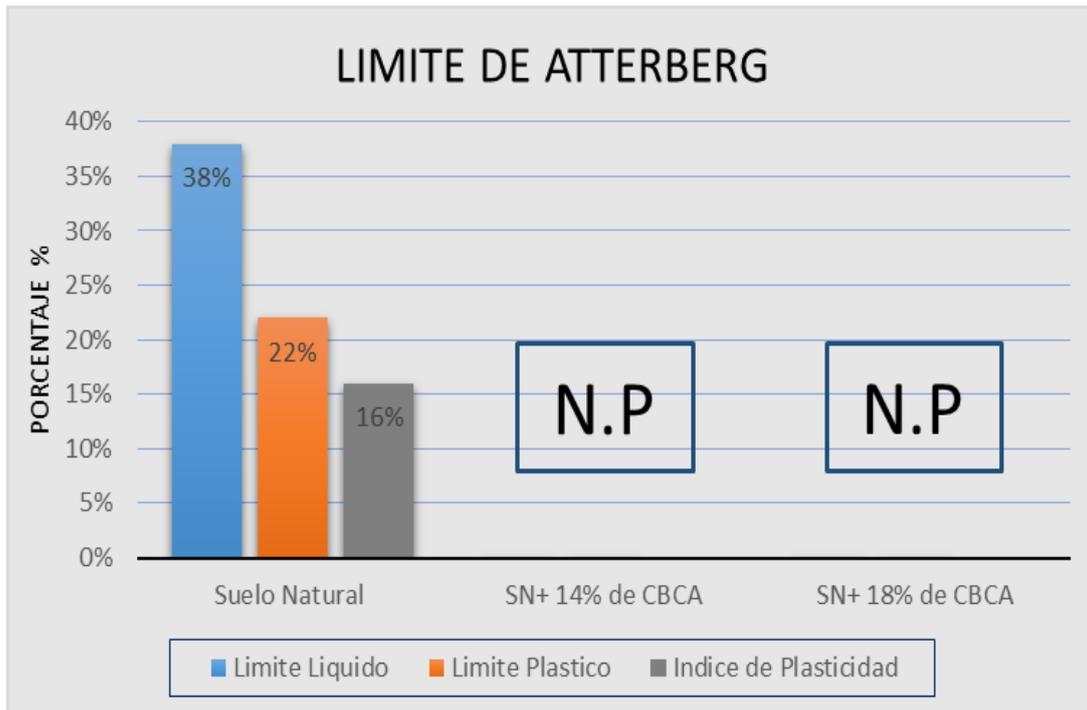


Figura 23: Grafico Ensayo de Atterberg con la incorporación de la CBCA.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** En los ensayos obtenidos de Límite de consistencia con la adición del de las cenizas del bagazo de caña de azúcar mostraron resultados óptimos para un suelo de clasificación CL, donde el cual ya no presenta plasticidad (N.P) a diferencia de la muestra natural que tiene un IP de 16%.

**Tabla 15:** Resumen del Ensayo de Limite de Atterberg con la incorporación del aditivo perma-zyme y CBCA

Limite de Atterberg	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLASTICIDAD
Suelo Natural (SN)	38%	22%	16%
S + 020ml de perma-zyme	26.3%	20%	6.1%
S + 0.25ml de perma-zyme	22.7%	17%	5.3%
S + 14% de CBCA	N.P	N.P	N.P
S + 18% de CBCA	N.P	N.P	N.P

Fuente: Elaboración propia

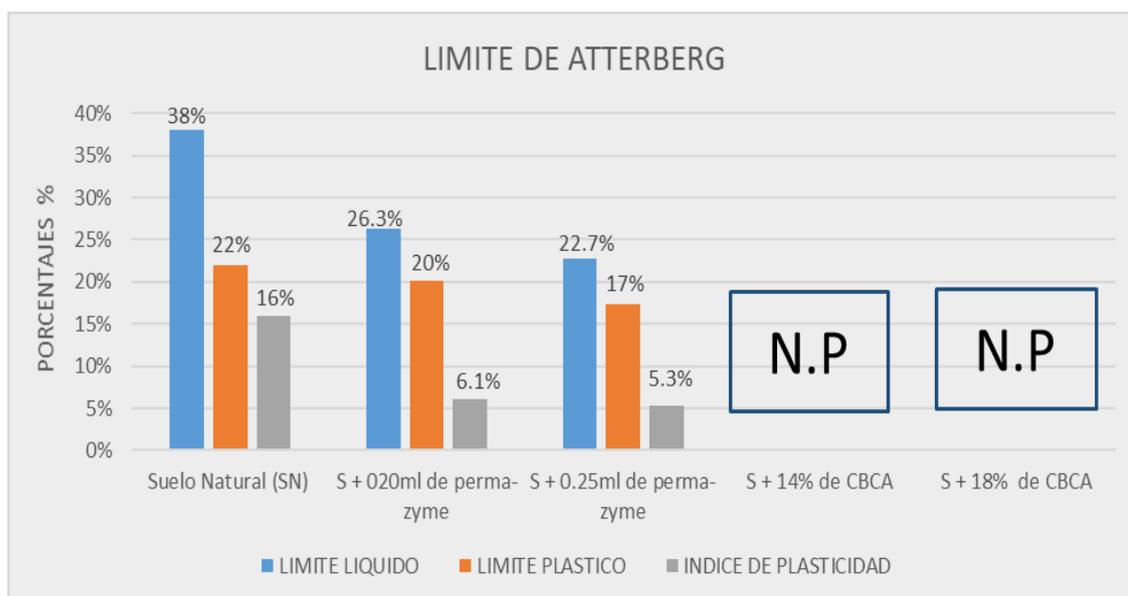


Figura 24: Grafico Comparativo del Ensayo de Atterberg con la incorporación del perma-zyme y la CBCA.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación:** En los ensayos obtenidos de Límite de consistencia con la adición del aditivo perma-zyme y la CBCA, se tuvo como resultados que el valor que disminuyó el IP, fue al incorporar el 0.25ml del perma-zyme dando un valor de 5.3%, con respecto de las CBCA el valor que redujo el IP fue al agregar tanto el 14% y 18% mostraron resultados óptimos al no presentar porcentajes de plasticidad. Se aprecia que con ambos productos hubo una mejora del IP.

## Objetivo 2:

**Determinar la influencia de la aplicación del aditivo perma-zyme en 0.20ml, 0,25 ml y cenizas de bagazo de caña de azúcar en un 14%, 18% para evaluar el óptimo contenido de humedad y densidad máxima seca de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021.**

## Ensayo de Proctor Modificado

Para esta prueba se realizó mediante el método C, el cual se manipuló un molde de 6 pulg de diámetro, el material empleado fue el que pasa por el tamiz  $\frac{3}{4}$ , se utilizó unos 36kg de muestra y se cuartea en porciones de 6kg cada uno para ser añadido al molde en 5 capas y se realizó 25 o 56 golpes por cada capa,

este método se efectúa siempre y cuando el 20% en peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (19,0 mm) y el 30% es retenido en el tamiz ¾. Por lo tanto, se usó para la muestra del suelo natural agregando 0.20 ml , 0.25ml del aditivo perma-zyme y el 14% , 18% de las CBCA. Con este ensayo se obtuvo la DMS y el óptimo CH.

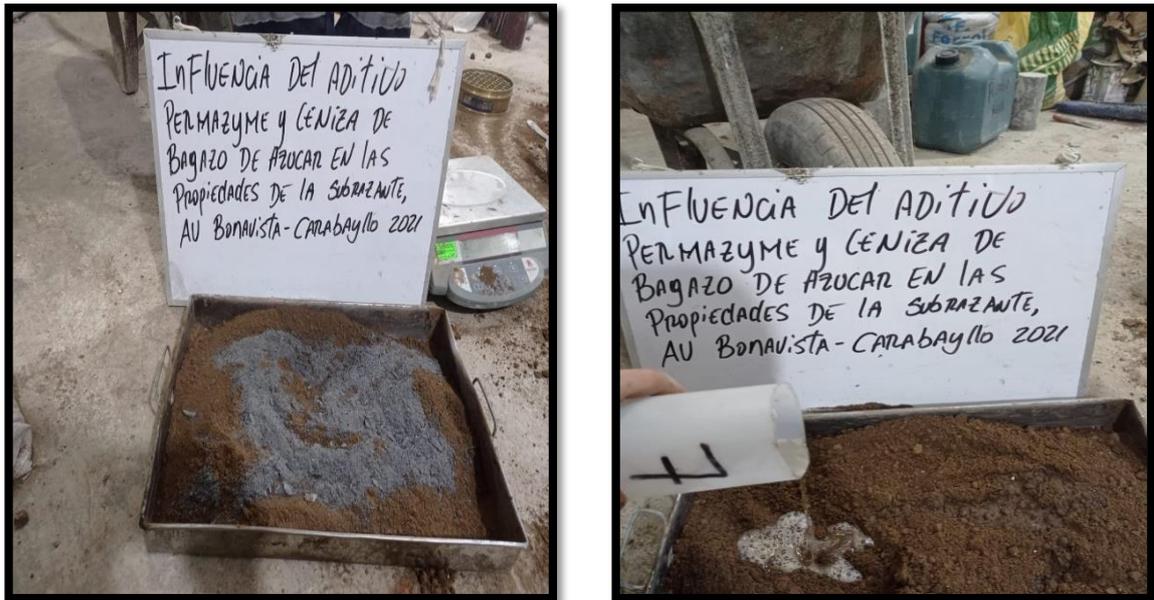


Figura 25: Mezcla de la muestra natural incorporando el aditivo perma-zyme y las CBCA

Fuente:Elaboración propia



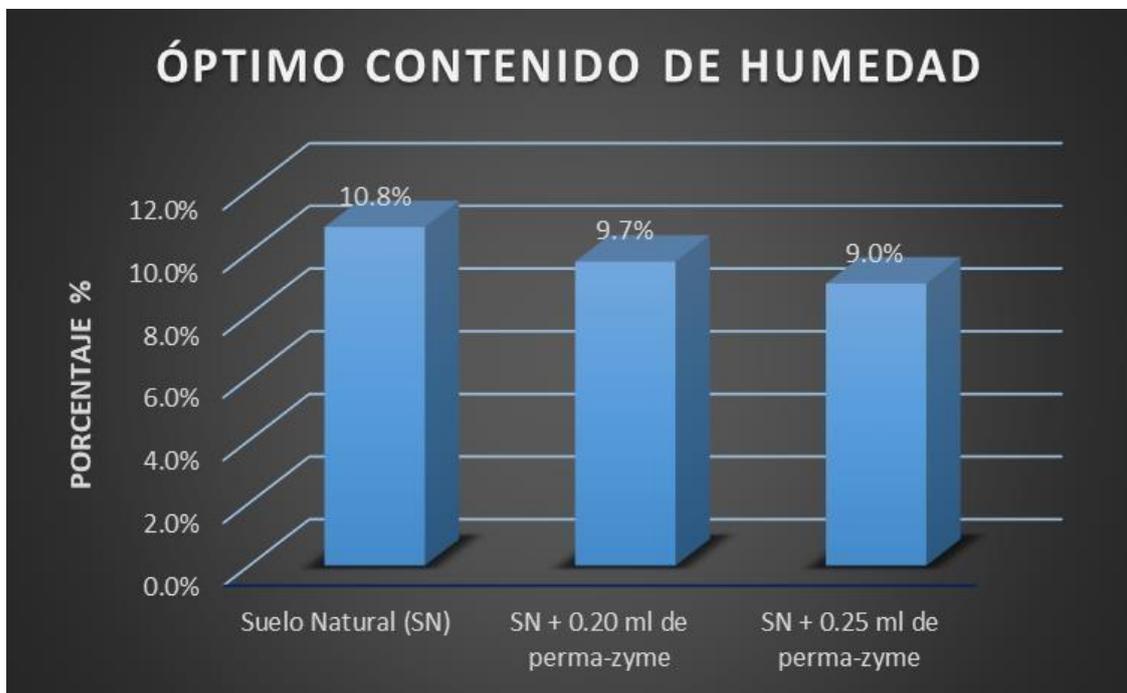
Figura 26: Muestra ingresada al horno de secado

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 16:** Óptimo CH y Densidad máxima seca con la incorporación del aditivo Perma-zyme

Muestra	Óptimo Contenido de Humedad	Densidad Máxima Seca
Suelo Natural (SN)	10.8%	1.884 gr/cm <sup>3</sup>
SN + 0.20 ml de perma-zyme	9.7%	1.994 gr/cm <sup>3</sup>
SN + 0.25 ml de perma-zyme	9.0%	2.013 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia



*Figura 27:* Gráfico del óptimo CH con la incorporación del perma-zyme.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** El Óptimo CH es inversamente proporcional a la adición del aditivo perma-zyme, es decir mayor sea la incorporación del aditivo, menor será el Óptimo contenido de humedad, por ejemplo, al incorporar un 0,20ml del perma-zyme a la muestra natural se redujo el Optimo CH de 10.8% a un 9.0%.

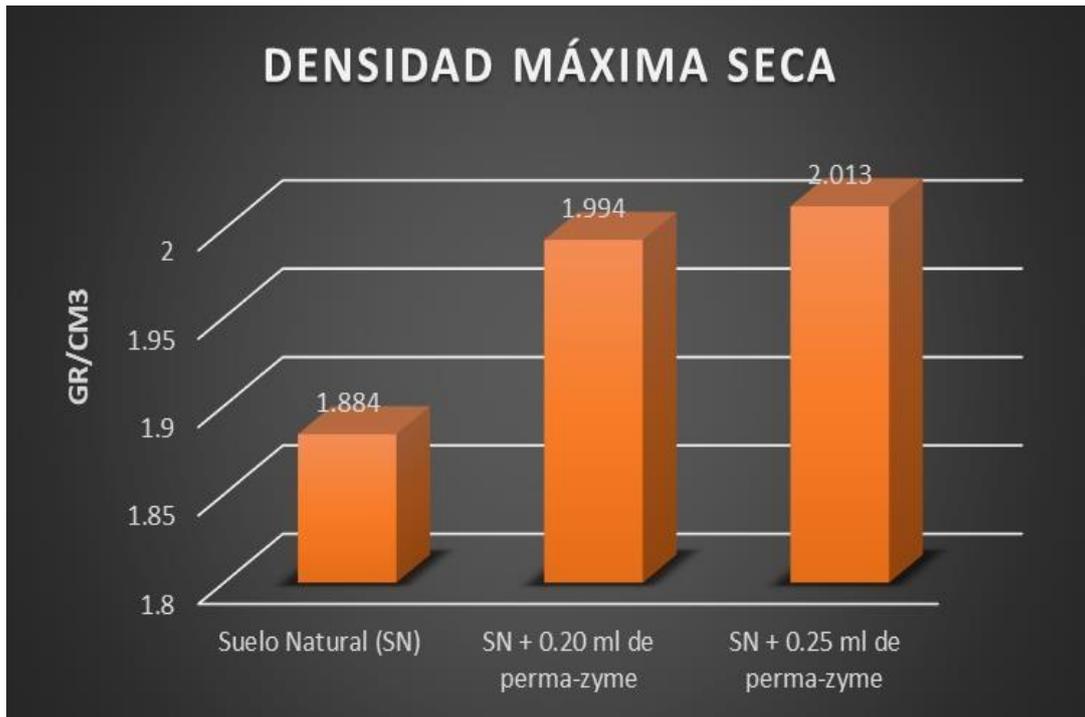


Figura 28: Grafico de la DMS con la incorporación del perma-zyme.

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** La Densidad Máxima Seca es directamente proporcional a la adición del aditivo perma-zyme, es decir, a mayor dosificación del aditivo resulta mayor el valor de la densidad máxima seca, por ejemplo, al incorporar un 0.25ml a la muestra patrón aumenta la DMS de 1.884 gr/cm<sup>3</sup> a 2.013 gr/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 17:** Óptimo Contenido de Humedad (OCH) y Densidad Máxima Seca (DMS) con la incorporación de la CBCA

Muestra	Óptimo Contenido de Humedad	Densidad Máxima Seca
Suelo Natural (SN)	10.8%	1.884 gr/cm <sup>3</sup>
SN + 0.20 ml de perma-zyme	9.7%	1.994 gr/cm <sup>3</sup>
SN + 0.25 ml de perma-zyme	9.0%	2.013 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia

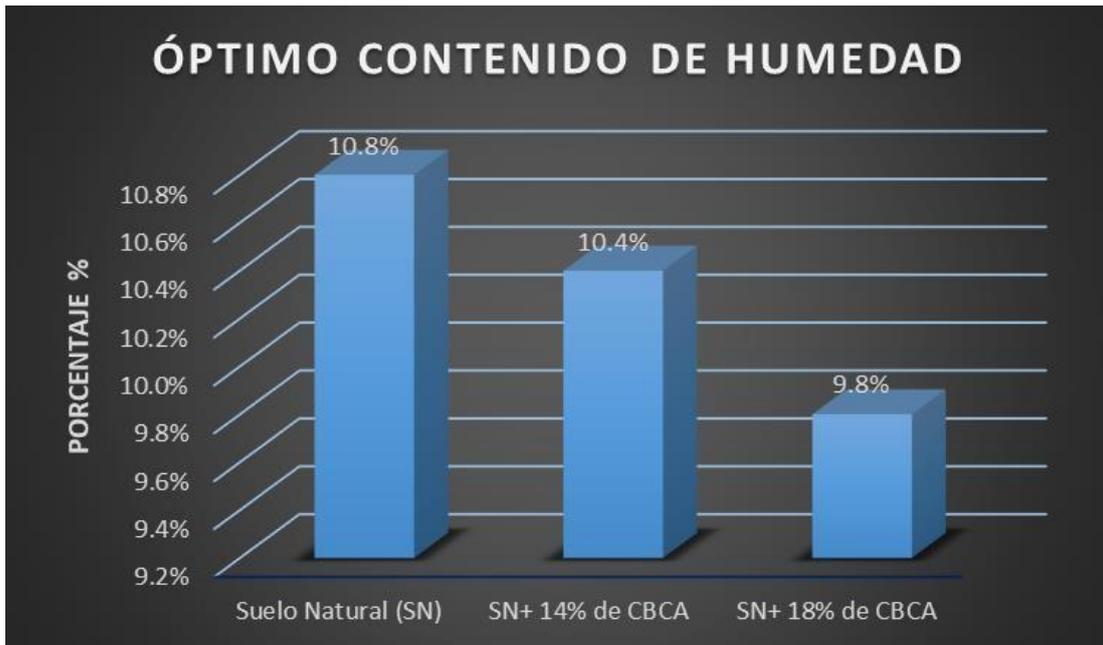


Figura 29: Grafico del óptimo CH con la incorporación de la CBCA

Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** El Óptimo CH es inversamente proporcional a la adición del aditivo perma-zyme, es decir mayor sea la incorporación del aditivo, menor será el Óptimo contenido de humedad, por ejemplo, al incorporar un 18% del CBCA a la muestra natural se redujo el Optimo CH de 10.8% a un 9.8%.

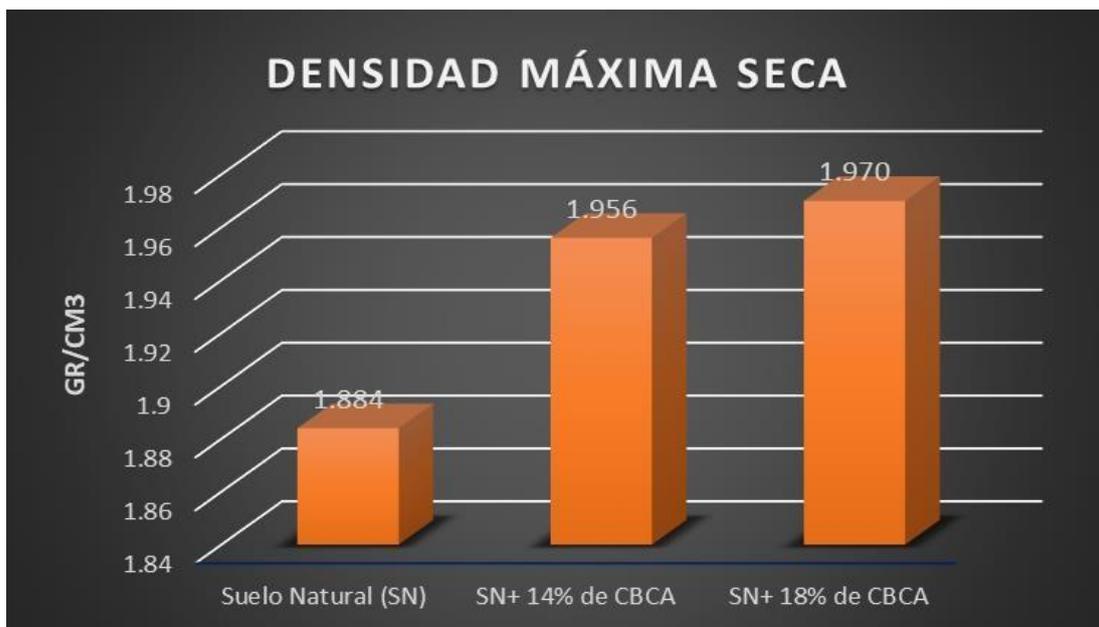


Figura 30: Grafico de la DMS con la incorporación de la CBCA

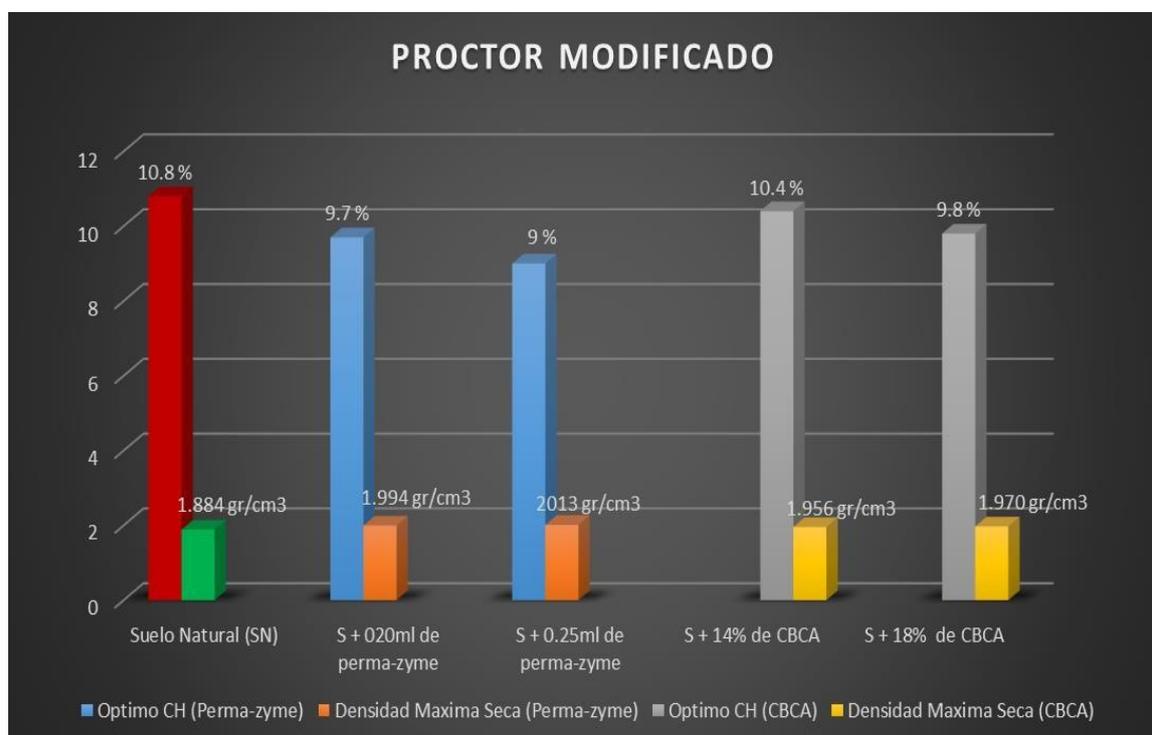
Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** La Densidad Máxima Seca es directamente proporcional a la adición de la CBCA, es decir, a mayor dosificación de la CBCA resulta mayor el valor de la Densidad Máxima Seca, por ejemplo, al incorporar un 18% de la CBCA a la muestra patrón aumento la DMS de 1.884 g/cm<sup>3</sup> a 1.970 g/cm<sup>3</sup>.

**Tabla 18:** Resumen del Ensayo de Proctor Modificado con la incorporación del aditivo perma-zyme y CBCA

Proctor Modificado	Optimo Contenido de Humedad	Densidad Maxima Seca
Suelo Natural (SN)	10.8%	1.884 gr/cm <sup>3</sup>
S + 020ml de perma-zyme	9.7%	1.994 gr/cm <sup>3</sup>
S + 0.25ml de perma-zyme	9.0%	2.013gr/cm <sup>3</sup>
S + 14% de CBCA	10.4%	1.956 gr/cm <sup>3</sup>
S + 18% de CBCA	9.8%	1.970 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia



**Figura 31:** Grafico Comparativo del Ensayo de Proctor Modificado con la incorporación del perma-zyme y la CBCA.

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:** En los ensayos obtenidos de Proctor Modificado con la adición del aditivo perma-zyme y la CBCA, se tuvo como resultados que el valor máximo de la DMS fue al incorporar el 0.25ml del perma-zyme dando un valor de 2.013 gr/cm<sup>3</sup> y un Optimo CH de 9%, con respecto de las CBCA el valor máximo que tomo la DMS fue al agregar el 18% dando un valor de 1.970 gr/cm<sup>3</sup> y un Optimo CH de 9.8%. Se aprecia que con ambos productos se tuvo una mejora de la DMS y el Optimo CH.

**Objetivo 3 Especificar la influencia de La aplicación del aditivo perma-zyme en un 0.20**

**ml, 0.25ml y cenizas del bagazo de caña de azúcar en un 14%,18% para determinar la resistencia de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021**

### **Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)**

Para esta prueba del valor de soporte de california, se utilizó un molde de metal cilíndrico, el cual se empleó el material retenido en el tamiz  $\frac{3}{4}$  cuando pasa más del 75% de la muestra y supere el 25% en peso, se separa dicho material retenido y es sustituido por una porción igual de material incluido entre los tamices  $\frac{3}{4}$  y N<sup>o</sup>4, dada la muestra apta se extrae la cantidad necesario para la prueba de apisonado. Este ensayo se ejecutó con el suelo natural adicionando el aditivo perma-zyme y las CBCA.



*Figura 32: Ensayo de CBR*  
Fuente: Elaboración propia.

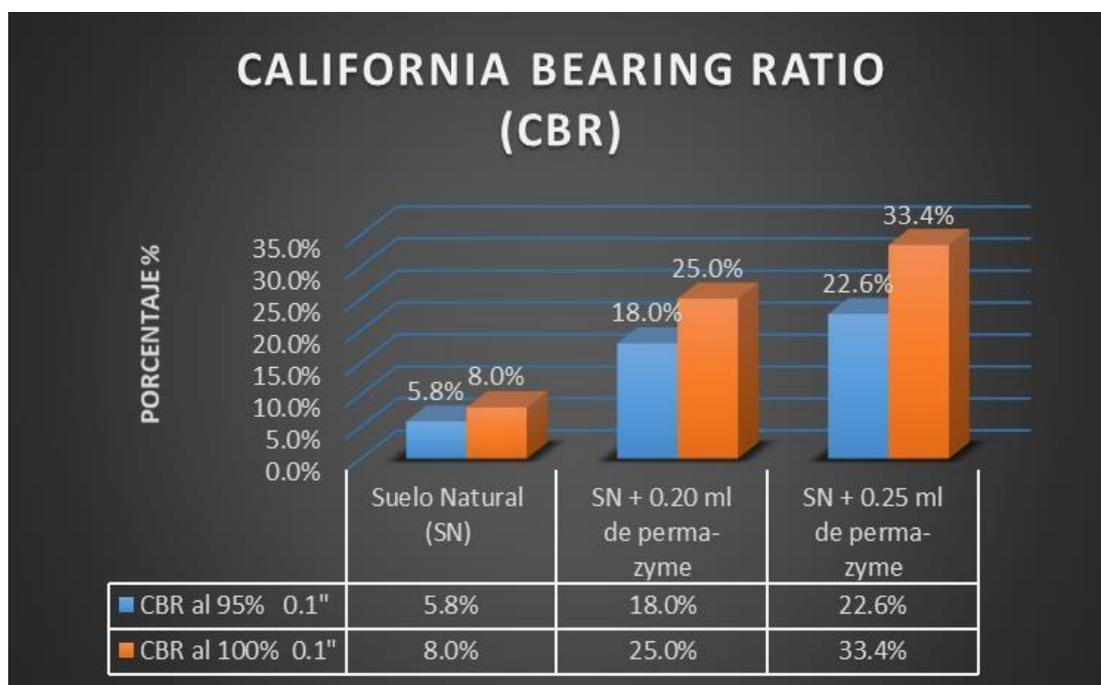


*Figura 33: Penetración de la muestra*  
Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19:** Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación del aditivo perma-zyme

CALICATA - 01	CBR al 95% 0.1"	CBR al 100% 0.1"
Suelo Natural (SN)	5.8%	8.0%
SN + 0.20 ml de perma-zyme	18.0%	25.0%
SN + 0.25 ml de perma-zyme	22.6%	33.4%

Fuente: Elaboración propia



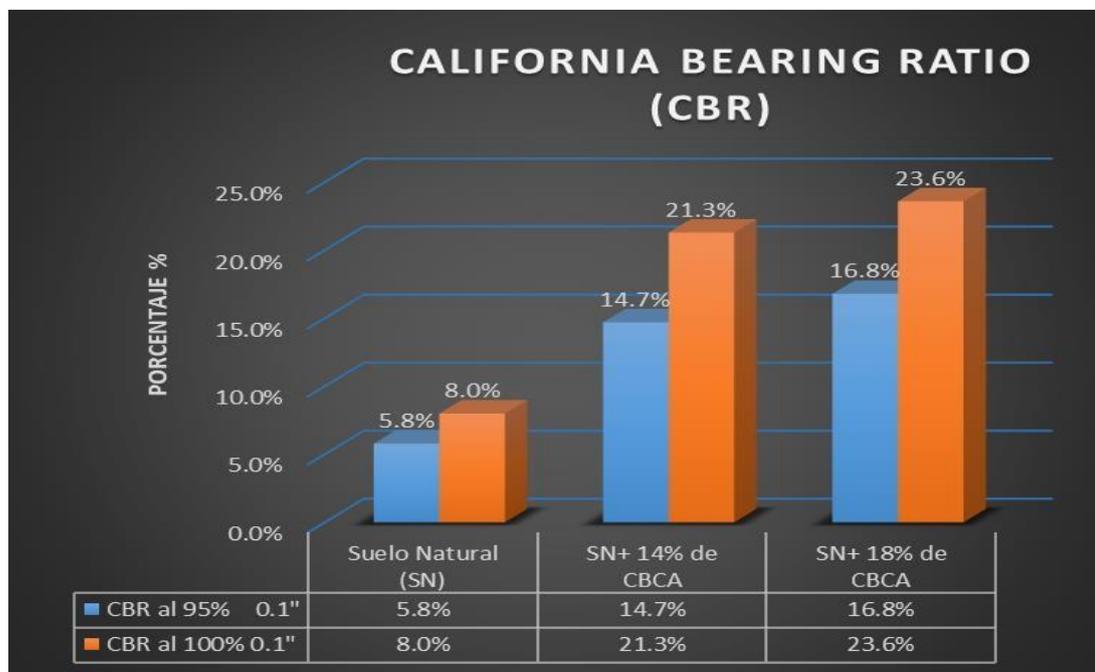
**Figura 34:** Grafico del Ensayo de CBR con la incorporación del Perma-zyme  
Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** - Al realizarse el ensayo de CBR se pudo apreciar el gran impacto positivo del estabilizante en el suelo arcilloso, donde los porcentajes de CBR son directamente proporcionales a las cantidades del aditivo. Teniendo un inicial del CBR al 95% con una penetración del 0.1" en un 5.8% y finaliza con un 22.6 %, asimismo del CBR al 100% con una penetración del 0.1", se tiene un porcentaje inicial de 8% y al terminar se obtiene un 33.4%, siendo un material excelente para la estabilización de una Subrasante.

**Tabla 20:** Ensayo de California Bearing Ratio (CBR) con la incorporación de la CBCA

CALICATA - 01	CBR al 95% 0.1"	CBR al 100% 0.1"
Suelo Natural (SN)	5.8%	8.0%
SN+ 14% de CBCA	14.7%	21.3%
SN+ 18% de CBCA	16.8%	23.6%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 35:** Grafico del Ensayo de CBR con la incorporación de la CBCA

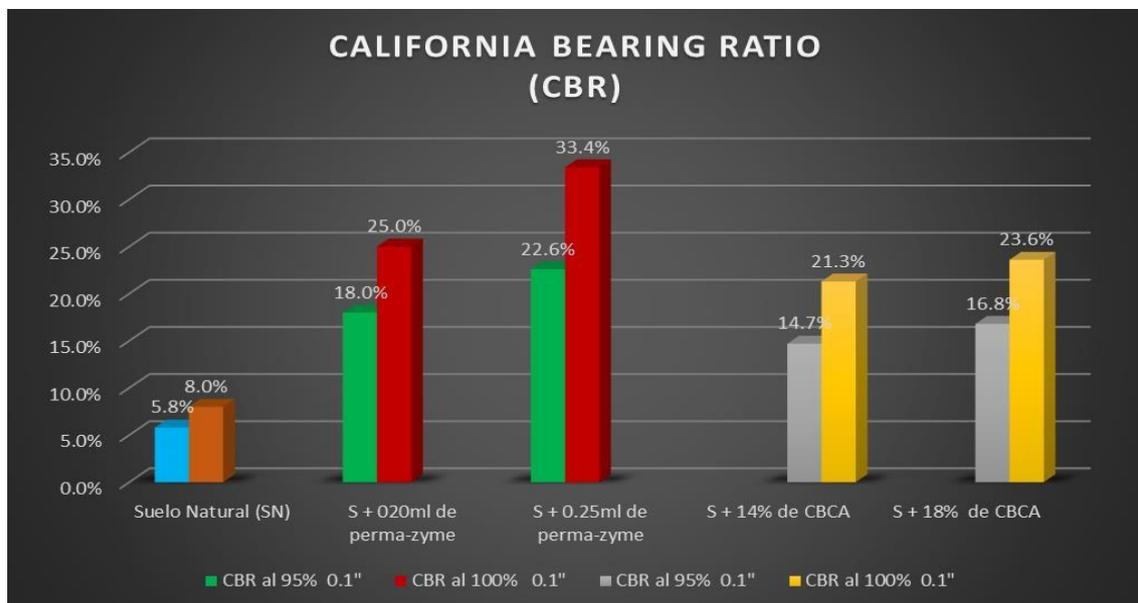
Fuente: Elaboración propia.

**Interpretación.** - Al realizarse el ensayo de CBR se pudo apreciar el gran impacto positivo de los estabilizantes en el suelo arcilloso, donde los porcentajes de CBR son directamente proporcionales a las cantidades de la CBCA. Teniendo un inicial del CBR al 95% con una penetración de 0.1" en un 5.8% y finaliza con un 16.8 %, asimismo del CBR al 100% con una penetración del 0.1" se tiene un porcentaje inicial de 8% y al terminar se obtiene 23.6%, siendo un material muy bueno para la estabilización de una Subrasante de un suelo arcilloso.

**Tabla 21:** Resumen del Ensayo de CBR con la incorporación del aditivo perma-zyme y CBCA

CBR	CBR al 95% 0.1"	CBR al 100% 0.1"
Suelo Natural (SN)	5.8%	8.0%
S + 020ml de perma-zyme	18.0%	25.0%
S + 0.25ml de perma-zyme	22.6%	33.4%
S + 14% de CBCA	14.7%	21.3%
S + 18% de CBCA	16.8%	23.6%

Fuente: Elaboración propia



**Figura 36:** Grafico Comparativo del Ensayo de CBR con la incorporación del perma -zyme y la CBCA.

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación.** - Al realizarse el ensayo de CBR se pudo apreciar el gran impacto positivo de los estabilizantes en el suelo arcilloso, donde el mayor valor se obtuvo al aplicar el 0.25ml del perma-zyme, teniendo un CBR al 95% con una penetración del 0.1" en un 22.6% y un CBR al 100% se obtuvo un 33.4%, siendo un material excelente de una subrasante, en el caso de las CBCA el mayor valor se obtuvo al incorporar el 18%, teniendo un CBR al 95% de 16.8%% y un CBR al 100% se obtuvo un 23%. Siendo un material muy bueno para la estabilización de una subrasante.

## V. DISCUSIÓN

**Objetivo 1:** Evaluar la influencia de la aplicación del aditivo perma-zyme en 0.20ml, 0,25 ml y cenizas del bagazo de caña de azúcar en un 14%, 18% para determinar el índice de plasticidad de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021.

**Antecedente:** Oscanoa (2021) en su investigación agrego diversas dosificaciones (1L/30m<sup>3</sup> (10ml), 1.5L/30m<sup>3</sup> (20ml), 2L/30m<sup>3</sup> (30ml)) del aditivo perma-zyme directamente a la muestra del suelo natural, el cual se logró obtener un índice de plasticidad de 12,92% con la dosificación de 2L/30m<sup>3</sup> del aditivo perma-zyme, se llegó a reducir el IP con respecto a la muestra patrón que tuvo como valor 15.30%.

**Antecedente:** Aquino (2020) en su investigación utilizo diferentes porcentajes de las CBCA a la muestra del suelo natural con la dosificación de (5%, 10%, 15%), obteniendo mejoras en la cohesión de la muestra al disminuir el IP de 15.30% hasta un 8.92%.

**Resultado:** En la presente investigación, se obtuvo como resultado para el suelo en su estado natural un índice de plasticidad de 16%, pero al incorporar el aditivo perma-zyme de 0.20ml se obtuvo un 6.1%, adicionando el 0.25 ml del perma-zyme se obtuvo un 5.3% y con respecto al adicionar las CBCA en un 14%, 18%, se determinó como resultado no plástico (N.P) para ambas dosificaciones, al no encontrarse porcentajes de plasticidad.

**Comparación:** Según los antecedentes analizados se determinaron que el aditivo perma-zyme disminuye el índice de plasticidad de la subrasante y del mismo modo las CBCA, en la presente investigación mediante el ensayo de límite de consistencia se afirmó la influencia que tuvo la dosificación del aditivo perma-zyme y las CBCA, ya que redujo progresivamente el Índice de Plasticidad.

**Objetivo 2:** Determinar la influencia de la aplicación del aditivo perma-zyme en 0.20ml, 0,25 ml y cenizas del bagazo de caña de azúcar en un 14%, 18%, para evaluar el óptimo contenido de humedad y densidad máxima seca de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021.

**Antecedente:** Oscanoa (2021) en su investigación implemento diferentes

porcentajes (1L/30m<sup>3</sup> (10ml), 1,5L/30m<sup>3</sup> (20ml) ,2L/m<sup>3</sup> (30ml)) del aditivo perma-zyme directamente a la muestra patrón, el cual se obtuvo mejoras de la subrasante al disminuir el Optimo CH de un 12.01% a 10.61% e incrementar la Densidad Máxima Seca de un 1.861% a un 1.926 gr/cm<sup>3</sup>

**Antecedente:** Salas y Pinedo (2018), en su investigación añadió diversos porcentajes (5%,10%,15%) de la CBCA directamente a la muestra natural, obteniendo mejoras de la subrasante al disminuir el Optimo CH de un 11.4% a 11.20% y al incrementar la Densidad Máxima Seca de un 1.946 gr/cm<sup>3</sup> a 1.983gr/cm<sup>3</sup>.

**Resultado:** Al iniciar la investigación en base a la clasificación de suelo , el terreno fue clasificado por el sistema SUCS como un suelo CL y por el sistema ASSTHO un suelo A-6(7),asimismo al realizar el ensayo de proctor Modificado a la muestra del suelo natural presento un Optimo CH de 10.8% y una DMS de 1.884 gr/cm<sup>3</sup>, en la medida que se incorporaba en forma aumentativa el aditivo perma-zyme de 0,20ml x kg de material se obtuvo un Optimo CH de 9.7% y una DMS de 1,994 gr/cm<sup>3</sup>, incorporando el 0.25ml x kg de material se obtuvo un Optimo CH de 9% y una DMS de 2.013 gr/cm<sup>3</sup>.Del mismo modo, al adicionar la CBCA en un 14% x kg de material se obtuvo un Optimo CH de 10.4% y una DMS de 1.956 gr/cm<sup>3</sup>, con el 18% de la CBCA x kg de material se obtuvo un Optimo CH de 9.8% y una DMS de 1,970 gr/cm<sup>3</sup>. Por lo tanto, se tiene como resultado que la mejor dosificación para el aditivo perma-zyme fue el 0.25ml y de las CBCA fue el 18%, ya que para ambos se obtuvo mayor aumento en la DMS y una reducción en el Optimo CH.

**Comparación:** De acuerdo a los antecedentes analizados se pudo determinar que el aditivo perma-zyme y las CBCA mejoraron las propiedades mecánicas de la subrasante, reduciendo el Optimo CH y aumentando la DMS. Esto demuestra en la investigación, que al incrementar las dosificaciones del aditivo perma-zyme y la CBCA en el suelo natural, ayudo a disminuir el Optimo CH y aumentar la DMS.

**Objetivo 3:** Especificar la influencia de La aplicación del aditivo perma-zyme en un 0.20 ml, 0.25ml y cenizas de bagazo de caña de azúcar en un 14%,18% para determinar la resistencia de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021

**Antecedente:** Oscanoa (2021) en su investigación agregó diversos porcentajes (1L/30m<sup>3</sup> (10ml), 1,5L/30m<sup>3</sup> (20ml) ,2L/m<sup>3</sup> (30ml)) del aditivo perma-zyme directamente a la muestra de suelo natural, el cual se obtuvo un incremento en el ensayo de CBR de un 6.6% a 14.9%.

**Antecedente:** Aquino (2020) en su investigación adiciono diversos porcentajes de las CBCA a la muestra del suelo natural con la dosificación de (5%,10%,15%), obteniendo un aumento del ensayo de CBR de un 3.56% a 14.8%

**Resultado:** : En la presente investigación en base a la clasificación de suelo, la muestra del suelo natural fue clasificado por el sistema SUCS como un suelo CL y ASSTHO un suelo A-6(7),asimismo al realizar el ensayo de CBR a la muestra del suelo, se tuvo como resultado un CBR al 95% con una penetración del 0.1" de 8% y un CBR al 100% con una penetración del 0.1" de 5.8%, a la medida que se incorporó el aditivo aumento progresivamente la resistencia del suelo, con un 0.20ml del aditivo perma-zyme x kg de material, se obtuvo un CBR al 95% con una penetración del 0.1" fue de 18% y un CBR al 100% con una penetración del 0.1" fue de 25%,incorporando el 0,25ml x kg de material ,se obtuvo un CBR al 95% con una penetración del 0.1" de 22.6% y un CBR al 100% con una penetración del 0.1" de 33.4%. Del mismo modo al adicionar el 14% de la CBCA x kg de material se obtuvo un CBR al 95% con una penetración del 0.1" de 14.7% y un CBR al 100% con una penetración del 0.1" de 21.3%, adicionando el 18% de CBCA x kg de material se obtuvo un CBR al 95% con una penetración del 0.1" de 16.8% y un CBR al 100% con una penetración del 0.1" de 23.6%.por lo tanto, se tiene como resultado que la mejor dosificación para el aditivo perma-zyme fue el 0.25ml y de las CBCA fue el 18%, ya que para ambos se obtuvo mayor aumento pasando de ser una subrasante pobre a una excelente subrasante. De acuerdo al MTC que clasifica al suelo mediante el CBR.

**Comparación:** Según los antecedentes analizados se pudo determinar que el aditivo perma-zyme y las CBCA en sus diferentes dosificaciones mejoraron favorablemente las propiedades mecánicas de suelo logrando incrementar progresivamente su resistencia. Del mismo modo se demostró en la presente investigación adicionando el aditivo perma-zyme aumento el CBR al 95% y CBR al 100%, siendo los resultados similares al antecedente y de la misma forma con las CBCA, que al aumentar la dosificación se obtuvo un incremento en el CBR.

## VI. CONCLUSIONES

**Objetivo General:** Se evaluó la influencia del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña azúcar en las propiedades de la subrasante (del terreno natural) encontrado en la Av. Bonavista – Carabayllo, se observó su evaluación en cada una de sus propiedades: 1) al disminuir el índice de plasticidad en los Límites de Atterberg; 2) al reducir el Optimo CH y al incrementar la Densidad Máxima Seca ;3) al aumentar la Resistencia del terreno.

**Objetivo 1:** A) Se estableció la dependencia del porcentaje incorporando el aditivo perma-zyme en los ensayos del Límite de Atterberg, ya que influyeron en la disminución de 10.7% del Índice de Plasticidad del terreno en su estado natural, pasando de 16% hasta un 5.3% al emplearse un 0.25ml del aditivo perma-zyme, que es nuestro porcentaje más favorable. Por lo tanto, se evidencio una mejora directamente en los porcentajes propuestos, con respecto a los límites de Atterberg, el cual queda comprobado

B) Se estableció la dependencia del porcentaje incorporando la ceniza del bagazo de caña de azúcar en los ensayos del Límite de Atterberg, ya que influyeron en la disminución total del Índice de Plasticidad del terreno en su estado natural, al emplearse tanto el 14% y 18% de la CBCA se determinó N.P. ya que, no presenta plasticidad. Por lo tanto, se evidencio una mejora directamente en los porcentajes propuestos, con respecto a los límites de Atterberg, el cual queda comprobado.

**Objetivo 2:**A) Se estableció la dependencia del porcentaje incorporando el aditivo perma-zyme en los ensayos de Proctor Modificado, ya que influyeron en la reducción del Optimo CH en 1.8% en cuanto al terreno en su estado natural, pasando de 10.8% hasta un 9% al emplearse un 0.25ml del aditivo perma-zyme; por otro lado también se logró aumentar la DMS de un 0.129 gr/cm<sup>3</sup> con relación a la muestra natural, pasando de 1.884 gr/cm<sup>3</sup> a 2.013 gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar el 0.25ml de aditivo perma-zyme, que es nuestro porcentaje más favorable. Por lo tanto, se evidencio una mejora al incorporar al suelo directamente con los

porcentajes propuestos, con respecto al OCH y DMS, el cual queda comprobado.

B) Se estableció la dependencia del porcentaje incorporando el aditivo perma-zyme en los ensayos De Proctor Modificado, ya que influyeron en la reducción del Optimo CH en 1% en cuanto al terreno en su estado natural, pasando de 10.8% hasta un 9.8% al emplearse un 18% de la CBCA, por otro lado, también se logró aumentar la DMS de un 0.086 gr/cm<sup>3</sup> con relación a la muestra natural, pasando de 1.884 gr/cm<sup>3</sup> a 1.970 gr/cm<sup>3</sup>, al adicionar el 18% de la CBCA, que es nuestro porcentaje más favorable. Por lo tanto, se evidencio una mejora al incorporar al suelo directamente con los porcentajes propuesto, con respecto al OCH y DMS, el cual queda comprobado.

**Objetivo 3:** A) Se estableció la dependencia del porcentaje incorporando el aditivo perma-zyme en el ensayo de CBR, ya que influyeron en el aumento de la resistencia del terreno en su estado natural de un CBR al 95% aumento un 16.8% y un CBR al 100% aumento un 25.4%, pasando del CBR al 95% de 5.8% hasta un 22.6% y del CBR al 100% de 8% hasta un 33.4% al emplearse un 0.25ml del aditivo perma-zyme, que es nuestro porcentaje más favorable. Por lo tanto, se evidencio una mejora directamente en los porcentajes propuestos, con respecto a la resistencia de la subrasante, el cual queda comprobado.

B) Se estableció la dependencia del porcentaje incorporando la ceniza del bagazo de caña de azúcar en el ensayo de CBR, ya que influyeron en el aumento de la resistencia del terreno en su estado natural de un CBR al 95% aumento un 11% y un CBR al 100% aumento un 15.6%, pasando del CBR al 95% de 5.8% hasta un 16.8% y del CBR al 100% de 8% hasta un 23.6% al emplearse el 18% de la CBCA, que es nuestro porcentaje más favorable. Por lo tanto, se evidencio una mejora directamente en los porcentajes propuestos, con respecto a la resistencia de la subrasante, el cual queda comprobado

## VII. RECOMENDACIONES

**Objetivo Específico 1,** A) En la presente investigación al usar los porcentajes de 0.20ml, 0.25ml del aditivo perma-zyme, en todas ellas se logró la disminución del Índice de plasticidad; para continuar con una próxima investigación se recomienda incrementar mayor al 0.25ml, la inclusión del aditivo perma-zyme, para verificar si continúa reduciendo el Índice de plasticidad hasta encontrar su valor máximo. que inicie el incremento del Índice de plasticidad.

B) En la presente investigación al usar los porcentajes de 14%, 18% de la ceniza del bagazo de caña de azúcar, en todas ellas se logró la disminución total del Índice de plasticidad; para continuar con una próxima investigación se recomienda utilizar porcentajes menor al 14% para verificar si continúa reduciendo el Índice de plasticidad, ya que en los resultados con dicho porcentaje demostró no contener plasticidad, considerado N.P(no plástico).

**Objetivo específico 2,** A) En la presente investigación al elegir los porcentajes de 0.20ml, 0.25ml del aditivo perma-zyme, en todas ellas se logró obtener mejores resultados que con las CBCA, tanto en la disminución del Optimo CH e incrementación de la DMS; para continuar con una próxima investigación se recomienda incrementar mayor al 0.25ml del aditivo perma-zyme, para verificar si continúa reduciendo el Optimo CH e incrementando La DMS hasta encontrar su valor máximo. que inicie el incremento del OCH y la disminución de la DMS.

**B)** En la presente investigación al elegir los porcentajes de 14%, 18% de la ceniza del bagazo de caña de azúcar, también se logró la disminución del Optimo CH e incrementación de la DMS, para continuar con una próxima investigación se recomienda incrementar mayor al 18%, para verificar si continúa reduciendo el Optimo CH e incrementando La DMS hasta encontrar el valor máximo a emplear, que inicie el incremento del OCH y la disminución de la DMS.

**Objetivo específico 3,** A) En la presente investigación al adicionarse porcentajes de 0.20ml, 0.25ml del aditivo perma-zyme, en todas ellas se logró el

incremento de la resistencia de la subrasante, obteniendo mejores resultados que con la CBCA; para continuar con una futura investigación se recomienda incrementar mayor al 0.25ml, la inclusión del aditivo perma-zyme, para verificar si continúa aumentando la resistencia hasta encontrar su valor máximo a emplear, que inicie la disminución de la resistencia del terreno.

B) En la presente investigación al adicionarse porcentajes de 14%, 18% de la CBCA, también se logró el incremento de la resistencia de la subrasante, para continuar con una futura investigación se recomienda incrementar mayor al 18%, para verificar si continúa aumentando la resistencia hasta encontrar su valor máximo a emplear. que inicie la disminución de la resistencia del terreno.

## REFERENCIAS

1. SALAS SOLORZANO, E. J y PINEDO INFANTES, A.J. Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de sub rasante para pavimentos flexibles en el Asentamiento Humano los Conquistadores Nuevo Chimbote-2018. Tesis para título profesional, Universidad Cesar Vallejo, Chimbote, 2018. [Consultado 20 junio 2021]. Disponible en:  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/32320>
2. OSCANOA ZACARIAS, Kevin R. *Estabilización de Subrasante Blandos Aplicando Enzima Orgánica y Bischofita en Carretera no Pavimentada Km 5+840 al Km 6+900, Cajas, Junín*. Tesis para título profesional. Universidad Peruana de los Andes, Huancayo, 2021. [Consultado 20 junio 2021]. Disponible en:  
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2372>
3. AQUINO MENDOZA, Marco A. *Estabilización de Suelos con Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar para su uso en subrasante en el Distrito de Laredo - Trujillo, La Libertad 2018*. Tesis para título profesional. Universidad Privada de Trujillo, Trujillo, 2020. [Consultado 20 junio 2021]. Disponible en:  
<http://repositorio.uprit.edu.pe/handle/UPRIT/280>
4. ORTEGON RAMIREZ, C.T, PERALTE ZARRATE, J.C y COBOS MOLINA, M.A. *Caracterización del comportamiento geotécnico de suelos de origen volcánico estabilizados con cenizas provenientes de cáscara de coco y cisco de café*. Tesis para título profesional. Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia, 2019. [Consultado 22 junio 2021]. Disponible en:  
<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/14966>
5. CLAVERÍA VÁSQUEZ, P. A., TRIANA MENDOZA, D. F. y VARON OSPINA, Y. A. *Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante*. Tesis para título profesional. Universidad Cooperativa de Colombia, Colombia, 2019. [Consultado 22 junio 2021]. Disponible en:

<http://repository.ucc.edu.co/handle/ucc/6314>

6. NUÑEZ ALDAS, G. W y FIALLOS CONDO, J.T. *Análisis comparativo de la estabilización de un suelo cohesivo (arcilloso) por tres métodos químicos cal, cloruro de calcio y sulfato de calcio (yeso)*. Tesis para título profesional. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2016. [Consultado 22 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24784>
7. BARRAGÁN GARZÓN, C.A. y CUERVO CAMACHO, H.A. *Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo areno-arcilloso*. Tesis para título profesional. Universidad Piloto de Colombia, Colombia, 2019. [Consultado 24 junio 2021]. Disponible en:  
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22856/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20MANUEL%20GERARDO%20PARRA%20GOMEZ%20505587.pdf>
8. MOHD YUSOFFM, S.A.N.B. *Soil Stabilization using lignin and Bio-Enzymes* [en línea]. bachelor thesis, University Tun Hussein On Malaysia, 2015. [fecha de consulta 24 de Junio de 2021]. Disponible en:  
<https://core.ac.uk/download/pdf/42955773.pdf>
9. KHAOYA BARASA, Patrick, Dr. Too, KIPTANUI JONAH, S. M. Mulei, *Stabilization of Expansive Clay Using Lime and Sugarcane Bagasse Ash*. International Journal of Science and Research (IJSR),2015, Vol.4. 2112-2117 [fecha de consulta 24 de junio de 2021]. ISSN:2319-7064. Disponible en:  
<https://core.ac.uk/download/pdf/42955773.pdf> [https://www.ijsr.net/get\\_abstract.php?paper\\_id=15041506](https://www.ijsr.net/get_abstract.php?paper_id=15041506)
10. PANCAR, E.B. and AKPINAR, M.V. *Comparison of Effects of Using Geosynthetics and Lime Stabilization to Increase Bearing Capacity of Unpaved Road Subgrade*, Advances in Materials Science and Engineering [en línea]. 2016, (1).1-8[fecha de consulta 25 de junio 2021]. DOI:10.1155/2016/ID

7129356. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2016/7129356>

11. OJEDA FARÍAS, O., MENDOZA RANGEL, J. M. Y BALTAZAR ZAMORA, M. A. *Influencia de la inclusión de ceniza de bagazo de caña de azúcar sobre la compactación, CBR y resistencia a la compresión simple de un material granular tipo subrasante*. Revista ALCONPAT [En línea]. 2018, marzo-abril, 8 (2). 194 – 208 [fecha de consulta 25 junio 2021]. ISSN 2007-6835. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v8i2.282>
12. TIQUE ZAPATA, J.C., MORA ORTIZ, R.S., DÍAZ ALVARADO, S.A. and MAGAÑA HERNANDEZ, F. *Comparison of the performance of two chemical agents in the Stabilization of a clay soil*. R&D Space, Innovation plus Development. 2019, Vol.8 (20) 55-68. [fecha de consulta 25 de junio 2021] DOI: 10.31644/IMASD.20.2019.03. ISSN: 2007-6703. Disponible en: <https://www.espacioimasd.unach.mx/articulos/vol.8/20/pdf/03.Quimico.pdf>
13. Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Manual de carretera sección: suelos y pavimentos. Perú, 2014. [consultado 26 de junio 2021]. 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)
14. FERNANDEZ FLORES, N. Estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida malecón checa, san juan de Lurigancho. Tesis para título profesional. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018, pág. 28. [consultado 26 de junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27076>
15. CUADROS SURICHAQUI, Claudia M. *Mejoramiento de las propiedades físicomecánicas de la subrasante en una vía afirmada de la red vial departamental de la región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio*. Tesis para título profesional. Universidad Peruana los Andes, Huancayo, 2016, pág. 16. [fecha de consulta 26 de junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/297/Cadros%20>

[Surichaqui%20Claudia%20Maria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](#)

16. DAS, Braja M and NAGARATNAM, Sivakugan. *Fundamentals of Geotechnical Engineering* [en línea]. 5ª ed. Boston: Cengage LearningThomson, 2016, pp.74 [fecha de consulta 28 de junio 2020]. ISBN:978-1-305-63518-0. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=6ytTCwAAQBAJ&dq=braja+m+das+Geotechnical+Engineering+Fundamentals+clay+floor&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=6ytTCwAAQBAJ&dq=braja+m+das+Geotechnical+Engineering+Fundamentals+clay+floor&source=gbs_navlinks_s)
17. DAS, Braja M and NAGARATNAM, Sivakugan. *Fundamentals of Geotechnical Engineering* [en línea]. 5ª ed. Boston: Cengage LearningThomson, 2016, pp. 28 [fecha de consulta 28 de junio 2020]. ISBN: 978-1-305-63518-0. pp. 28. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=6ytTCwAAQBAJ&dq=braja+m+das+Geotechnical+Engineering+Fundamentals+clay+floor&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=6ytTCwAAQBAJ&dq=braja+m+das+Geotechnical+Engineering+Fundamentals+clay+floor&source=gbs_navlinks_s)
18. CUIPAL CHAVEZ, B.K. *Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas*. Tesis para título profesional, Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018, pag.20. [consultado 29 de junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25124>
19. DIAZ VASQUEZ, Fernando. *Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv. San Martin – Lonya Grande, Amazonas*. Tesis para título profesional. Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2018. [consultado 28 de junio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25951/D%c3%ada\\_z\\_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/25951/D%c3%ada_z_VF.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
20. MOHAMMED ABDULSATTAR, Zaid. Soil stabilization with rice husk ash and cement [online]. Thesis for bachelor of civil engineering. Infrastructure University Kuala Lumpur, 2015. [Accessed June 29, 2021]. Available from: [https://www.researchgate.net/publication/303111828\\_Soil\\_Stabilization\\_with\\_Rice\\_Husk\\_Ash\\_and\\_Cement](https://www.researchgate.net/publication/303111828_Soil_Stabilization_with_Rice_Husk_Ash_and_Cement)

21. HIDALGO BENAVIDES, D.I. *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante*. Tesis para título profesional, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2016, pág.17. [consultado 29 de junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/24610>
22. CEDEÑA PLAZA, D.G. y AVILA AMIJOS, J.C. *Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la sub-rasante*. Tesis para título profesional, Universidad Central del Ecuador, Quito, 2013, pág.39. [consultado 30 de junio 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2201>
23. TORRES AGREDO, J; MEJIA DE GUTIERREZ, R; ESCANDON GIRALDO, C. E and GONZALEZ SALCEDO, L. O. Caracterización de ceniza de bagazo de la caña de azúcar; como material suplementario del cemento portland. *Ing. Investig.* [en línea]. 2014, vol.34, n.1, pp.5-10. [fecha de consulta 30 de junio 2021]. ISSN 0120-5609. Disponible en: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v34n1.42787>
24. CAPUÑAY AGUIRRE, C.E. y PASTOR OLASCUAGA, C.J. *Estabilización de suelo con cenizas de bagazo de caña de azúcar para uso como subrasante mejorada en los pavimentos de Chimbote*. Tesis para título profesional, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, 2020.pag.20. [fecha de consulta 30 de junio de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3754>
25. FERNÁNDEZ VÍLCHEZ, C.A. y SALAZAR PULCE, W. Pavimentos estructurales biotecnológicos de larga vida empleando el aditivo ecológico perma-zyme 11x en vías afirmadas y su aplicación en la pista de prueba del instituto de biotecnología molecular y reproductiva animal IBMRA-UPAO. Tesis para título profesional, Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, 2015.pag.19. [fecha de consulta 30 de junio de 2021]. Disponible en : <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/2036>

26. YUCRA CALLATA, A. y CAMALA JILAPA, E.I. *Análisis del uso de aditivos Perma-zyme y Cloruro cálcico en la estabilización de la base de la carretera no pavimentada* [en línea]. Tesis para título profesional, Universidad nacional del altiplano, 2017. pág.39. [fecha de consulta 30 de junio 2020]. Disponible en: [file:///C:/Users/Geraldine/Desktop/tesis/Yucra\\_Callata\\_Arturo\\_Camala\\_Jilapa\\_Edwin.pdf](file:///C:/Users/Geraldine/Desktop/tesis/Yucra_Callata_Arturo_Camala_Jilapa_Edwin.pdf)
27. KABIR, S.M.S. *Basic Guidelines for Research: An Introductory Approach for All Disciplines*. En: ResearchGate [en línea]. 1<sup>a</sup> ed. Bangladesh: Book zone, 2016 [fecha de consulta 02 de julio 2020], pp.201-275. ISBN:978-984-33-95658. Disponible en : [https://www.researchgate.net/publication/325846733\\_INTRODUCTION\\_TO\\_RESEARCH](https://www.researchgate.net/publication/325846733_INTRODUCTION_TO_RESEARCH)
28. YIN K. Robert. *CASE STUDY RESEARCH Design and Methods*. London:2014 [En línea]. [fecha de consulta 02 Julio 2020]. 5ta ed. ISBN 978-1-4522-4256-9. Disponible en: [https://www.academia.edu/30849709/CASE\\_STUDY\\_RESEARCH\\_Design\\_and\\_Methods\\_Second\\_Edition](https://www.academia.edu/30849709/CASE_STUDY_RESEARCH_Design_and_Methods_Second_Edition)
29. HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C y BAPTISTA LUCIO, p. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 5<sup>a</sup> ed. México: McGraw- Hill Interamericana, 2014 [fecha de consulta 02 julio 2020]. ISBN 968-422- 931-3. Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)
30. CRESWELL, John. W. *A Concise Introduction to Mixed Methods Research* [en línea]. 1<sup>a</sup> ed. España: SAGE, 2014 [fecha de consulta 05 de julio 2020]. ISBN: 978-1-4833-5904-5. Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=51UXBAAAQBAJ&dq=introduction+research+methodology+book&lr=&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=51UXBAAAQBAJ&dq=introduction+research+methodology+book&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

31. KOTHARI.C.R. *Research Methodology: Methods and technique*. [en línea] 2ª ed. India: New Age International,2008 [fecha de consulta 06 de julio 2020], ISBN (13): 978-81-224-2488-1. Disponible en:<https://upla.edu.pe/wpcontent/uploads/2017/12/4-UPLA-Kothari-Research-Methodology.pdf>
32. VALDERRAMA MENDOZA, S.R. Pasos para elaborar proyectos de investigación científica: cuantitativa, cualitativa y mixta. 2da ed. Perú: San Marcos E.I.R.L, 2016 [consultado 06 de julio 2021]. ISBN: 978-61-230-2878 -7. Disponible en:[https://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opac\\_detail.pl?biblionumber=64602](https://www.biblioteca.une.edu.pe/cgi-bin/koha/opac_detail.pl?biblionumber=64602)
33. GARG, R. Methodology for research I. *Indian J Anaesth*.2016, September, 60(9).640-645. [fecha de consulta 06 de junio 2020]. DOI: 10.4103/0019- 5049. 190618.Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5037944/>
34. KABIR, S.M.S. *Basic Guidelines for Research: An Introductory Approach for All Disciplines*. En: Research Gate. *Methodo of data collection* [en línea].1ª ed. Bangladesh: Book zone, 2016, pp.201- 275. [fecha de consulta 07 de julio 2020]. ISBN:978-984-33-9565-8. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/325846997\\_METHODS\\_OF\\_DATA\\_COLLECTION](https://www.researchgate.net/publication/325846997_METHODS_OF_DATA_COLLECTION)
35. MARTÍNEZ MESA, J., GONZÁLEZ CHICA, D.A., BASTOS, J.L., BONAMIGO,R.R. and DUQUIA R.P. Sample size: how many participants do I need in my research? *An Dermatol Bras* [en línea].2014, May-Jun, 91(3). 326–330. [fecha de consulta 07 de julio 2020]. DOI: 10.1590/abd18064841.20165254.Disponible en:  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4938277/>

36. MANTEROLA, C., GRANDE, L., OTZEN, T., GARCIA, N., SALAZAR, P. y QUIROZ, G. Confiabilidad, precisión o reproducibilidad de las mediciones. Métodos de valoración, utilidad y aplicaciones en la práctica clínica. *Chil. Infectol.* [en línea]. 2018, vol.6, n.6 [fecha de consulta 10 de setiembre 2021]. ISSN 07161018. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0716-10182018000600680](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-10182018000600680)
37. HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C y BAPTISTA LUCIO, P. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 5ª ed. México: McGraw- Hill Interamericana, 2014 [fecha de consulta 10 setiembre 2021]. ISBN 968-422- 931-3. Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)
38. HERNANDEZ SAMPIERI, R., FERNANDEZ COLLADO, C y BAPTISTA LUCIO, p. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 5ª ed. México: McGraw- Hill Interamericana, 2014 [fecha de consulta 10 setiembre 2021]. ISBN 968-422- 931-3. Disponible en: [https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)
39. TAHERDOOST, Hamed. Validity and Reliability of the Research Instrument; How to Test the Validation of a Questionnaire/Survey in a Research. *International Journal of Academic Research in Managemen.* [en línea] 10 de agosto de 2016, Vol. 5, No. 3, 28-36. pág. 6 [fecha de consuta 10 setiembre 2021]. ISSN: 2296-1747. Disponible en: [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3205040](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3205040)
40. CIESIELSKA, M, KATARZYNA W y ÖHLANDER, M. Qualitative Methodologies in Organization Studies. University, Stockholm, Sweden. 2018, pp. 34. [fecha de consulta 02 Julio 2021]. DOI: 10.1007/978-3-319- 65442-3\_2. Disponible en: <https://b-ok.lat/book/3420718/6a4335>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: Matriz de operacionalización de variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	METODOLOGÍA
INDEPENDIENTE						
ADITIVO PERMA-ZYME	Segun Fernandez y Salazar(2020). El aditivo,esta compuesto por enzimas organica, el producto es economica, duradero, ecologico y no es toxico con el medio ambiente .Ademas ,tiene como beneficios mejorar la resistencia , reducir el indice de plasticidad , del mimo modo los esfuerzo de compactación y incrementa la densidad del suelo	Las dosificaciones del aditivo perma-zyme 0.20ml y 0.25ml por kg de suelo, empleándose en la muestra patrón, en 03 conbinciones siguiente:( P , P+0.20 ml y P+0.25ml ),con el objetivo de reducir el indice de plasticidad,el optimo contenido de humedad , mejorar la DMS y la resistencia del suelo	DOSIFICACIÓN Por kg de suelo	0.20 ml	RAZON	<b>Método:</b> Científico
				0.25 ml		<b>Tipo de Investigación:</b> Tipo Aplicada
CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR	Segun Capuñay y Pastor (2020).Es un subproducto de los residuos del proceso de fabricación de la azúcar ,esta compuesto por un alto contenido de sílice, oxido de calcio , oxido de aluminio Y otros óxidos , cuyos elementos permiten reducir el índice de plasticidad , disminuir la eflorescencia, así como la permeabilidad del suelo y aumentar la resistencia .	Las dosificaciones de las cenizas del bagazo de caña de azúcar en 14% y 18% por kg de suelo, emplendose en la muestra patron , en 03 combinaciones siguientess : (P, P+14%,P+18%).con el objetivo de reducir el indice de plasticidad,el optimo contenido de humedad , mejorar la DMS y la resistencia del suelo		14%		<b>Nivel de Investigación:</b> Explicativa (Causa Efecto)
				18%		<b>Diseño de Investigación:</b> Experimental (Cuasi)
DEPENDIENTE						<b>Enfoque:</b> Cuantitativo
PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	las propiedades que constituyen la subrasante , es la variable mas importante en el diseño de un pavimento.Por ello , Para determinar las características físicas - mecanicas del suelo a utilizar en la subrasante , es necesario tomar una muestra mediante una calicata a una profundidad de 1.50 m	En la muestra patron, se ensayaron adicionando el aditivo permazyme 0.20 ml y 0.25 ml y las cenizas de bagazo de caña de azúcar 14% y 18%en la muestra patrón, las cuales influyeron en las propiedades físicas y mecanicas de la subrasante . Pr todo estos casos se mide su calidad mediante ensayos de laboratorio para la reducción de el indice de plasticidad ,el optimo contenido de humedad , el incremento de la Densidad Máxima Seca y el aumento de la resistencia de la subrasnte .Finalmente los resultados obtenidos serán procesados en formatos y fichas técnicas bajo el NTP y el ASTM .	PROPIEDADES FÍSICA- MECÁNICAS	Indice de Plasticidad (%)	RAZON	<b>Población:</b> Toda la Av. Bonavista
				Optimo Contenido de Humedad (%)	RAZON	<b>Muestra:</b> 3 calicatas cada 250 m
				Densidad Maxima Seca (gr/cm3)	RAZON	5 Muestras de limite de Atterberg
				Resistencia (%)	RAZON	5 Muestras de Proctor Modifcdo
						5 Muestras de CBR
						<b>Muestreo:</b> No Probabilístico
						<b>Técnica:</b> Observación Directa
						<b>Instrumento de la investigación:</b> Ficha Recolección de Datos
						Ficha Resultados de Laboratorio
						Según NTP- ASTM

## ANEXO 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<b>P. General</b>	<b>O. General</b>	<b>H. General</b>	<b>INDEPENDIENTES</b>			
¿De qué manera influye la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021?	Evaluar la influencia de la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista –Carabayllo 2021	La aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar mejoran positivamente en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021	ADITIVO PERMA-ZYME	DOSIFICACIÓN por kg de suelo	0.20ml	Ficha Recolección de Datos Anexo 4
			CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR		0.25ml	Ficha Recolección de Datos Anexo 4-D
					14%	Ficha Recolección de Datos Anexo 4-E
					18%	Ficha Recolección de Datos Anexo 4-G
<b>P. Específico</b>	<b>O. Específico</b>	<b>H. Específico</b>	<b>DEPENDIENTE</b>			
¿Cuánto influye la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021?	Evaluar la influencia de la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en el índice de plasticidad de la subrasante en la Av. Bonavista –Carabayllo 2021	La aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar disminuyen el índice de plasticidad de la subrasante, Av. Bonavista–Carabayllo 2021	PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE	PROPIEDADES FÍSICA - MECÁNICAS	Índice de Plasticidad (%)	Ficha Resultado de Laboratorio (ASTM D-4318) Anexo 4-A
					Óptimo Contenido de Humedad (%)	Ficha Resultado de Laboratorio (ASTM D-1557) Anexo 4-B
					Densidad Máxima Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Ficha Reultdo de Laboratorio (ASTM D-1883) Anexo 4-C
¿Cuánto influye la aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en la resistencia de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021?	Especificar la influencia de La aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en la resistencia de la subrasante, Av. Bonavista – Carabayllo 2021	La aplicación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar aumentan la resistencia de la subrasante, Av. Bonavista –Carabayllo 2021			Resistencia (%)	

## ANEXO 3: Instrumento de Recolección de Datos



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ficha de recolección de datos: Dosificación del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de la caña de azúcar

"Influencia del aditivo perma-zyme y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista-Carabaylo 2021"

### Parte A: Datos generales

Tesis: Geraldine Guadalupe Jibaja Ocaña

Fecha: Lima, 29 de Setiembre del 2021

### Parte B: Dosificación del Aditivo perma-zyme

0.20ml	OK
0.25ml	OK

Tesis: Oscanoa, K (2021) Dosificación del aditivo Perma-zyme: 1L(20ml), 1,6L(25ml), 2L (30ml)

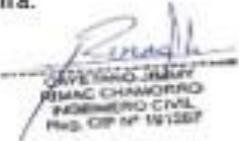
Tesis: García, A. y Llerena, C. (2019) Dosificación del aditivo Terrazyme: 20ml, 30ml, 40ml

### Parte C: Dosificación de las Cenizas del bagazo de caña de azúcar

14%	OK
18%	OK

Tesis: Aquino, J (2020) Dosificación de las cenizas del bagazo de caña de azúcar: 6%,10%,15%

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

Apellidos: Arias Cianeros Nombre: Juan Carlos Titulo: Ingeniero CMI Nº Reg. CIP:146627 Firma:  TECNO CAD S.R.L. Ing. Juan C. Arias Cianeros COOPERATIVA DE OBRAS CIP. N° 146627	Apellidos: Rimac Chamorro Nombre: Cayetano Jimmy Titulo: Ingeniero Nº Reg. CIP:191267 Firma:  CAYETANO JIMMY RIMAC CHAMORRO INGENIERO CIVIL REG. CIP Nº 191267	Apellidos: Zorrilla Pantoja Nombre: Juan Kinton Titulo: Ingeniero Nº Reg. CIP:264040 Firma:  Juan Kinton Zorrilla Pantoja INGENIERO CIVIL CIP. 264040
---	--	--

# ANEXO 4-A: Ficha de resultados de análisis granulométrico C-1



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

<b>INFORME DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>	Código	FOR-LSR-MS-001
	Revisión	3
	Aprobado	CC-JJ
	Fecha de Aprobación	1/01/2021

**PROYECTO** : Influencia del aditivo perma-zymo y cenizas del bagazo de caña de azúcar en las propiedades de la subrasante, Av. Bonavista-Carabayllo 2021  
**SOLICITANTES** : Geraldine Guadalupe Jibaja Ocaña  
**UBICACIÓN** : Carabayllo  
**Calicata** : C-1 **Muestreado por:** WILL  
**Muestra** : 1 **Ensayado por:** CJRT  
**Profundidad** : 0.10-1.50 m **Fecha de ensayo:** 5/09/2021

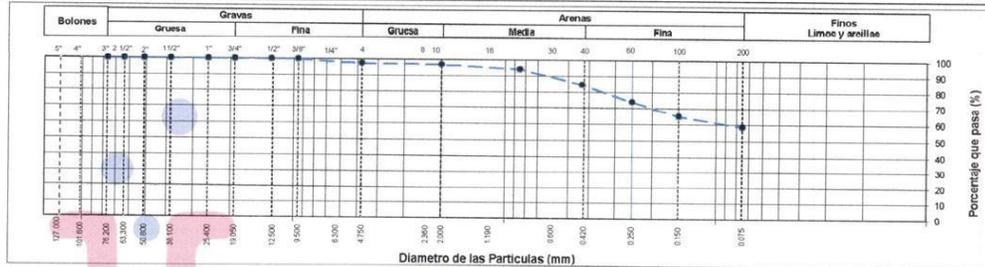
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA			
3"	76.200	100.00	/	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)</b>			
2 1/2"	63.500	100.00			Contenido Humedad (%)	7.1	
2"	50.800	100.00		<b>LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)</b>	Límite Líquido (LL)	38	
1 1/2"	38.100	100.00			Límite Plástico (LP)	22	
1"	25.400	100.00			Índice Plástico (IP)	16	
3/4"	19.050	100.00		<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)</b>	<b>Grava (%)</b>	<b>Arena (%)</b>	<b>Finos (%)</b>
1/2"	12.700	100.00			2.3	39.2	58.5
3/8"	9.530	100.00			<b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS</b>		
Nº 4	4.750	97.69		Clasificación SUCS (ASTM D2487)	CL		
Nº 10	2.000	97.17		Clasificación AASHTO (ASTM D3282)	A-6 (7)		
Nº 20	0.850	94.40		<b>Nombre del Grupo</b>			
Nº 40	0.430	84.72		Arcilla arenosa de baja plasticidad			
Nº 60	0.250	73.88					
Nº 100	0.150	65.09					
Nº 200	0.075	58.47					

**DESCRIPCIÓN VISUAL DE LA MUESTRA:** ASTM 2488 CL Arcilla arenosa de baja plasticidad

**INDICACIONES DE LOS PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO:**

- 1) El método de ensayo para contenido de humedad es el B y para el secado de la muestra se empleó Horno a 110 ± 5 °C.
- 2) El procedimiento de obtención de muestra para el análisis granulométrico fue Secada al horno a 110 ± 5 °C. Se realizó un tamizado Manual. Además se identificó un tipo de suelo Inorgánico.
- 3) El método de ensayo empleado para el Límite Líquido es el Unipunto. El método de preparación es el húmedo, mientras que el método de secado es a horno a
- 4)

**CURVA GRANULOMETRICA**



**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA.

<b>Elaborado por:</b>  <b>Jefe de Laboratorio</b>	<b>Revisado por:</b>  <b>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</b>	<b>Aprobado por:</b>  <b>Control de Calidad JJ GEOTECNIA</b>
---	---	--

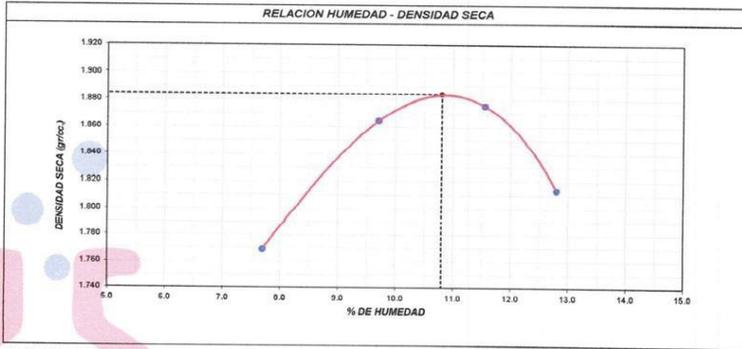
# ANEXO 4-B: Ficha de resultados de Proctor Modificado – PATRÓN



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011			
		Revisión	3			
		Aprobado	CC-JJG			
		Fecha de Aprobación	1/01/2021			
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1557 / MTC E - 115						
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : GERALDINE GUADALUPE JIBAJA OCAÑA TESIS : INFLUENCIA DEL ADITIVO PERMAZYME Y CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES DE LA SURASANTE, AV BONAVISTA - CARABAYLLO 2021 UBICACIÓN : CARABAYLLO CALICATA : C-1 <span style="float: right;">Fecha de ensayo: 09/10/2021</span> MUESTRA : Patrón PROFUNDIDAD : -						
Volumen Molde		2116	cm <sup>3</sup>			
Peso Molde		6513	gr.			
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,544	10,841	10,940	10,842	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,031	4,328	4,427	4,329	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,905	2,045	2,092	2,048	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	715.2	681.3	725.3	705.1	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	664.1	621.0	650.2	625.1	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	51.1	60.3	75.1	80.0	
Peso del suelo seco	gr.	664	621	650	625	
Contenido de agua	%	7.7	9.7	11.6	12.8	
Densidad Seca	gr/cc	1.769	1.864	1.876	1.814	
<b>Densidad Máxima Seca:</b>		1.884 gr/cm <sup>3</sup> .		<b>Contenido Humedad Optima:</b>		10.8 %



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# ANEXO 4-C: Ficha de resultados de CBR – PATRÓN

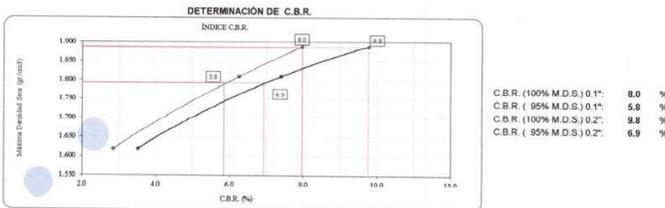
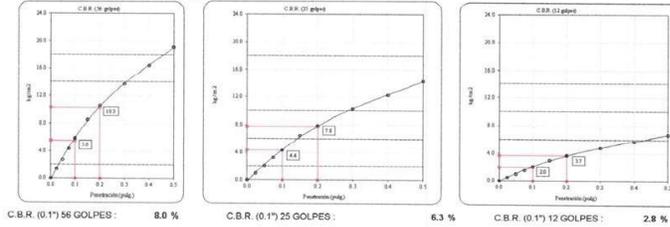


Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha de Aprobación	10/1/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132</b>			
<b>REFERENCIA</b> : Datos de laboratorio <b>SOLICITANTE</b> : GERALDINE GUADALUPE JIBAJA OCAÑA <b>TESIS</b> : INFLUENCIA DEL ADITIVO PERMAZYME Y CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES DE LA SURASANTE. AV BONAVISTA - CARABAYLLO 2021 <b>UBICACIÓN</b> : CARABAYLLO <b>CALICATA</b> : C-1 <span style="float: right;">Fecha de ensayo : 13/10/2021</span> <b>MUESTRA</b> : Patrón <b>PROFUNDIDAD</b> : --			

Datos de muestra  
 Máxima Densidad Seca 1.887 gr/cm<sup>3</sup>      Optimo Contenido de Humedad 10.80 %  
 Máxima Densidad Seca al 9 1.793 gr/cm<sup>3</sup>



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

ANEXO 4-D : Ficha de resultados del Límite de Atterberg - 0.25ml Perma-zyme



Tel: (01) 422-9783  
 Cel: 98703714 / 94728038  
 Av. A, Mc. 48, Lt. 17, Reco. Armando Villalón  
 08, Universidadista cda. 58, Villavieja - Las Olivas - Lima  
 inform@jgeotecniasac.com

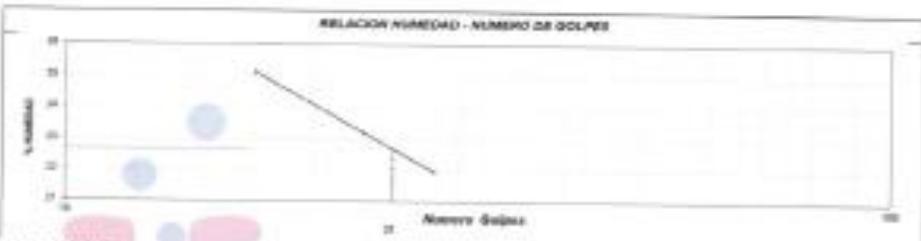
www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR.LIB.ML.008
		Revisión	2
		Aprobado	CC-LJS
		Fecha de Aprobación	16/09/21
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> AENM/ATE/MTC 2 - 110 / MTC 2 - 111			

<b>REFERENCIA SOLICITANTE TÍTULO</b>	Resultados de Laboratorio SEPARACIÓN GRANULOMÉTRICA ORDENADA Y LÍMITES DE CONSISTENCIA DE SUELO DE CARÁCTER DE ARGILA EN LAS PROPIEDADES DE LA SUBGRANDE. AV. BONAERITA - CARABANCO 2007
<b>UBICACIÓN</b>	CARABANCO
<b>CANTERA</b>	C-1
<b>MUESTRA</b>	Permeable 0.25 ml y Agua de muestra
<b>PROFUNDIDAD</b>	1.50 m
Fecha de análisis: 09/09/21	

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	Módulo Pasante Tamiz N° 40						
		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO			
		1	2	3	1	2	3	
Peso de Recipiente								
Peso Recipiente + Suelo Humedo (M)	g	46.17	46.27	46.30	25.44	25.54		
Peso Recipiente + Suelo Seco (M)	g	40.25	40.36	40.30	26.14	26.12		
Peso de Recipiente (C)	g	26.84	26.88	26.82	22.10	22.08		
Peso del Agua (A-40)	g	5.92	5.11	5.11	1.34	1.46		
Peso del Suelo Seco (B-C)	g	13.33	13.48	13.48	4.04	4.04		
Contenido de Agua (W) (A-B) (CPT) %	%	22.11	22.22	21.65	16.75	16.11		
N° de Golpes		17	23	28				

RELACIONES DESTINADO	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	
	32.7	17.6	
		15.1	



**OBSERVACIONES:**

- Muestra preservada e identificada por el solicitante.
- Procedida la recuperación por tal o cual de este documento con la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

ANEXO 4- E: Ficha de resultados del Límite de Atterberg – 14% de la CBCA



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jgeotecniasac.com

www.jgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha de Aprobación	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			

<b>REFERENCIA</b>	: Resultados de Laboratorio
<b>SOLICITANTE</b>	: GERALDINE GUADALUPE JIRAJA OCAÑA
<b>TESIS</b>	: INFLUENCIA DEL ADITIVO PERMAZYME Y CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES DE LA SURASANTE, AV BONAVISTA - CARABAYLLO 2021
<b>UBICACIÓN</b>	: CARABAYLLO
<b>CANTERA</b>	: C-1
<b>MUESTRA</b>	: 14% CENIZA
<b>PROFUNDIDAD</b>	: 1.50 m
Fecha de ensayo: 5/10/2021	

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40	
		LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
Nro. de Recipiente			
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.		
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.		
Peso de Recipiente (C)	gr.		
Peso del Agua (A-B)	gr.		
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.		
Contenido Humedad $(W)=(A-B)/(B-C)*100$	%		
Nº De Golpes			

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	N.P	N.P	



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de calidad.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# ANEXO 4-F: Ficha de resultados del Proctor Modificado - 0.25ml Perma-Zyme



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jigeotecniasac.com

www.jigeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021

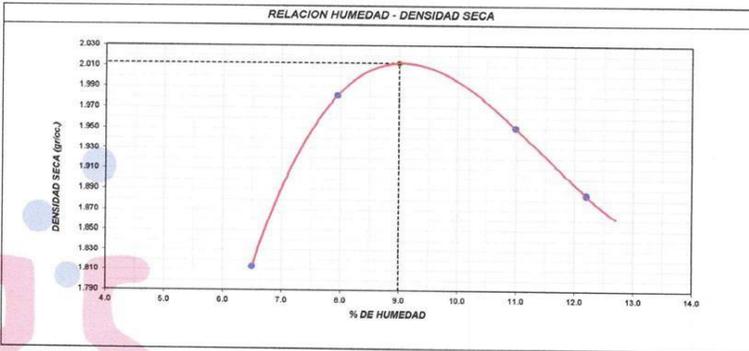
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
 ASTM D1557 / MTC E - 115

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : GERALDINE GUADALUPE JIBAJA OCAÑA  
**TESIS** : INFLUENCIA DEL ADITIVO PERMAZYME Y CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES DE LA SURSANTE, AV BONAVISTA - CARABAYLLO 2021  
**UBICACIÓN** : CARABAYLLO  
**CALICATA** : C-1 Fecha de ensayo: 05/10/2021  
**MUESTRA** : Perma-zyme 0.25 ml x kg de muestra  
**PROFUNDIDAD** : 1.50 m

Volumen Molde	2118	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr. 10,800	11,038	11,094	10,988	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr. 4,087	4,525	4,581	4,475	
Peso Volumetrico Humedo	gr. 1,931	2,138	2,185	2,115	
Recipiente Numero	A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr. 898.5	798.8	867.9	724.8	
Peso Suelo Seco + Tara	gr. 654.0	740.0	782.0	646.0	
Peso de la Tara	gr.				
Peso del agua	gr. 42.5	50.8	85.9	78.8	
Peso del suelo seco	gr. 654	740	782	646	
Contenido de agua	% 6.5	7.9	11.0	12.2	
Densidad Seca	gr/cc 1.814	1.981	1.951	1.885	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	2.013	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	9.0	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# ANEXO 4-G: Ficha de resultados del Proctor Modificado – 18% de la CBCA



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A. Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jjeotecniasac.com

www.jjeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO</b>	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJC
		%	1/01/2021

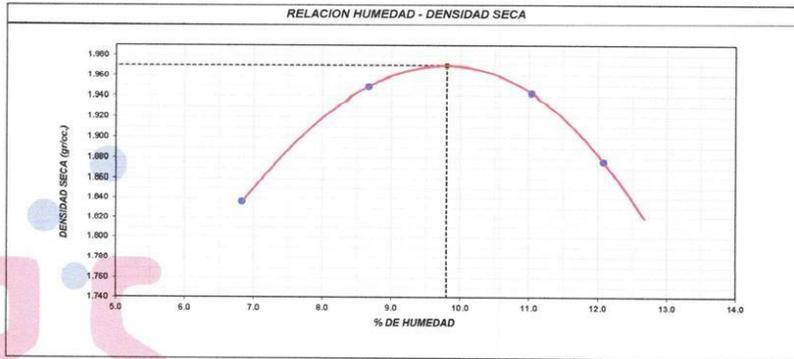
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS**  
AGTM D1567 / MTC E - 115

**REFERENCIA** : Datos de laboratorio  
**SOLICITANTE** : GERALDINE GUADALUPE JIABA OCAÑA  
**TESIS** : INFLUENCIA DEL ADITIVO PERMAZYME Y CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES DE LA SURASANTE AV BONAVIDA - CARABAYLLO 2021  
**UBICACIÓN** : CARABAYLLO  
**CALICATA** : C-1 **Fecha de ensayo:** 05/10/2021  
**MUESTRA** : 18% Ceniza x kg de muestra  
**PROFUNDIDAD** : 1.50 m

Volumen Molde	2116	cm <sup>3</sup>
Peso Molde	6513	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	10,665	10,995	11,076	10,964	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,152	4,482	4,565	4,451	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,962	2,118	2,157	2,103	
Recipiente Numero		A	B	C	D	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	614.2	645.8	598.6	586.4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	574.9	594.3	539.1	523.2	
Peso de la Tara	gr.					
Peso del agua	gr.	39.3	51.5	59.5	63.2	
Peso del suelo seco	gr.	575	594	539	523	
Contenido de agua	%	6.8	8.7	11.0	12.1	
Densidad Seca	gr/cc	1.837	1.949	1.943	1.877	

<b>Densidad Máxima Seca:</b>	1.970	gr/cm <sup>3</sup> .	<b>Contenido Humedad Optima:</b>	9.8	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



**OBSERVACIONES:**  
 • Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

# ANEXO 4-H: Ficha de resultados del CBR - 0.25ml Perma-zyme



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jigeotecniasac.com

www.jigeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS</b> ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: GERALDINE GUADALUPE JIABA OCAÑA		
TESIS	: INFLUENCIA DEL ADITIVO PERMAZYME Y CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES DE LA SURASANTE, AV BONAVISTA - CARABAYLLO 2021		
UBICACIÓN	: CARABAYLLO		
CALICATA	: C-7	Fecha de ensayo :	9/10/2021
MUESTRA	: Perma-zyme 0.25 ml x kg de muestra		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

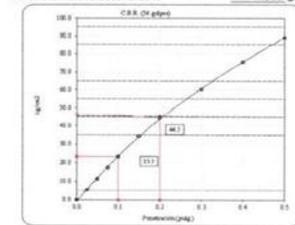
**Datos de muestra**

Máxima Densidad Seca  
 Máxima Densidad Seca al 95%

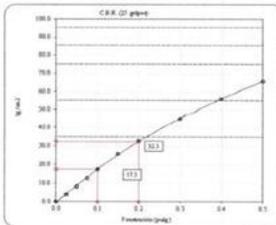
2.008 gr./cm<sup>3</sup>  
 1.908 gr./cm<sup>3</sup>

Optimo Contenido de Humedad

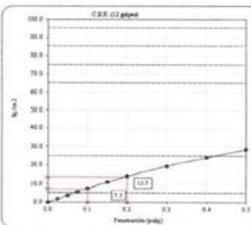
9.00 %



C.B.R. (0.1') 56 GOLPES : 33.4 %

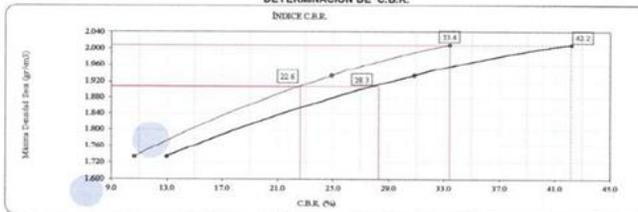


C.B.R. (0.1') 25 GOLPES : 24.9 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES : 10.7 %

**DETERMINACION DE C.B.R.**



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1': 33.4 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.1': 22.0 %  
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2': 42.2 %  
 C.B.R. ( 95% M.D.S.) 0.2': 28.3 %

**OBSERVACIONES:**

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad JJ GEOTECNIA

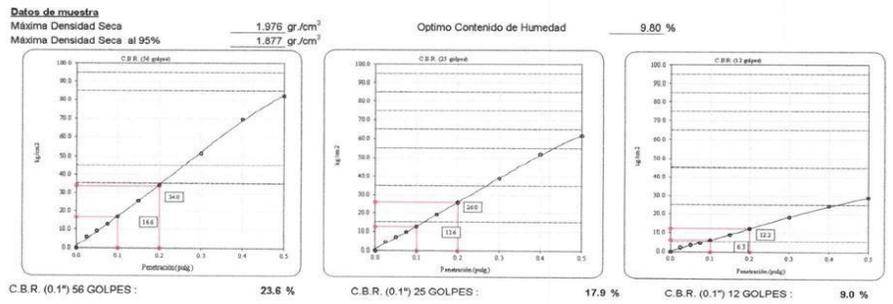
# ANEXO 4-I: Ficha de resultados del CBR – 18% de la CBCA



Tel.: (01) 632-9183  
 Cel.: 980703014 / 947280585  
 Av. A, Mz. 48, Lt. 17, Asoc. Armando Villanueva  
 Alt. Universitaria cdra. 59, Villasol - Los Olivos - Lima  
 informes@jigeotecniasac.com

www.jigeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	<b>CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA</b>	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	3
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha de Aprobación	1/01/2021
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132</b>			
<b>REFERENCIA SOLICITANTE TESIS</b>	Datos de laboratorio GERALDINE GUADALUPE JIBAJA OCAÑA INFLUENCIA DEL ADITIVO PERMAZYME Y CENIZAS DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LAS PROPIEDADES DE LA SURASANTE, AV BONAVISTA - CARABAYLLO 2021 CARABAYLLO		
<b>UBICACIÓN</b>	C-1		
<b>CALICATA</b>	18% Ceniza x kg de muestra		<b>Fecha de ensayo :</b> 9/10/2021
<b>MUESTRA</b>	1.50 m		



**OBSERVACIONES:**  
 \* Muestra provista e identificada por el solicitante.  
 \* Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad JJ GEOTECNIA

## ANEXO 5: PANEL FOTOGRAFÍAS



Calicata C-1 - M1, profundidad 1.50m



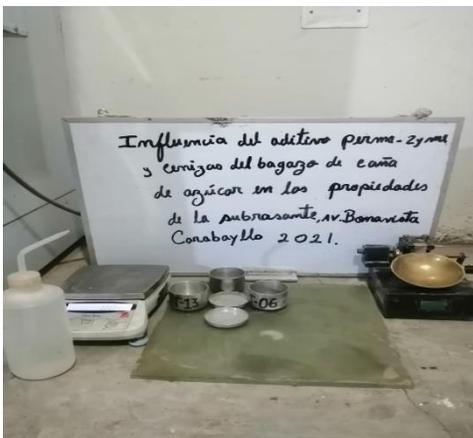
Calicata C-2 - M1, profundidad 1.50m



Calicata C-3 - profundidad 1.50m



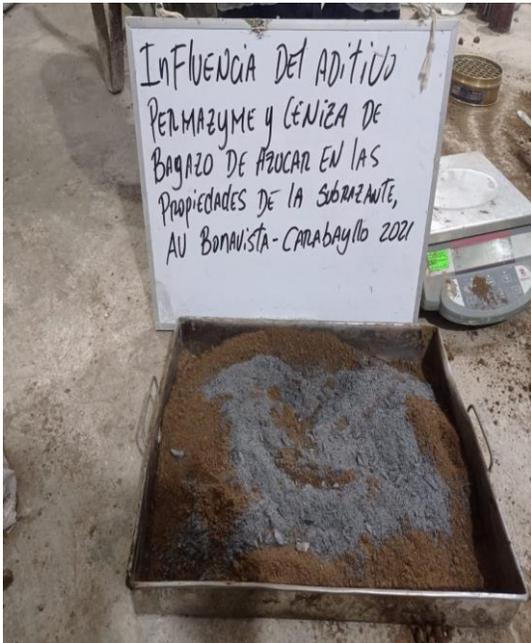
Instrumento de Análisis por tamizado



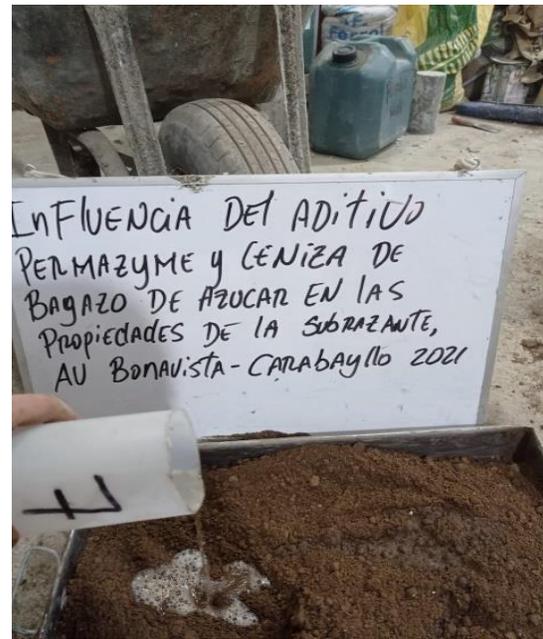
Instrumentos para el ensayo de



Ensayo de Limite Liquido Casa Grande



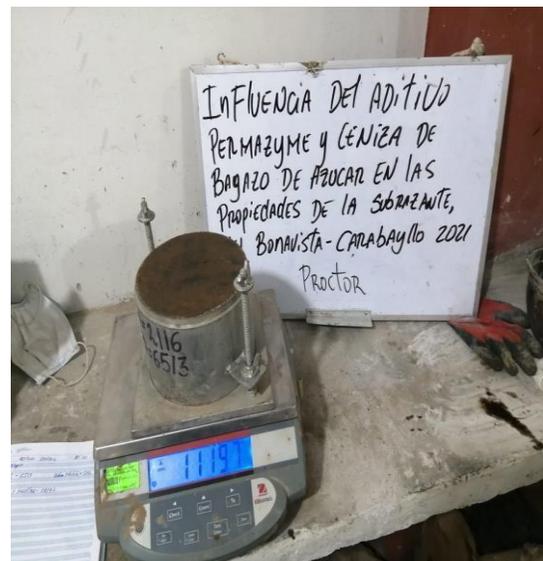
Mezcla CBCA mas Patrón para el ensayo de Proctor Modificado



Mezcla Perma-zyme mas M. Patrón para el ensayo de Proctor Modificado



Compactación de proctor Modificado Muestra Patrón + la CBCA



Peso de la probeta compactada



Muestra retirada del Horno de seca  
Determinar el Optimo CH



Prensa para ensayo de CBR para



Penetración de Energía Modificada