

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE  
BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR**

**Tesis para obtener el título profesional de Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Sandra Paola Peralta Tingal

**ASESOR:**

Juan Pablo Zamora Beyk

**Lima, abril, 2023**

### Informe de Similitud

Yo, Juan Pablo Zamora Beyk, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR, de la autora Sandra Paola Peralta Tingal, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 25%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 28/06/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 07 de julio del 2023

Apellidos y nombres del asesor: <u>Zamora Beyk, Juan Pablo</u>	
DNI: 42867511	 Firma
ORCID: 0000-0002-0849-6958	

## RESUMEN

La presencia de suelo arcilloso en la subrasante de un pavimento puede producir deformaciones que afectan al pavimento, ya sea con hundimientos o fisuras en la carretera. Para contrarrestar este problema, es necesario modificar las propiedades de la subrasante y que, estas a su vez, cumplan con las especificaciones técnicas recomendadas por el Manual de Carreteras. Adicionalmente, para el caso de los suelos arcillosos, el Manual recomienda realizar estabilización química, la cual se realiza con la incorporación de aditivos, siendo los más comunes la cal y el cemento Portland. Sin embargo, debido a que estos aditivos producen contaminantes, tanto en su obtención como en su aplicación, en la presente investigación se plantea el uso de las cenizas de bagazo de caña de azúcar, un desecho industrial con alta actividad puzolánica. Además, debido a su composición, las cenizas mejoran las características físicas y mecánicas del suelo arcilloso; esto se verifica por medio de ensayos de laboratorio y se demuestra que el suelo mejora sus propiedades físicas y mecánicas con la incorporación de las cenizas de bagazo. Es por ese motivo que se analizan los cambios de estas propiedades y cómo estos influyen en la mejora del suelo. Finalmente, se planteó el uso de las cenizas de bagazo junto con la cal para obtener un mejor rendimiento, para el cual se obtuvo mayor eficacia al utilizarle ambos aditivos.

## **DEDICATORIA**

A mi padre, por confiar en mí desde el inicio de mi carrera, por su apoyo incondicional durante el tiempo que estuvo a mi lado, y ahora desde el cielo, orgulloso de que haya realizado esta investigación. A mi madre, que siempre se preocupó por mí, por ser un apoyo emocional para poder seguir adelante. A mi asesor por ser el principal guía para realizar el presente trabajo. A los docentes, que me ayudaron en mi formación académica. A mis amigos, con quienes supimos apoyarnos anímica e intelectualmente con muchas horas de estudio en la biblioteca y aulas de estudio. A Jorge, por mostrarme que la felicidad es algo que puedo tener en la vida. Finalmente, a la vida, porque me ha demostrado que vale la pena seguir adelante.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE .....	iii
LISTA DE TABLAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS .....	viii
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	2
1.2. Preguntas de investigación .....	5
1.3. Hipótesis .....	5
1.4. Objetivos.....	6
1.5. Justificación .....	6
1.6. Limitaciones y alcance .....	7
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO .....	9
2.1. Pavimento .....	9
2.2. Subrasante.....	9
2.3. Suelos arcillosos .....	11
2.3.1. Definición de suelos arcillosos. ....	11
2.3.2. Clasificación de minerales arcillosos.....	12
2.4. Estabilización de suelos.....	13
2.4.1. Concepto de estabilización de suelos.....	13
2.4.2. Tipos de estabilización de suelos.....	14
2.4.2.1. Estabilización mecánica. ....	14
2.4.2.2. Estabilización química. ....	16
2.4.2.2.1. Estabilización con cal. ....	17
2.4.2.2.2. Estabilización con cemento Portland.....	18
2.5. Bagazo de caña de azúcar .....	19
2.5.1. Producción de caña de azúcar. ....	20
2.5.2. Producción de bagazo de caña de azúcar.....	21
2.5.3. Impacto ambiental.....	21
2.5.3.1. Quema de caña de azúcar. ....	21
2.5.3.2. Quema de bagazo en la fábrica azucarera. ....	22
2.6. Cenizas de bagazo de caña de azúcar .....	22

2.6.1. Propiedades de las cenizas de bagazo de caña de azúcar.....	23
2.6.1.1. Propiedades físicas.....	23
2.6.1.2. Propiedades químicas.....	24
2.7. Aplicaciones de las fibras y cenizas de bagazo de caña de azúcar.....	24
2.7.1. Estabilización de suelos con las cenizas de bagazo de caña de azúcar.....	26
<b>CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA .....</b>	<b>27</b>
3.1. Materiales para la investigación .....	27
3.1.1. Suelo arcilloso.....	27
3.1.2. Cenizas de bagazo de caña de azúcar.....	29
3.1.3 Cal hidratada .....	30
3.2. Mezcla de materiales .....	31
3.2.1. Mezclas: arcillas + cenizas.....	31
3.2.2. Mezclas: arcillas + cal.....	32
3.2.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal.....	32
3.3. Ensayos de laboratorio.....	33
<b>CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS.....</b>	<b>34</b>
4.1. Resultados de los ensayos físicos .....	34
4.1.1. Análisis granulométrico .....	34
4.1.1.1. Mezclas: arcillas + cenizas .....	35
4.1.1.2. Mezclas: arcillas + cal .....	36
4.1.1.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal .....	38
4.1.2. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos.....	40
4.1.2.1. Mezclas: arcillas + cenizas .....	40
4.1.2.2. Mezclas: arcillas + cal .....	41
4.1.2.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal .....	42
4.1.3. Clasificación de las mezclas por SUCS y AASHTO.....	43
4.1.3.1. Mezclas: arcillas + cenizas .....	44
4.1.3.2. Mezclas: arcillas + cal .....	45
4.1.3.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal .....	45
4.1.4. Gravedad específica .....	46
4.1.4.1. Mezclas: arcillas + cenizas .....	46
4.1.4.2. Mezclas: arcillas + cal .....	47
4.1.4.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal .....	47

4.2. Resultados de ensayos mecánicos .....	48
4.2.1. Proctor modificado.....	48
4.2.1.1. Mezclas: arcillas + cenizas .....	49
4.2.1.2. Mezclas: arcillas + cal .....	50
4.2.1.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal .....	51
4.2.2. CBR.....	52
4.2.2.1. Mezclas: arcillas + cenizas .....	52
4.2.2.2. Mezclas: arcillas + cal .....	53
4.2.2.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal .....	54
<b>CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>56</b>
5.1. Conclusiones.....	56
5.2. Comentarios.....	60
5.3. Recomendaciones .....	61
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>68</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categoría de subrasante.....	10
Tabla 2. Fórmulas para diseño de pavimentos de acuerdo con el tipo.....	10
Tabla 3. Variación de las propiedades del suelo arcilloso al estabilizarlo con cal. ....	17
Tabla 4. Producción mundial de principales fuentes de fibras.....	21
Tabla 5. Propiedades físicas de las cenizas de bagazo. ....	23
Tabla 6. Propiedades químicas de las cenizas de bagazo.....	24
Tabla 7. Estudios de posibles aplicaciones del bagazo y cenizas del bagazo de caña de azúcar. .....	25
Tabla 8. Simbología de los ensayos iniciales.....	31
Tabla 9. Mezclas de suelo arcilloso y cenizas de bagazo.....	31
Tabla 10. Mezcla de suelo arcilloso y cal. ....	32
Tabla 11. Mezclas de suelo arcilloso, cenizas de bagazo y cal.....	32
Tabla 12. Ensayos y normas para los materiales y las mezclas de estudio.....	33
Tabla 13. Porcentajes del análisis granulométrico de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.....	35
Tabla 14. Porcentajes del análisis granulométrico de las muestras de suelo y las mezclas con cal. ....	36
Tabla 15. Porcentajes del análisis granulométrico de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal.....	38
Tabla 16. Límites de Atterberg de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza. ....	40
Tabla 17. Límites de Atterberg de las muestras de suelo y las mezclas con cal.....	41
Tabla 18. Límites de Atterberg de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal. .....	42
Tabla 19. Clasificación de suelos de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.....	44
Tabla 20. Clasificación de suelos de las muestras de suelo y las mezclas con cal. ....	45
Tabla 21. Clasificación de suelos de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal. ....	45
Tabla 22. Gravedad específica de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza. ....	46
Tabla 23. Gravedad específica de las muestras de suelo y las mezclas con cal.....	47
Tabla 24. Gravedad específica de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal. .....	47
Tabla 25. Propiedades afectadas por la compactación de un suelo a una misma energía.....	49

Tabla 26. Resultados de ensayo Proctor de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza...	49
Tabla 27. Resultados de ensayo Proctor de las muestras de suelo y las mezclas con cal. ....	50
Tabla 28. Resultados de ensayo Proctor de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal. ....	51
Tabla 29. Resultados de ensayo CBR de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza. ....	52
Tabla 30. Resultados de ensayo CBR de las muestras de suelo y las mezclas con cal. ....	53
Tabla 31. Resultados de ensayo CBR de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal. ....	54

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sección típica de (a) pavimento rígido (b) pavimento flexible (c) pavimento semirrígido. ....	9
Figura 2. Estructuras de (a) caolinita; (b) ilita; (c) montmorillonita. ....	12
Figura 3. Curva de peso unitario húmedo. ....	15
Figura 4. Producción agropecuaria anual entre los años 2013 al 2022 en el Perú de principales productos. ....	20
Figura 5. Ubicación del lugar de extracción. ....	28
Figura 6. Extracción de muestras de arcilla. ....	28
Figura 7. Almacenamiento de las cenizas de bagazo en la fábrica. ....	29
Figura 8. Muestras de cenizas de bagazo. ....	30
Figura 9. Porcentaje de finos de acuerdo con el porcentaje de ceniza. ....	35
Figura 10. Curva granulométrica de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza. ....	36
Figura 11. Porcentaje de finos de acuerdo con el porcentaje de cal. ....	37
Figura 12. Curva granulométrica de las muestras de suelo y las mezclas y 1% de cal. ....	37
Figura 13. Porcentaje de finos de acuerdo con el porcentaje de ceniza y 1% de cal. ....	38
Figura 14. Curva granulométrica de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal. ....	39
Figura 15. Porcentajes de finos de todas las mezclas. ....	39
Figura 16. Variación de los límites de Atterberg de acuerdo con el porcentaje de ceniza. ....	41
Figura 17. Variación de los límites de Atterberg de acuerdo con el porcentaje de cal. ....	41
Figura 18. Variación de los límites de Atterberg de acuerdo con el porcentaje de ceniza y 1% de cal. ....	42
Figura 19. Variación de los límites Atterberg de acuerdo con el porcentaje de aditivo. ....	43
Figura 20. Variación de la gravedad específica de acuerdo con el porcentaje de aditivo. ....	47
Figura 21. Variación de la curva de compactación con la adición de ceniza. ....	50
Figura 22. Variación de la curva de compactación con la adición de cal. ....	50
Figura 23. Variación de la curva de compactación con la adición de ceniza y 1% de cal. ....	51
Figura 24. Variación del CBR de acuerdo con el porcentaje de ceniza. ....	52
Figura 25. Variación del CBR de acuerdo con el porcentaje de cal. ....	53
Figura 26. Variación del CBR de acuerdo con el porcentaje de ceniza y 1% de cal. ....	54
Figura 27. Curvas de compactación de casos con mayor valor de CBR. ....	55

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Grim (como se citó en Das, 2015) afirma que las arcillas se componen de “partículas que desarrollan plasticidad cuando se mezclan con una cantidad limitada de agua”. Esta cualidad depende del tipo de mineral arcilloso presente en el suelo y puede llegar a ser perjudicial para las construcciones como las carreteras, aeropuertos, proyectos de irrigación y edificaciones de todo tipo. En el caso de las carreteras, la capa de la subrasante debe cumplir con las especificaciones técnicas mínimas como el valor de  $CBR \geq 6$ . Para conseguirlo, el Manual de Carreteras (Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], 2014) sugiere diversos materiales para diferentes tipos de suelo, ya sea incorporando sustancias químicas, naturales o sintéticas.

En los últimos años se han investigado los subproductos industriales como aditivos para la estabilización química del suelo. En el presente trabajo se plantea como aditivo alternativo a las cenizas de las calderas de las industrias azucareras que se obtienen del uso del bagazo de caña de azúcar como combustible, ya que algunos estudios sobre su uso como estabilizador de suelos expansivos o como reemplazo de cemento en la fabricación de concreto demuestran que este material tiene una alta actividad puzolánica comparable a la del cemento. Adicionalmente, debido a que se utilizará las cenizas de industrias azucareras, se evaluará tanto su efectividad de forma independiente como también con un porcentaje de cal para que este pueda sustituir parcial o completamente a la cal.

Para determinar la eficacia de las cenizas de bagazo de caña de azúcar, se compararán las propiedades físicas y mecánicas de las muestras de arcilla natural, las muestras con diferentes porcentajes de cenizas, y muestras con diferentes porcentajes de cenizas y cal. Finalmente, se

analizará los resultados obtenidos y se verificará cómo influyen los resultados en el comportamiento del suelo.

### **1.1. Planteamiento del problema**

Chindris, Stefanescu, Radermacher, Radeanu y Popa (2017) afirman que la presencia de suelos arcillosos representa un desafío para los especialistas de todo el mundo. De esta manera, estudiar el comportamiento de este tipo de suelos y mejorar sus propiedades geotécnicas, son de gran importancia para la ingeniería. Los suelos arcillosos pueden tener un cambio de volumen de acuerdo con su contenido de agua que depende de las condiciones climáticas y de la vegetación de la zona (Chindris et al, 2017). Perú presenta una diversidad de climas y microclimas que varían desde lo costero árido y cálido, pasando por los valles interandinos de tipo templado, frígido y polar hasta los de tipo cálido y lluvioso de la selva (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú [Senamhi], 2021). Además, cuando se abre paso a nuevas carreteras en la sierra y en la selva, se presenta una amplia vegetación. Producto de estos factores, existe una variación en el contenido de agua en el suelo por lo que este se hincha y contrae constantemente (Lambe y Whitman, 2004; Das, 2015).

A causa de la variación del volumen se da un factor importante denominado potencial de expansión que a su vez produce una fuerza que provoca levantamiento, agrietamiento y ruptura de la cimentación y de la estructura (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento [MVCS], 2018). Este comportamiento puede ser perjudicial para la subrasante o subbase en construcciones como carreteras, ferrocarriles, aeropuertos y edificaciones de todo tipo. Por ende, será necesario que la subrasante cumpla con las especificaciones mínimas para la construcción de carreteras. La subrasante es una superficie terminada de la carretera sobre la

cual se coloca el pavimento o afirmado (MTC, 2014). Esta capa debe ser preparada, ya sea con material granular o material estabilizado (Huang, 2004).

Debido a que las arcillas son muy inestables, es necesario reducir o eliminar el potencial de hinchamiento a causa de sus propiedades físicas (Chindris et al, 2017). Para lograr esto, se realiza la estabilización o mejoramiento del suelo, ya sea mecánico o químico, lográndose este último con la incorporación de aditivos como cal, cemento o cenizas volcánicas (Das, 2015). En Perú, el Manual de Carreteras del MTC (2014) sugiere el uso de cal o cemento Portland como principales estabilizadores de suelos arcillosos. Por un lado, la cal, ya sea como cal hidratada o cal viva, está regulada por la Superintendencia Nacional de Aduanas y Administración Tributaria [SUNAT] por el DECRETO SUPREMO N°268-2019-EF en el que se establece medidas de control para insumos químicos con concentraciones específicas, evitando que estas sean utilizadas con fines ilícitos. Este decreto, indica que, en el caso del óxido de calcio (cal hidratada) y el hidróxido de calcio (cal viva), no deben tener concentraciones mayores al 40%, ya sea de forma independiente o mezcladas. Esto limita su investigación como aditivo y su aplicación en campo; así mismo, estas pueden elevar costos al utilizarse en determinadas condiciones. Por otro lado, la producción del cemento Portland produce agentes contaminantes que afectan al medio ambiente. Por ello, es importante buscar materiales con mayor facilidad de incorporación y que reduzcan el impacto ambiental.

En la década de 1990 renació el interés por las fibras naturales debido al impacto ambiental producto del aumento de los materiales plásticos en décadas anteriores (Díaz, Maradei y Vargas, 2019). Además, el aumento de las industrias agrícolas ha generado también mayores residuos y estos pueden afectar al medio ambiente si su gestión es inadecuada (Demir, 2006). Por lo tanto, aprovechar las fibras naturales beneficiará al medio ambiente y su aprovechamiento tendrá un costo económico menor por ser un desecho agrícola (Ghazali,

Azhari, Abdullah y Omar, 2008). Adicionalmente, algunas fibras naturales son utilizadas como combustible en las calderas de las industrias, por lo que también es ideal buscar un aprovechamiento de las cenizas obtenidas.

El bagazo de la caña de azúcar es una de las fibras de mayor producción a nivel mundial (Mwaikambo, 2006). Dang, Fatahi y Khabbaz (2016) afirman que es importante investigar el uso de estas fibras solas o con cal, ya que ayudan en la estabilización de suelos expansivos, los cuales contienen minerales arcillosos en su estructura. Sin embargo, en algunos países las fibras de bagazo se utilizan en la fabricación de papel y cartón, en construcción, e incluso como combustible en las mismas fábricas de azúcar (Bilba, Arsene y Ouensanga, 2003). En Perú, una gran cantidad de las fibras de bagazo son empleadas en la fabricación de papeles y cartones, pero otra gran parte es utilizada como combustible en las calderas de las industrias azucareras. El producto de esta combustión da lugar a las cenizas, las cuales son utilizadas como fertilizantes, aunque su composición química indique que no contienen los nutrientes necesarios para dicho fin (Sales y Lima, 2010).

Estudios sobre las cenizas de bagazo de caña de azúcar indican que, debido a su composición química, presentan propiedades cementantes al ser combinadas con un porcentaje de cal (Kumar, Gaura, Kishor y Suman, 2017; Câmara, Pinto y Rocha, 2016). Además, la cal estabiliza suelos arcillosos empleados como subrasantes debido a que las reacciones químicas mejoran la trabajabilidad y características de carga del suelo, aceleran la construcción y mejoran su fuerza y durabilidad (Das, 2015; National Lime Association [LIME], 2021). Por ello, en el presente trabajo de investigación se evalúa la efectividad de las cenizas de bagazo de caña de azúcar como estabilizante, pero debido a que su reactividad puede haber sido afectada por las altas temperaturas de las calderas de la fábrica que donó el material en estudio, se ha considerado evaluar el suelo con las cenizas y también con un porcentaje de cal.

## **1.2. Preguntas de investigación**

Las preguntas de investigación serán la base para estudiar la eficacia del uso de las cenizas de bagazo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos:

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de las cenizas de bagazo que mejoran las propiedades del suelo arcilloso?
2. ¿Cómo varían las propiedades físicas del suelo arcilloso al incorporar diferentes porcentajes de cenizas de bagazo o cenizas de bagazo y cal?
3. ¿Cómo varían las propiedades mecánicas del suelo arcilloso al incorporar diferentes porcentajes de cenizas de bagazo o cenizas de bagazo y cal?
4. ¿Cuál es la proporción con la que se obtiene una mayor mejora en las propiedades del suelo arcilloso?

## **1.3. Hipótesis**

1. Las propiedades físicas y químicas de las cenizas de bagazo mejoran las propiedades de los suelos arcillosos.
2. La adición de cenizas de bagazo de caña de azúcar en un suelo arcilloso mejora las propiedades físicas del suelo.
3. La adición de cenizas de bagazo de caña de azúcar en un suelo arcilloso mejora las propiedades mecánicas del suelo.
4. La adición de un porcentaje de cal junto a las cenizas de bagazo mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo de manera más eficiente que con el uso de cenizas de bagazo solas.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general.**

Verificar que la adición de las cenizas de bagazo de caña de azúcar mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso y determinar el porcentaje óptimo de aditivo a utilizar.

### **1.4.2. Objetivos específicos.**

- Identificar si las propiedades de las cenizas de bagazo pueden mejorar el comportamiento de los suelos arcillosos
- Determinar la variación de las propiedades físicas de las mezclas de suelo arcilloso con las cenizas de bagazo y cal, y cómo estas influyen en el comportamiento del suelo tratado
- Determinar la variación de las propiedades mecánicas de las mezclas de suelo arcilloso con las cenizas de bagazo y cal, y cómo estas influyen en el comportamiento del suelo tratado
- Determinar si agregar un porcentaje de cal a las cenizas de bagazo es una mejor opción para tener un mejor rendimiento del aditivo en estudio

## **1.5. Justificación**

Los daños en las edificaciones, producto de la presencia de suelos arcillosos, representan altos costos que ascienden a millones de euros anuales (Chindris et al., 2017). Entre las edificaciones más afectadas están las carreteras, por lo que es necesario mejorar este tipo de suelo en zonas cuyos suelos, valga la redundancia, no son adecuados como subrasante de una carretera. El Manual de Carreteras del MTC (2014) sugiere el uso de cal o cemento Portland para estabilizar suelos arcillosos, sin embargo, debido a las desventajas que su utilización

representa al medio ambiente, es importante buscar nuevas alternativas para mejorar este tipo de suelo.

En el presente trabajo se evalúan muestras de suelo arcilloso obtenidas del departamento de Cajamarca, ya que este, al igual que los demás departamentos del norte del país se caracteriza por tener suelos altamente arcillosos. La presencia de este tipo de suelo puede ser perjudicial para la construcción de carreteras, incrementando su efecto en caso de sismos, inundaciones u otros desastres naturales. Por ello, es importante buscar una solución ecoamigable para mejorar las propiedades de la subrasante y así resguardar la vida de las personas. Además, debido a la gran producción de azúcar a nivel nacional, se propone la utilización de cenizas de bagazo de caña de azúcar por ser un subproducto industrial de la zona, lo que significaría emplear una alternativa económica con el menor impacto ambiental, logrando mejorar el comportamiento de los suelos arcillosos gracias a su composición química.

### **1.6. Limitaciones y alcance**

La información sobre la composición química de las cenizas de bagazo de caña de azúcar se revisará en la literatura debido a que esta tesis se centrará en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo arcilloso con la adición del aditivo en estudio. Además, los ensayos de laboratorio se harán con muestras obtenidas en el departamento de Cajamarca, cuyo comportamiento de la arcilla puede variar con respecto a arcillas de otras zonas del país.

Debido a que se utilizarán las cenizas de las calderas de las industrias azucareras que emplean el bagazo como combustible, éstas pueden presentar una disminución de sus propiedades puzolánicas debido a las altas temperaturas de combustión. Por ello, se plantea también evaluar mezclas que contengan un porcentaje de cal. Sin embargo, debido a que la cal viva (óxido de calcio), que cumple con las especificaciones de la norma AASHTO M216 o

ASTM C977, es un producto de venta controlada en nuestro país (Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria [SUNAT], 2021), se utilizará una cal comercial.

## CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Pavimento

El pavimento es una superficie de rodamiento adaptada que permite el tráfico vehicular confortable bajo condiciones climáticas variadas (Universidad Mayor de San Simón [UMSS], 2004). Los pavimentos se clasifican de acuerdo a la capa superficial, los que pueden ser de concreto (rígido), de asfalto (flexible) o de adoquines (semirrígido) tal como se muestra en la figura 1 con las secciones correspondientes.

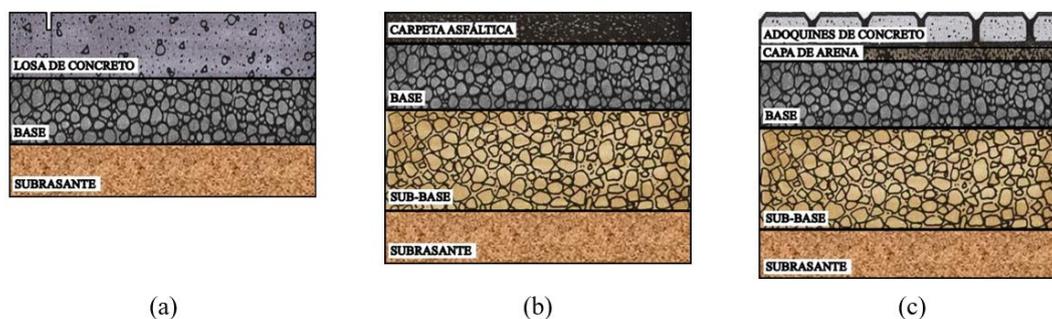


Figura 1. Sección típica de (a) pavimento rígido (b) pavimento flexible (c) pavimento semirrígido. Fuente: Tomado de “curso de Pavimentos”, por M. Olcese, 2020.

La estructura del pavimento se compone generalmente de tres capas: base, subbase y capa de rodadura ubicadas justo sobre la capa de subrasante (MTC, 2014). Por ello, estas capas transmiten las cargas del tráfico a la subrasante.

### 2.2. Subrasante

La subrasante se encuentra justo debajo del pavimento; esta superficie se da al nivel de movimiento de tierras para corte y relleno (MTC, 2014). Debido a su ubicación, esta sirve de soporte de la estructura del pavimento y de la carga producida por el tránsito. Es por eso también que el Manual de Carreteras del MTC (2014) establece que la subrasante debe estar conformada por suelos con características aceptables y compactada en capas para que no se vea afectada por la carga proveniente del tránsito.

La importancia de tratar un suelo inadecuado, como el caso de algunos suelos arcillosos, se debe a que el pavimento puede sufrir una ruptura catastrófica si no se trata previamente (UMSS, 2004). De ahí que el Manual de Carreteras del MTC sugiere que a una profundidad no menor a 60 cm por debajo del nivel superior de la subrasante debe haber suelos adecuados y estables con  $CBR \geq 6$ . Si el suelo tiene un CBR menor, se califica como subrasante pobre o inadecuada de acuerdo con las categorías de la tabla 1 (MTC, 2014). En este caso será necesario elegir la mejor alternativa de estabilización de acuerdo con la naturaleza del suelo.

Tabla 1. Categoría de subrasante.

CATEGORÍA DE SUBRASANTE	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	$CBR < 3\%$
S1: Subrasante Pobre	De $CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6\%$
S2: Subrasante Regular	De $CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$
S3: Subrasante Buena	De $CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$
S4: Subrasante Muy buena	De $CBR \geq 20\%$ a $CBR < 30\%$
S5: Subrasante Excelente	De $CBR \geq 30\%$

Fuente: Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos del MTC (2014).

Adicionalmente, conocer el valor CBR permite estimar el Módulo de Resiliencia ( $M_R$ ) que puede usarse para el diseño de pavimentos flexibles, pero para el diseño de pavimentos rígidos es necesario convertirlo en Módulo de Reacción ( $k$ ) (AASTHO, 1993). El manual de Carreteras sugiere las ecuaciones indicadas en la tabla 2 para determinar dichos módulos.

Tabla 2. Fórmulas para diseño de pavimentos de acuerdo con el tipo.

TIPO DE PAVIMENTO	MÓDULO	FÓRMULA
Flexible	Resiliencia ( $M_R$ )	$M_R \text{ (psi)} = 2555 \times CBR^{0.64}$ CBR (%): Relación de Soporte California
Rígido	Reacción ( $k$ )	$K_C = [1 + (h/38)^2 \times (K_1/K_0)^{2/3}]^{0.5} \times K_0$ $K_1$ (kg/cm <sup>3</sup> ): Coeficiente de reacción de la sub base granular $K_C$ (kg/cm <sup>3</sup> ): Coeficiente de reacción combinado $K_0$ (kg/cm <sup>3</sup> ): Coeficiente de reacción de la subrasante h: Espesor de la subbase granular

Fuente: Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos del MTC (2014).

La importancia del  $M_R$  es caracterizar la calzada u otros materiales del pavimento a través de la elasticidad, ya que este reemplaza el valor del soporte del suelo e indica la propiedad básica que permite hacer un análisis mecánico de un sistema multicapa (AASTHO, 1993). Por otro lado, la importancia del módulo de reacción ( $k$ ) es caracterizar el tipo de subrasante, esta se obtiene en función de la clasificación del suelo y el CBR (Manual de Carreteras, 2013).

Finalmente, la estabilidad del pavimento se puede ver afectada por la presencia de suelos arcillosos, ya que la presión sobre los suelos finos saturados a causa del tránsito produce la consolidación del suelo, deformando así las capas inferiores al pavimento (UMSS, 2004).

## **2.3. Suelos arcillosos**

### **2.3.1. Definición de suelos arcillosos.**

Los suelos arcillosos son agregados de partículas microscópicas y submicroscópicas producidas por la descomposición química de las rocas (Terzaghi y Peck, 1978). Estos se caracterizan por tener un aumento de la cohesión o resistencia cohesiva conforme vaya disminuyendo el contenido de humedad, pero al tener una permeabilidad extremadamente baja, se vuelve difícil de compactar e imposible de drenar por métodos ordinarios (Lambe y Whitman, 2004). Este comportamiento depende del tamaño, forma y composición mineral del suelo.

El contenido de humedad también es un factor importante en el comportamiento de las arcillas, ya que su variación puede expandir o contraer el suelo. Esta deformación volumétrica significativa se da cuando hay una presión externa en un suelo parcialmente saturado, haciendo que sus vacíos disminuyan; esto comunica presión al agua interior y, finalmente, se desplaza hacia el exterior (UMSS, 2004).

### 2.3.2. Clasificación de minerales arcillosos.

Uno de los factores que definen el comportamiento de los suelos arcillosos es la composición mineral que incluyen el tipo de mineral arcilloso, el medio químico o la capacidad de intercambio iónico (Lambe y Whitman, 2004). Los minerales arcillosos son partículas activas electroquímicamente que, cuando un suelo los contiene, incluso en un pequeño porcentaje, pueden afectar sus propiedades ingenieriles (Holtz y Kovacs, 1981). Los principales subgrupos son las caolinitas, las ilitas y las montmorillonitas como se observa en la figura 2, estos minerales se diferencian en la distribución de sus átomos y su capacidad de absorber cationes.

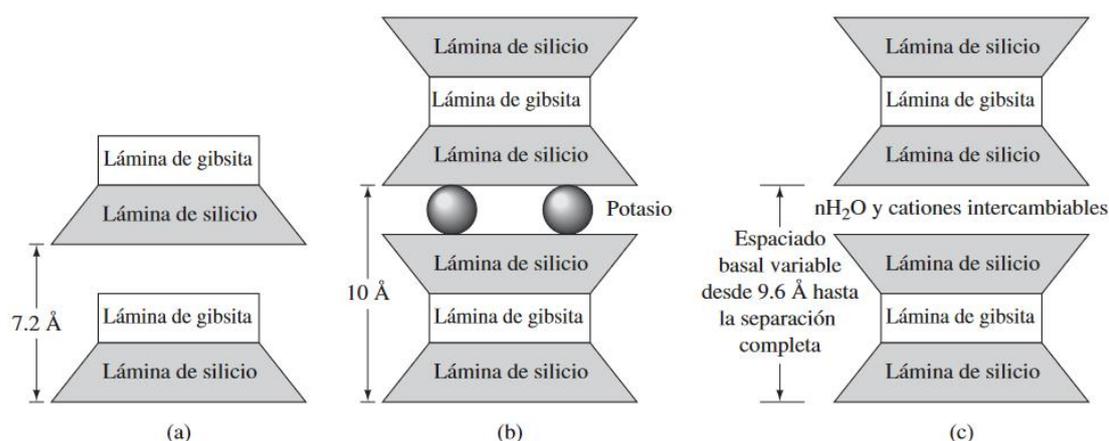


Figura 2. Estructuras de (a) caolinita; (b) ilita; (c) montmorillonita.

Fuente: Fundamentos de ingeniería geotécnica (Das, 2015).

La caolinita se conforma de dos capas de láminas de sílice-gibbsita (figura 2.a). Estas capas se mantienen unidas por enlaces de hidrógeno y su separación aproximada es de 7.2 Å. La ilita o micácea se conforma de una lámina de gibsita unida a dos láminas de sílice a cada lado (figura 2.b). Estas capas se unen por iones de potasio y su separación aproximada es de 10 Å. Finalmente, la montmorillonita o esmectitas tiene una lámina de gibsita con dos láminas de sílice (figura 2.c) unidas por cationes intercambiables, la ausencia de iones de potasio le permite absorber gran cantidad de agua a la zona (Das, 2015). Por consiguiente, este último es el mineral arcilloso con mayor capacidad de intercambio de cationes (Terzaghi, Peck y Mesri, 1996).

## **2.4. Estabilización de suelos**

### **2.4.1. Concepto de estabilización de suelos.**

La estabilización o mejoramiento de suelos es un proceso que permite mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo in situ (Das, 2015). Con esto se espera mejorar la capacidad para distribuir las cargas del tráfico y así evitar daños en las estructuras a lo largo de su vida útil. Para conseguir dicho objetivo, el Manual de Carreteras del MTC (2014) sugiere diversos materiales de acuerdo con el tipo de suelo a estabilizar, ya sea incorporando sustancias químicas, naturales o sintéticas.

Para definir el tipo de estabilización se sugieren los criterios geotécnicos presentados en el Manual de Carreteras del MTC (2014): cuando la subrasante tiene un  $\text{CBR} \leq 6$  (pobre o inadecuada), el nivel freático justo debajo de la subrasante, la altitud del proyecto para consideraciones de los cambios de temperatura, entre otros. Además, cuando los suelos contienen limos y arcillas, se estabilizan incorporando cal o cemento Portland (MTC, 2014).

La principal desventaja de la incorporación de cal como agente estabilizante es que puede aumentar los costos en lugares con poca disponibilidad de agua (LIME, 2004). Además, por ser un material de venta controlado, implica mayor gestión, plazos y costos para su utilización. Por otro lado, el cemento puede ser perjudicial para el medio ambiente debido a los altos niveles de gases de efecto invernadero en su proceso de obtención. Por consiguiente, es importante buscar aditivos alternativos para la estabilización de suelos arcillosos en nuestro país.

### **2.4.2. Tipos de estabilización de suelos.**

Los métodos pueden ser físicos, mecánicos o químicos. Su correcta aplicación depende de un adecuado balance entre el conjunto de propiedades que se desea mejorar (estabilidad volumétrica, resistencia, permeabilidad, compresibilidad o durabilidad), y el esfuerzo y dinero que se espera invertir (Rico y Del Castillo, 1977). De acuerdo con el Manual de Carreteras (2014) se tiene los siguientes métodos:

- Métodos físicos: compactación, combinación de suelos, sustitución de suelos y geosintéticos.
- Métodos químicos: con aditivos como la cal, el cemento Portland, escoria de acería o de otros hornos de fundición, cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio y productos asfálticos.

Los métodos químicos tienden a ser más costos y se deben complementar con métodos de compactación debido a los cambios en la estructura del suelo al incorporar una sustancia química (Bowles, 1978).

#### ***2.4.2.1. Estabilización mecánica.***

Este método mejora las propiedades del suelo sin modificar composición; para conseguirlo se utiliza la compactación con el fin de aumentar las partículas por unidad de volumen y así reducir el volumen de vacíos (MTC, 2014). La compactación, también llamada densificación, se consigue aplicando energía mecánica para mejorar la capacidad de carga de la subrasante, aumentar la resistencia y controlar la variación de volumen (Holtz y Kovacs, 1981).

De acuerdo con Johnson y Sallberg (1960), los principales factores que influyen en el proceso de compactación son el contenido de humedad, el esfuerzo de compactación y el tipo de suelo. En primer lugar, el agua actúa como lubricante entre las partículas cuyo porcentaje de humedad óptimo permite obtener un peso unitario máximo como se observa en la Figura 3; si el porcentaje es menor, el suelo es rígido y difícil de compactar; mientras que, si el porcentaje es mayor, el aire no expulsado llena los vacíos del suelo e impide tener un peso unitario mayor (Johnson y Sallberg, 1960). En segundo lugar, el esfuerzo de compactación es la energía aplicada por unidad de volumen con el fin de aumentar el peso unitario, por ende, un mayor esfuerzo permite compactar mejor el suelo. Finalmente, el tipo de suelo incluye la granulometría y forma de las partículas, así como la cantidad de mineral arcilloso (Das, 2015).

Al compactar muestras de suelo con diferentes porcentajes de humedad se obtiene una curva que relaciona el peso unitario ( $\gamma$ ) con el contenido de humedad ( $w$ ). Esta se denomina Curva de Peso Unitario Húmedo y se representa en la figura 3, donde se observa que el aumento del peso unitario compactado se debe al peso del agua añadida y a la compactación. Por otro lado, para el análisis del efecto del suelo de acuerdo a su contenido de agua, se utiliza la relación de la densidad seca ( $\gamma_d$ ) con el contenido de humedad ( $w$ ).

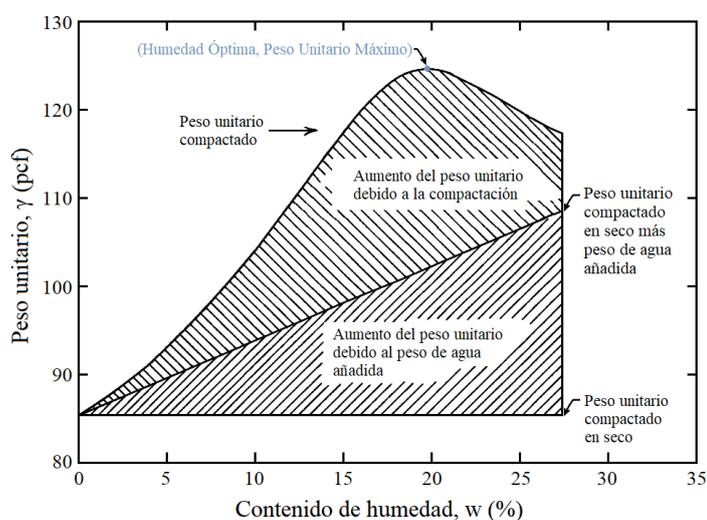


Figura 3. Curva de peso unitario húmedo.

Fuente: Traducido de *Factors that Influence Field Compaction of Soils* (Johnson y Sallberg, 1960).

La compactación produce vibraciones que son ideales para los suelos no cohesivos; sin embargo, en el caso de suelos cohesivos, la compactación puede afectar propiedades físicas como la conductividad eléctrica y la resistencia a la cizalladura (Holtz y Kovacs, 1981). Por ello, para suelos cohesivos, el Manual de Carreteras del MTC (2014) sugiere principalmente la estabilización química de acuerdo con las características físicas del suelo como el límite líquido, el índice de plasticidad y el porcentaje de finos; este proceso se complementa con ayuda de maquinaria para su compactación. En el Perú, la maquinaria utilizada son los rodillos, siendo los más comerciales los rodillos compactadores y pavimentadores, los rodillos lisos y rodillos vibratorios (Unimaq, 2023; Komatsu, 2016; Ipesa, 2023). Además, los rodillos pata de cabra que son utilizados principalmente para la estabilización de suelos cohesivos (Zegarra y Zavala 2011).

#### ***2.4.2.2. Estabilización química.***

Este método mejora el comportamiento del suelo con la incorporación de aditivos químicos; estos aditivos permiten tener un suelo más manejable al reducir la plasticidad, la dilatación y el potencial de contracción (Das, 2015). La cal y el cemento Portland son los aditivos más comunes en la estabilización química. Sus incorporaciones como agentes estabilizantes en suelos arcillosos fueron estudiadas por primera vez a finales de la década de 1950 (Jones, 1958). Para entender cómo funcionan estos aditivos en suelos arcillosos se procede a explicar a continuación.

#### 2.4.2.2.1. Estabilización con cal.

El Manual de Carreteras recomienda el uso de cales aéreas debido a que se endurecen al mezclarse con agua por efecto del anhídrido carbónico, esta cal debe satisfacer los requisitos indicados de acuerdo con la Especificación AASHTO M-216 o ASTM C-977 (MTC, 2014). Los principales efectos a causa de la adición de cal al suelo arcilloso son la reducción de plasticidad, disminución de su potencial de hinchamiento y aumento de su capacidad portante (Asociación Nacional de Fabricantes de Cales [ANCADE] y Derivados de España; Asociación Nacional Técnica de Estabilización de Suelos y reciclaje de Firmes [ANTER], Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones [IECA], 2008). Para entender los efectos que se generan al tratar un suelo arcilloso con cal, se presenta la tabla 3 con las propiedades del suelo y cómo su variación influye en su comportamiento.

Tabla 3. Variación de las propiedades del suelo arcilloso al estabilizarlo con cal.

PROPIEDAD	EFECTO EN EL COMPORTAMIENTO DEL SUELO
Granulometría	La floculación o aglomeración produce un aumento en el tamaño de las partículas de arcilla. En la granulometría, esta modificación se refleja en la disminución de partículas finas (porcentaje que pasa la malla N° 200 o 0.075 mm). Esta disminución de finos facilita la compactación del suelo.
Plasticidad	La adición de cal permite al suelo disminuir su plasticidad, este efecto se observa en una disminución del límite líquido junto con un aumento del límite plástico.
Capacidad de soporte	Los suelos con cal aumentan su capacidad portante, esto se entiende como un aumento del índice CBR.
Estabilidad volumétrica	Uno de los problemas de las arcillas es el potencial de hinchamiento. La adición de cal a los suelos arcillosos reduce o incluso elimina este potencial debido a la disminución de plasticidad.
Resistencia a compresión	La adición de cal a suelos arcillosos disminuye el hinchamiento libre del suelo.
Resistencia frente a la acción del agua	Los suelos tratados con cal disminuyen su susceptibilidad al agua por los efectos de mejora inmediata y a largo plazo de la estabilización con cal.
Permeabilidad	La permeabilidad del suelo tratado presenta dos etapas, en la primera se aumenta la permeabilidad por el cambio en el comportamiento del suelo al pasar de ser arcilloso a arenoso. En la segunda etapa se desarrollan las reacciones puzolánicas, estas forman enlaces que unen a las partículas hasta que el suelo vaya disminuyendo su permeabilidad hasta el valor inicial o incluso menor.
Resistencia a los ciclos de hielo-deshielo	Esta resistencia se debe principalmente a las reacciones puzolánicas que le dan al suelo esta propiedad.

Fuente: Adaptado de Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal (ANCADE et al., 2008).

La cal, ya sea como cal viva (Ca O), cal hidratada Ca (OH)<sub>2</sub> o lechada, es el aditivo más utilizado para la estabilización de suelos, y el tipo de cal a emplear depende del mejoramiento que requiera el suelo. La cal viva es eficaz para el secado de suelos muy húmedos debido a la reacción exotérmica en presencia de agua (Rivera, Orobio, Mejía y Cristelo, 2020; LIME, 2004), pero presenta propiedades corrosivas que requieren mayor cuidado en su aplicación (Chindris et al., 2017). Por otro lado, la cal hidratada es la más utilizada para mejorar la capacidad portante de subsuelos arcillosos con índice de plasticidad mayor a 20 (Beckham y Hopkins, 1997); sin embargo, debido a que sus partículas son finas, este polvo puede ser perjudicial para las personas y no podría ser utilizado en zonas pobladas (LIME, 2004). Finalmente, la lechada es una alternativa eco amigable, pero requiere de mayor costo y tiempo, y no puede ser utilizada en suelos saturados (LIME, 2004).

#### 2.4.2.2.2. Estabilización con cemento Portland.

La adición de cemento reduce la plasticidad y aumenta la resistencia a esfuerzos cortantes, asimismo, reduce la capacidad de retención de agua en suelos arcillosos (ANCADE et al., 2008). En el proceso de estabilización con cemento se espera obtener un material denominado suelo-cemento de mayor resistencia que el suelo natural; para esto se mezcla el suelo disgregado con cemento y agua, luego se compacta y finalmente se cura (MTC, 2014). Este aditivo sirve para diversos tipos de suelos, pero presenta mayor eficacia en la estabilización de suelos arenosos, arenas limosas, y arcillas con un rango de plasticidad bajo (Pandey y Rabbani, 2017). Además, a diferencia de la cal, la hidratación del cemento se da de manera más inmediata y, por ende, el suelo logra aumentar su resistencia en menor tiempo (Firoozi, Olgun, Firoozi y Baghini, 2017). Sin embargo, de acuerdo con *Tamil Nadu Pollution Control Board* [TNPCB] (2021), la industria del cemento figura en la lista de los mayores contaminantes.

A pesar de que la utilización de estas dos sustancias mejora las propiedades geotécnicas de diversos tipos de suelos, su producción y aplicación pueden ser perjudiciales para el medio ambiente, además de requerir un alto consumo de energía y tener un elevado costo (Rivera et al., 2020). Otros aditivos como el cloruro de sodio, cloruro de calcio y cloruro de magnesio son solubles en agua (Rico y Del Castillo, 1977). Esto implica que en zonas lluviosas se requerirán mantenimientos continuos. En consecuencia, ha habido un mayor interés en los materiales residuales en los últimos años con el fin de aprovecharlos y reducir el impacto ambiental. Rivera et al. (2020) mencionan los residuos de demolición, subproductos industriales y poliméricos. Asimismo, se están realizando estudios sobre el uso de desechos agrícolas como las fibras naturales, como las cáscaras de arroz y el bagazo de caña de azúcar, e incluso las cenizas de estos desechos al ser utilizados como combustible en las industrias.

## **2.5. Bagazo de caña de azúcar**

Los derivados de la caña de azúcar son el azúcar, el alcohol, la melaza y el bagazo. El bagazo se obtiene como residuo sólido lignocelulósico que queda luego de la molienda del tallo de la caña, el cual suele ser utilizado en las calderas para generar energía eléctrica en las fábricas azucareras y los pozos del campo (Bilba et al., 2003; Corporación Azucarera del Perú S.A. [COAZUCAR], 2021). Sin embargo, en otros países, el bagazo se utiliza como materia prima para la fabricación de gran variedad de derivados. Por ejemplo, en Colombia se utiliza como alimento de ganado y porcinos, en la fabricación de tableros aglomerados o como combustible (Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar [Procaña], 2021). Sin embargo, en líneas generales, no ha habido un buen uso de las cenizas luego de utilizar el bagazo en las calderas de las fábricas, por lo que se están evaluando posibles alternativas para su aprovechamiento.

### 2.5.1. Producción de caña de azúcar.

A nivel mundial, la producción de caña de azúcar es de alrededor de 180 millones de toneladas al año y entre los principales productores se encuentran Brasil, India, la Unión Europea, Tailandia y China (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego [MIDAGRI], 2022). Con respecto al Perú, la caña de azúcar representa el alimento con la mayor producción agropecuaria como se observa en la figura 4. Además, la mayor producción de azúcar se concentra en La Libertad, Lambayeque y Lima (MIDAGRI, 2022).

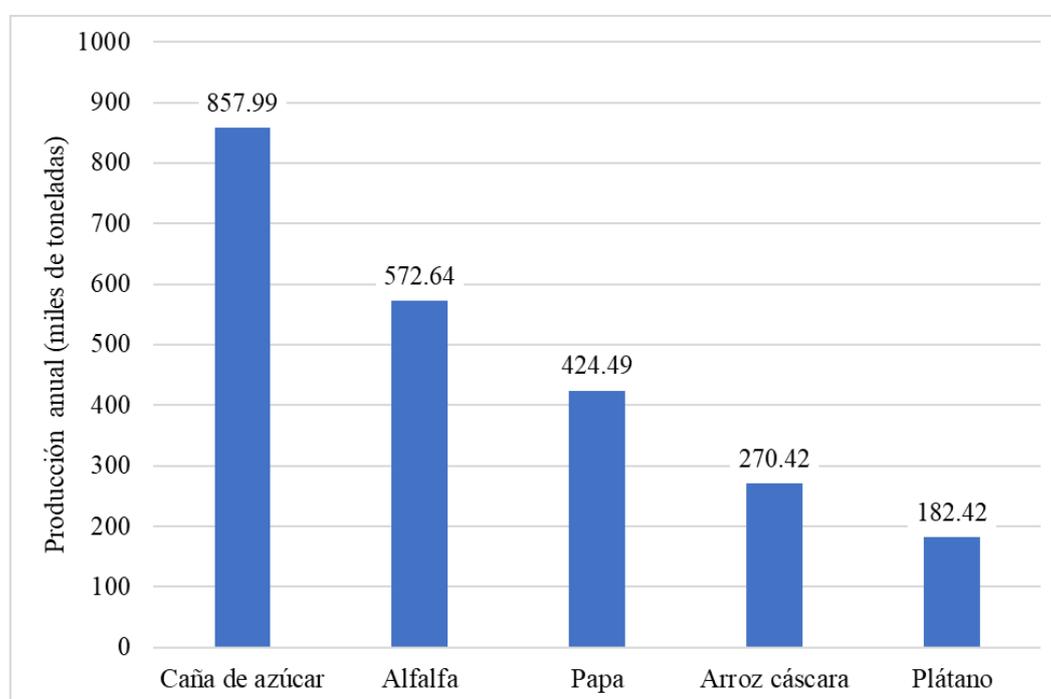


Figura 4. Producción agropecuaria anual entre los años 2013 al 2022 en el Perú de principales productos.  
Fuente: La información del gráfico es adaptada a partir de la base de datos del BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, Gerencia Central de Estudios Económicos ([BCRPData], 2023).

### 2.5.2. Producción de bagazo de caña de azúcar.

El bagazo representa la fuente de fibra con mayor producción a nivel mundial como se observa en la tabla 4. En Perú, la producción del bagazo en promedio entre los años 2011 al 2018 fue de 3 082 800 toneladas anuales (Ministerio de Agricultura y Riego [MINAGRI], 2018). Por ello, al ser un residuo industrial, es importante buscar formas de aprovecharlo.

Tabla 4. Producción mundial de principales fuentes de fibras.

FUENTE DE FIBRA	PRODUCCIÓN MUNDIAL (10 <sup>3</sup> ton)
Bagazo de caña de azúcar	75 000
Bambú	30 000
Yute	2 300
Kenaf	970
Lino/Linaza	830
Césped	700

Fuente: Faruk, Bledzki, Fink y Sain, 2012.

### 2.5.3. Impacto ambiental.

El impacto ambiental de la obtención de bagazo se da principalmente en la quema de los residuos de la caña de azúcar durante y después de su cosecha. Para reducir este problema se emplea la “cosecha en verde” o mecanizada que se complementa con un proceso de enfardado de residuos que luego son utilizados como compostaje (Sol de Laredo, 2021).

#### 2.5.3.1. Quema de caña de azúcar.

En Perú, la quema de caña de azúcar es una técnica común utilizada desde varias décadas atrás. Esta técnica elimina los desechos de los residuos que no lograron descomponerse en los suelos debido a la ausencia de lluvias en las costas del país (Sol de Laredo, 2021). La quema de caña de azúcar no solo afecta al medio ambiente, sino también a las personas que viven en los lugares aledaños debido al humo y residuos de cenizas volátiles en su entorno.

Reducir o eliminar esta técnica es un reto para las industrias azucareras debido a que la solución implica incrementar el presupuesto. En el caso de la agroindustrial Sol de Laredo, esta ha implementado la “cosecha en verde”, técnica que propone que los residuos sean enfardados con ayuda de maquinaria en vez de quemarlos. Finalmente, los fardos sirven para la cogeneración de energía, alimentación de ganado o compostaje (Sol de Laredo, 2021).

### ***2.5.3.2. Quema de bagazo en la fábrica azucarera.***

El bagazo es utilizado en las calderas de las fábricas azucareras como reemplazo parcial del petróleo; luego de su combustión se obtienen las cenizas como residuo final. Estas cenizas pueden ser usadas como abono; sin embargo, debido a su composición química, este es un material puzolánico, de modo que estas cenizas puedan presentarse como potencial sustituto parcial del cemento (Tijore, Pathak y Shah, 2013).

## **2.6. Cenizas de bagazo de caña de azúcar**

Las cenizas se obtienen como residuo de las calderas debido al común uso del bagazo como combustible en las industrias azucareras (Hajiha y Sain, 2015). A partir de una tonelada de bagazo se pueden producir 25 kg de cenizas, las cuales son utilizadas como fertilizante, a pesar de que por su composición química sería mejor aprovecharlas de otra manera (Sales y Lima, 2010). Estudios recientes sugieren que se deberían utilizar en la fabricación del concreto para mejorar sus propiedades (Shanmugam y Gopalan, 2020).

Las cenizas de bagazo tienen forma irregular de diversos tamaños y compuestos en mayor proporción por sílice ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de hierro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) y óxido de calcio ( $\text{CaO}$ ) (Agunsoye y Aigbodion, 2013). Para que reaccionen homogéneamente se deben uniformizar el tamaño de las partículas, ya sea que se utilicen como aditivo en la fabricación de

diversos materiales compuestos o como agente estabilizante de acuerdo con lo planteado en el presente trabajo de investigación. Actualmente, estas cenizas sirven en la industria de la construcción y varios de los estudios recientes sugieren su empleo en la fabricación de mortero, concreto, materiales poliméricos, o como sustituto de una parte del cemento y/o cal.

### **2.6.1. Propiedades de las cenizas de bagazo de caña de azúcar.**

Las propiedades de las cenizas pueden variar de acuerdo con su forma de obtención, ya que la forma de obtención no controlada puede ocasionar impurezas que afecten su comportamiento. El proceso de obtención ideal es quemando el bagazo puro en las calderas de las industrias azucareras, por otro lado, se puede obtener de forma manual.

#### **2.6.1.1. Propiedades físicas.**

Las propiedades físicas de acuerdo con un estudio realizado por Kumar et al. (2017) se muestran en la tabla 5. Adicionalmente, se determinarán algunas de estas propiedades de las cenizas estudiadas que se presentarán en el capítulo de resultados.

Tabla 5. Propiedades físicas de las cenizas de bagazo.

PROPIEDAD	RESULTADO DEL ENSAYO
Color	gris
Gravedad Específica	1.90
Límite Líquido	40.20
Límite Plástico	No es plástico
Contenido de humedad óptimo (%)	45.60
Densidad húmeda máxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.16

Fuente: Kumar et al. (2017).

### 2.6.1.2. Propiedades químicas.

Los porcentajes aproximados de los compuestos químicos presentes en las cenizas de bagazo se muestran en la tabla 6; estos se obtienen por el método de fluorescencia de rayos X. La variación entre los resultados de cada estudio se debe a que se trata de muestras obtenidas por diferentes métodos de combustión.

Tabla 6. Propiedades químicas de las cenizas de bagazo.

COMPUESTO	Estudio (1)	Estudio (2)	Estudio (3)	Estudio (4)
Sílice (SiO <sub>2</sub> )	70.870	78.340	76.550	75.670
Óxido de aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	6.860	8.550	2.530	1.520
Óxido de hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	4.870	3.610	2.590	2.290
Óxido de calcio (CaO)	3.410	2.150	1.200	6.620
Óxido de potasio (K <sub>2</sub> O)	no especifica	3.460	1.320	9.590
Óxido de magnesio (MnO)	3.250	0.130	0.008	1.870
Otros	no especifica	3.760	15.802	2.440

Los valores en la tabla se establecen a partir de las siguientes referencias.

1. Kumar et al. (2017).
  2. Srinivasan y Sathiya (2010).
  3. Câmara et al. (2016).
  4. Bahurudeen, Kanraj, Dev y Santhanam (2015)
- Fuente: Adaptado a partir de las referencias citadas.

El alto contenido de sílice indica que tiene potencial para desarrollar actividad puzolánica al ser utilizado como parte del concreto o del mortero (Câmara et al., 2016). Por ello, la gran mayoría de aplicaciones tienen que ver con el refuerzo de este material.

## 2.7. Aplicaciones de las fibras y cenizas de bagazo de caña de azúcar

En Perú, el mayor aprovechamiento de bagazo se da en la fabricación de cartón y empaques, pero este uso solo se da en algunas industrias azucareras. Este subproducto también es empleado para la alimentación de animales, pero aún requiere de investigaciones para mejorar los procesos de preparación (Lagos y Castro, 2019).

Debido a la elevada producción mundial de las fibras de bagazo de caña de azúcar, constantemente se realizan estudios de nuevas aplicaciones para poder aprovecharlo como reemplazo de materiales que representen un impacto ambiental significativo. La mayoría de estas aplicaciones se concentran en la industria de la construcción al fabricar productos con propiedades sostenibles mejoradas (Díaz et al., 2019), como se muestra en la tabla 7. Además, los estudios no solo sugieren el uso de las fibras del bagazo, sino también el uso de las cenizas del bagazo y una mezcla de ambos materiales de acuerdo con su requerimiento.

Tabla 7. Estudios de posibles aplicaciones del bagazo y cenizas del bagazo de caña de azúcar.

NUEVA APLICACIÓN	FORMA DE USO	BENEFICIO
Refuerzo de materiales compuestos poliméricos	fibras	Las fibras aumentan la resistencia a la tracción en un 16% y el módulo de tracción en un 51% en comparación con el polímero puro (1).
Refuerzo de subrasante en suelos expansivos	fibras	La mezcla de cal hidratada y fibras de bagazo reducen la contracción lineal, aumentan la resistencia y los valores de resistencia a la compresión no confinada (2).
Sustituto de Carbón	ceniza	Elimina eficazmente el plomo y el cromo de aguas residuales y es más económico que el carbón (3).
Producción de concreto de alto rendimiento	cenizas	Actúa como microrrelleno y aumenta la densidad de la pasta de cemento, lo que mejora las propiedades de trabajabilidad y resistencia del concreto (4).
Mejora el fraguado del mortero	cenizas	Las cenizas aceleran la hidratación del cemento a edades tempranas, además estas tienen un efecto de relleno y un potencial para desarrollar actividad puzolánica (5). Sin embargo, las propiedades del mortero pueden ser afectadas debido a la morfología, granulometría y contenido de carbono de las cenizas (6).
Aditivo o sustituto de cemento	cenizas	Aumenta la resistencia de compresión, tracción y flexión del concreto. Podría ser sustituto del cemento hasta en un 10% (7).
Estabilizante de suelos expansivos	fibras	Las fibras ayudan a disminuir el porcentaje de cal necesaria para la estabilización de suelos expansivos debido a su composición química (8).
Reemplazo de materiales de mortero	fibras / cenizas	La capacidad de retención de agua reduce la tensión de contracción por secado del mortero. Además, mejora sus propiedades: resistencia de flexión, resistencia de adherencia y aumento de resistencia a compresión (este último añade un porcentaje de cenizas volantes o cenizas de bagazo) (9).

Los datos de la tabla se establecen a partir de las siguientes referencias.

1. Cerqueira, Baptista y Mulinari, 2011
2. Dang et al., 2016
3. Gupta y Ali, 2004
4. Shanmugam y Gopalan, 2020
5. Cámara et al., 2016
6. Payá et al., 2002
7. Tijore et al., 2013
8. Dang et al., 2016
9. Ribeiro et al., 2020

Fuente: Elaboración propia a partir de las referencias citadas.

Como se indicó, las fibras y cenizas del bagazo funcionan como reemplazo, aunque en pequeñas cantidades, del cemento y de la cal, los cuales son aditivos comúnmente usados para la estabilización de suelos, pero que a su vez representan un peligro para el medio ambiente. Al usar un subproducto industrial y reducir costos de construcción por medio de la sustitución parcial de cal se da paso a un desarrollo sostenible (Dang et al., 2016).

### **2.7.1. Estabilización de suelos con las cenizas de bagazo de caña de azúcar.**

Debido al proceso de obtención de las cenizas de bagazo y al estar compuesto principalmente de sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), este es considerado un material puzolánico. Sin embargo, para ser un material cementante, se requiere que las cenizas sean molidas finamente y mezcladas con cal, para que luego del fraguado se endurezcan de forma similar al cemento (Roland y Kiran, 1993). La adición de cal sirve para que la sílice y la alúmina reaccionen con el hidróxido de calcio y formen silicatos de calcio y aluminato de calcio que le den un comportamiento cementante al suelo (Kumar et al., 2017).

Debido a la alta producción de cenizas de azúcar y al ser un material puzolánico, éstas pueden ser usada en la industria de la construcción. Sin embargo, el proceso de obtención puede afectar la reactividad de las cenizas ya que, si se produce a altas temperaturas y se da una combustión incompleta, estas presentarían un alto contenido de carbono y sílice cristalino (Martirena, Middendorf, Gehrke y Budelmann, 1998). Es por ello que su uso se plantea como un reemplazo parcial de la cal hidratada.

## **CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA**

Los materiales utilizados en esta investigación son suelo arcilloso, cenizas de bagazo de caña de azúcar y cal hidratada. En primer lugar, las muestras de suelo arcilloso se obtuvieron en la provincia de San Pablo, Cajamarca. En segundo lugar, las cenizas son obtenidas de las calderas de una industria azucarera de la ciudad de Laredo, La Libertad, uno de los departamentos con mayor producción de caña de azúcar a nivel nacional (Instituto de Estadística e Informática [INEI], 2018). Finalmente, aunque la cal viva sea más eficaz que la cal hidratada para estabilizar suelos arcillosos, se plantea el uso de cal hidratada comercial de marca Martell por ser una cal de venta libre.

Para los ensayos de laboratorio, primero se ensayan los materiales de manera independiente para conocer sus propiedades, luego se ensaya las mezclas del suelo natural con diferentes porcentajes de los aditivos utilizados, tanto junto como por separado, para así verificar cómo varían las propiedades del suelo al tratarlo. Finalmente, se analizan los porcentajes utilizados para determinar si es mejor utilizar las cenizas como aditivo individual o como reemplazo parcial de la cal hidratada.

### **3.1. Materiales para la investigación**

#### **3.1.1. Suelo arcilloso.**

Para la obtención de las muestras de arcilla, se realizó una búsqueda visual de zonas que presenten deslizamientos al lado de la carretera y luego se realizó una inspección manual para verificar que sea suelo arcilloso. El suelo seleccionado se recolectó en el distrito de Tumbaden, provincia de San Pablo, ubicado a 46 km de la ciudad de Cajamarca, al sur del departamento de Cajamarca, latitud  $7^{\circ} 2'47.39''\text{S}$  y longitud  $78^{\circ}44'48.15''\text{O}$  (figura 5).

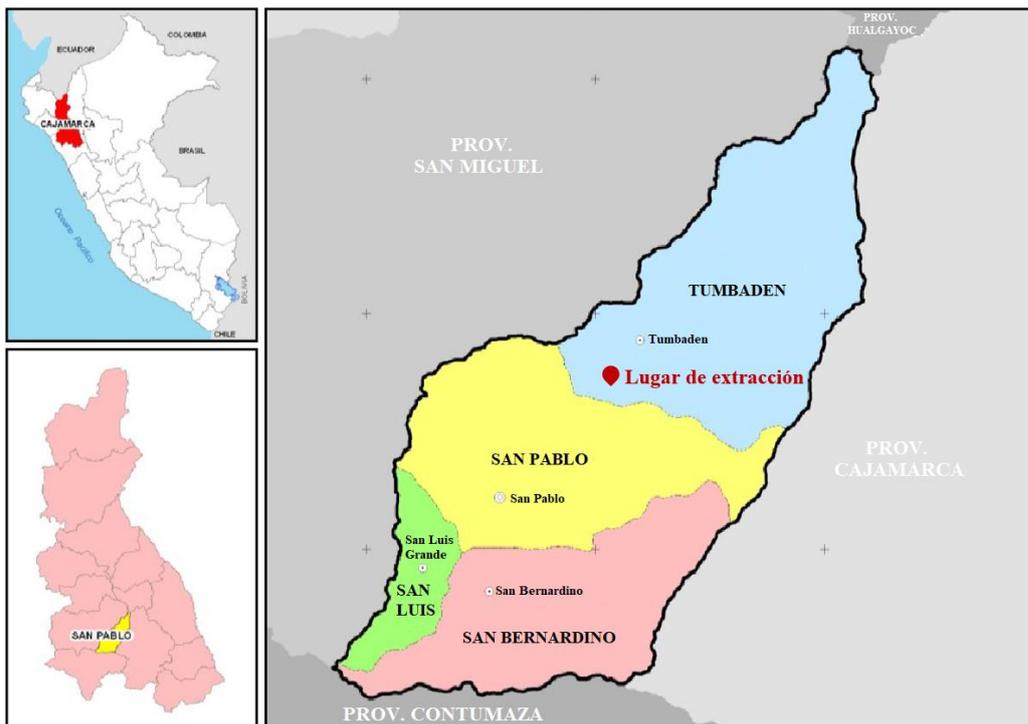


Figura 5. Ubicación del lugar de extracción.  
Fuente: Gobierno Regional de Cajamarca, 2011.

Las muestras alteradas recolectadas son de color amarillo. Para su extracción se usó picos y palas para suavizar el suelo y almacenar las muestras en sacos como se observa en la figura 6, para su posterior traslado al laboratorio de geotecnia en la ciudad de Cajamarca. Al tener las muestras en el laboratorio, estas se limpiaron de impurezas como raíces y piedras, luego se colocaron las muestras en un horno para secarlas e iniciar los ensayos de laboratorio.



Figura 6. Extracción de muestras de arcilla.  
Fuente: Propia.

### 3.1.2. Cenizas de bagazo de caña de azúcar.

Las muestras de cenizas de bagazo de caña de azúcar fueron donadas por la Agroindustrial Laredo S.A.A, en el departamento de La Libertad. Estas fueron recolectadas en sacos como se observa en la figura 7 para posteriormente ser trasladadas al laboratorio de la ciudad de Cajamarca. Se consideraron las cenizas de las calderas de la empresa mencionada ya que estas no tenían un fin o uso posterior. Además, según indicó un representante de la Agroindustrial, el bagazo es ingresado puro a las cámaras de las calderas de la fábrica, lo que permite trabajar con muestras libres de impurezas.



Figura 7. Almacenamiento de las cenizas de bagazo en la fábrica.  
Fuente: propia.

Como se observa en la figura 8, las partículas son lo suficientemente pequeñas por lo que no era necesario tamizar las muestras previamente para utilizarlas en los ensayos. Para corroborar esto, se tamizó una porción de muestra por la malla N° 10, en esta solo se quedaron partículas cuya manipulación hacía que se deshicieran al tacto, por lo que luego de aplastarlas manualmente estas formaron parte de las partículas muy finas que pasan la malla N° 200.



Figura 8. Muestras de cenizas de bagazo.  
Fuente: Propia.

Como se revisó previamente, las cenizas de bagazo son puzolanas artificiales debido a su composición química; sin embargo, debido a las características de su obtención, su efectividad puede ser menor que el de la cal hidratada, por ello, se plantea el uso de cenizas tanto de forma independiente como combinadas con la cal.

### **3.1.3 Cal hidratada**

En el caso de estabilización de suelos puede usarse tanto cal viva como cal hidratada que cumplan con las especificaciones técnicas de acuerdo con el Manual de carreteras (MTC, 2014), esa especificación es la AASHTO M216 o ASTM C977. Sin embargo, para fines prácticos se utilizará la cal comercial Martell, cuyo porcentaje de  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  es de 3 a 15%. El fin de usar cal es para mejorar la actividad puzolánica del aditivo en estudio.

### 3.2. Mezcla de materiales

Primero se ensayan los materiales de manera independiente para conocer sus propiedades y la simbología utilizada para cada material se indica en la tabla 8. Los valores obtenidos de los ensayos de la muestra del suelo natural servirán como base para verificar cómo estos varían con la incorporación de los aditivos en estudio.

Tabla 8. Simbología de los ensayos iniciales.

ADITIVO	SIMBOLOGÍA
Suelo arcilloso	SA
Cenizas de bagazo	CB
Cal hidratada	CH

Fuente: propia.

#### 3.2.1. Mezclas: arcillas + cenizas

Para determinar los porcentajes de aditivo, se realizaron los ensayos de CBR para el suelo con 10%, 20% y 30% de cenizas. Los resultados de estos ensayos de CBR muestran que la mayor eficacia se obtuvo con 20% de ceniza, mientras que para los otros porcentajes la eficacia fue menor. Por lo tanto, se tomaron dos valores intermedios entre estos; es decir, mezclas de suelo con 15% y 25% de aditivo como se muestran en la tabla 9.

Tabla 9. Mezclas de suelo arcilloso y cenizas de bagazo.

MEZCLA	% SUELO	% CENIZAS	SIMBOLOGÍA
Mezcla 1	90	10	SA90 CB10
Mezcla 2	85	15	SA85 CB15
Mezcla 3	80	20	SA80 CB20
Mezcla 4	75	25	SA75 CB25
Mezcla 5	70	30	SA70 CB30

Fuente: propia.

### 3.2.2. Mezclas: arcillas + cal

La *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO, 1993) sugiere un porcentaje de 2, 4 o 6% de cal para la estabilización de arcillas. Por otro lado, el Manual de carreteras recomienda un porcentaje de cal de 2 a 8% (MTC, 2014). Debido a que se utilizará una cal que no cumple con las especificaciones técnicas, se consideraron los porcentajes mostrados en la tabla 10; es decir, hasta un porcentaje de 11% de cal y considerando cinco porcentajes a trabajar.

Tabla 10. Mezcla de suelo arcilloso y cal.

MEZCLA	% SUELO	% CAL	SIMBOLOGÍA
Mezcla 1	97	03	SA97 CH03
Mezcla 2	95	05	SA95 CH05
Mezcla 3	93	07	SA93 CH07
Mezcla 4	91	09	SA91 CH09
Mezcla 5	89	11	SA89 CH11

Fuente: propia.

### 3.2.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal

Debido a que se espera reemplazar la cal por ceniza de bagazo de forma parcial, se consideró solo un 1% de cal, mientras que para la ceniza se seleccionó los porcentajes más bajos del primer grupo de mezclas (tabla 9) como se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Mezclas de suelo arcilloso, cenizas de bagazo y cal.

MEZCLA	% SUELO	% CENIZAS	% CAL	SIMBOLOGÍA
Mezcla 1	89	10	01	SA89 CB10 CH01
Mezcla 2	84	15	01	SA84 CB15 CH01
Mezcla 3	79	20	01	SA79 CB20 CH01

Fuente: propia.

### 3.3. Ensayos de laboratorio

Los ensayos y las respectivas normas utilizadas se indican en la tabla 12. Algunos de estos ensayos se basan en los indicados en el Manual de Carreteras, cuya norma se detalla en el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2016). Tanto normas peruanas (NTP) como las del MTC se basan en las normas de ASTM y AASHTO.

Tabla 12. Ensayos y normas para los materiales y las mezclas de estudio.

DESCRIPCIÓN	NORMAS
<b>CENIZAS DE BAGAZO</b>	
Contenido de humedad	ASTM D-2216 / NTP 339.127:1998 / MTC E108
Análisis granulométrico	ASTM D-422, AASHTO T88 / NTP 339.128:1999 / MTC E107
Gravedad específica de los suelos	ASTM D-854 / NTP 339.131:1999 / MTC E113
Proctor modificado	ASTM D-1557 / NTP 339.141:1999 / MTC E115
<b>CAL HIDRATADA</b>	
Contenido de humedad	ASTM D-2216 / NTP 339.127:1998 / MTC E108
Análisis granulométrico	ASTM D-422, AASHTO T88 / NTP 339.128:1999 / MTC E107
Gravedad específica de los suelos	ASTM D-854 / NTP 339.131:1999 / MTC E113
Proctor modificado	ASTM D-1557 / NTP 339.141:1999 / MTC E115
CBR	ASTM D-1883 / NTP 339.145:1999 / MTC E132
<b>SUELO ARCILLOSO Y MEZCLAS</b>	
Contenido de humedad	ASTM D-2216 / NTP 339.127:1998 / MTC E108
Análisis granulométrico	ASTM D-422, AASHTO T88 / NTP 339.128:1999 / MTC E107
Límite líquido, Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	ASTM D-4318, AASHTO T89 / NTP 339.129:1999 / MTC E110 y MTC E111
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Clasificación de suelos AASHTO	ASTM M-145, ASTM D-3282
Gravedad específica de los suelos	ASTM D-854 / NTP 339.131:1999 / MTC E113
Proctor modificado	ASTM D-1557 / NTP 339.141:1999 / MTC E115
CBR	ASTM D-1883 / NTP 339.145:1999 / MTC E132

Fuente: propia.

## **CAPÍTULO 4: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS ENSAYOS**

En el presente capítulo se muestran los resultados de los ensayos del laboratorio, tanto ensayos físicos como los ensayos mecánicos, cuyos formatos se muestran en los anexos. Para esto se tienen tres grupos: arcilla con cenizas, arcilla con cal, y arcilla con cenizas y cal. Adicionalmente, con base en los conocimientos teóricos de la variación de las propiedades de un suelo arcilloso tratado con cal, se compara su variación de acuerdo con cada mezcla y cómo esta influye en el comportamiento del suelo.

### **4.1. Resultados de los ensayos físicos**

#### **4.1.1. Análisis granulométrico**

Estos ensayos se realizan de acuerdo con la norma NTP 339.128:1999. Se presenta una tabla con los porcentajes de grava, arena y finos; luego se presentan las curvas granulométricas para cada porcentaje de aditivo. Cuando se agrega cal a los suelos arcillosos, se da la floculación o aglomeración de las partículas haciéndolas más gruesas, lo cual se verifica con la disminución del porcentaje de finos del suelo (partículas que pasa la malla N° 200 o 0.075 mm); además, un suelo con un porcentaje bajo de finos permite que este sea más fácil de compactar (ANCADE et al., 2008).

#### 4.1.1.1. Mezclas: arcillas + cenizas

Tabla 13. Porcentajes del análisis granulométrico de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.

MUESTRAS	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
	% GRAVA	% ARENAS	% FINOS
SA100	0	4.10	95.90
SA90 CB10	0	6.27	93.73
SA85 CB15	0	7.35	92.65
SA80 CB20	0	8.44	91.56
SA75 CB25	0	9.52	90.48
SA70 CB30	0	10.61	89.39

Fuente: propia.

En la figura 9 se observa una disminución de las partículas finas. Adicionalmente se muestran las curvas granulométricas superpuestas de cada muestra ensayada en la figura 10.

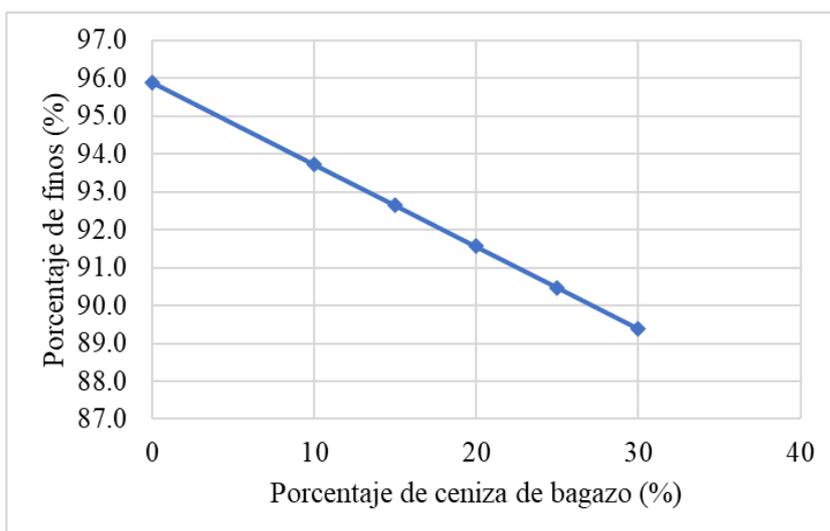


Figura 9. Porcentaje de finos de acuerdo con el porcentaje de ceniza.

Fuente: propia.

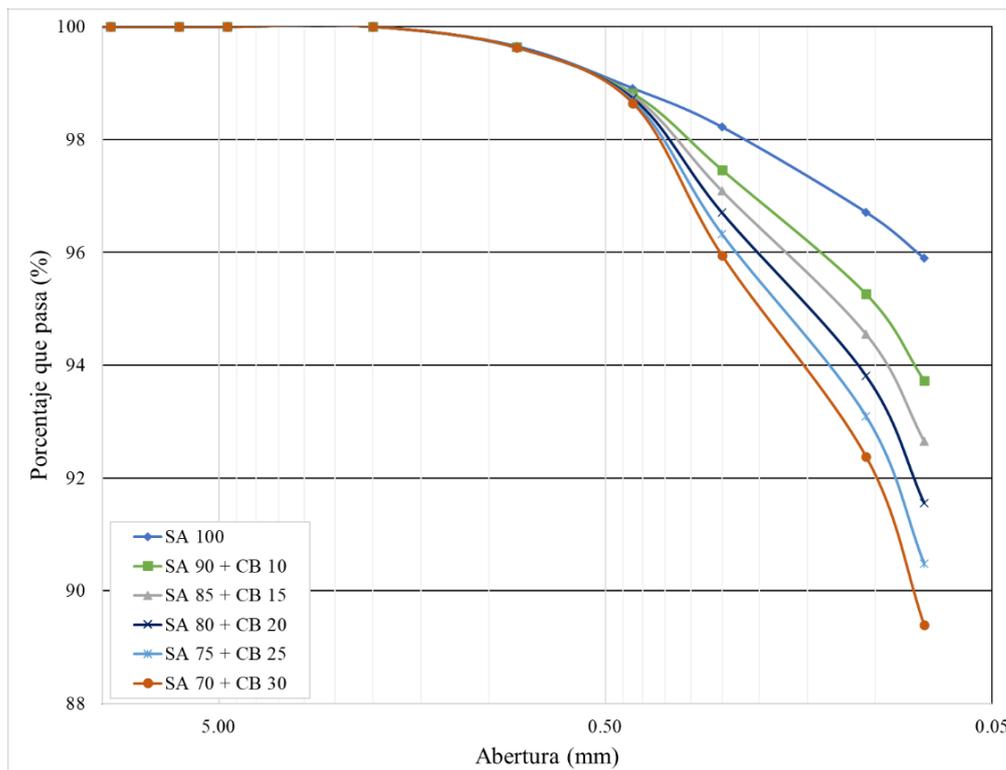


Figura 10. Curva granulométrica de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.  
Fuente: propia.

#### 4.1.1.2. Mezclas: arcillas + cal

Tabla 14. Porcentajes del análisis granulométrico de las muestras de suelo y las mezclas con cal.

MUESTRAS	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
	% GRAVA	% ARENAS	% FINOS
SA100	0	4.10	95.90
SA97 CH03	0	4.64	95.36
SA95 CH05	0	5.01	94.99
SA93 CH07	0	5.35	94.65
SA91 CH09	0	5.71	94.29
SA89 CH11	0	6.06	93.94

Fuente: propia.

En la figura 11 se observa una disminución de las partículas finas. Adicionalmente se muestran las curvas granulométricas superpuestas de cada muestra ensayada en la figura 12.

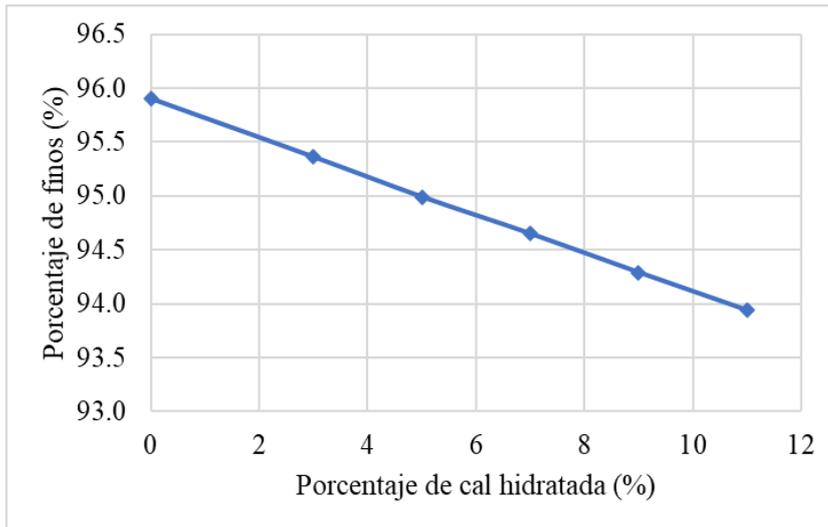


Figura 11. Porcentaje de finos de acuerdo con el porcentaje de cal.  
Fuente: propia.

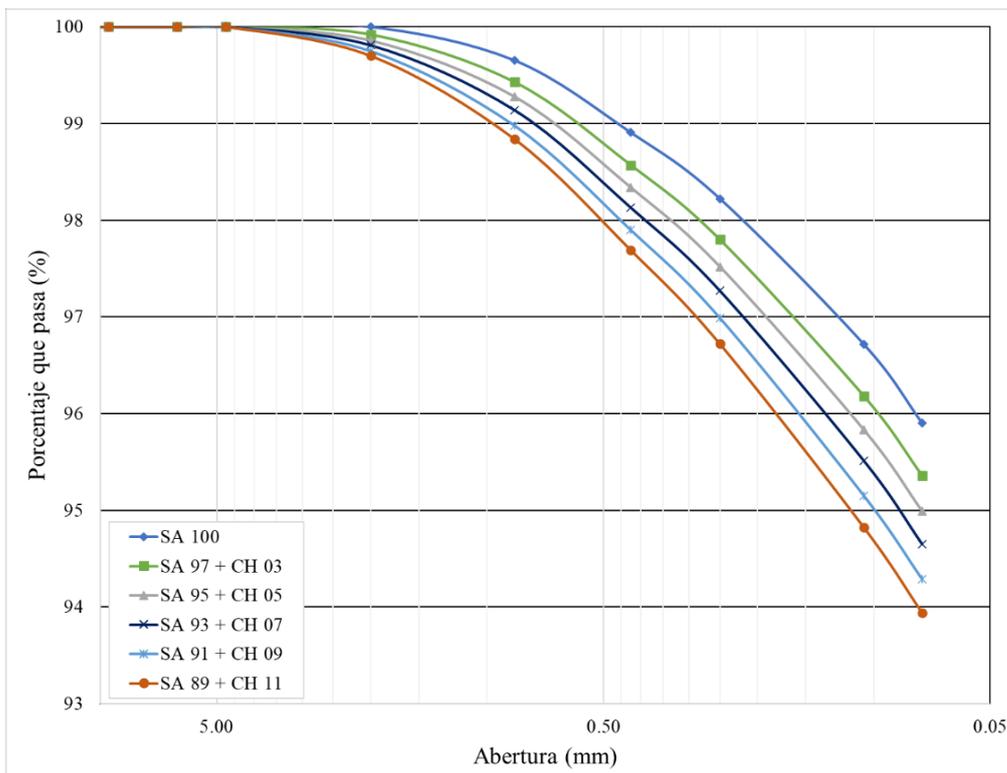


Figura 12. Curva granulométrica de las muestras de suelo y las mezclas y 1% de cal.  
Fuente: propia.

#### 4.1.1.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal

Tabla 15. Porcentajes del análisis granulométrico de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal.

MUESTRAS	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
	% GRAVA	% ARENAS	% FINOS
SA100	0	4.10	95.90
SA89 CB10 CH01	0	6.45	93.55
SA84 CB15 CH01	0	7.53	92.47
SA79 CB20 CH01	0	8.62	91.38

Fuente: propio.

En la figura 13 se observa una disminución de las partículas finas. Adicionalmente se muestran las curvas granulométricas superpuestas de cada muestra ensayada en la figura 14.

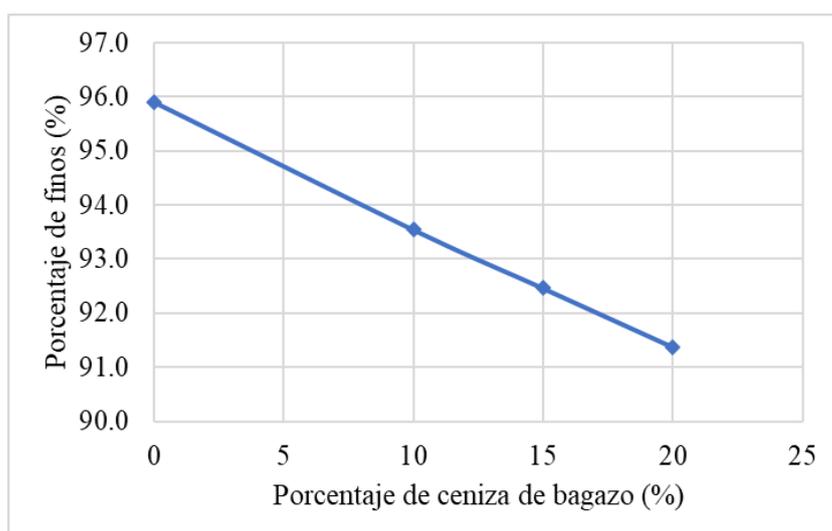


Figura 13. Porcentaje de finos de acuerdo con el porcentaje de ceniza y 1% de cal.  
Fuente: propia.

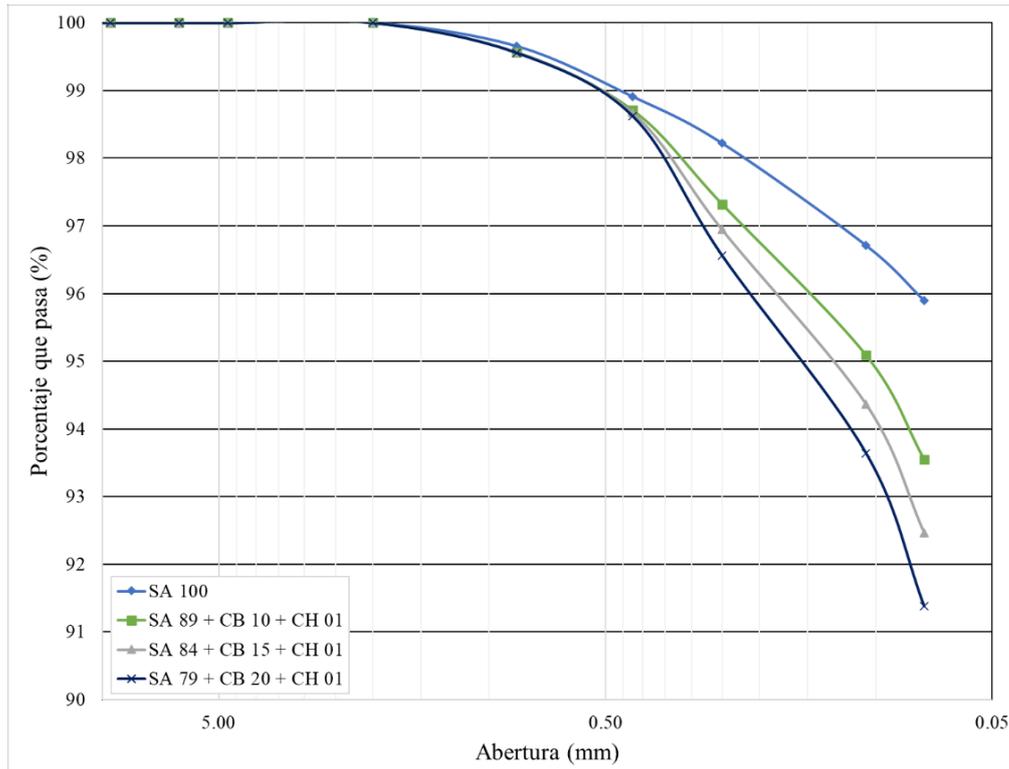


Figura 14. Curva granulométrica de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal.  
Fuente: propia.

Se observa que las cenizas, al igual que la cal hidratada, tanto independientemente como en conjunto, disminuyen el porcentaje de finos debido a la floculación y por ende el suelo será más fácil de compactar. Finalmente, se tiene la figura 15 para superponer los porcentajes de finos obtenidos en las tres mezclas y poder comparar su efectividad.

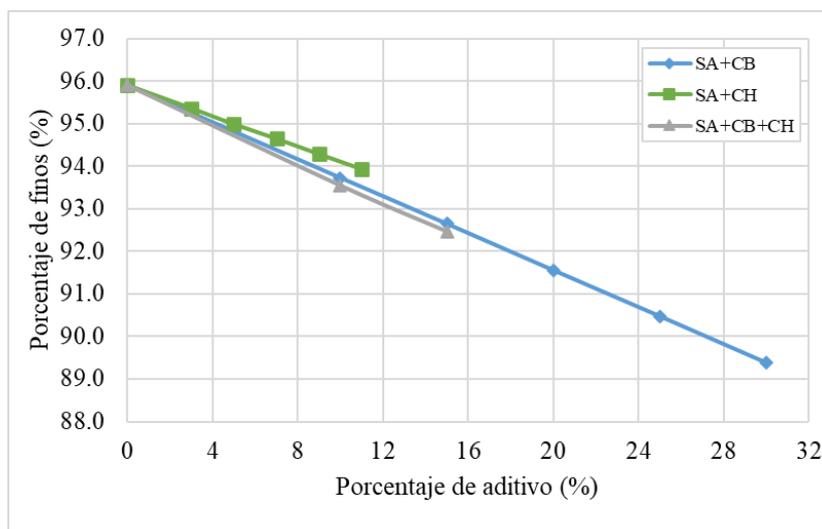


Figura 15. Porcentajes de finos de todas las mezclas.  
Fuente: propia.

Se observa que las cenizas solas o en conjunto con un porcentaje de cal, disminuyen el porcentaje de finos de la muestra incluso más que al utilizar solo cal hidratada y, por ende, el suelo se compactará más fácilmente. Además, aunque las muestras con cenizas de bagazo tienen una mayor disminución de finos, se analizará la variación de las demás propiedades para determinar si conviene o no agregar una parte de cal hidratada.

#### 4.1.2. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos

Estos ensayos se realizan de acuerdo con la norma NTP 339.129:1999. Cuando se agrega cal al suelo arcilloso este disminuye su plasticidad, esta variación le da al suelo un aspecto granular y, por ende, con mejores características geotécnicas (ANCADE et al., 2008).

##### 4.1.2.1. Mezclas: arcillas + cenizas

Tabla 16. Límites de Atterberg de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.

MUESTRAS	LÍMITES DE ATTERBERG		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SA100	54	42	13
SA90 CB10	56	44	12
SA85 CB15	59	48	11
SA80 CB20	61	52	9
SA75 CB25	63	NP	NP
SA70 CB30	NP	NP	NP

Fuente: propia.

Para ver cómo varían los límites de Atterberg de acuerdo con los diferentes porcentajes de ceniza de bagazo se muestra la figura 16.

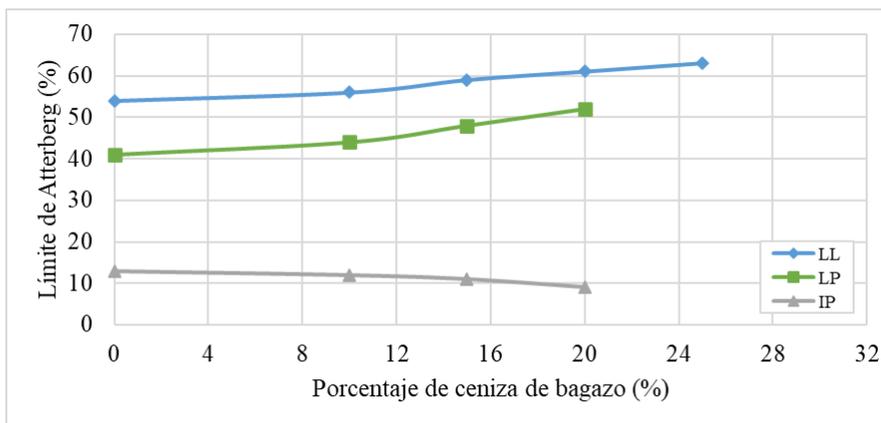


Figura 16. Variación de los límites de Atterberg de acuerdo con el porcentaje de ceniza.  
Fuente: propia.

#### 4.1.2.2. Mezclas: arcillas + cal

Tabla 17. Límites de Atterberg de las muestras de suelo y las mezclas con cal.

MUESTRAS	LÍMITES DE ATTERBERG		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SA100	54	42	13
SA97 CH03	56	43	13
SA95 CH05	55	44	11
SA93 CH07	54	45	9
SA91 CH09	53	47	6
SA89 CH11	53	48	5

Fuente: propia.

Para ver cómo varían los límites de Atterberg de acuerdo con los diferentes porcentajes de cal hidratada se muestra la figura 17.

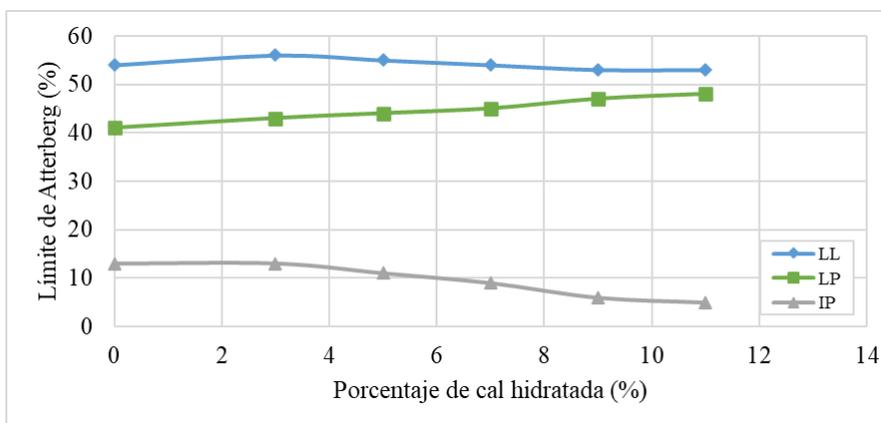


Figura 17. Variación de los límites de Atterberg de acuerdo con el porcentaje de cal.  
Fuente: propia.

#### 4.1.2.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal

Tabla 18. Límites de Atterberg de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal.

MUESTRAS	LÍMITES DE ATTERBERG		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SA100	54	42	13
SA89 CB10 CH01	54	44	10
SA84 CB15 CH01	57	47	10
SA79 CB20 CH01	59	52	7

Fuente: propia.

Para ver cómo varían los límites de Atterberg de acuerdo con los diferentes porcentajes de ceniza de bagazo con 1% de cal hidratada se muestra la figura 18.

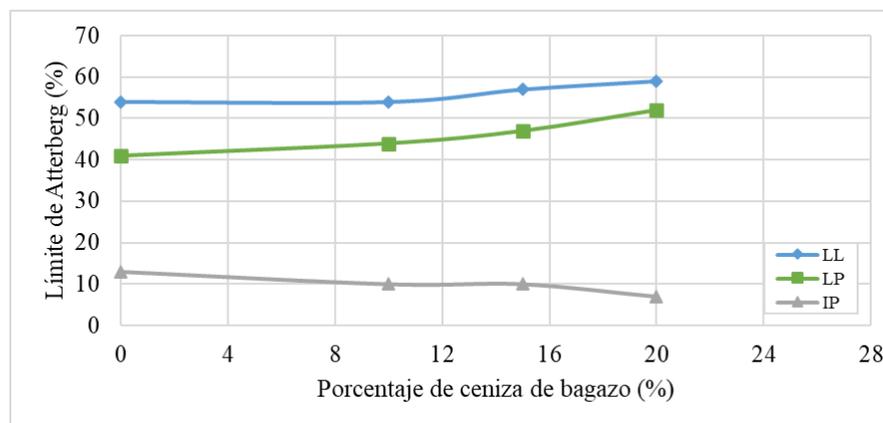


Figura 18. Variación de los límites de Atterberg de acuerdo con el porcentaje de ceniza y 1% de cal.

Fuente: propia.

Dado que la disminución del índice de plasticidad permite que el suelo sea menos compresible, se observa que los aditivos en estudio, tanto independientemente como en conjunto, influyen de forma positiva en esta propiedad. Finalmente, se tiene la figura 19 para superponer los índices de plasticidad obtenidos en las tres mezclas y poder comparar su efectividad.

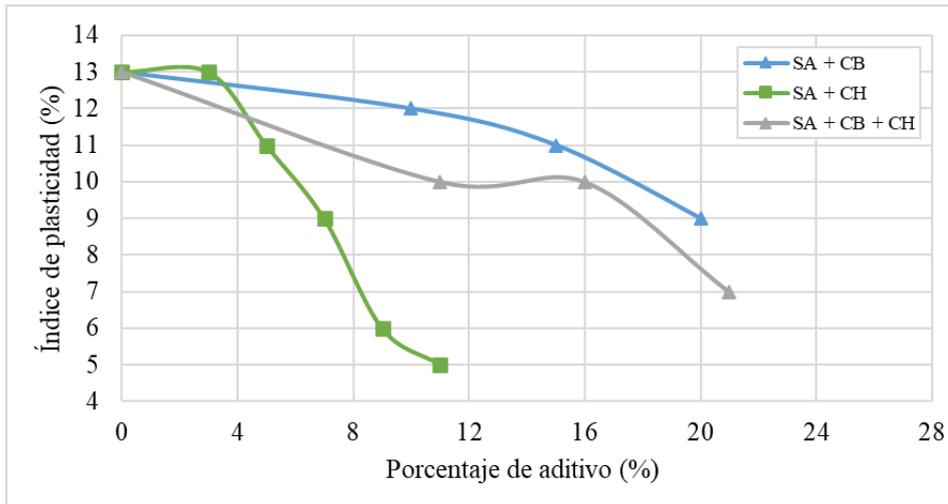


Figura 19. Variación de los límites Atterberg de acuerdo con el porcentaje de aditivo.  
Fuente: propia.

En este caso, la cal hidratada disminuye más el índice de plasticidad; sin embargo, la ceniza también disminuye este valor, por lo que la mezcla de ceniza con 1% de cal sí resulta en una mejora del comportamiento del suelo. En el caso de las cenizas solas, al utilizar más del 25% de este aditivo se da una pérdida de la plasticidad (NP); sin embargo, se observa que al disminuir su porcentaje y agregando una parte de cal se obtiene una mayor eficacia.

#### 4.1.3. Clasificación de las mezclas por SUCS y AASHTO

La clasificación por SUCS se realiza de acuerdo con la norma ASTM D-2487 y la clasificación por AASHTO que incluye el índice de grupo (IG) y se realiza de acuerdo con las normas ASTM M-145 y ASTM D-3282. En condiciones de buen drenaje y compactación completa, la capacidad portante de la subrasante es inversa a su índice de grupo; por lo tanto, la subrasante con índice de grupo de cero será “buena”, mientras que si este es mayor o igual a 20 será una subrasante “muy deficiente” (AASHTO, 2004).

#### 4.1.3.1. Mezclas: arcillas + cenizas

Tabla 19. Clasificación de suelos de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.

MUESTRAS	SUCS	AASHTO
SA100	MH	A-7-5 (19)
SA90 CB10	MH	A-7-5 (18)
SA85 CB15	MH	A-7-5 (18)
SA80 CB20	MH	A-5 (16)
SA75 CB25	MH	A-4 (0)
SA70 CB30	MH	A-4 (0)

Fuente: propia.

El suelo de la presente investigación, de acuerdo con la clasificación SUCS, es un limo de alta plasticidad (MH). Además, de acuerdo con la clasificación AASHTO, se trata de un suelo A-7-5 (19), el cual es un suelo arcillo limoso de alta plasticidad.

De acuerdo con la clasificación SUCS, esta mantiene el tipo de suelo, pero al analizar la variación del límite líquido de acuerdo al porcentaje de aditivo, conforme se aumenta el porcentaje de cenizas de bagazo, la muestra aumenta su plasticidad. En cuanto a la clasificación AASHTO, la adición de cenizas de bagazo mejora la capacidad portante de la subrasante de acuerdo con su índice de grupo (IG), ya que conforme aumenta el porcentaje de aditivo, este valor disminuye y pasa de ser una subrasante “muy deficiente” a “buena”. Además, se observa que hay mayor efectividad para los porcentajes de 25% y 30% de cenizas de bagazo.

#### 4.1.3.2. Mezclas: arcillas + cal

Tabla 20. Clasificación de suelos de las muestras de suelo y las mezclas con cal.

MUESTRAS	SUCS	AASHTO
SA97 CH03	MH	A-7-5 (19)
SA95 CH05	MH	A-7-5 (17)
SA93 CH07	MH	A-5 (15)
SA91 CH09	MH	A-5 (13)
SA89 CH11	MH	A-5 (12)

Fuente: propia.

De acuerdo con la clasificación SUCS, esta mantiene el tipo de suelo, pero al analizar la variación del límite líquido de acuerdo al porcentaje de aditivo, conforme se aumenta el porcentaje de cal hidratada, la muestra disminuye su plasticidad. Por lo que, si se agrega cal a una mezcla de suelo arcilloso con ceniza de bagazo, probablemente el aumento de la plasticidad sea menor que al utilizar solo cenizas de bagazo. En cuanto a la clasificación AASHTO, la adición de cal hidratada mejora la capacidad portante de la subrasante de acuerdo con su índice de grupo, ya que conforme aumenta el porcentaje de aditivo, este valor disminuye.

#### 4.1.3.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal

Tabla 21. Clasificación de suelos de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal.

MUESTRAS	SUCS	AASHTO
SA89 CB10 CH01	MH	A-5 (16)
SA84 CB15 CH01	MH	A-5 (14)
SA79 CB20 CH01	MH	A-7-5 (19)

Fuente: propia.

De acuerdo con la clasificación SUCS, esta mantiene el tipo de suelo, pero al analizar la variación del límite líquido de acuerdo al porcentaje de aditivo, conforme se aumenta el porcentaje de cenizas de bagazo, la muestra aumenta su plasticidad. la mezcla de cenizas de bagazo con cal hidratada no influye significativamente en la plasticidad del material. En cuanto a la clasificación AASHTO, la adición de los aditivos juntos disminuye levemente la capacidad portante debido a un aumento en el valor del índice de grupo.

#### 4.1.4. Gravedad específica

Estos ensayos se realizan de acuerdo con la norma NTP 339.131:1999. En el caso de la cal hidratada, se requiere de la norma ASTM C110-15 que describe los métodos de ensayo normalizados para pruebas físicas de cal viva, cal hidratada y piedra caliza. Sin embargo, debido a la dificultad de este ensayo, se considerará la gravedad específica de 2.240 de acuerdo con la ficha técnica de la cal hidratada (Distribuidor de químicos industriales S.A., 2020).

##### 4.1.4.1. Mezclas: arcillas + cenizas

Tabla 22. Gravedad específica de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.

MUESTRA	GRAVEDAD ESPECÍFICA (Gs)
SA100	2.626
SA90 CB10	2.562
SA85 CB15	2.531
SA80 CB20	2.487
SA75 CB25	2.455
SA70 CB30	2.425
CB100	1.994

Fuente: propia.

#### 4.1.4.2. Mezclas: arcillas + cal

Tabla 23. Gravedad específica de las muestras de suelo y las mezclas con cal.

MUESTRA	GRAVEDAD ESPECÍFICA (Gs)
SA100	2.626 (1)
SA97 CH03	2.573 (1)
SA95 CH05	2.513 (1)
SA93 CH07	2.485 (1)
SA91 CH09	2.448 (1)
SA89 CH11	2.391 (1)
CH100	2.240 (2)

Los valores en la tabla se establecen a partir de las siguientes referencias.

1. Propia.
2. Distribuidor de Químicos Industriales S.A. (2020).

Fuente: Adaptado a partir de las referencias citadas.

#### 4.1.4.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal

Tabla 24. Gravedad específica de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal.

MUESTRA	GRAVEDAD ESPECÍFICA (Gs)
SA100	2.626
SA89 CB10 CH01	2.546
SA84 CB15 CH01	2.524
SA79 CB20 CH01	2.470

Fuente: propia.

Para observar mejor la variación de la gravedad específica de acuerdo con la mezcla utilizada se presenta la figura 20.

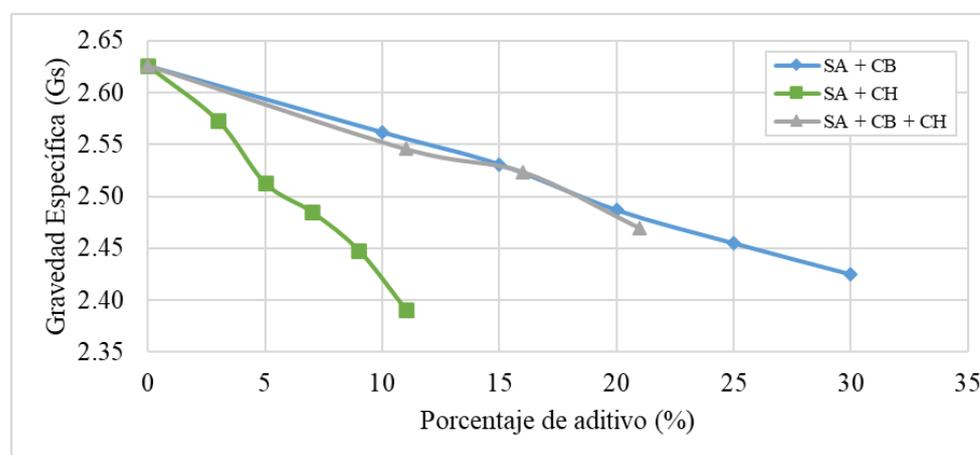


Figura 20. Variación de la gravedad específica de acuerdo con el porcentaje de aditivo.

Fuente: propia.

Las mezclas de suelo arcilloso con los aditivos nos dan como resultado una disminución de la gravedad específica conforme aumente el porcentaje de aditivo debido que estas tiene un Gs bajo en comparación con el suelo natural. La gravedad específica de la ceniza de bagazo es 1.994, mientras que la gravedad específica de la cal hidratada es 2.240. La adición de las cenizas de bagazo al suelo natural da como resultado una menor gravedad específica en comparación con utilizar como aditivo cenizas con cal hidratada.

De acuerdo con las propiedades físicas analizadas, la mayor reducción de finos se da con el mayor porcentaje de cenizas de bagazo; de acuerdo con los límites, se determina que el porcentaje máximo de cenizas de bagazo es de 20% antes de que pierda su plasticidad. Además, de acuerdo con el índice de grupo, el suelo mejora más con 25% y 30% de cenizas de bagazo. Sin embargo, a continuación, se revisan cómo varían las propiedades mecánicas y así definir el mejor porcentaje de aplicación.

## **4.2. Resultados de ensayos mecánicos**

### **4.2.1. Proctor modificado**

Estos ensayos se realizan de acuerdo con la norma NTP 339.141:1999. Para cada grupo de mezclas se presentan las curvas de compactación superpuestas con los valores de densidad seca y humedad. Estas curvas indican la relación entre la densidad seca y el contenido de humedad, del que se toma como referencia la humedad óptima con la que se obtiene la densidad seca máxima. Sin embargo, a pesar de que este ensayo se centra en obtener un incremento de la densidad seca, esta no es la única propiedad afectada por la compactación (Bowles, 1978).

Las muestras cuyo porcentaje de agua es menor a la humedad óptima, es decir, el lado seco de la curva, es denominada “estructura floculada”; mientras que las muestras con el

porcentaje de agua mayor al óptimo, es decir, el lado húmedo de la curva, es denominado “estructura dispersa” (Bowles, 1978). Las propiedades afectadas por la compactación dependen de si estas se realizaron en el lado seco o húmedo de la curva, considerando una misma energía de compactación, los efectos en las propiedades se muestran en la tabla 25.

Tabla 25. Propiedades afectadas por la compactación de un suelo a una misma energía.

PROPIEDAD	EFECTO	
	LADO SECO	LADO HÚMEDO
Resistencia al corte	Incrementa	Disminuye
Potencial de expansión	Incrementa	Disminuye
Contracción	Disminuye	Incrementa
Permeabilidad	Incrementa	Disminuye
Compresibilidad	Disminuye	Incrementa

Fuente: Adaptado de Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil (Bowles, 1978).

Cuando se agrega cal a un suelo arcilloso, este modifica las características de compactación de suelo. esta variación se refleja en que la curva Proctor del suelo tratado se sitúa debajo y a la derecha de la del suelo sin tratar, y con una forma más plana. Esto implica una reducción del valor de densidad seca aparente que puede alcanzarse para una energía de compactación específica y aumenta el contenido de humedad que permite obtenerla (ANCADE et al., 2008).

#### 4.2.1.1. Mezclas: arcillas + cenizas

Tabla 26. Resultados de ensayo Proctor de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.

MUESTRAS	PROCTOR MODIFICADO	
	Humedad óptima (%)	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )
SA100	20.15	1.531
SA90 CB10	21.31	1.435
SA85 CB15	23.33	1.363
SA80 CB20	23.74	1.305
SA75 CB25	26.11	1.264
SA70 CB30	28.03	1.194

Fuente: propia.

Se presentan las curvas de compactación para las diferentes mezclas de arcilla con ceniza de bagazo en la figura 21.

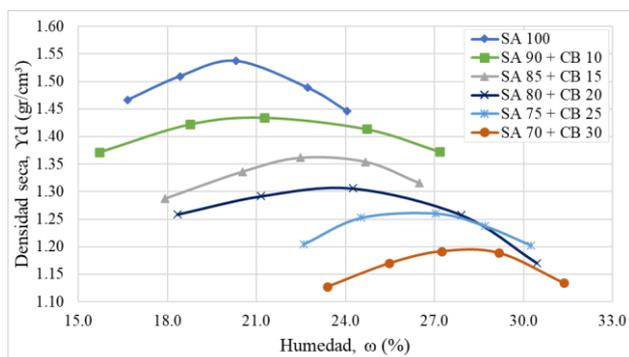


Figura 21. Variación de la curva de compactación con la adición de ceniza.

Fuente: propia.

#### 4.2.1.2. Mezclas: arcillas + cal

Tabla 27. Resultados de ensayo Proctor de las muestras de suelo y las mezclas con cal.

MUESTRAS	PROCTOR MODIFICADO	
	Humedad óptima (%)	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )
SA100	20.15	1.531
SA97 CH03	20.78	1.494
SA95 CH05	20.99	1.465
SA93 CH07	21.77	1.424
SA91 CH09	22.57	1.419
SA89 CH11	22.85	1.406

Fuente: propia.

Se presentan las curvas de compactación para las diferentes mezclas de arcilla con cal hidratada en la figura 22.

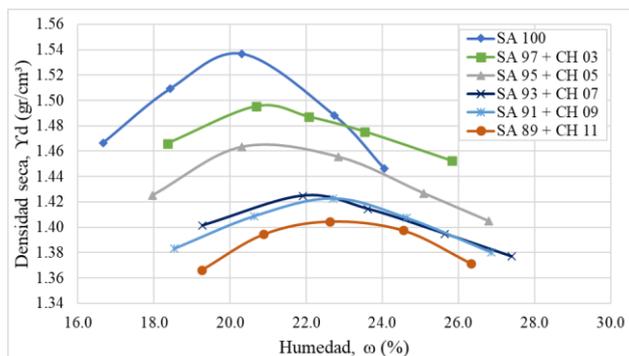


Figura 22. Variación de la curva de compactación con la adición de cal.

Fuente: propia.

#### 4.2.1.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal

Tabla 28. Resultados de ensayo Proctor de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal.

MUESTRAS	PROCTOR MODIFICADO	
	Humedad óptima (%)	Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )
SA100	20.15	1.531
SA89 CB10 CH01	29.74	1.309
SA84 CB15 CH01	33.28	1.268
SA79 CB20 CH01	35.00	1.239

Fuente: propia.

Se presentan las curvas de compactación para las diferentes mezclas de arcilla con ceniza de bagazo y 1% de cal hidratada en la figura 23.

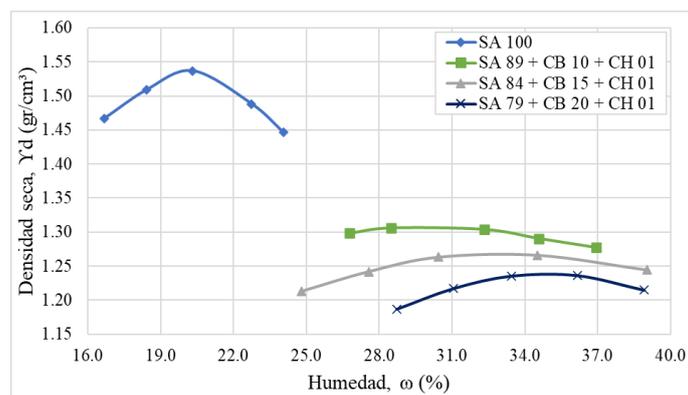


Figura 23. Variación de la curva de compactación con la adición de ceniza y 1% de cal.

Fuente: propia.

Se observa que las cenizas de bagazo al igual que la cal hidratada, tanto independientemente como en conjunto, producen el mismo efecto en el suelo, es decir, para un mismo esfuerzo de compactación, se obtiene una menor densidad.

#### 4.2.2. CBR

Estos ensayos se realizan de acuerdo con la norma NTP 339.145:1999 (2019). La adición de cal a un suelo arcilloso incrementa la resistencia a esfuerzo cortante del suelo, así como su capacidad de soporte y por ende el valor de CBR (ANCADE et al., 2008). Este aumento de CBR se entiende como una mejora de la categoría de subrasante.

##### 4.2.2.1. Mezclas: arcillas + cenizas

Tabla 29. Resultados de ensayo CBR de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza.

MUESTRA	CBR a 95%	CBR a 100%	CATEGORÍA
SA100	4.14	6.03	Pobre
SA90 CB10	5.74	9.54	Pobre
SA85 CB15	6.78	11.81	Regular
SA80 CB20	9.15	14.78	Regular
SA75 CB25	8.49	13.79	Regular
SA70 CB30	8.04	12.57	Regular

Fuente: propia.

Se presenta la figura 24 para ver cómo varía el CBR para diferentes mezclas de arcilla con ceniza de bagazo.

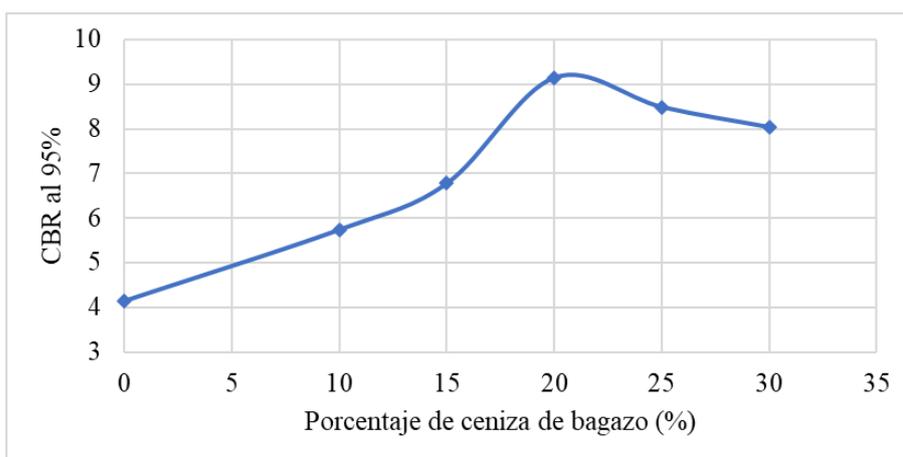


Figura 24. Variación del CBR de acuerdo con el porcentaje de ceniza.

Fuente: propia

El suelo en su estado natural tiene un CBR de 4.14%, por lo que se trata de una subrasante pobre. Cuando se adiciona la ceniza de bagazo el suelo mejora su CBR, siendo el mayor aumento al agregar 20% del aditivo. Con este porcentaje el suelo obtiene un CBR de 9.15% que lo califica como una subrasante regular.

#### 4.2.2.2. Mezclas: arcillas + cal

Tabla 30. Resultados de ensayo CBR de las muestras de suelo y las mezclas con cal.

MUESTRA	CBR a 95%	CBR a 100%	CATEGORÍA
SA100	4.14	6.03	Pobre
SA97 CH03	6.91	11.75	Regular
SA95 CH05	8.88	16.37	Regular
SA93 CH07	9.87	18.54	Regular
SA91 CH09	12.86	22.05	Buena
SA89 CH11	13.52	22.12	Buena

Fuente: propia.

Se presenta la figura 25 para ver cómo varía el CBR para diferentes mezclas de arcilla con cal hidratada.

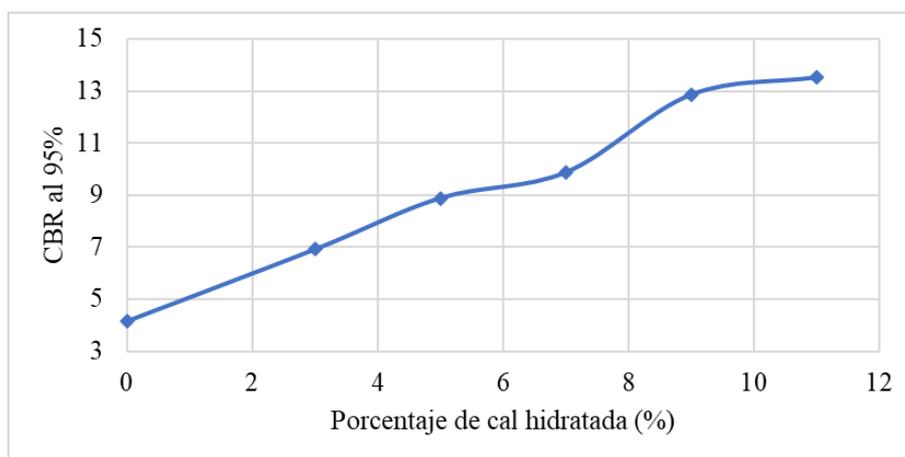


Figura 25. Variación del CBR de acuerdo con el porcentaje de cal.

Fuente: propia.

En este caso se utiliza como aditivo a la cal hidratada, pero debido a las características químicas de este material, el valor de CBR del suelo tratado aumenta conforme aumenta el porcentaje de aditivo.

#### 4.2.2.3. Mezclas: arcillas + cenizas + cal

Tabla 31. Resultados de ensayo CBR de las muestras de suelo y las mezclas con ceniza y 1% de cal.

MUESTRA	CBR a 95%	CBR a 100%	CATEGORÍA
SA100	4.14	6.03	Pobre
SA89 CB10 CH01	10.69	20.90	Buena
SA84 CB15 CH01	14.20	24.62	Buena
SA79 CB20 CH01	9.19	15.92	Regular

Fuente: propia.

Se presenta la figura 26 para ver cómo varía el CBR para diferentes mezclas de arcilla con cal hidratada.

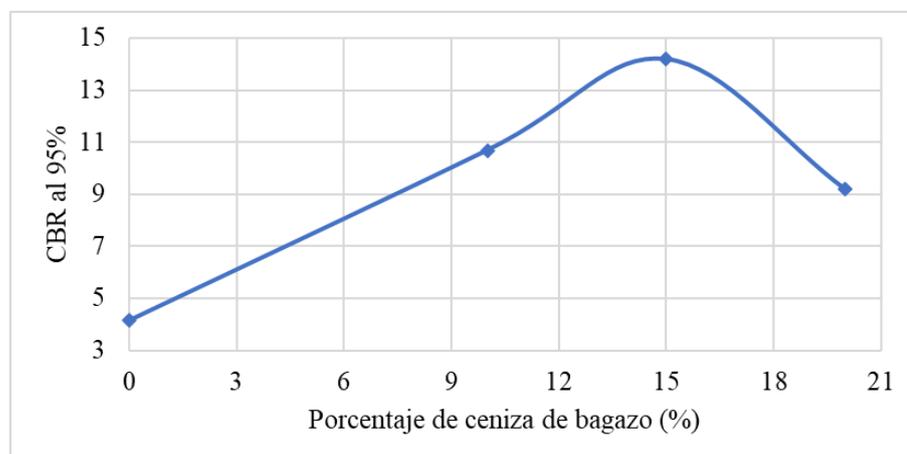


Figura 26. Variación del CBR de acuerdo con el porcentaje de ceniza y 1% de cal.

Fuente: propia

En este caso se agrega un 1% de cal a todas las mezclas y diferentes porcentajes de ceniza de bagazo en las que se observa un aumento del CBR y, por ende, una mejora de la categoría de subrasante, obteniendo una mayor efectividad al agregar 15% de ceniza de bagazo junto al 1% de cal hidratada. Con este porcentaje el suelo obtiene un CBR de 14.20% que lo califica como una subrasante buena. Además, un porcentaje de cenizas mayor al 25% sola o 20% de cenizas con cal resulta en una disminución del valor de CBR.

Finalmente, debido a que ya se conocen cuáles son los casos con mayor aumento de CBR, se tiene la figura 27 con sus respectivas curvas de compactación para poder comparar en términos de energía de compactación.

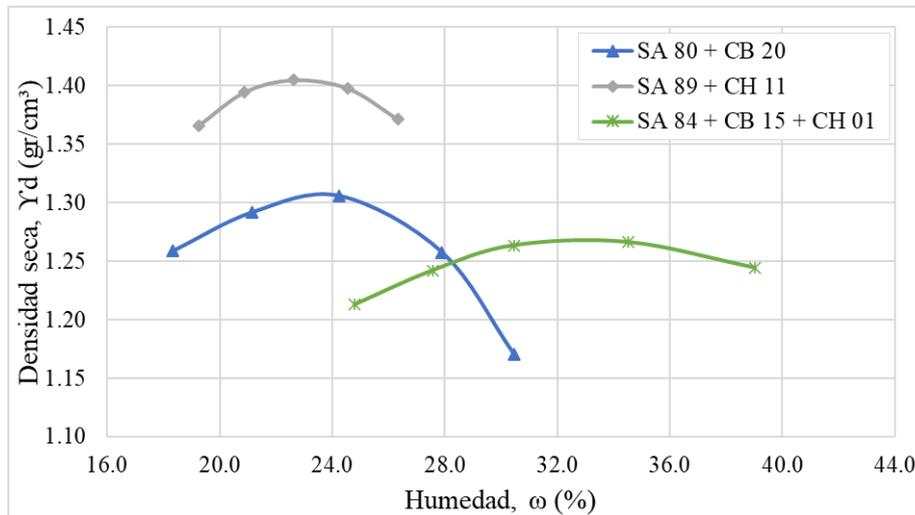


Figura 27. Curvas de compactación de casos con mayor valor de CBR.  
Fuente: propia.

En la mezcla de suelo arcilloso con solo cal hidratada se observa que la densidad seca es mucho mayor que la que se obtiene con la mezcla de suelo con cenizas de bagazo. Adicionalmente, la mezcla con ceniza y cal juntas tiene una menor densidad seca, es decir, se requerirá menor energía para poder ser compactado.

## CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

- De acuerdo con la composición química de las cenizas de bagazo, estas tienen un alto contenido de sílice, lo que le da un potencial para desarrollar actividad puzolánica que, al mezclarse con el suelo arcilloso, se refuerza y, por ende, aumenta su capacidad portante. La presencia de sílice no solo se limita a la estabilización de suelos, sino también al reforzamiento del concreto o mortero, contribuyendo al rubro de la construcción.
- De acuerdo con las características físicas de las cenizas de bagazo, el análisis granulométrico de las mezclas estudiadas indica una disminución del porcentaje de finos conforme aumenta el porcentaje de aditivo. Esto se debe a la aglomeración o conglomeración de partículas de arcilla; además, lo ideal es que el suelo disponga de un porcentaje menor de finos que va a facilitar su compactación.
- El principal problema de los suelos arcillosos es el porcentaje de mineral arcilloso presente, ya que este influye en las propiedades ingenieriles, siendo la montmorillonita, el más perjudicial debido a su facilidad de intercambio de cationes que da como resultado, un piso más inestable. Esta característica se puede limitar con la incorporación de sustancias que contengan sílice, ya que estas mejoran las propiedades del suelo arcilloso.
- La variación de las propiedades físicas de los ensayos son las siguientes:

Granulometría. La floculación aumenta el tamaño de las partículas, en consecuencia, una disminución del porcentaje de finos del suelo. Esta disminución permite que el suelo sea más trabajable y más fácil de compactar. En la figura 15 se observa que la disminución de finos es más notoria cuando se utilizan solo cenizas de bagazo, sin embargo, la mezcla de ceniza con cal sigue haciendo que el porcentaje de

finos disminuya notablemente comparado al uso solo de cal. Se concluye entonces que esta propiedad mejora más con el uso de cenizas en comparación con la cal hidratada.

Plasticidad. La disminución del índice de plasticidad hace que el suelo pierda su cualidad pegajosa y, por ende, mejora sus características geotécnicas. Además, se mejora la estabilidad volumétrica del suelo, es decir, la expansividad o hinchamiento del suelo se reduce o incluso se anula. En la figura 19 se observa que el índice de plasticidad disminuye principalmente con la adición de cal hidratada, pero con la ceniza de bagazo o la mezcla de ceniza con 1% de cal existe una disminución del índice de plasticidad aun considerable. Por otro lado, de acuerdo con el índice de grupo, se observa mayor eficacia en la mejor de la subrasante al utilizar 25% o 30% de las cenizas de bagazo.

Gravedad específica. La gravedad específica disminuye porque el aditivo tiene menor gravedad específica que el suelo arcilloso.

- La variación de las propiedades mecánicas de los ensayos son las siguientes:

Proctor modificado. La variación de las curvas indica que, en un suelo tratado, para una energía específica, se reduce el valor máximo de densidad aparente seca y que aumenta la humedad a la que esta se obtiene. Por lo que, el suelo tratado requiere menor energía para ser compactado comparado al suelo natural. Además, la disminución de la densidad seca y el aumento del contenido de humedad, se refleja en aumento del CBR como se analiza posteriormente. En el caso del suelo con cenizas de bagazo y un 1% de cal hidratada, la energía necesaria para compactarla disminuye aún más que con la utilización de la ceniza de bagazo de forma independiente. La densidad aparente seca disminuye más al utilizar 20% de ceniza de bagazo con 1% de cal hidratada.

CBR. El suelo natural tiene un CBR de 4.14% (subrasante pobre). La adición de cenizas de bagazo aumenta el valor de CBR hasta 9.15% (subrasante regular); este valor es el más alto de las mezclas analizadas y se obtiene con un 20% de ceniza de bagazo. La adición de 1% de cal hidratada con ceniza de bagazo permite un aumento más considerable comparado al uso de la ceniza sola. El valor más alto de CBR es de 14.20% (subrasante buena) que se obtiene con 15% de ceniza y 1% de cal. Con esto se demuestra que la adición de 1% de cal permite que la ceniza trabaje con mayor eficacia.

- Las mezclas con mayor aumento en la capacidad portante son la del suelo con 20% de cenizas de bagazo (SA80 CB20) y la del suelo con 15% de ceniza de bagazo y 1% de cal hidratada (SA84 CB15 CH01). A partir de estos casos, se comparan las propiedades presentadas a continuación:

Granulometría. El porcentaje de finos de la mezcla SA80 CB20 fue de 91.56%, mientras que para la mezcla SA84 CB15 CH01, fue de 92.47%. Como la disminución de finos permite que el suelo sea más fácil de compactar, es mejor utilizar solo 20% de ceniza de bagazo y sin la cal hidratada.

Plasticidad. La mezcla SA80 CB20 tiene un IP de 9%, mientras que la mezcla de SA84 CB15 CH01 tiene un IP de 10%. Esta disminución mejora el potencial de hinchamiento y, por ende, sus propiedades geotécnicas. En este caso el IP de los suelos tratados es muy similar, por lo que la adición de cal hidratada puede obviarse. De acuerdo con la clasificación de suelos por SUCS, en ambos casos la plasticidad se mantiene. Además, de acuerdo con el índice de grupo, la mezcla de SA80 CB20 tiene un IG de 16, mientras que la mezcla de SA84 CB15 CH01 tiene un IG de 14. Al ser un valor alto de IG, estos suelos tratados será una subrasante “muy deficiente” por estar más cerca de 20

que a 0. Sin embargo, estas muestran una mejora en comparación con el suelo sin tratar, y considerando la poca diferencia entre ambos, podría tomarse cualquier caso.

Proctor modificado. La mezcla SA80 CB20 tiene una densidad seca máxima de  $1.305\text{g/cm}^3$  y una humedad óptima de 23.74%, mientras que la mezcla de SA84 CB15 CH01 tiene una densidad seca máxima de  $1.268\text{g/cm}^3$  y una humedad óptima de 33.28%. El menor valor de densidad seca máxima indica que, a pesar de necesitar un mayor contenido de agua, la energía necesaria para compactar la segunda mezcla es menor, por lo tanto, es mejor utilizar el 1% de cal hidratada para tener un menor esfuerzo de compactación.

CBR. La mezcla SA80 CB20 tiene un CBR de 9.15% (subrasante regular), mientras que la mezcla de SA84 CB15 CH01 tiene un CBR de 14.20% (subrasante buena). Teniendo en cuenta que la categoría de la subrasante es mejor con la adición del 1% de cal, esta será más eficaz para mejorar su capacidad portante.

En conclusión, en cuanto a las propiedades físicas no hay mucha diferencia del efecto en ambas dosificaciones; sin embargo, considerando la mejora de las propiedades mecánicas, es ideal utilizar las cenizas de bagazo como un reemplazo parcial de la cal, aun cuando se considere solo un 1% de cal hidratada.

- La compactación posterior a la adición de aditivos mejora la capacidad portante del suelo debido a que incrementa propiedades como la resistencia al corte, el potencial de expansión y la densidad; mientras que disminuye la contracción, la permeabilidad y la compresibilidad. La densidad, permeabilidad y compresibilidad se deben a la variación en la relación de vacíos por efecto de la compactación.

- Las cenizas de bagazo pueden ser aprovechadas al utilizarse como reemplazo parcial de la cal en la mejora de suelo arcillosos. Esto no solo se limita a aprovechar las cenizas del bagazo de caña de azúcar, sino también a contribuir con el cuidado del medio ambiente al limitar el uso de aditivos cuya obtención y aplicación sean desfavorables.
- Debido a que la producción de caña de azúcar a nivel nacional y mundial es alta en comparación con otros productos agropecuarios, darles un uso a sus cenizas, permite mejorar la gestión de residuos de dicha industria.
- La forma de aprovechamiento de las cenizas de bagazo en Perú no es conocida. A pesar de que esta pueda ser utilizada como fertilizante, no es ideal para el suelo debido a su composición. Por el contrario, su contenido de sílice se puede aprovechar como refuerzo en el rubro de la construcción.

## **5.2. Comentarios**

- La adición de cal en un suelo arcilloso influye en su resistencia a los ciclos de hielo-deshielo, por lo que la mezcla de SA84 CB15 CH01 al tener un porcentaje de cal contribuye con esta propiedad debido a las reacciones puzolánicas.
- La adición de cal en un suelo arcilloso modifica su permeabilidad, por lo que la mezcla de SA84 CB15 CH01, al tener una parte de cal, influye en esta propiedad. Además, a largo plazo, se tendrá una disminución en la permeabilidad y, por ende, el suelo ya no sufrirá hinchamientos que afecten la estructura.

### 5.3. Recomendaciones

- De los materiales utilizados, las muestras de suelo no deben tener materia orgánica ni sustancias químicas que influyan en las reacciones con los aditivos, ya que estas pueden afectar de forma negativa las propiedades del suelo. En el caso de la cal, esta debe cumplir con las especificaciones técnicas en base a las normas para obtener resultados óptimos. Finalmente, las cenizas deberían ser obtenidas de fábricas que garanticen que su combustión no sea mezclada con otros materiales.
- Así como en esta investigación se adiciona cal a las cenizas de bagazo, se puede considerar mezclarlas con otros aditivos comunes dependiendo del tipo de suelo y de las mejoras que se quieran obtener. El uso de estos aditivos se consideraría en porcentajes bajos para un mayor aprovechamiento de las cenizas de bagazo.
- Debido a que las propiedades ingenieriles del suelo se ven afectadas por su composición mineral, es importante realizar nuevos estudios que relacionen los efectos de las cenizas de bagazo con estas propiedades, dependiendo del mineral arcilloso predominante en el suelo. Además, se debería investigar el suelo arcilloso dependiendo de su ubicación geográfica, ya que los suelos arcillosos en diversas zonas a nivel mundial tienen comportamientos diferentes.
- Debido a que las cenizas de bagazo pueden reforzar diferentes suelos en subrasantes, no solo se deben realizar estudios para su aprovechamiento en el rubro de la construcción, sino también su aplicación de manera gradual en zonas con mayor producción de caña de azúcar.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO-American Association of State Highway and Transportation Officials. (1993). Guide for Design of Pavement Structure. American Association of State Highway and Transportation Officials.
- AASHTO-American Association of State Highway and Transportation Officials. (2004). Standar Specification for Clasification of soils and Soil-Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes. ASSHTO Designation: M 145 – 91.
- Agunsoye, J. O. y Aigbodion, V. S. (2013). Bagasse filled recycled polyethylene bio-composites: Morphological and mechanical properties study. *Results in Physics*, 3, 187-194. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2013.09.003>
- ANCADE-Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España, ANTER-Asociación Nacional Técnica de Estabilización de Suelos y reciclaje de Firmes, IECA-Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. (2008). Manual de Estabilización de Suelos con Cemento o Cal. Recuperado de <https://enriquemontalar.com/manual-de-estabilizacion-de-suelos-con-cemento-o-cal/>
- Bahurudeen, A., Kanraj, D., Dev, V. G., Santhanam, M. (2015). Performance evaluation of sugarcane bagasse ash blended cement in concrete. *Cement and Concrete Composites*, 59, 77-88. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2015.03.004>
- BCRPData-BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, Gerencia Central de Estudios Económicos. (2023) Producción Agropecuaria - Agrícola. Datos revisados: [PN01790AM], [PN01782AM], [PN01777AM], [PN01778AM], [PN01784AM]. Disponible el 30 de marzo del 2023, de <https://estadisticas.bcrp.gob.pe/estadisticas/series/buscador>
- Beckham, T. L. y Hopkins, T. C. (1997). Stabilization of Subgrade Soil using Hydrated Lime Product. Kentucky Transportation Center College of Engineering University of Kentucky. Report KTC-97-19. Recuperado de [https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpredir=1&article=1533&context=ktc\\_researchreports](https://uknowledge.uky.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=https://www.google.com/&httpredir=1&article=1533&context=ktc_researchreports)
- Bilba, K., Arsène, M. A., y Ouensanga, A. (2003). Sugar cane bagasse fibre reinforced cement composites. Part I. Influence of the botanical components of bagasse on the setting of bagasse/cement composite. *Cement and Concrete Composites*, 25 (1), 91-96. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S0958-9465\(02\)00003-3](https://doi.org/10.1016/S0958-9465(02)00003-3)
- Bowles, J. E. (1978). Manual de laboratorio de suelos en ingeniería civil. México: McGraw-Hill Book Co.
- Câmara, E, Pinto, R. C. A., y Rocha, J. C. (2016). Setting process on mortars containing sugarcane bagasse ash. *Revista IBRACON de Estruturas e Materiais*, 9 (4), 617 - 642. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S1983-41952016000400009>

- Cerqueira, E. F., Baptista, C. A. R. P. y Mulinari, D. R. (2011). Mechanical behaviour of polypropylene reinforced sugarcane bagasse fibers composites,” *Procedia Engineering*, 10, 2046-2051. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.339>
- Chindris, L., Stefanescu, D. P., Radermacher, L., Radeanu, C., y Popa, C. (2017). Expansive soil stabilization - General considerations. 17th International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM), 17 (32), 247–256. Recuperado de <https://doi.org/10.5593/sgem2017/32/S13.033>
- COAZUCAR-Corporación Azucarera del Perú S.A. (2021). Disponible el 5 de mayo del 2021, de <http://coazucar.com/esp/index.html>
- Dang, L. C., Fatahi, B., y Khabbaz, H. (2016). Behaviour of Expansive Soils Stabilized with Hydrated Lime and Bagasse Fibres. *Procedia Engineering*, 143, 658–665. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.093>
- Das, Braja M. (Ed. 4). (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotecnia*. México: Cengage Learning Editore.
- Demir, Ismail. (2006). An investigation on the production of construction brick with processed waste tea. *Building and Environment - BLDG ENVIRON*, 41 (9), 1274-1278. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.004>
- Díaz-Ramírez, G, Maradei-García, M, y Vargas-Linares, G. (2019). Bagasse sugarcane fibers as reinforcement agents for natural composites: description and polymer composite applications. *Revista UIS Ingenierías*, 18 (4), 117-130. Recuperado de <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n4-2019011>
- Distribuidor de Químicos Industriales S.A. (2020). Ficha técnica - cal hidratada. Recuperado de: <https://www.dqisa.com/wp-content/uploads/2020/12/CAL-HIDRATADA.pdf>
- Faruk, O., Bledzki, A.K., Fink, H.P., Sain, M. (2012). Biocomposites reinforced with natural fibers: 2000–2010. *Progress in Polymer Science*, 37 (11), 1552-1596. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2012.04.003>
- Firoozi, A. A., Olgun, C. G., Firoozi, A. A. y Baghini, M. S. (2017). Fundamentals of soil stabilization. *International Journal of Geo-Engineering*, 8 (26). Recuperado de <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0064-9>
- Ghazali, M. J., Azhari, C. H., Abdullah, S., y Omar, M. Z. (2008). Characterisation of Natural Fibres (Sugarcane Bagasse) in Cement Composites. *World Congress on Engineering*, 2. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/44262151\\_Characterisation\\_of\\_Natural\\_Fibres\\_Sugarcane\\_Bagasse\\_in\\_Cement\\_Composites](https://www.researchgate.net/publication/44262151_Characterisation_of_Natural_Fibres_Sugarcane_Bagasse_in_Cement_Composites)

- Gobierno Regional de Cajamarca. (2011). Estudio de Diagnóstico y Zonificación de la Provincia San Pablo para el tratamiento de la Demarcación y Organización Territorial. Recuperado de [https://dt.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/documentos/EDZ/san\\_pablo/doc/Documento%20Descriptivo.pdf](https://dt.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/documentos/EDZ/san_pablo/doc/Documento%20Descriptivo.pdf)
- Gupta, V. K., Ali, I. (2004). Removal of lead and chromium from wastewater using bagasse fly ash-a sugar industry waste. *Journal of Colloid and Interface Science*, 271 (2), 321-328. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2003.11.007>
- Hajiha, H. y Sain, M. (2015). The use of sugarcane bagasse fibres as reinforcements in composites. *Biofiber Reinforcements in Composite Materials*, 525-549. Recuperado de <https://doi.org/10.1533/9781782421276.4.525>
- Holtz, R. D. y Kovacs, W. D. (1981). *An introduction to Geotechnical Engineering*. United States of America: Prentice-Hall
- Huang, Y. H. (Ed. 2). (2004). *Pavement Analysis and Design*. United States of America: Pearson Education.
- INEI-Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2018). La producción de 10 departamentos contribuyeron al crecimiento de la economía peruana en el segundo trimestre de 2018. Disponible el 10 de diciembre de 2022, de <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/la-produccion-de-10-departamentos-contribuyeron-al-crecimiento-de-la-economia-peruana-en-el-segundo-trimestre-de-2018-10948/>
- Ipesa (2023). Disponible 01 de abril del 2023, de <https://www.ipesa.com.pe/catalogo/construccion/rodillo-vibratorio-compactador?m=>
- Johnson, A. W. y Sallberg, J. R. (1960). *Factors that Influence Field Compaction of Soils. Compaction Characters of Field Equipment*. Washington DC, United States of America: Editorial Staff.
- Jones, C. W. (1958). Stabilization of Expansive Clay with Hydrated Lime and with Portland Cement. *Highway Research Bulletin*, 193, 40-47. Recuperado de <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/hrbulletin/193/193-005.pdf>
- Komatsu (2016). Disponible 01 de abril del 2023, de <https://komatsu.pe/index.php/equipos/komatsu-renta/komatsu-renta-bomag/rodillos-lisos>
- Kumar-Yadav, A., Gaurav, K., Kishor, R. y Suman, S. K. (2017). Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 10 (3), 254-261. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2017.02.001>

- Lagos-Burbano, E. y Castro-Rincón, E. (2019). Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes. *Agronomía Mesoamericana*, 30 (3), 917-934. Recuperado de <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>
- Lambe y Whitman. (2004). *Mecánica de Suelos*. México: Limusa.
- LIME-National Lime Association. (2021). Home. Publications. Soil Stabilization. Manual De Estabilización de Suelo Tratado con Cal: Estabilizacion y Modificacion con Cal. Recuperado de [https://www.lime.org/documents/publications/free\\_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf](https://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf)
- Martirena-Hernández, J.F., Middendorf, B., Gehrke, M. y Budelmann, H. (1998). Use of wastes of the sugar industry as pozzolana in lime-pozzolana binders: study of the reaction. *Cement and Concrete Research*, Vol. 28, No. 11, pp. 1525–1536.
- MIDAGRI-Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. (2022). Observatorio de Commodities - Azúcar. Dirección de Estudios Económicos. Dirección General de Políticas Agrarias. Boletín Trimestral N.º 01 -2022 Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/3416746/Commodities%20Az%C3%BAcar%3A%20ene-mar%202022.pdf>
- MINAGRI-Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). *Industria Azucarera Nacional y Mercado Internacional*.
- MTC-Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras. Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos*. Recuperado de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos\\_Manual\\_de\\_Carreteras\\_OK.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-05-14%20Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras_OK.pdf)
- MTC-Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Recuperado de [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/normas\\_legales/1\\_0\\_3729.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3729.pdf)
- MVCS-Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma técnica E.050 de Suelos y Cimentaciones*. Recuperado de <https://drive.google.com/file/d/1gErbG314ZVEAD73uS3Wn8GfQ4Mn7XUdP/view>
- Mwaikambo, L. Y. (2006). Review of the history, properties and application of plant fibres. *African Journal of Science and Technology (AJST)*, 7 (2), 120-133. Recuperado de [https://www.researchgate.net/publication/284760719\\_Review\\_of\\_the\\_history\\_properties\\_and\\_application\\_of\\_plant\\_fibres](https://www.researchgate.net/publication/284760719_Review_of_the_history_properties_and_application_of_plant_fibres)
- Olcese F., Manuel A. (2020). *Pavimentos - Introducción [Diapositiva]*. Consulta: 24 de junio de 2022.
- Pandey, A. y Rabbani, A. (2017). Stabilisation of Pavement Subgrade Soil using Lime and Cement: Review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4 (4), 5733-5735. Recuperado de <https://www.irjet.net/archives/V4/i6/IRJET-V4I6529.pdf>

- Procaña-Asociación Colombiana de Productores y Proveedores de Caña de Azúcar. (2021). Subproductos y Derivados de la Caña. Disponible el 25 de abril del 2022, de <https://procana.org/site/subproductos-y-derivados-de-la-cana/>
- Ribeiro, B., Yamashiki, Y., Yamamoto, T. (2020). A study on mechanical properties of mortar with sugarcane bagasse fiber and bagasse ash. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22, 1844-1851. Recuperado de <https://doi.org/10.1007/s10163-020-01071-w>
- Rico, A., Del Castillo, H. (1977). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas*. México: Limusa.
- Rivera, J. F., Orobio, A., Mejía de Gutiérrez, R., Cristelo, N. (2020). Clayey soil stabilization using alkali-activated cementitious materials. *Materiales de Construcción*, 70 (337), e211. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.3989/mc.2020.07519>
- Roland-Stulz, S y Kiran-Mukerji, G. (1993). *Materiales de construcción apropiados. Catálogo de soluciones potenciales revisado edición ampliado*. Suiza: SKAT.
- Sales y Lima. (2010). Use of Brazilian sugarcane bagasse ash in concrete as sand replacement. *Waste Management*, 30, 1114. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.01.026>
- Senamhi-Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. (2021). *Clima. Mapa climático del Perú*. Disponible el 20 de mayo del 2021, de <https://www.gob.pe/9293-conocer-el-mapa-climatico-del-peru>
- Shanmugam, P. y Gopalan, S. (2020). Effect of Fibers on Strength and Elastic Properties of BagasseAsh Blended HPC Composites. *Journal of Testing and Evaluation*, 48 (2), 922–937. Recuperado de <https://doi.org/10.1520/JTE20170698>
- Sol de Laredo. (2017). *Sostenibilidad. Gestión Ambiental. Cosecha en verde*. Disponible el 5 de marzo del 2022, de <https://www.agroindustrialaredo.com/cosecha-en-verde/>
- Srinivasan, R. y Sathiya, K. (2010). Experimental Study on Bagasse Ash in Concrete. *International Journal for Service Learning in Engineering*, 5 (2), 60-66. Recuperado de <https://doi.org/10.24908/ij sle.v5i2.2992>
- SUNAT-Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria. (2019). *Decreto supremo N° 268-2019-EF*. Lima, 21 de agosto. Recuperado de: <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-las-listas-de-insumos-quimicos-productos-y-sus-sub-decreto-supremo-n-268-2019-ef-1799604-5/>
- Terzaghi, K. y Peck, R. B. (Ed. 2) (1978). *Mecánica de Suelos en Ingeniería Práctica*. Barcelona, España. Editorial El ateneo.
- Terzaghi, K., Peck, R. B. y Mesri, G. (Ed. 3) (1996). *Soils Mechanics in Engineering Practice*. United States of America. Editorial A Wiley-Interscience Publication.

- Tijore, N. A., Pathak, V. B., Shah, R. A. (2013). Utilization of Sugarcane Bagasse Ash in Concrete. International Journal for Scientific Research & Development (IJSRD), 1 (9), 1938-1942. Recuperado de <https://www.ijrd.com/articles/IJSRDV1I9062.pdf>
- TNPCB-Tamil Nadu Pollution Control Board. (2021). 17 Category of Highly Polluting Industries. Tamil Nadu. India: Tamil Nadu Pollution Control Board. Disponible el 10 de mayo del 2022, de <https://tnpcb.gov.in/17Category.php>
- UMSS-Universidad Mayor de San Simón. (2004) Pavimentos. Facultad de Ciencia y Tecnología. Carreteras II. Recuperado de <https://www.udocz.com/pe/read/15485/libro-de-pavimentos-pdf>
- Unimaq (2023). Disponible 01 de abril del 2023, de <https://www.unimaq.com.pe/maquinaria-construccion/nuevos/maquinas/rodillo-compactadores/>
- Zegarra Pellanne, J. V. y Zavala Rosell, G. (2011). Mecánica de Suelos. Pontificia Univesidad Católica el Perú.

## **ANEXOS**

### 1. Ensayos de laboratorio

1.1. Análisis granulométrico

1.2. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos

1.3. Gravedad específica

1.4. Proctor modificado

1.5. CBR

## **ANEXOS**

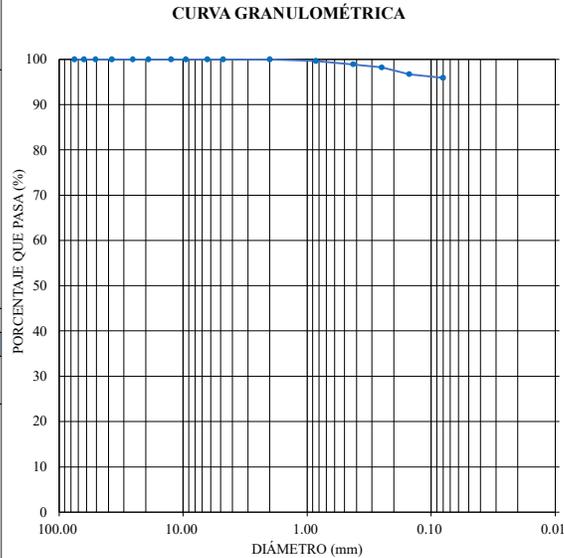
## **ANEXO 1: Ensayos de laboratorio**

## **ANEXO 1.1: Análisis granulométrico**

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>			<b>Fecha</b>	
				01/10/2021	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>					
A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88 / NPT 339.128 (1999)					
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>		100	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>		0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>		0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO				
TEMPERATURA DE SECADO	60° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS		<b>TOTAL</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	129.90	GRAVA (%):	0.00	<b>100.00</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	129.90	ARENA GRUESA (%):	1.09	
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00	ARENA FINA (%):	3.00	
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	190.60	FINOS (%):	95.90	

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
2 1/2"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>TOTAL</b>	W G =	0.00			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.7698
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					129.90
N 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N 20	0.850	0.45	0.35	0.35	99.65
N 40	0.425	0.97	0.75	1.09	98.91
N 60	0.250	0.89	0.69	1.78	98.22
N 140	0.106	1.96	1.51	3.29	96.71
N 200	0.075	1.05	0.81	4.10	95.90
Cazoleta	--	--	--	--	--
<b>TOTAL</b>					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :					54%
LÍMITE PLÁSTICO :					41%
ÍNDICE PLÁSTICO :					13%
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :					<b>MH</b>
A.A.S.H.T.O. :					<b>A-7-5 (19)</b>



P#200 = 95.90                      F = 95.90  
 SUCS    suelo fino                  LL = 54  
 AASHTO limo/arcilla              IP = 13  
    IG = 19

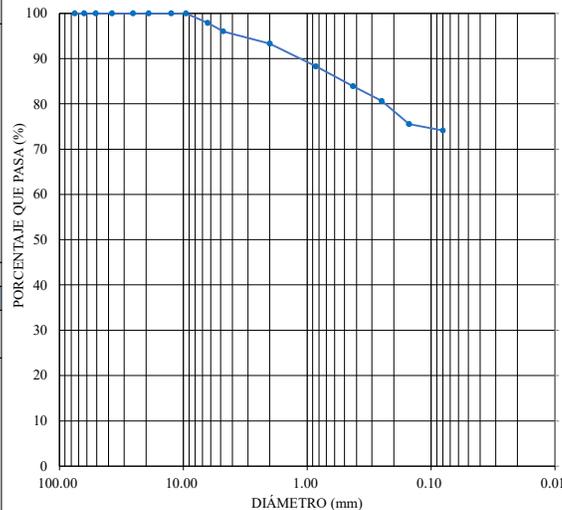
**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR MARRÓN CLARO, MEZCLADO CON 4.10% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>15/10/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88 / NPT 339.128 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	0	<b>CÓGIDO</b>	<b>CH</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	100		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMPERATURA DE SECADO	60° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS	<b>TOTAL</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	654.00	GRAVA (%):	<b>3.98</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	628.00	ARENA GRUESA (%):	<b>12.15</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	26.00	ARENA FINA (%):	<b>9.77</b>
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	682.16	FINOS (%):	<b>74.10</b>

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	14.00	2.14	2.14	97.86
N°4	4.75	12.00	1.83	3.98	96.02
<b>TOTAL</b>	WG =	26.00			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.8498
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					113.00
N 10	2.00	3.20	2.72	6.69	93.31
N 20	0.850	5.90	5.01	11.71	88.29
N 40	0.425	5.20	4.42	16.13	83.87
N 60	0.250	3.80	3.23	19.36	80.64
N 140	0.106	6.00	5.10	24.46	75.54
N 200	0.075	1.70	1.44	25.90	<b>74.10</b>
Cazoleta	--	--	--	--	--
<b>TOTAL</b>					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :		NP			
LÍMITE PLÁSTICO :		NP			
ÍNDICE PLÁSTICO :		NP			
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :		ML			
A.A.S.H.T.O. :		A-4 (0)			

CURVA GRANULOMÉTRICA



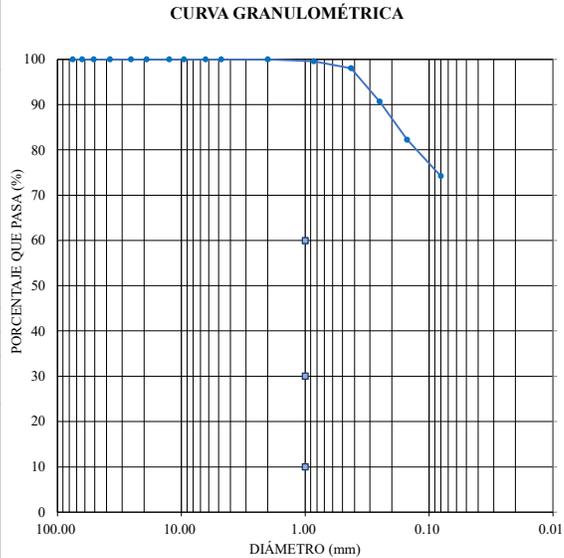
P#200 = 74,10                      F = 74,10  
SUCS suelo fino                      LL = 0  
AASHTO limo/arcilla                IP = 0  
   IG = 0

**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR BLANCO, MEZCLADO CON 21.92% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>	<b>Fecha</b>		
		<b>08/10/2021</b>		
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88 / NPT 339.128 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	0	<b>CÓDIGO</b>	<b>CB</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	100			<b>ESTE</b>
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMPERATURA DE SECADO	60° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS	TOTAL
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	135.90	GRAVA (%):	0.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	135.90	ARENA GRUESA (%):	1.96
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00	ARENA FINA (%):	23.82
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	199.41	FINOS (%):	74.22
			100.00

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
TOTAL	WG =	0.00			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.7358
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					135.90
N 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N 20	0.850	0.59	0.43	0.43	99.57
N 40	0.425	2.07	1.52	1.96	98.04
N 60	0.250	10.06	7.40	9.36	90.64
N 140	0.106	11.40	8.39	17.75	82.25
N 200	0.075	10.91	8.03	25.78	74.22
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :	NP				
LÍMITE PLÁSTICO :	NP				
ÍNDICE PLÁSTICO :	NP				
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :	ML				
A.A.S.H.T.O. :	A-4 (0)				



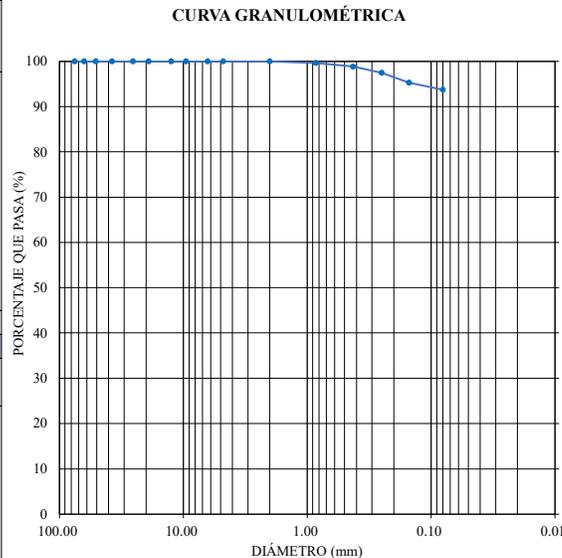
P#200 = 74.22                      F = 74.22  
 SUCS    suelo fino                LL = 0  
 AASHTO limo/arcilla          IP = 0  
     IG = 0

**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGÁNICO DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR GRIS OSCURO, MEZCLADO CON 25.78% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			06/12/2021	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88 / NPT 339.128 (1999)				
SOLICITANTE		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)		90	CÓGIDO SA 90 + CB 10	
CENIZA DE BAGAZO (%)		10	ESTE 748925.18	
CAL HIDRATADA (%)		0	NORTE 9220513.13	

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMPERATURA DE SECADO	60° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS	TOTAL
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	125.00	GRAVA (%):	0.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	125.00	ARENA GRUESA (%):	1.18
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00	ARENA FINA (%):	5.09
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	0.00	FINOS (%):	93.73
			<b>100.00</b>

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
N°	Tamiz Abertura (mm)	Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
TOTAL	WG =	0.00			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.8000
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					125.00
N 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N 20	0.850	0.45	0.36	0.36	99.64
N 40	0.425	1.03	0.82	1.18	98.82
N 60	0.250	1.69	1.35	2.54	97.46
N 140	0.106	2.75	2.20	4.74	95.26
N 200	0.075	1.92	1.54	6.27	93.73
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :					56%
LÍMITE PLÁSTICO :					44%
ÍNDICE PLÁSTICO :					12%
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :					MH
A.A.S.H.T.O. :					A-7-5 (18)



P#200 = 93.73      F = 93.73  
 SUCS suelo fino      LL = 56  
 AASHTO limo/arcilla      IP = 12  
    IG = 18

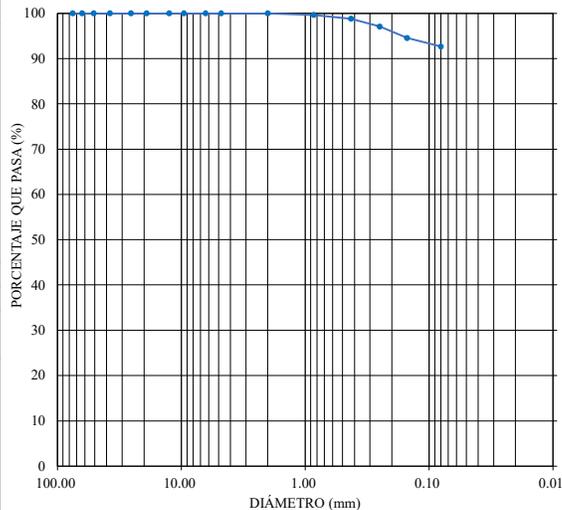
**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR MARRÓN CLARO, MEZCLADO CON 6.27% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>09/12/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88 / NPT 339.128 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	85	<b>CÓDIGO</b>		<b>SA 85 + CB 15</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	15	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMPERATURA DE SECADO	60° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS	
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	130.40	GRAVA (%):	0.00
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	130.40	ARENA GRUESA (%):	1.23
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00	ARENA FINA (%):	6.12
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	0.00	FINOS (%):	92.65
		<b>TOTAL</b>	
		<b>100.00</b>	

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
⅜"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
TOTAL	WG =	0.00			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.7669
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					130.40
N 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N 20	0.850	0.47	0.36	0.36	99.64
N 40	0.425	1.13	0.87	1.23	98.77
N 60	0.250	2.20	1.69	2.91	97.09
N 140	0.106	3.31	2.54	5.45	94.55
N 200	0.075	2.47	1.89	7.35	92.65
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :	59%				
LÍMITE PLÁSTICO :	48%				
ÍNDICE PLÁSTICO :	11%				
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :	<b>MH</b>				
A.A.S.H.T.O. :	<b>A-7-5 (18)</b>				

CURVA GRANULOMÉTRICA



P#200 = 92.65      F = 92.65  
 SUCS suelo fino      LL = 59  
 AASHTO limo/arcilla      IP = 11  
    IG = 18

**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR MARRÓN CLARO, MEZCLADO CON 7.35% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.





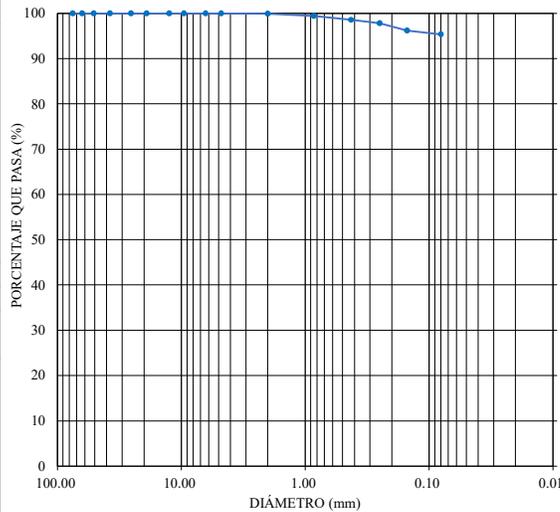


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			11/04/2022	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>				
A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88 / NPT 339.128 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	97	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 97 + CH 03</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	3		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMPERATURA DE SECADO	60° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS	<b>TOTAL</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	130.50	GRAVA (%):	<b>0.00</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	130.50	ARENA GRUESA (%):	<b>1.43</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00	ARENA FINA (%):	<b>3.21</b>
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	0.00	FINOS (%):	<b>95.36</b>
			<b>100.00</b>

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
Nº	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>TOTAL</b>	<b>W G =</b>	<b>0.00</b>			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.7663
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					130.50
N 10	2.00	0.11	0.08	0.08	99.92
N 20	0.850	0.64	0.49	0.57	99.43
N 40	0.425	1.12	0.86	1.43	98.57
N 60	0.250	1.00	0.77	2.20	97.80
N 140	0.106	2.11	1.62	3.82	96.18
N 200	0.075	1.08	0.83	4.64	<b>95.36</b>
Cazoleta	--	--	--	--	--
<b>TOTAL</b>					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :	56%				
LÍMITE PLÁSTICO :	43%				
ÍNDICE PLÁSTICO :	13%				
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :	<b>MH</b>				
A.A.S.H.T.O. :	<b>A-7-5 (19)</b>				

CURVA GRANULOMÉTRICA



P#200 = 95.36      F = 95.36  
 SUCS    suelo fino      LL = 56  
 AASHTO limo/arcilla    IP = 13  
    IG = 19

**OBSERVACIONES:** LA MUESTRA EN ESTUDIO HA SIDO CLASIFICADA UTILIZANDO EL METODO S.U.C.S. Y CORRESPONDE A UN LIMO INORGÁNICO DE ALTA PLASTICIDAD, COLOR MARRÓN CLARO, MEZCLADO CON 4.64% DE ARENA GRUESA A FINA Y EXENTA DE GRAVA.









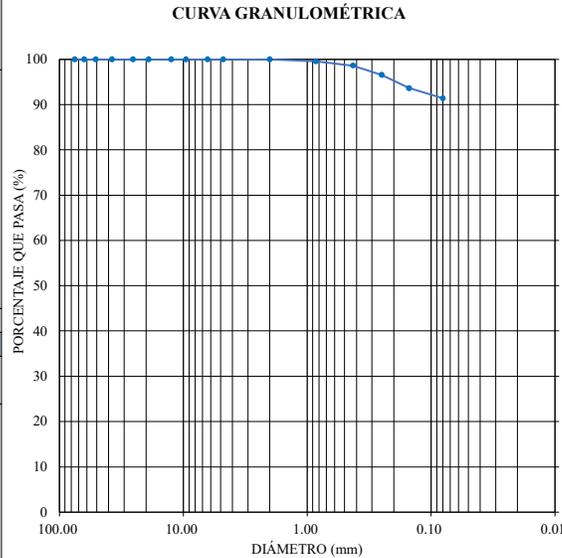




	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>12/09/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b> A.S.T.M. D 422 / A.A.S.H.T.O. T 88 / NPT 339.128 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>		79	<b>CÓGIDO</b> SA 79 + CB 20 + CH 01	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>		20	<b>COORDENADAS</b> ESTE 748925.18	
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>		1	NORTE 9220513.13	

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TEMPERATURA DE SECADO	60° C	PORCENTAJE DE GRAVA, ARENAS Y FINOS	<b>TOTAL</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA (g)	145.00	GRAVA (%):	<b>0.00</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA < N° 4 (g)	145.00	ARENA GRUESA (%):	<b>1.38</b>
PESO TOTAL MUESTRA SECA > N° 4 (g)	0.00	ARENA FINA (%):	<b>7.24</b>
PESO TOTAL MUESTRA HUMEDA (g)	0.00	FINOS (%):	<b>91.38</b>
			<b>100.00</b>

ANÁLISIS FRACCIÓN GRUESA					
Tamiz		Peso Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Parcial	Porcentaje Retenido Acumulado	Porcentaje Que Pasa
N°	Abertura (mm)				
3"	76.20	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.50	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.80	0.00	0.00	0.00	100.00
1 ½"	38.10	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.40	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.70	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.52	0.00	0.00	0.00	100.00
¼"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.00	0.00	100.00
TOTAL	WG =	0.00			
ANÁLISIS FRACCIÓN FINA					
CORRECCIÓN DE MUESTRA CUARTEADA :					0.6897
PESO SECO FRACCIÓN FINA :					145.00
N 10	2.00	0.00	0.00	0.00	100.00
N 20	0.850	0.64	0.44	0.44	99.56
N 40	0.425	1.36	0.94	1.38	98.62
N 60	0.250	2.98	2.06	3.43	96.57
N 140	0.106	4.24	2.92	6.36	93.64
N 200	0.075	3.28	2.26	8.62	<b>91.38</b>
Cazoleta	--	--	--	--	--
TOTAL					
LÍMITES DE CONSISTENCIA A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89					
LÍMITE LÍQUIDO :					59%
LÍMITE PLÁSTICO :					52%
ÍNDICE PLÁSTICO :					7%
CLASIFICACIÓN					
S.U.C.S. :					<b>MH</b>
A.A.S.H.T.O. :					<b>A-5 (14)</b>



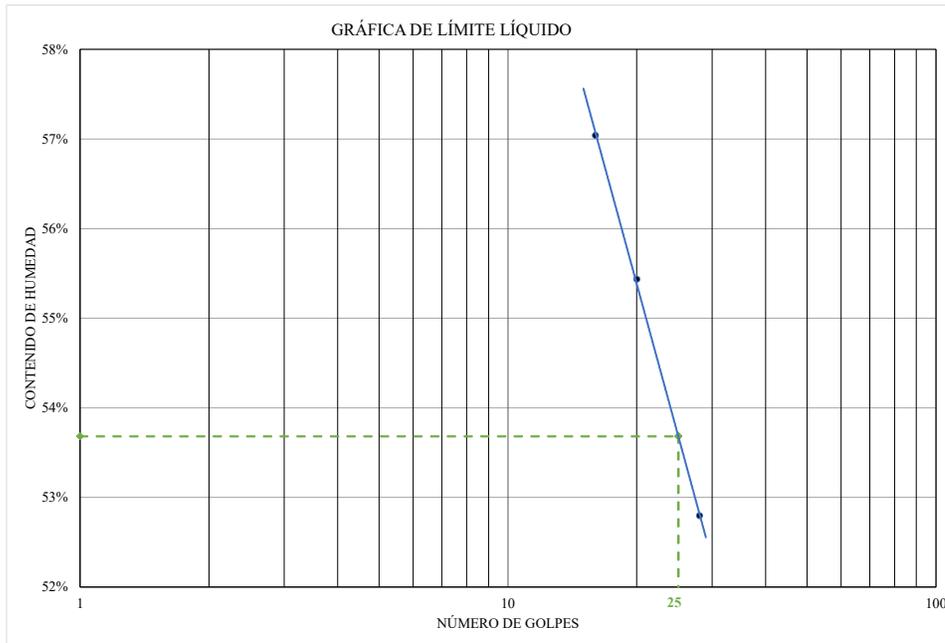
**ANEXO 1.2: Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de los suelos**

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>			<b>Fecha</b>	
				<b>01/10/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)					
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	100	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.13	11.38	10.62	M. Tara (g)	11.39	9.96
Mt+M. Húmeda (g)	39.35	48.56	42.57	Mt+M. Húmeda (g)	17.85	16.27
Mt+M. Seca (g)	29.10	35.30	31.53	Mt+M. Seca (g)	15.96	14.43
M. Agua (g)	<b>10.25</b>	<b>13.26</b>	<b>11.04</b>	M. Agua (g)	<b>1.89</b>	<b>1.84</b>
M. Muestra seca (g)	<b>17.97</b>	<b>23.92</b>	<b>20.91</b>	M. Muestra seca (g)	<b>4.57</b>	<b>4.47</b>
W (%)	<b>57.04%</b>	<b>55.43%</b>	<b>52.80%</b>	W (%)	<b>41.36%</b>	<b>41.16%</b>
N° GOLPES	16	20	28	Contenido de Humedad Promedio: 41.26%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	54%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	41%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	13%

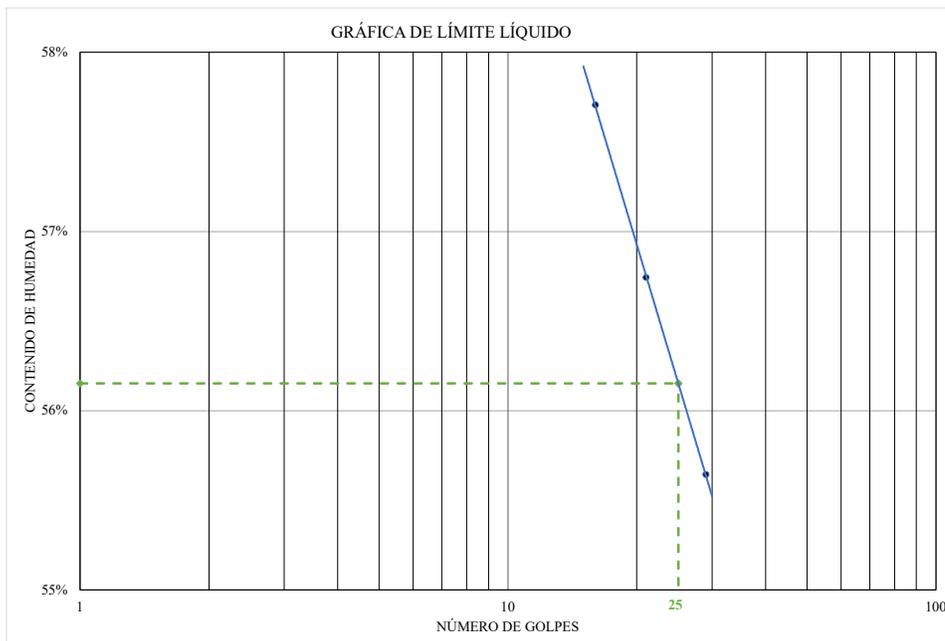


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b> <b>06/12/2021</b>	
	<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)			
<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	90	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 90 + CB 10</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	10	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	9.96	10.77	10.95	M. Tara (g)	10.62	10.88
Mt+M. Húmeda (g)	32.37	35.41	30.53	Mt+M. Húmeda (g)	20.96	22.84
Mt+M. Seca (g)	24.17	26.49	23.53	Mt+M. Seca (g)	17.79	19.16
M. Agua (g)	<b>8.20</b>	<b>8.92</b>	<b>7.00</b>	M. Agua (g)	<b>3.17</b>	<b>3.68</b>
M. Muestra seca (g)	<b>14.21</b>	<b>15.72</b>	<b>12.58</b>	M. Muestra seca (g)	<b>7.17</b>	<b>8.28</b>
W (%)	<b>57.71%</b>	<b>56.74%</b>	<b>55.64%</b>	W (%)	<b>44.21%</b>	<b>44.44%</b>
N° GOLPES	16	21	29	Contenido de Humedad Promedio: 44.33%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	56%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	44%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	12%

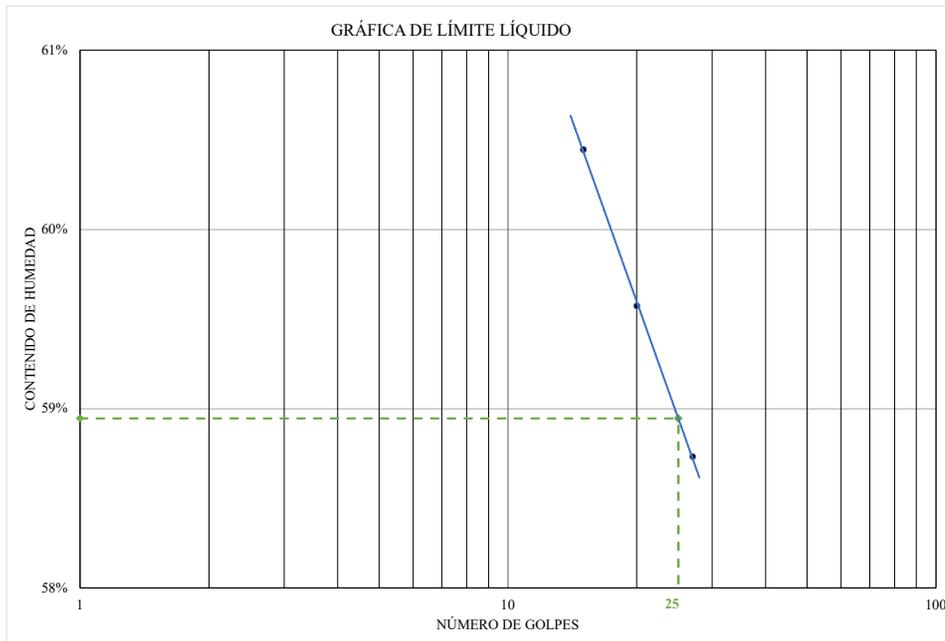


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>09/12/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	85	<b>CÓDIGO</b>		<b>SA 85 + CB 15</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	15	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	10.75	10.94	10.99	M. Tara (g)	11.45	10.62
Mt+M. Húmeda (g)	33.10	30.36	32.53	Mt+M. Húmeda (g)	20.51	19.43
Mt+M. Seca (g)	24.68	23.11	24.56	Mt+M. Seca (g)	17.55	16.56
M. Agua (g)	<b>8.42</b>	<b>7.25</b>	<b>7.97</b>	M. Agua (g)	<b>2.96</b>	<b>2.87</b>
M. Muestra seca (g)	<b>13.93</b>	<b>12.17</b>	<b>13.57</b>	M. Muestra seca (g)	<b>6.10</b>	<b>5.94</b>
W (%)	<b>60.45%</b>	<b>59.57%</b>	<b>58.73%</b>	W (%)	<b>48.52%</b>	<b>48.32%</b>
N° GOLPES	15	20	27	Contenido de Humedad Promedio: 48.42%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	59%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	48%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	11%

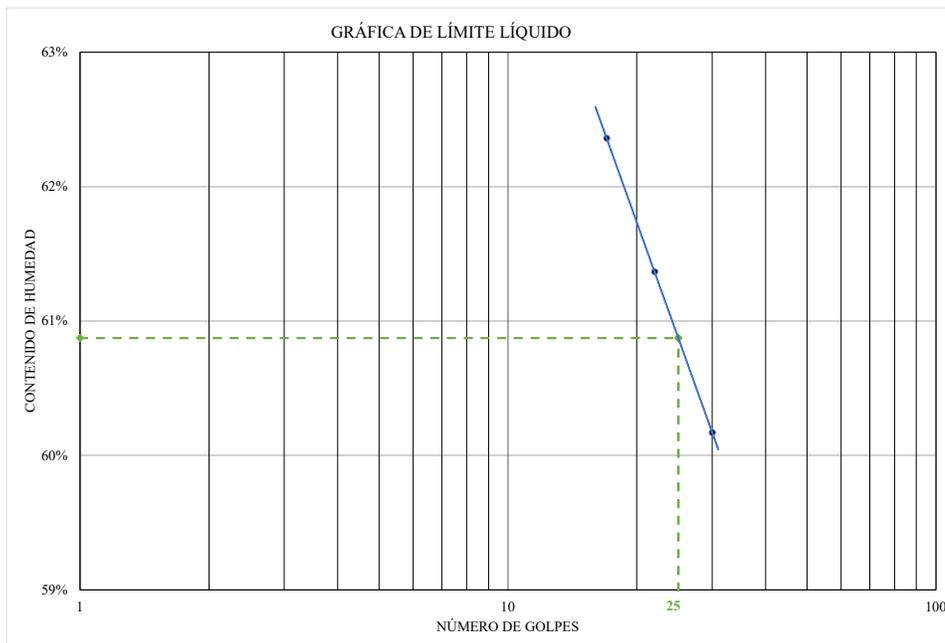


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>13/12/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	80	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 80 + CB 20</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	20	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.02	11.13	10.88	M. Tara (g)	11.22	10.95
Mt+M. Húmeda (g)	31.25	33.56	29.62	Mt+M. Húmeda (g)	23.79	19.99
Mt+M. Seca (g)	23.48	25.03	22.58	Mt+M. Seca (g)	19.50	16.89
M. Agua (g)	7.77	<b>8.53</b>	<b>7.04</b>	M. Agua (g)	<b>4.29</b>	<b>3.10</b>
M. Muestra seca (g)	<b>12.46</b>	<b>13.90</b>	<b>11.70</b>	M. Muestra seca (g)	<b>8.28</b>	<b>5.94</b>
W (%)	<b>62.36%</b>	<b>61.37%</b>	<b>60.17%</b>	W (%)	<b>51.81%</b>	<b>52.19%</b>
N° GOLPES	17	22	30	Contenido de Humedad Promedio: 52%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	61%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	52%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	9%

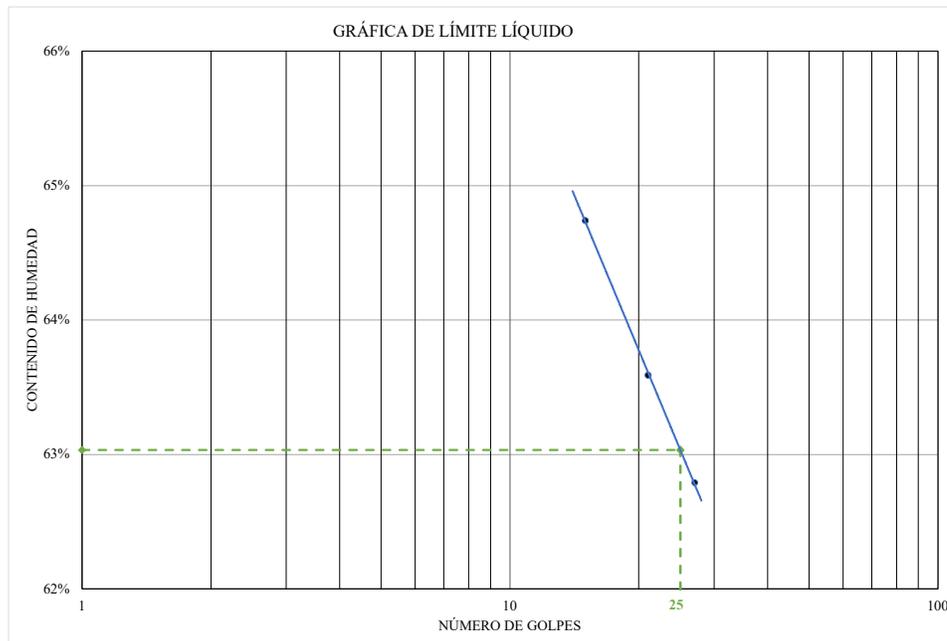


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>16/12/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	75	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 75 + CB 25</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	25	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.15	11.57	11.18	NP		
Mt+M. Húmeda (g)	28.25	34.26	29.38			
Mt+M. Seca (g)	21.53	25.44	22.36			
M. Agua (g)	6.72	8.82	7.02			
M. Muestra seca (g)	10.38	13.87	11.18			
W (%)	64.74%	63.59%	62.79%			
N° GOLPES	15	21	27			

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	63%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	NP
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	NP



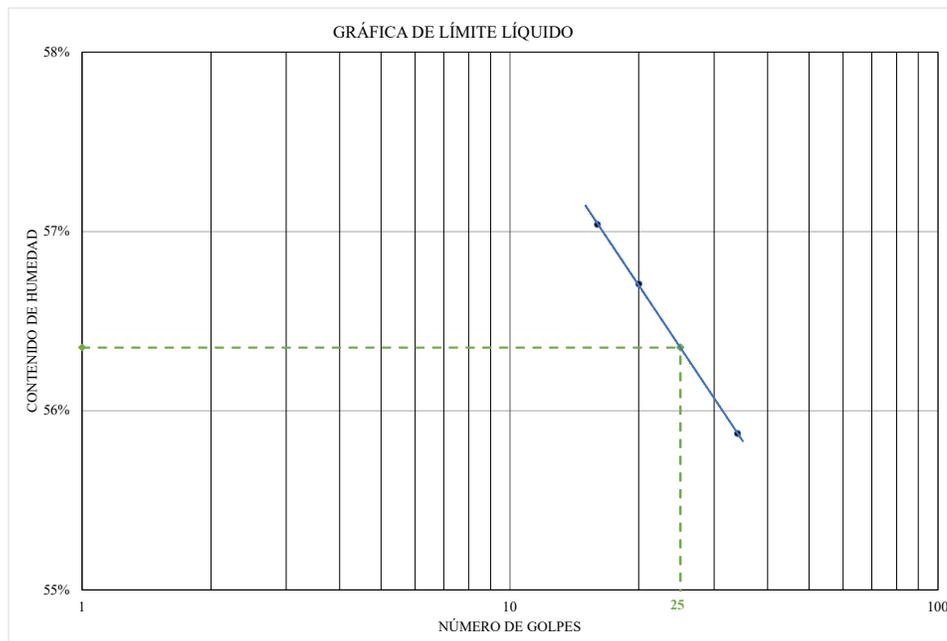


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			11/04/2022	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)				
SOLICITANTE		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	97	CÓGIDO	SA 97 + CB 03	
CENIZA DE BAGAZO (%)	0	COORDENADAS	ESTE	748925.18
CAL HIDRATADA (%)	3		NORTE	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.22	9.15	11.37	M. Tara (g)	11.57	11.15
Mt+M. Húmeda (g)	52.27	50.74	48.00	Mt+M. Húmeda (g)	18.93	20.12
Mt+M. Seca (g)	37.36	35.69	34.87	Mt+M. Seca (g)	16.71	17.41
M. Agua (g)	<b>14.91</b>	<b>15.05</b>	<b>13.13</b>	M. Agua (g)	<b>2.22</b>	<b>2.71</b>
M. Muestra seca (g)	<b>26.14</b>	<b>26.54</b>	<b>23.50</b>	M. Muestra seca (g)	<b>5.14</b>	<b>6.26</b>
W (%)	<b>57.04%</b>	<b>56.71%</b>	<b>55.87%</b>	W (%)	<b>43.19%</b>	<b>43.29%</b>
N° GOLPES	16	20	34	Contenido de Humedad Promedio: 43.24%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	56%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	43%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	13%

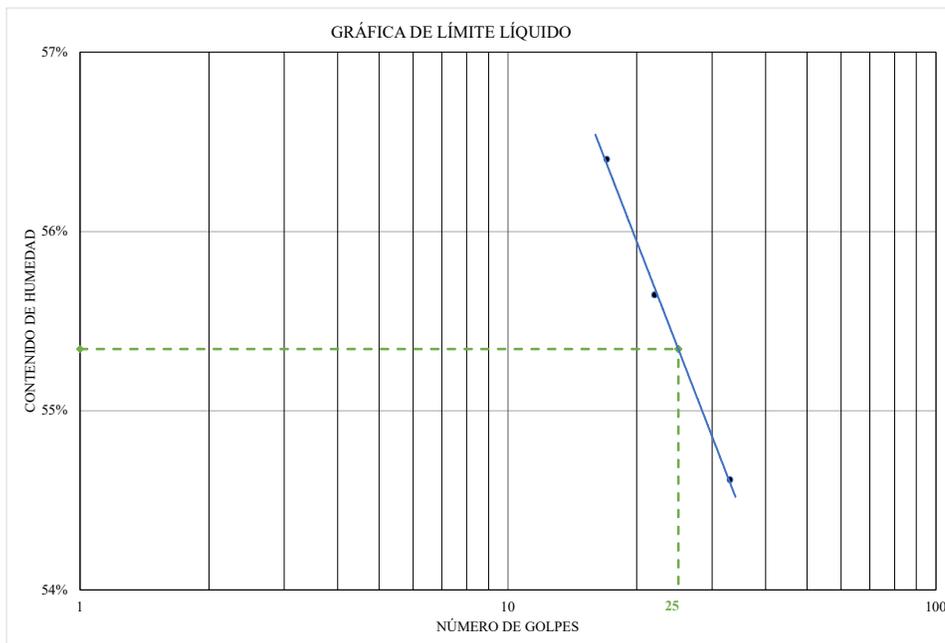


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b> 14/04/2022	
	<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)			
<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	95	<b>CÓGIDO</b>	SA 95 + CB 05	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	ESTE	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	5		NORTE	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.15	11.18	11.33	M. Tara (g)	14.20	13.94
Mt+M. Húmeda (g)	43.15	39.85	50.03	Mt+M. Húmeda (g)	21.35	22.49
Mt+M. Seca (g)	31.61	29.60	36.36	Mt+M. Seca (g)	19.17	19.87
M. Agua (g)	<b>11.54</b>	<b>10.25</b>	<b>13.67</b>	M. Agua (g)	<b>2.18</b>	<b>2.62</b>
M. Muestra seca (g)	<b>20.46</b>	<b>18.42</b>	<b>25.03</b>	M. Muestra seca (g)	<b>4.97</b>	<b>5.93</b>
W (%)	<b>56.40%</b>	<b>55.65%</b>	<b>54.61%</b>	W (%)	<b>43.86%</b>	<b>44.18%</b>
N° GOLPES	17	22	33	Contenido de Humedad Promedio: 44.02%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	55%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	44%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	11%

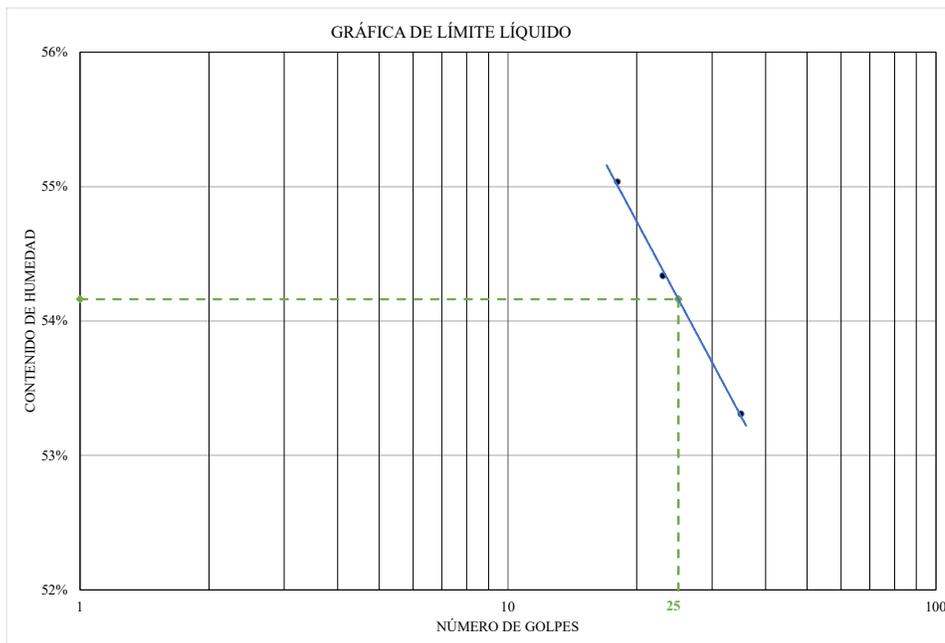


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b> 18/04/2022	
	<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)			
<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	93	<b>CÓGIDO</b>	SA 93 + CB 07	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	7		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.22	9.96	10.99	M. Tara (g)	14.39	14.11
Mt+M. Húmeda (g)	32.15	29.53	35.78	Mt+M. Húmeda (g)	24.17	22.68
Mt+M. Seca (g)	24.72	22.64	27.16	Mt+M. Seca (g)	21.12	20.01
M. Agua (g)	7.43	6.89	8.62	M. Agua (g)	3.05	2.67
M. Muestra seca (g)	13.50	12.68	16.17	M. Muestra seca (g)	6.73	5.90
W (%)	55.04%	54.34%	53.31%	W (%)	45.32%	45.25%
N° GOLPES	18	23	35	Contenido de Humedad Promedio: 45.29%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	54%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	45%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	9%

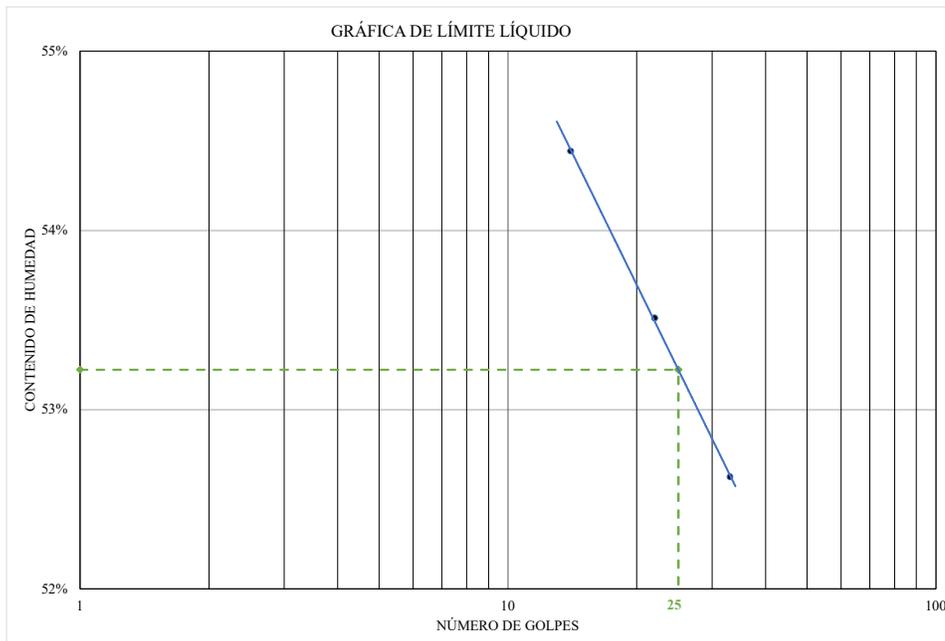


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>21/04/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>		<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 91 + CB 09</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>		<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>		<b>COORDENADAS</b>		<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.30	11.13	10.62	M. Tara (g)	11.45	10.96
Mt+M. Húmeda (g)	34.59	40.42	37.36	Mt+M. Húmeda (g)	18.48	18.03
Mt+M. Seca (g)	26.38	30.21	28.14	Mt+M. Seca (g)	16.23	15.77
M. Agua (g)	<b>8.21</b>	<b>10.21</b>	<b>9.22</b>	M. Agua (g)	<b>2.25</b>	<b>2.26</b>
M. Muestra seca (g)	<b>15.08</b>	<b>19.08</b>	<b>17.52</b>	M. Muestra seca (g)	<b>4.78</b>	<b>4.81</b>
W (%)	<b>54.44%</b>	<b>53.51%</b>	<b>52.63%</b>	W (%)	<b>47.07%</b>	<b>46.99%</b>
N° GOLPES	14	22	33	Contenido de Humedad Promedio: 47.03%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	53%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	47%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	6%

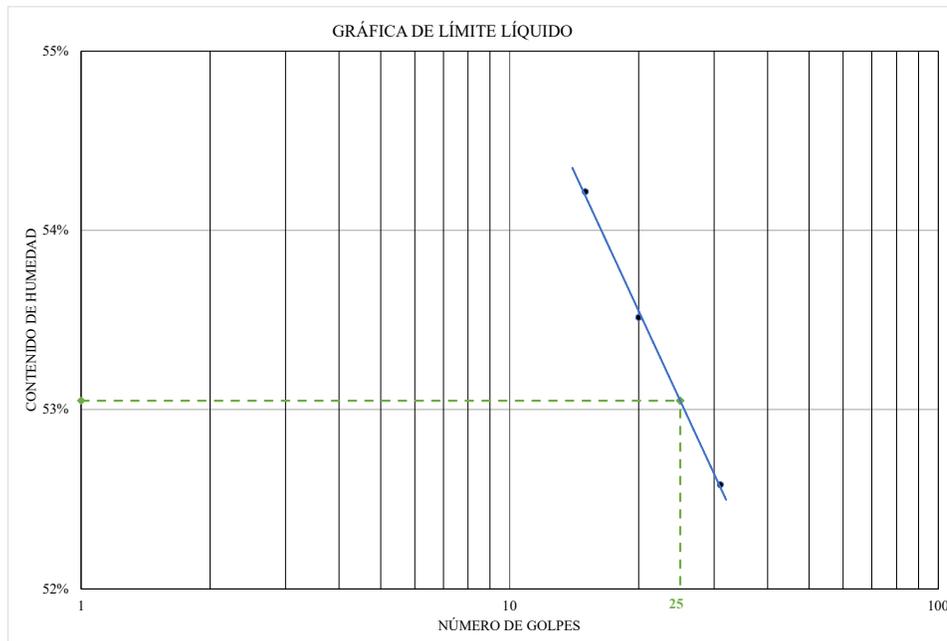


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b> 25/04/2022	
	<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)			
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	89	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 89 + CB 11</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	11			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.45	11.19	10.62	M. Tara (g)	11.15	13.94
Mt+M. Húmeda (g)	38.70	35.43	41.06	Mt+M. Húmeda (g)	17.68	20.27
Mt+M. Seca (g)	29.12	26.98	30.57	Mt+M. Seca (g)	15.56	18.21
M. Agua (g)	<b>9.58</b>	<b>8.45</b>	<b>10.49</b>	M. Agua (g)	<b>2.12</b>	<b>2.06</b>
M. Muestra seca (g)	<b>17.67</b>	<b>15.79</b>	<b>19.95</b>	M. Muestra seca (g)	<b>4.41</b>	<b>4.27</b>
W (%)	<b>54.22%</b>	<b>53.51%</b>	<b>52.58%</b>	W (%)	<b>48.07%</b>	<b>48.24%</b>
N° GOLPES	15	20	31	Contenido de Humedad Promedio: 48.16%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	53%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	48%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	5%

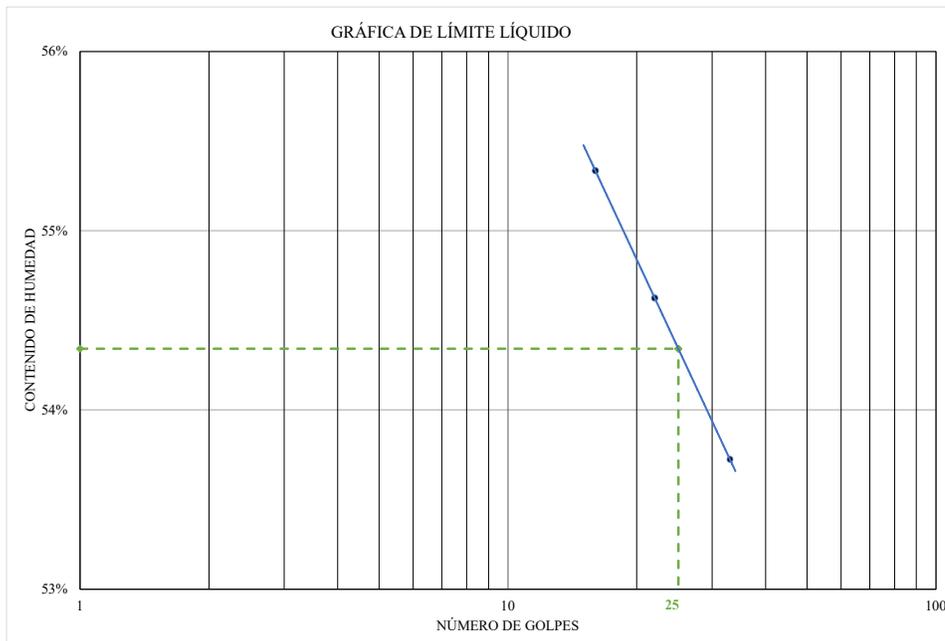


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>05/09/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	89	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 89 + CB 10 + CH 01</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	10	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	11.18	11.20	11.46	M. Tara (g)	11.44	11.14
Mt+M. Húmeda (g)	42.48	46.64	45.51	Mt+M. Húmeda (g)	18.57	19.27
Mt+M. Seca (g)	31.33	34.12	33.61	Mt+M. Seca (g)	16.40	16.78
M. Agua (g)	<b>11.15</b>	<b>12.52</b>	<b>11.90</b>	M. Agua (g)	<b>2.17</b>	<b>2.49</b>
M. Muestra seca (g)	<b>20.15</b>	<b>22.92</b>	<b>22.15</b>	M. Muestra seca (g)	<b>4.96</b>	<b>5.64</b>
W (%)	<b>55.33%</b>	<b>54.62%</b>	<b>53.72%</b>	W (%)	<b>43.75%</b>	<b>44.15%</b>
N° GOLPES	16	22	33	Contenido de Humedad Promedio: 43.95%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	54%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	44%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	10%

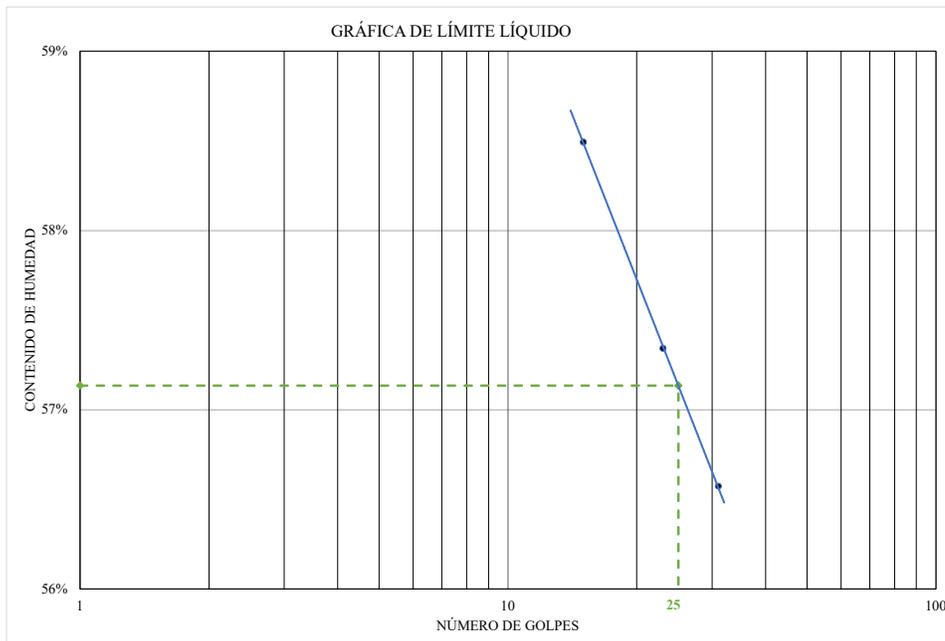


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>08/09/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	84	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 84 + CB 15 + CH 01</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	15	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	10.61	10.89	10.95	M. Tara (g)	11.01	10.96
Mt+M. Húmeda (g)	50.36	37.89	43.94	Mt+M. Húmeda (g)	19.71	18.41
Mt+M. Seca (g)	35.69	28.05	32.02	Mt+M. Seca (g)	16.92	16.02
M. Agua (g)	<b>14.67</b>	<b>9.84</b>	<b>11.92</b>	M. Agua (g)	<b>2.79</b>	<b>2.39</b>
M. Muestra seca (g)	<b>25.08</b>	<b>17.16</b>	<b>21.07</b>	M. Muestra seca (g)	<b>5.91</b>	<b>5.06</b>
W (%)	<b>58.49%</b>	<b>57.34%</b>	<b>56.57%</b>	W (%)	<b>47.21%</b>	<b>47.23%</b>
N° GOLPES	15	23	31	Contenido de Humedad Promedio: 47.22%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	57%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	47%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	10%

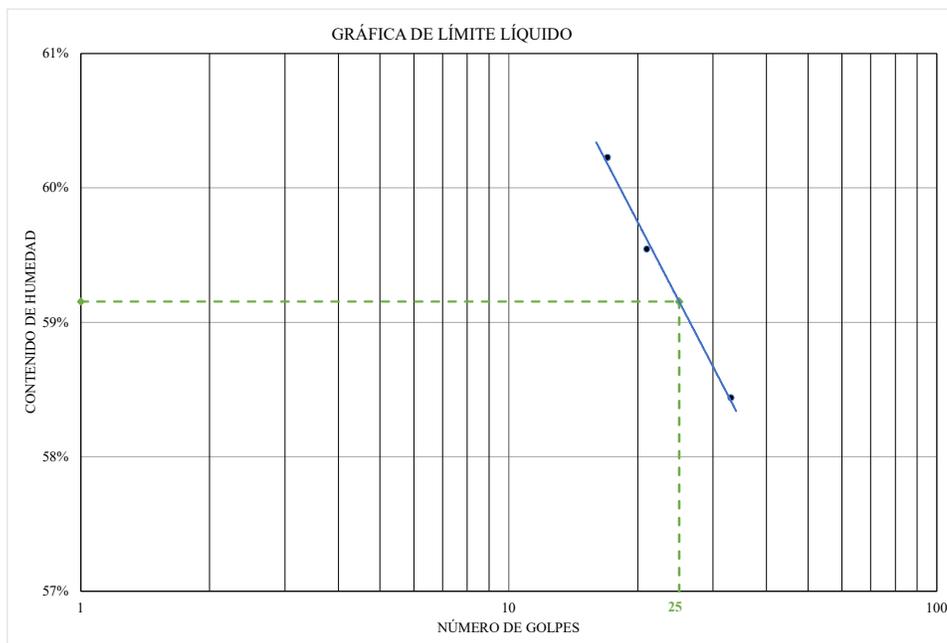


	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			12/09/2022	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO, E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE SUELOS</b> A.S.T.M. D 4318 / A.A.S.H.T.O. T 89 / NTP 339.129 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	79	<b>CÓGIDO</b>	SA 79 + CB 20 + CH 01	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	20	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
MUESTRA A ENSAYAR		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)	
TEMP. DE SECADO	60 °C	TEMP. DE SECADO	60 °C
TIPO DE MATERIAL	Pasa la malla N° 40	TIEMPO DE SECADO	16 h
AGUA USADA	Potable		

TARA N°	LÍMITE LÍQUIDO			TARA N°	LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		4	5
M. Tara (g)	9.95	10.77	10.69	M. Tara (g)	10.87	11.55
Mt+M. Húmeda (g)	42.38	47.96	39.13	Mt+M. Húmeda (g)	19.22	19.89
Mt+M. Seca (g)	30.19	34.08	28.64	Mt+M. Seca (g)	16.35	17.02
M. Agua (g)	<b>12.19</b>	<b>13.88</b>	<b>10.49</b>	M. Agua (g)	<b>2.87</b>	<b>2.87</b>
M. Muestra seca (g)	<b>20.24</b>	<b>23.31</b>	<b>17.95</b>	M. Muestra seca (g)	<b>5.48</b>	<b>5.47</b>
W (%)	<b>60.23%</b>	<b>59.55%</b>	<b>58.44%</b>	W (%)	<b>52.37%</b>	<b>52.47%</b>
N° GOLPES	17	21	33	Contenido de Humedad Promedio: 52.42%		

<b>LÍMITE LÍQUIDO</b>	59%
<b>LÍMITE PLÁSTICO</b>	52%
<b>ÍNDICE DE PLASTICIDAD</b>	7%



## **ANEXO 1.3: Gravedad específica**

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>01/10/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	100	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.19	192.23	193.09
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	53.68	45.87	50.08
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.50	19.50	19.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	723.31	721.49	725.34
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.09	693.08	694.33
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.624</b>	<b>2.627</b>	<b>2.626</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.624	2.627	2.626
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.626		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>08/10/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	0	<b>CÓGIDO</b>	<b>CB</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	100		<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>	B		

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.17	192.19	193.13
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	50.73	42.98	54.20
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.50	19.50	19.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	715.38	714.49	721.37
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.09	693.08	694.33
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>1.994</b>	<b>1.992</b>	<b>1.995</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	1.995	1.993	1.996
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	1.994		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>		
			<b>06/12/2021</b>		
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)					
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	90	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 90 + CB 10</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	10	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.16	192.15	193.05
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	44.60	42.68	45.12
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.50	19.50	19.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	717.28	719.11	721.82
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.09	693.08	694.33
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.562</b>	<b>2.563</b>	<b>2.559</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.562	2.563	2.559
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.562		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>09/12/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	85	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 85 + CB 15</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	15	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.18	192.14	193.13
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	48.32	42.80	50.27
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.50	19.50	19.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	719.31	718.98	724.72
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.09	693.08	694.33
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.530</b>	<b>2.532</b>	<b>2.528</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.530	2.532	2.529
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.531		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>13/12/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	80	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 80 + CB 20</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	20	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.20	192.13	193.07
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	54.42	48.32	43.68
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.50	19.50	19.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	722.65	721.95	720.45
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.09	693.08	694.33
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.490</b>	<b>2.484</b>	<b>2.487</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.490	2.484	2.488
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.487		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>16/12/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	75	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 75 + CB 25</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	25	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>	B		

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.10	192.15	193.11
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	50.08	49.68	48.92
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.50	19.50	19.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	719.75	722.52	723.33
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.09	693.08	694.33
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.453</b>	<b>2.454</b>	<b>2.456</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.453	2.455	2.456
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.455		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>20/12/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	70	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 70 + CB 30</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	30	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.21	192.11	193.13
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	45.80	47.52	49.74
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.50	19.50	19.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	716.98	721.02	723.56
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.09	693.08	694.33
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.422</b>	<b>2.427</b>	<b>2.425</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.423	2.427	2.425
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.425		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>11/04/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	97	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 97 + CH 03</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	3		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>	B		

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.15	192.22	193.11
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	50.30	45.72	52.87
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	18.50	18.50	18.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	720.92	721.13	726.73
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.18	693.18	694.43
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.571</b>	<b>2.573</b>	<b>2.571</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.572	2.574	2.571
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.573		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>		
			<b>14/04/2022</b>		
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)					
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	95	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 95 + CH 05</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	5			<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.17	192.16	193.13
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	54.31	49.85	55.37
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.00	19.00	19.00
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	722.85	723.13	727.71
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.14	693.13	694.38
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.515</b>	<b>2.511</b>	<b>2.512</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.515	2.512	2.513
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.513		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>18/04/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	93	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 93 + CH 07</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	7			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.20	192.11	193.08
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	48.13	45.51	48.87
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.00	19.00	19.00
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	718.91	720.32	723.57
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.14	693.13	694.38
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.486</b>	<b>2.484</b>	<b>2.483</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.487	2.484	2.484
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.485		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>21/04/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	91	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 91 + CH 09</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	9		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.15	192.13	193.10
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	44.29	50.18	52.11
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.00	19.00	19.00
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	716.34	722.80	725.20
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.14	693.13	694.38
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.449</b>	<b>2.446</b>	<b>2.447</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.449	2.447	2.448
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.448		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			25/04/2022	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	89	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 89 + CH 11</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	11		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>	B		

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.14	192.16	193.09
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	54.70	55.08	56.95
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	18.50	18.50	18.50
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	722.00	725.19	727.56
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.18	693.18	694.43
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.391</b>	<b>2.388</b>	<b>2.391</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.391	2.389	2.392
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.391		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>05/09/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	89	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 89 + CB 10 + CH 01</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	10	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>	B		

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.13	192.19	193.10
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	40.72	44.53	46.15
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.20	19.20	19.20
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	714.84	720.14	722.39
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.12	693.11	694.36
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.545</b>	<b>2.544</b>	<b>2.547</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.546	2.545	2.547
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.546		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>08/09/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	84	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 84 + CB 15 + CH 01</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	15	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>		B	

DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.12	192.11	193.03
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	44.94	45.75	43.70
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.30	19.30	19.30
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	717.25	720.71	720.73
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.11	693.10	694.35
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.525</b>	<b>2.522</b>	<b>2.523</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.525	2.522	2.523
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.524		

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>12/09/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS DE UN SUELO (MÉTODO DEL PICNÓMETRO DE AGUA)</b> A.S.T.M. D 854 / NTP 339.131 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	79	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 79 + CB 20 + CH 01</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	20	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
<b>MUESTRA PARA EL ENSAYO:</b>	FRACCIÓN FINA DE SUELO, MATERIAL QUE PASA LA MALLA N° 04		
<b>T° SECADO DE LA MUESTRA:</b>	60 °C	<b>AGUA EMPLEADA</b>	DESTILADA
<b>MÉTODO EMPLEADO:</b>	B		

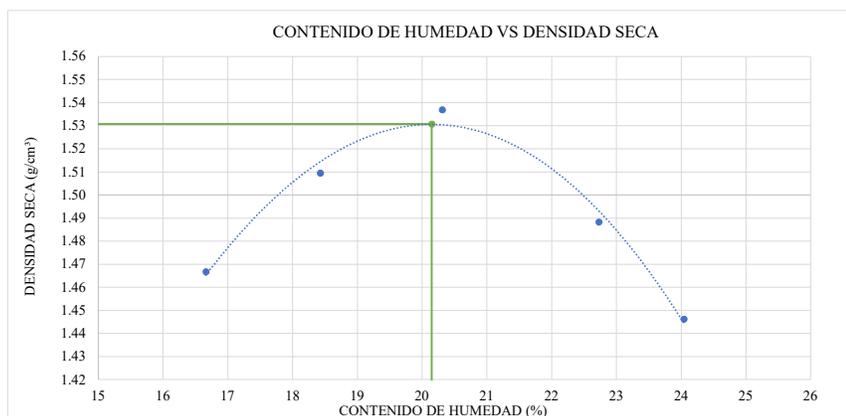
DESCRIPCIÓN	MUESTRA		
	M-1	M-2	M-3
	FIOLA		
	F01	F02	F03
Masa de la fiola (g)	192.22	192.23	193.11
Masa de suelo seco usado en la fiola (g)	48.24	46.68	45.81
Temperatura de la mezcla suelo agua en la fiola (°C)	19.30	19.30	19.30
Masa de fiola, muestra de suelo y agua (g)	718.80	720.89	721.62
Masa de fiola más agua a la temperatura de ensayo (g)	690.11	693.10	694.35
Gravedad específica de sólidos a la temperatura de ensayo	<b>2.468</b>	<b>2.471</b>	<b>2.471</b>
Gravedad específica de sólidos a 20 °C	2.468	2.471	2.471
Gravedad específica de sólidos promedio 20 °C	2.470		

## **ANEXO 1.4: Proctor modificado**

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>04/10/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	100	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo + Molde (g)	3418.20	3491.70	3547.30	3531.30	3498.00
Peso Molde (g)	1804.90	1802.50	1802.40	1800.80	1803.60
Peso Húmedo (g)	<b>1613.30</b>	<b>1689.20</b>	<b>1744.90</b>	<b>1730.50</b>	<b>1694.40</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.88	944.97	943.69	947.41	944.50
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.711</b>	<b>1.788</b>	<b>1.849</b>	<b>1.827</b>	<b>1.794</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	493.50	431.60	463.60	444.00	386.90
Peso Seco + Tara (g)	432.20	373.50	395.40	372.60	323.30
Peso Agua (g)	<b>61.30</b>	<b>58.10</b>	<b>68.20</b>	<b>71.40</b>	<b>63.60</b>
Peso Tara (g)	64.30	58.21	59.63	58.45	58.80
Peso Muestra Seca (g)	<b>367.90</b>	<b>315.29</b>	<b>335.77</b>	<b>314.15</b>	<b>264.50</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>16.66</b>	<b>18.43</b>	<b>20.31</b>	<b>22.73</b>	<b>24.05</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.467</b>	<b>1.509</b>	<b>1.537</b>	<b>1.488</b>	<b>1.446</b>

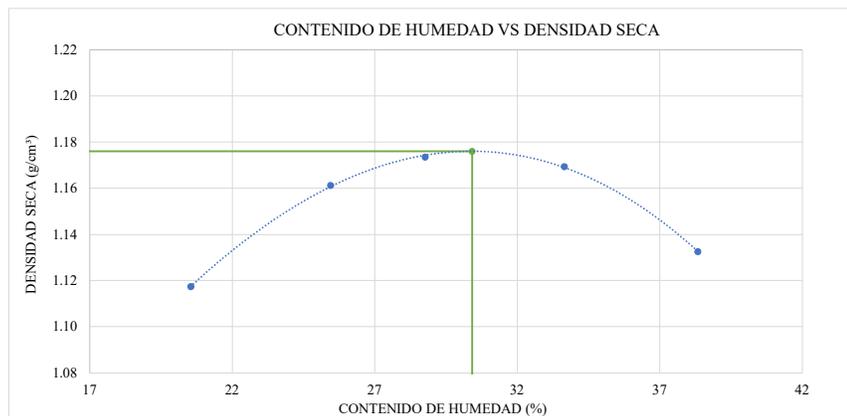


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.531</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>20.15</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			18/10/2021	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
SOLICITANTE		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	0	CÓGIDO	CH	
CENIZA DE BAGAZO (%)	0		ESTE	748925.18
CAL HIDRATADA (%)	100	COORDENADAS	NORTE	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3063.10	3179.10	3222.50	3272.60	3272.60
Peso Molde (g)	1794.20	1799.30	1795.30	1795.70	1795.40
Peso Húmedo (g)	<b>1268.90</b>	<b>1379.80</b>	<b>1427.20</b>	<b>1476.90</b>	<b>1477.20</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.07	947.18	944.50	944.97	942.88
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.347</b>	<b>1.457</b>	<b>1.511</b>	<b>1.563</b>	<b>1.567</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	416.20	302.20	297.80	341.30	318.20
Peso Seco + Tara (g)	354.90	252.50	243.50	270.20	246.60
Peso Agua (g)	<b>61.30</b>	<b>49.70</b>	<b>54.30</b>	<b>71.10</b>	<b>71.60</b>
Peso Tara (g)	56.50	57.18	54.72	58.91	59.84
Peso Muestra Seca (g)	<b>298.40</b>	<b>195.32</b>	<b>188.78</b>	<b>211.29</b>	<b>186.76</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>20.54</b>	<b>25.45</b>	<b>28.76</b>	<b>33.65</b>	<b>38.34</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.117</b>	<b>1.161</b>	<b>1.174</b>	<b>1.169</b>	<b>1.133</b>

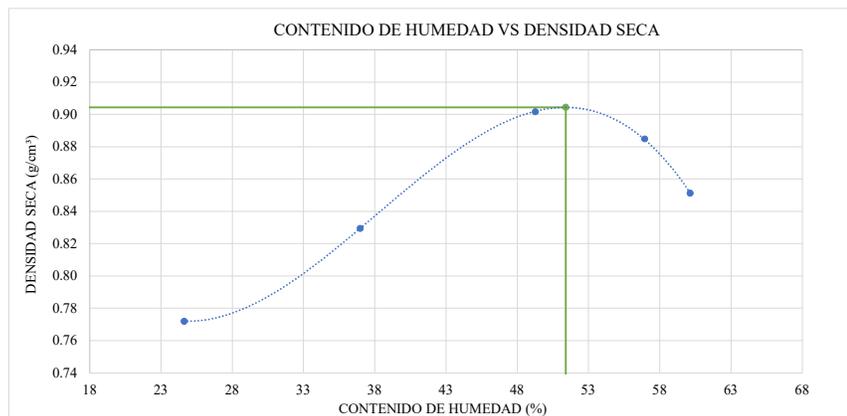


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.176</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>30.42</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			11/10/2021	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
SOLICITANTE		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	0	CÓGIDO	CB	
CENIZA DE BAGAZO (%)	100		ESTE	748925.18
CAL HIDRATADA (%)	0	COORDENADAS	NORTE	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo + Molde (g)	2712.80	2875.80	3070.40	3116.70	3091.10
Peso Molde (g)	1804.90	1802.40	1800.50	1802.10	1803.60
Peso Húmedo (g)	<b>907.90</b>	<b>1073.40</b>	<b>1269.90</b>	<b>1314.60</b>	<b>1287.50</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	943.69	944.74	943.69	946.60	944.50
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>0.962</b>	<b>1.136</b>	<b>1.346</b>	<b>1.389</b>	<b>1.363</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	307.20	345.40	459.40	398.80	444.30
Peso Seco + Tara (g)	258.11	267.80	327.30	275.40	299.10
Peso Agua (g)	<b>49.09</b>	<b>77.60</b>	<b>132.10</b>	<b>123.40</b>	<b>145.20</b>
Peso Tara (g)	58.71	57.90	59.10	58.68	57.60
Peso Muestra Seca (g)	<b>199.40</b>	<b>209.90</b>	<b>268.20</b>	<b>216.72</b>	<b>241.50</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>24.62</b>	<b>36.97</b>	<b>49.25</b>	<b>56.94</b>	<b>60.12</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>0.772</b>	<b>0.830</b>	<b>0.902</b>	<b>0.885</b>	<b>0.851</b>

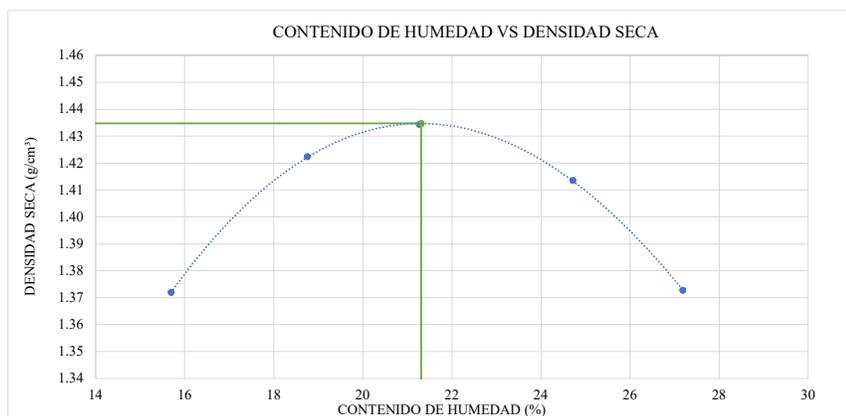


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>0.904</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>51.41</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			01/11/2021	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
SUELO ARCILLOSO (%)	90	CÓGIDO	SA 90 + CB 10	
CENIZA DE BAGAZO (%)	10	COORDENADAS	ESTE	748925.18
CAL HIDRATADA (%)	0		NORTE	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo + Molde (g)	3303.80	3402.50	3447.20	3471.00	3450.30
Peso Molde (g)	1800.00	1803.60	1802.50	1800.80	1800.80
Peso Húmedo (g)	<b>1503.80</b>	<b>1598.90</b>	<b>1644.70</b>	<b>1670.20</b>	<b>1649.50</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	947.41	946.60	945.55	947.41	944.74
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.587</b>	<b>1.689</b>	<b>1.739</b>	<b>1.763</b>	<b>1.746</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	285.40	338.20	318.30	272.86	345.70
Peso Seco + Tara (g)	253.20	293.10	271.70	228.95	283.50
Peso Agua (g)	<b>32.20</b>	<b>45.10</b>	<b>46.60</b>	<b>43.91</b>	<b>62.20</b>
Peso Tara (g)	48.02	52.60	52.60	51.26	54.70
Peso Muestra Seca (g)	<b>205.18</b>	<b>240.50</b>	<b>219.10</b>	<b>177.69</b>	<b>228.80</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>15.69</b>	<b>18.75</b>	<b>21.27</b>	<b>24.71</b>	<b>27.19</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.372	1.422	1.434	1.414	1.373

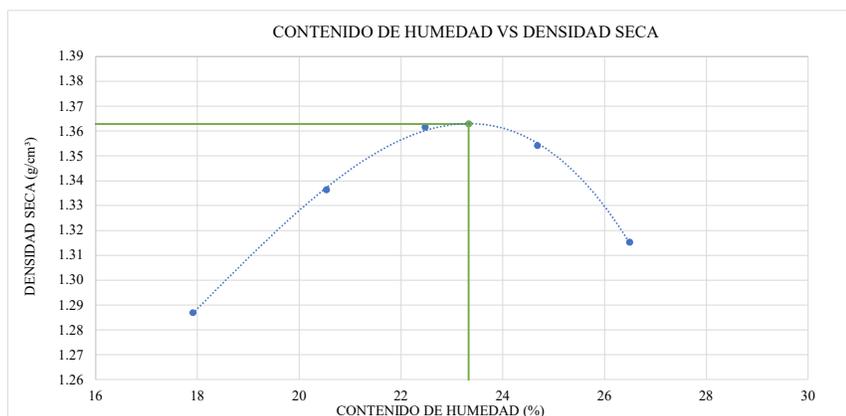


DENSIDAD SECA MÁXIMA:	1.435	g/cm <sup>3</sup>
CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:	21.31	%

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>22/11/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	85	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 85 + CB 15</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	15	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo + Molde (g)	3242.50	3323.80	3374.80	3394.00	3376.30
Peso Molde (g)	1804.90	1802.40	1802.50	1802.10	1800.50
Peso Húmedo (g)	<b>1437.60</b>	<b>1521.40</b>	<b>1572.30</b>	<b>1591.90</b>	<b>1575.80</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	947.41	944.50	942.88	942.88	947.18
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.517</b>	<b>1.611</b>	<b>1.668</b>	<b>1.688</b>	<b>1.664</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	405.70	377.10	382.20	346.20	393.40
Peso Seco + Tara (g)	352.20	323.00	322.00	289.30	321.80
Peso Agua (g)	<b>53.50</b>	<b>54.10</b>	<b>60.20</b>	<b>56.90</b>	<b>71.60</b>
Peso Tara (g)	53.48	59.54	54.10	58.74	51.51
Peso Muestra Seca (g)	<b>298.72</b>	<b>263.46</b>	<b>267.90</b>	<b>230.56</b>	<b>270.29</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>17.91</b>	<b>20.53</b>	<b>22.47</b>	<b>24.68</b>	<b>26.49</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.287</b>	<b>1.336</b>	<b>1.362</b>	<b>1.354</b>	<b>1.315</b>

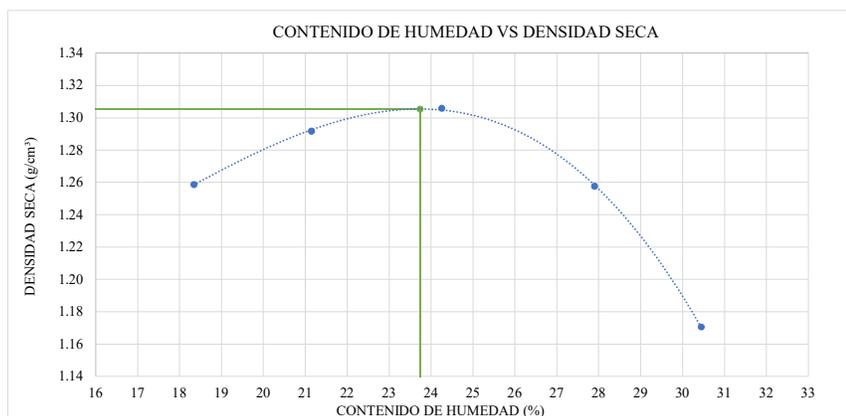


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.363</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>23.33</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>08/11/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	80	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 80 + CB 20</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	20	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo + Molde (g)	3209.00	3280.10	3338.10	3325.40	3243.10
Peso Molde (g)	1802.10	1800.10	1800.80	1802.80	1802.20
Peso Húmedo (g)	<b>1406.90</b>	<b>1480.00</b>	<b>1537.30</b>	<b>1522.60</b>	<b>1440.90</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.50	945.78	947.41	946.60	943.69
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.490</b>	<b>1.565</b>	<b>1.623</b>	<b>1.608</b>	<b>1.527</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	321.20	356.20	301.70	356.50	375.30
Peso Seco + Tara (g)	279.40	304.60	252.60	292.10	301.60
Peso Agua (g)	<b>41.80</b>	<b>51.60</b>	<b>49.10</b>	<b>64.40</b>	<b>73.70</b>
Peso Tara (g)	51.50	60.55	50.17	61.26	59.54
Peso Muestra Seca (g)	<b>227.90</b>	<b>244.05</b>	<b>202.43</b>	<b>230.84</b>	<b>242.06</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>18.34</b>	<b>21.14</b>	<b>24.26</b>	<b>27.90</b>	<b>30.45</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.259</b>	<b>1.292</b>	<b>1.306</b>	<b>1.258</b>	<b>1.170</b>

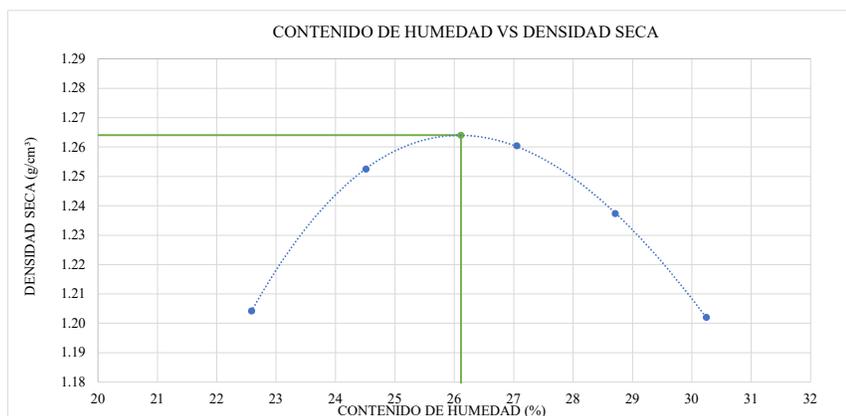


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.305</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>23.74</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>29/11/2021</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	75	<b>CÓGIDO</b>		<b>SA 75 + CB 25</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	25	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo + Molde (g)	3202.80	3273.80	3315.30	3306.70	3285.20
Peso Molde (g)	1804.30	1800.80	1802.40	1800.50	1804.90
Peso Húmedo (g)	<b>1398.50</b>	<b>1473.00</b>	<b>1512.90</b>	<b>1506.20</b>	<b>1480.30</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	947.41	944.50	944.74	945.78	945.55
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.476</b>	<b>1.560</b>	<b>1.601</b>	<b>1.593</b>	<b>1.566</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	324.00	309.60	368.90	315.00	379.60
Peso Seco + Tara (g)	275.30	259.50	302.50	257.20	303.90
Peso Agua (g)	<b>48.70</b>	<b>50.10</b>	<b>66.40</b>	<b>57.80</b>	<b>75.70</b>
Peso Tara (g)	59.66	55.12	57.03	55.87	53.60
Peso Muestra Seca (g)	<b>215.64</b>	<b>204.38</b>	<b>245.47</b>	<b>201.33</b>	<b>250.30</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>22.58</b>	<b>24.51</b>	<b>27.05</b>	<b>28.71</b>	<b>30.24</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.204</b>	<b>1.253</b>	<b>1.260</b>	<b>1.237</b>	<b>1.202</b>

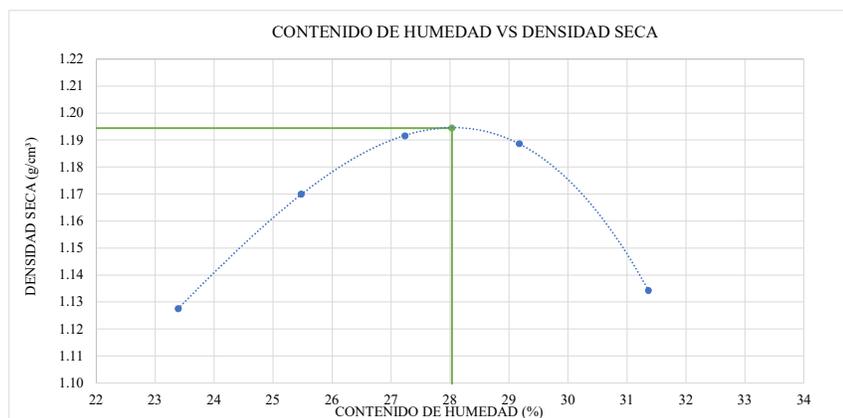


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.264</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>26.11</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			15/11/2021	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
SUELO ARCILLOSO (%)	70	CÓDIGO	SA 70 + CB 30	
CENIZA DE BAGAZO (%)	30	COORDENADAS	ESTE	748925.18
CAL HIDRATADA (%)	0		NORTE	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo + Molde (g)	3122.40	3188.60	3239.20	3252.30	3209.70
Peso Molde (g)	1804.30	1800.20	1802.50	1800.50	1802.40
Peso Húmedo (g)	<b>1318.10</b>	<b>1388.40</b>	<b>1436.70</b>	<b>1451.80</b>	<b>1407.30</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	947.41	945.78	947.66	945.55	944.50
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.391</b>	<b>1.468</b>	<b>1.516</b>	<b>1.535</b>	<b>1.490</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	358.10	374.90	325.90	389.50	360.40
Peso Seco + Tara (g)	300.00	308.10	268.60	312.40	286.50
Peso Agua (g)	<b>58.10</b>	<b>66.80</b>	<b>57.30</b>	<b>77.10</b>	<b>73.90</b>
Peso Tara (g)	51.60	45.90	58.20	48.12	50.87
Peso Muestra Seca (g)	<b>248.40</b>	<b>262.20</b>	<b>210.40</b>	<b>264.28</b>	<b>235.63</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>23.39</b>	<b>25.48</b>	<b>27.23</b>	<b>29.17</b>	<b>31.36</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.128</b>	<b>1.170</b>	<b>1.192</b>	<b>1.189</b>	<b>1.134</b>

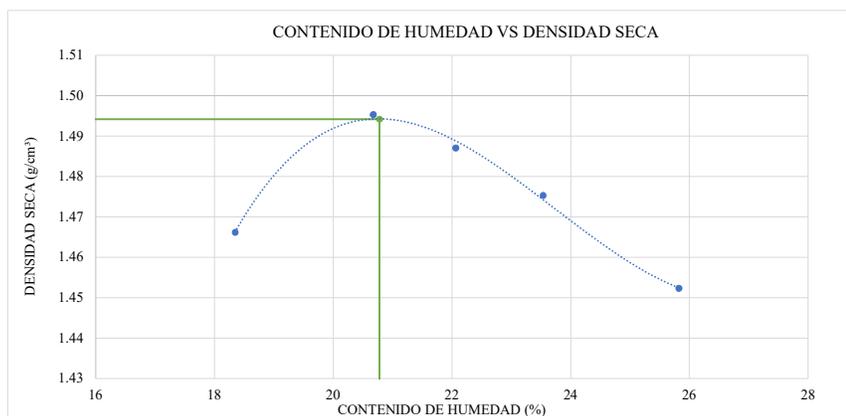


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.194</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>28.03</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>07/03/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	97	<b>CÓDIGO</b>		<b>SA 97 + CH 03</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	3			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3438.10	3501.40	3519.00	3511.10	3525.00
Peso Molde (g)	1798.40	1795.60	1799.30	1794.20	1795.70
Peso Húmedo (g)	<b>1639.70</b>	<b>1705.80</b>	<b>1719.70</b>	<b>1716.90</b>	<b>1729.30</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.97	945.31	947.41	942.07	946.36
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.735</b>	<b>1.804</b>	<b>1.815</b>	<b>1.822</b>	<b>1.827</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	318.70	412.30	387.90	375.00	364.70
Peso Seco + Tara (g)	278.50	351.20	327.80	315.30	301.60
Peso Agua (g)	<b>40.20</b>	<b>61.10</b>	<b>60.10</b>	<b>59.70</b>	<b>63.10</b>
Peso Tara (g)	59.40	55.69	55.40	61.63	57.22
Peso Muestra Seca (g)	<b>219.10</b>	<b>295.51</b>	<b>272.40</b>	<b>253.67</b>	<b>244.38</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>18.35</b>	<b>20.68</b>	<b>22.06</b>	<b>23.53</b>	<b>25.82</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.466</b>	<b>1.495</b>	<b>1.487</b>	<b>1.475</b>	<b>1.452</b>

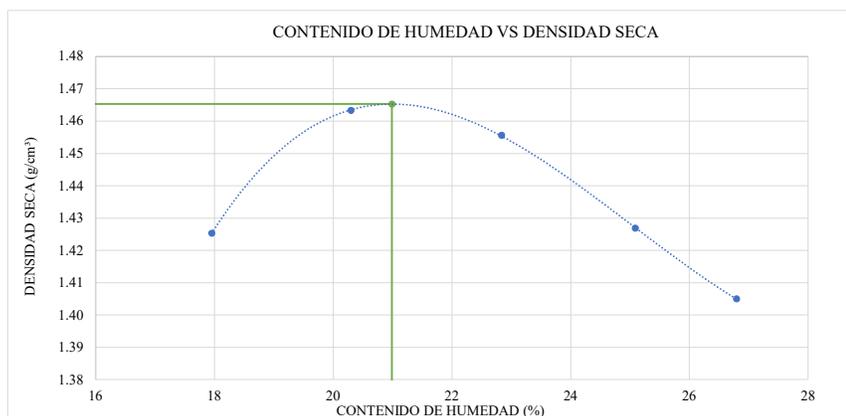


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.494</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>20.78</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>14/03/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	95	<b>CÓDIGO</b>		<b>SA 95 + CH 05</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	5		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3387.70	3463.20	3491.40	3475.90	3479.30
Peso Molde (g)	1795.30	1795.40	1799.30	1794.50	1795.30
Peso Húmedo (g)	<b>1592.40</b>	<b>1667.80</b>	<b>1692.10</b>	<b>1681.40</b>	<b>1684.00</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	947.18	947.41	946.36	942.07	945.31
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.681</b>	<b>1.760</b>	<b>1.788</b>	<b>1.785</b>	<b>1.781</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	375.60	452.40	369.40	403.70	481.80
Peso Seco + Tara (g)	326.10	385.70	311.10	333.00	391.50
Peso Agua (g)	<b>49.50</b>	<b>66.70</b>	<b>58.30</b>	<b>70.70</b>	<b>90.30</b>
Peso Tara (g)	50.40	57.10	55.78	51.18	54.48
Peso Muestra Seca (g)	<b>275.70</b>	<b>328.60</b>	<b>255.32</b>	<b>281.82</b>	<b>337.02</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>17.95</b>	<b>20.30</b>	<b>22.83</b>	<b>25.09</b>	<b>26.79</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.425</b>	<b>1.463</b>	<b>1.456</b>	<b>1.427</b>	<b>1.405</b>

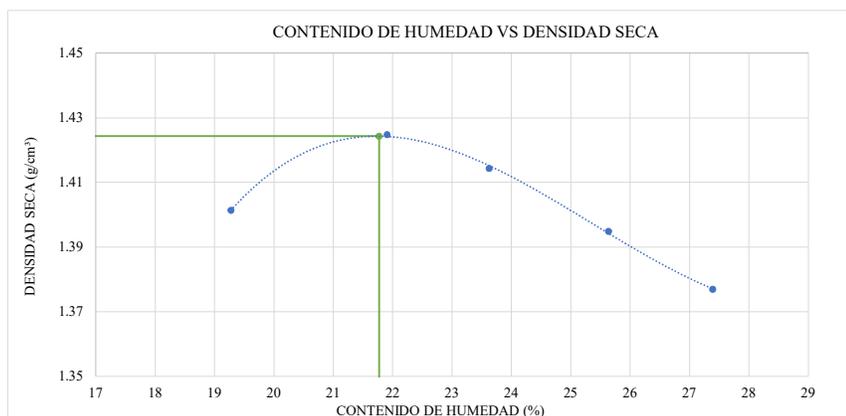


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.465</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>20.99</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>21/03/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	93	<b>CÓDIGO</b>		<b>SA 93 + CH 07</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	7			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3378.10	3437.10	3447.10	3450.20	3457.00
Peso Molde (g)	1794.50	1796.20	1795.70	1794.20	1795.60
Peso Húmedo (g)	<b>1583.60</b>	<b>1640.90</b>	<b>1651.40</b>	<b>1656.00</b>	<b>1661.40</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	947.41	944.74	944.50	944.97	947.18
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.672</b>	<b>1.737</b>	<b>1.748</b>	<b>1.752</b>	<b>1.754</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	347.80	452.70	368.30	403.50	345.90
Peso Seco + Tara (g)	300.20	381.90	308.70	332.30	283.00
Peso Agua (g)	<b>47.60</b>	<b>70.80</b>	<b>59.60</b>	<b>71.20</b>	<b>62.90</b>
Peso Tara (g)	53.27	58.70	56.41	54.55	53.34
Peso Muestra Seca (g)	<b>246.93</b>	<b>323.20</b>	<b>252.29</b>	<b>277.75</b>	<b>229.66</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>19.28</b>	<b>21.91</b>	<b>23.62</b>	<b>25.63</b>	<b>27.39</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.401</b>	<b>1.425</b>	<b>1.414</b>	<b>1.395</b>	<b>1.377</b>

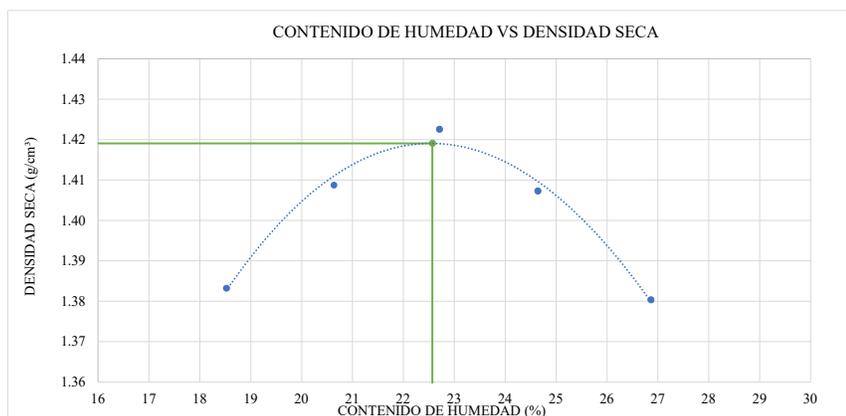


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.424</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>21.77</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>28/03/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	91	<b>CÓDIGO</b>	<b>SA 91 + CH 09</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	9		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3342.00	3405.70	3446.90	3456.80	3454.70
Peso Molde (g)	1796.20	1798.40	1794.50	1795.40	1795.60
Peso Húmedo (g)	<b>1545.80</b>	<b>1607.30</b>	<b>1652.40</b>	<b>1661.40</b>	<b>1659.10</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.88	945.78	946.60	947.18	947.41
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.639</b>	<b>1.699</b>	<b>1.746</b>	<b>1.754</b>	<b>1.751</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	377.80	401.70	422.10	404.70	345.20
Peso Seco + Tara (g)	327.30	342.50	355.00	335.30	284.10
Peso Agua (g)	<b>50.50</b>	<b>59.20</b>	<b>67.10</b>	<b>69.40</b>	<b>61.10</b>
Peso Tara (g)	54.66	55.60	59.51	53.64	56.67
Peso Muestra Seca (g)	<b>272.64</b>	<b>286.90</b>	<b>295.49</b>	<b>281.66</b>	<b>227.43</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>18.52</b>	<b>20.63</b>	<b>22.71</b>	<b>24.64</b>	<b>26.87</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.383</b>	<b>1.409</b>	<b>1.423</b>	<b>1.407</b>	<b>1.380</b>

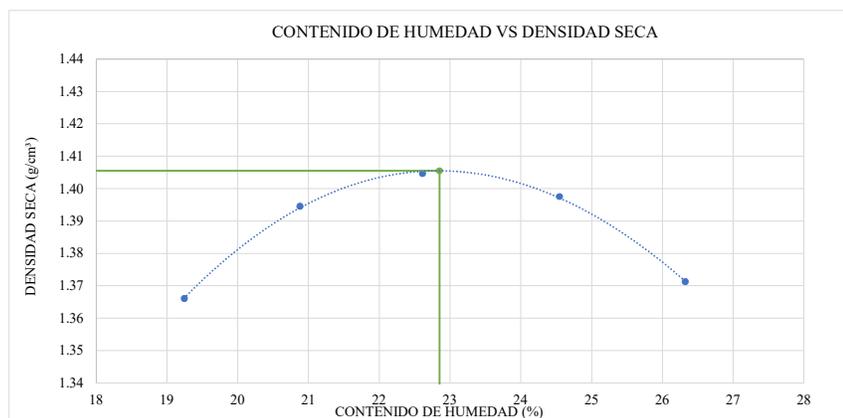


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.419</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>22.57</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>04/04/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	89	<b>CÓDIGO</b>		<b>SA 89 + CH 11</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>		<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	11			<b>NORTE</b> 9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3330.20	3390.50	3420.90	3442.10	3431.80
Peso Molde (g)	1795.60	1796.20	1798.40	1794.50	1797.10
Peso Húmedo (g)	<b>1534.60</b>	<b>1594.30</b>	<b>1622.50</b>	<b>1647.60</b>	<b>1634.70</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	942.07	945.78	942.07	946.60	943.69
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.629</b>	<b>1.686</b>	<b>1.722</b>	<b>1.741</b>	<b>1.732</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	345.80	387.70	375.60	326.50	390.10
Peso Seco + Tara (g)	299.10	330.20	316.80	273.00	320.70
Peso Agua (g)	<b>46.70</b>	<b>57.50</b>	<b>58.80</b>	<b>53.50</b>	<b>69.40</b>
Peso Tara (g)	56.44	54.79	56.74	55.03	57.04
Peso Muestra Seca (g)	<b>242.66</b>	<b>275.41</b>	<b>260.06</b>	<b>217.97</b>	<b>263.66</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>19.25</b>	<b>20.88</b>	<b>22.61</b>	<b>24.54</b>	<b>26.32</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.366</b>	<b>1.395</b>	<b>1.405</b>	<b>1.398</b>	<b>1.371</b>

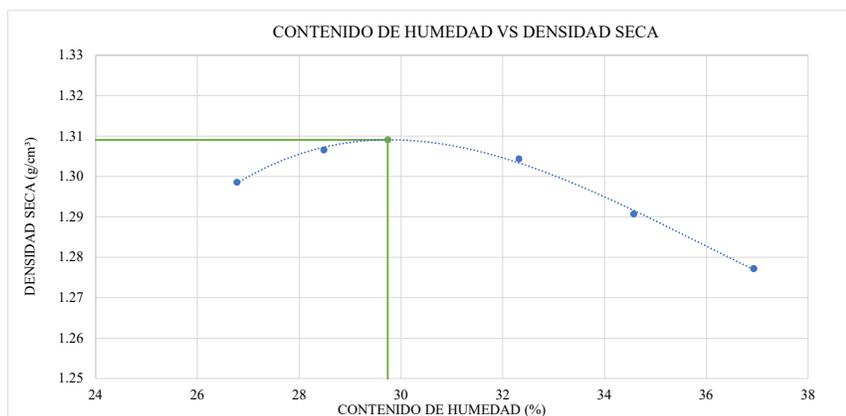


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.406</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>22.85</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			15/08/2022	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
SUELO ARCILLOSO (%)	89	CÓGIDO	SA89 + CB10 + CH01	
CENIZA DE BAGAZO (%)	10	COORDENADAS	ESTE	748925.18
CAL HIDRATADA (%)	1		NORTE	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3351.10	3383.00	3424.40	3443.10	3447.80
Peso Molde (g)	1796.20	1795.30	1795.70	1799.30	1795.60
Peso Húmedo (g)	<b>1554.90</b>	<b>1587.70</b>	<b>1628.70</b>	<b>1643.80</b>	<b>1652.20</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.50	945.78	943.69	946.36	944.74
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.646</b>	<b>1.679</b>	<b>1.726</b>	<b>1.737</b>	<b>1.749</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	399.80	478.90	451.10	419.80	448.70
Peso Seco + Tara (g)	328.10	386.70	355.90	326.90	343.00
Peso Agua (g)	<b>71.70</b>	<b>92.20</b>	<b>95.20</b>	<b>92.90</b>	<b>105.70</b>
Peso Tara (g)	60.30	62.98	61.30	58.20	56.75
Peso Muestra Seca (g)	<b>267.80</b>	<b>323.72</b>	<b>294.60</b>	<b>268.70</b>	<b>286.25</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>26.77</b>	<b>28.48</b>	<b>32.32</b>	<b>34.57</b>	<b>36.93</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.299</b>	<b>1.307</b>	<b>1.304</b>	<b>1.291</b>	<b>1.277</b>

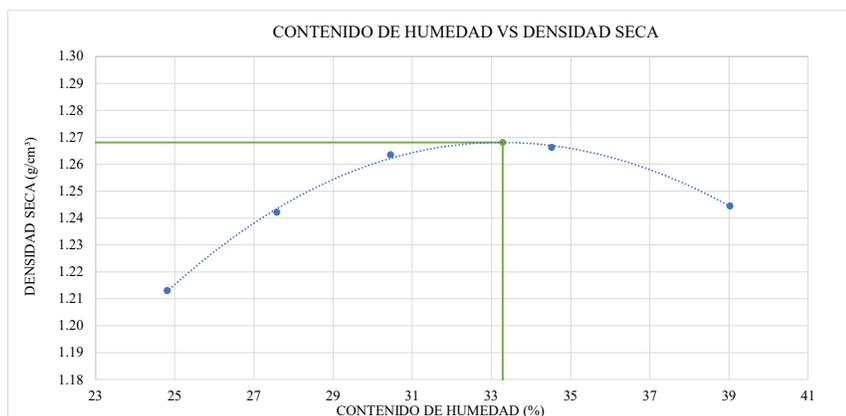


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.309</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>29.74</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			22/08/2022	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
SOLICITANTE		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	84	CÓGIDO	SA84 + CB15 + CH01	
CENIZA DE BAGAZO (%)	15	COORDENADAS	ESTE	748925.18
CAL HIDRATADA (%)	1		NORTE	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3224.10	3295.90	3355.90	3399.20	3437.60
Peso Molde (g)	1795.40	1796.20	1795.70	1794.50	1797.10
Peso Húmedo (g)	<b>1428.70</b>	<b>1499.70</b>	<b>1560.20</b>	<b>1604.70</b>	<b>1640.50</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	943.69	946.36	946.60	942.07	948.22
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.514</b>	<b>1.585</b>	<b>1.648</b>	<b>1.703</b>	<b>1.730</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	368.10	407.90	405.50	397.50	422.60
Peso Seco + Tara (g)	306.50	332.60	324.10	310.60	319.90
Peso Agua (g)	<b>61.60</b>	<b>75.30</b>	<b>81.40</b>	<b>86.90</b>	<b>102.70</b>
Peso Tara (g)	58.15	59.50	56.76	58.84	56.72
Peso Muestra Seca (g)	<b>248.35</b>	<b>273.10</b>	<b>267.34</b>	<b>251.76</b>	<b>263.18</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>24.80</b>	<b>27.57</b>	<b>30.45</b>	<b>34.52</b>	<b>39.02</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.213</b>	<b>1.242</b>	<b>1.264</b>	<b>1.266</b>	<b>1.244</b>

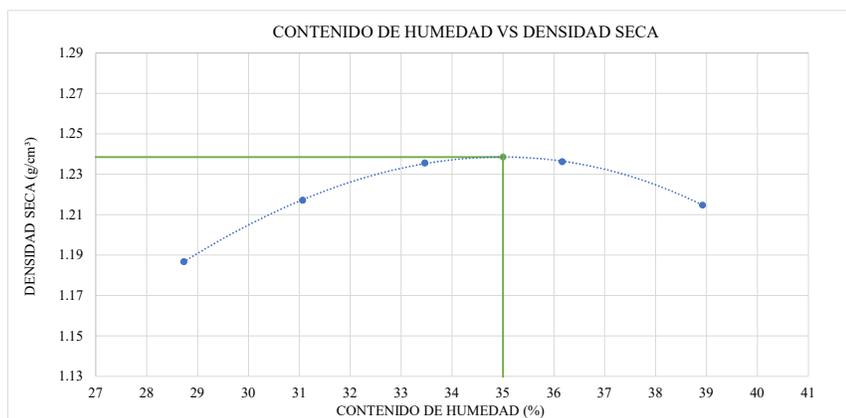


<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.268</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>33.28</b>	<b>%</b>

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		<b>Fecha</b>	
			<b>29/08/2022</b>	
<b>MÉTODO DE ENSAYO PARA LA COMPACTACIÓN DEL SUELO EN EL LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (2700 Kn-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>))</b> ASTM D-1557 / NTP 339.141 (1999)				
<b>SOLICITANTE</b>		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	79	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA79 + CB20 + CH01</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	20	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b>	9220513.13

CONDICIONES DEL ENSAYO			
TIPO	Modificado	CONDICIÓN DE HORNO	Horno 110°C
PROCEDIMIENTO	A	DIÁMETRO DE MOLDE	10.16 cm

DENSIDAD HÚMEDA					
NÚMERO DE ENSAYO	1	2	3	4	5
Nº de Capas	5	5	5	5	5
Nº de Golpes por Capa	25	25	25	25	25
Peso Húmedo+ Molde (g)	3240.10	3305.90	3354.20	3385.70	3388.70
Peso Molde (g)	1798.40	1796.20	1794.50	1795.30	1795.70
Peso Húmedo (g)	<b>1441.70</b>	<b>1509.70</b>	<b>1559.70</b>	<b>1590.40</b>	<b>1593.00</b>
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	943.69	946.36	945.78	944.74	943.93
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.528</b>	<b>1.595</b>	<b>1.649</b>	<b>1.683</b>	<b>1.688</b>
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)					
Ensayo	1	2	3	4	5
Peso Húmedo + Tara (g)	398.90	365.40	415.50	432.60	338.40
Peso Seco + Tara (g)	322.00	292.80	325.70	334.90	259.10
Peso Agua (g)	<b>76.90</b>	<b>72.60</b>	<b>89.80</b>	<b>97.70</b>	<b>79.30</b>
Peso Tara (g)	54.34	59.09	57.34	64.73	55.37
Peso Muestra Seca (g)	<b>267.66</b>	<b>233.71</b>	<b>268.36</b>	<b>270.17</b>	<b>203.73</b>
Contenido de Humedad (%)	<b>28.73</b>	<b>31.06</b>	<b>33.46</b>	<b>36.16</b>	<b>38.92</b>
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.187</b>	<b>1.217</b>	<b>1.236</b>	<b>1.236</b>	<b>1.215</b>



<b>DENSIDAD SECA MÁXIMA:</b>	<b>1.239</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>
<b>CONT. DE HUMEDAD ÓPTIMO:</b>	<b>35.00</b>	<b>%</b>

## **ANEXO 1.5: CBR**



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

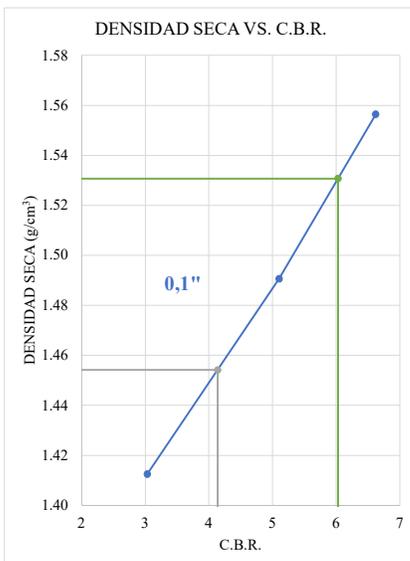
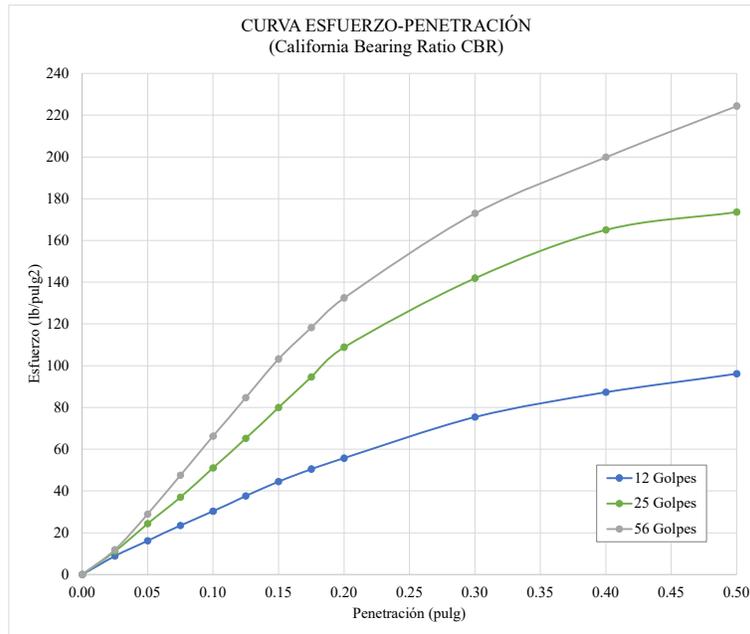
04/10/2021

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	100	CÓGIDO	SA
CENIZA DE BAGAZO (%)	0	COORDENADAS	ESTE 748925.18
CAL HIDRATADA (%)	0		NORTE 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



**ENSAYO PROCTOR MODIFICADO**

DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.531	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	20.15	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg <sup>2</sup> )	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )
PRESION 12 GOLPES	30.33	1000	3.03	1.413
PRESION 25 GOLPES	51.04	1000	5.10	1.491
PRESION 56 GOLPES	66.23	1000	6.62	1.556

**VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.**

C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	4.14%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	6.03%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

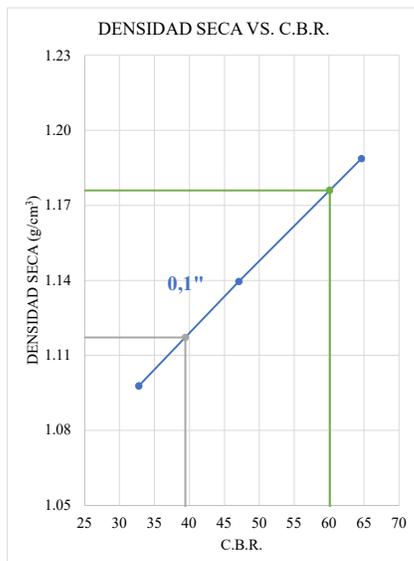
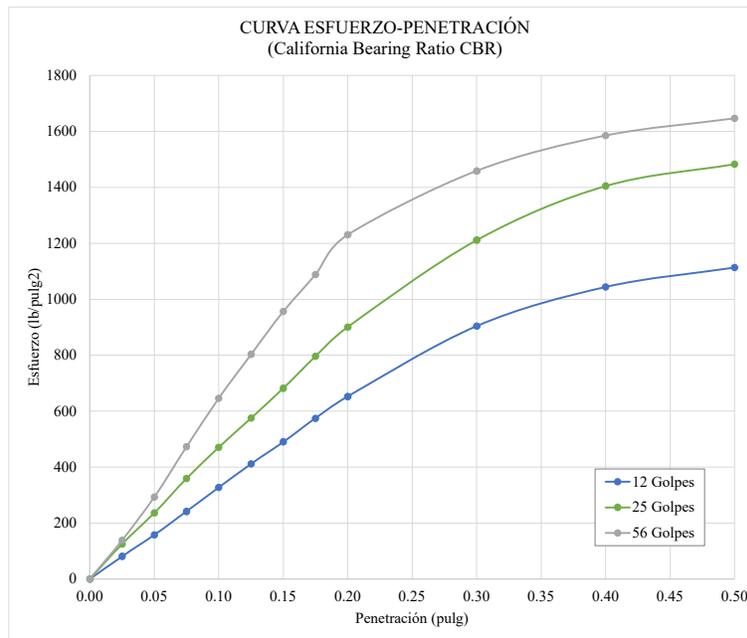
18/10/2021

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	0	<b>CÓGIDO</b>	<b>CH</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	100		<b>NORTE</b>
			748925.18
			9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.176	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	30.42	%

<b>Nº DE ENSAYO</b>	<b>PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg²)</b>	<b>PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>	<b>DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>
PRESION 12 GOLPES	327.55	1000	32.75	1.098
PRESION 25 GOLPES	470.88	1000	47.09	1.140
PRESION 56 GOLPES	646.30	1000	64.63	1.189

<b>VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.</b>	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	39.43%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	60.10%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

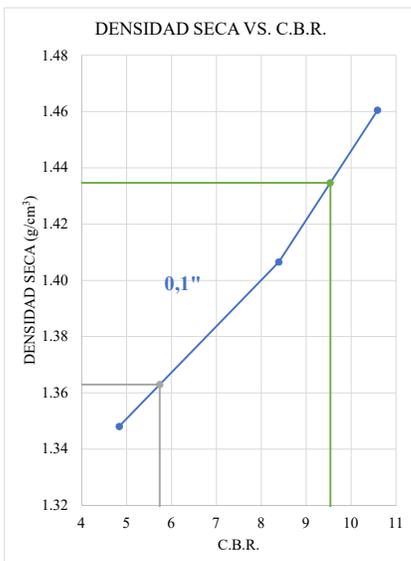
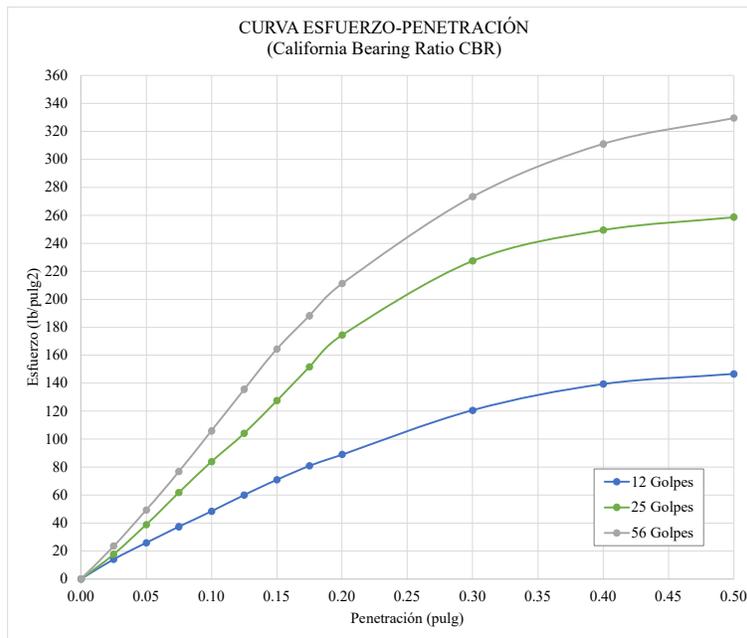
01/11/2021

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL			
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA			
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	90	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 90 + CB 10</b>	
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	10	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b>	748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0		<b>NORTE</b>	9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.435	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	21.31	%

<b>Nº DE ENSAYO</b>	<b>PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg2)</b>	<b>PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>	<b>DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>
PRESION 12 GOLPES	<b>48.38</b>	<b>1000</b>	<b>4.84</b>	<b>1.348</b>
PRESION 25 GOLPES	<b>83.89</b>	<b>1000</b>	<b>8.39</b>	<b>1.406</b>
PRESION 56 GOLPES	<b>105.86</b>	<b>1000</b>	<b>10.59</b>	<b>1.461</b>

<b>VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.</b>	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	5.74%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	9.54%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

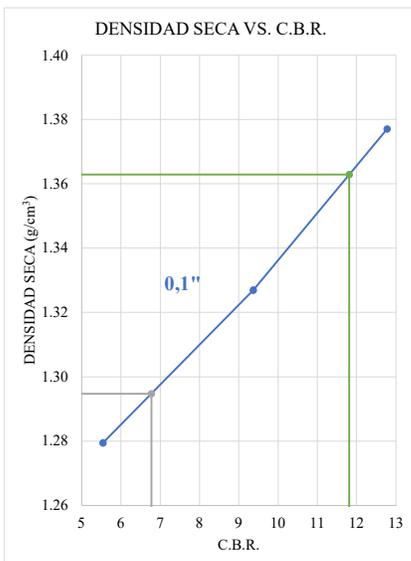
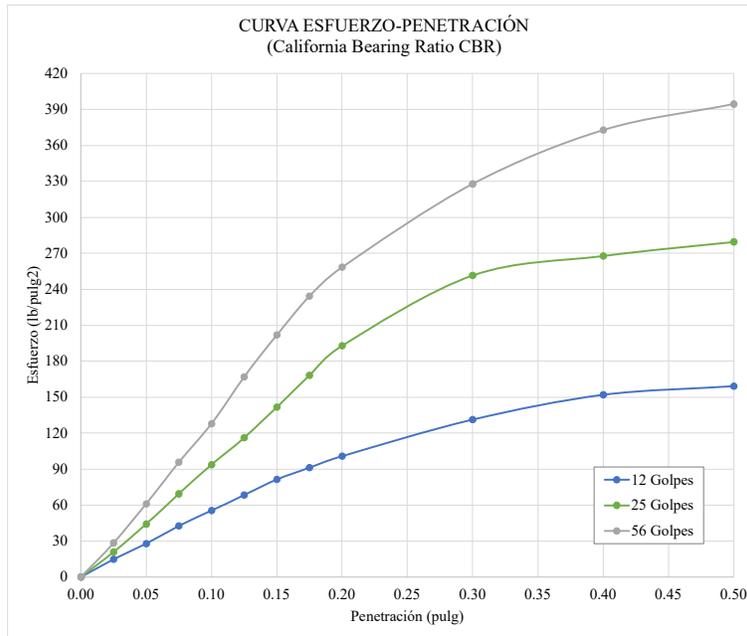
22/11/2021

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	85	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 85 + CB 15</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	15	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	0		<b>NORTE</b> 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



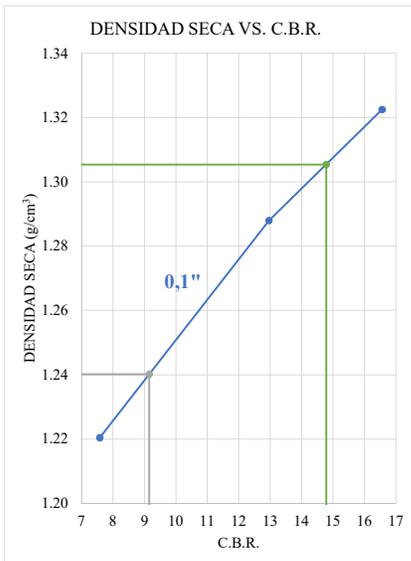
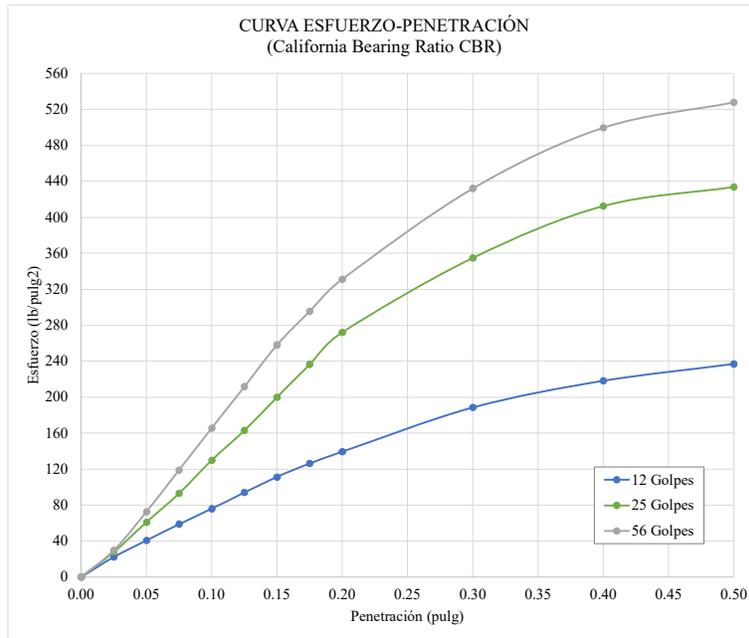
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.363	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	23.33	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )
PRESION 12 GOLPES	55.44	1000	5.54	1.279
PRESION 25 GOLPES	93.71	1000	9.37	1.327
PRESION 56 GOLPES	127.76	1000	12.78	1.377

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	6.78%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	11.81%

	<b>TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"</b>		Fecha	
			08/11/2021	
<b>MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO</b> A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)				
SOLICITANTE		SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN		SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	80	CÓGIDO	SA 80 + CB 20	
CENIZA DE BAGAZO (%)	20		ESTE	748925.18
CAL HIDRATADA (%)	0	COORDENADAS	NORTE	9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.305	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	23.74	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )
PRESION 12 GOLPES	75.81	1000	7.58	1.220
PRESION 25 GOLPES	129.65	1000	12.97	1.288
PRESION 56 GOLPES	165.59	1000	16.56	1.322

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	9.15%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	14.78%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

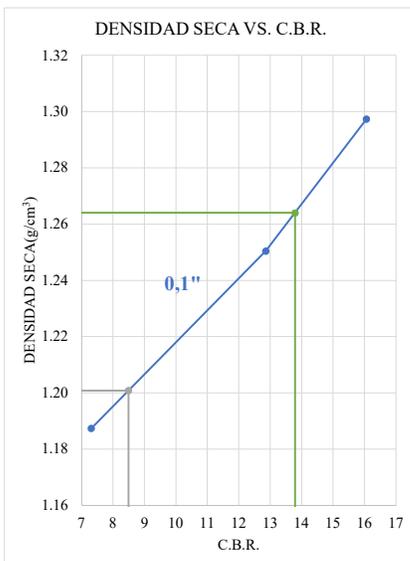
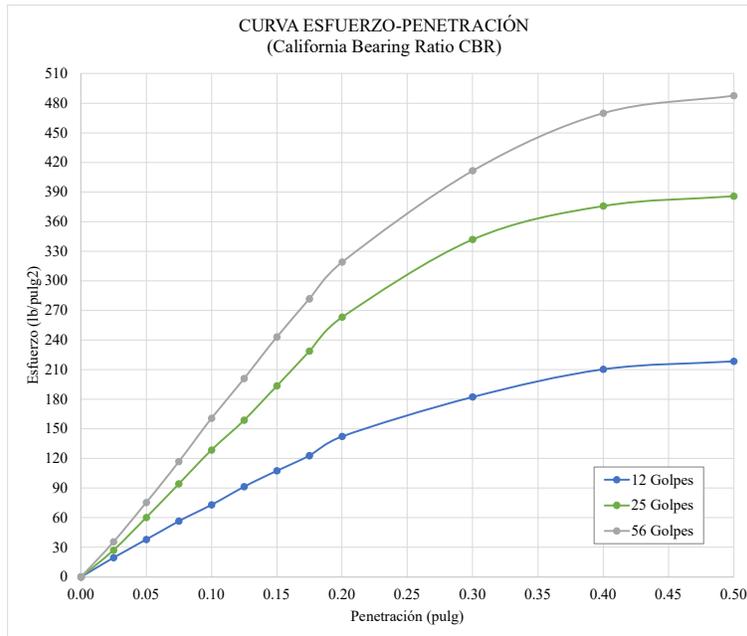
29/11/2021

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	75	CÓGIDO	SA 75 + CB 25
CENIZA DE BAGAZO (%)	25	COORDENADAS	ESTE 748925.18
CAL HIDRATADA (%)	0		NORTE 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.264	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	26.11	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )
PRESION 12 GOLPES	73.05	1000	7.30	1.187
PRESION 25 GOLPES	128.63	1000	12.86	1.250
PRESION 56 GOLPES	160.57	1000	16.06	1.297

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	8.49%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	13.79%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

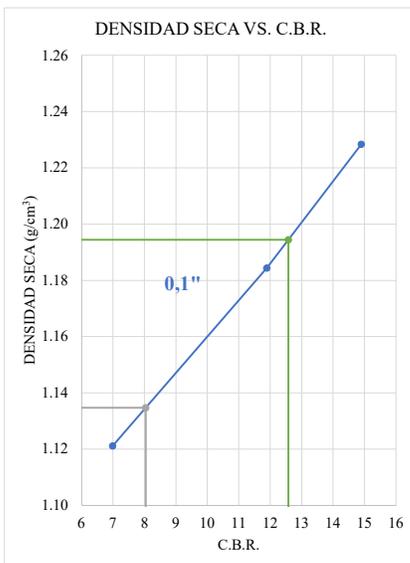
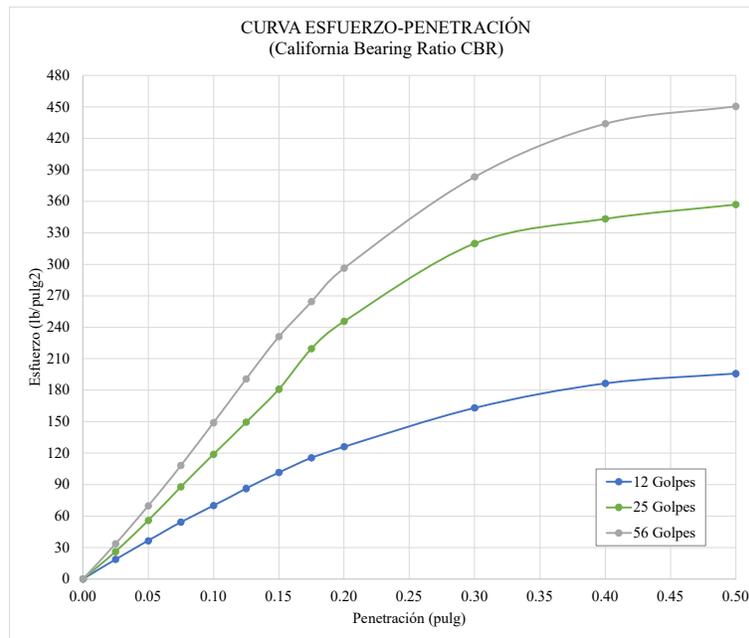
15/11/2021

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	70	CÓGIDO	SA 70 + CB 30
CENIZA DE BAGAZO (%)	30	COORDENADAS	ESTE 748925.18
CAL HIDRATADA (%)	0		NORTE 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.194	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	28.03	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )
PRESION 12 GOLPES	69.92	1000	6.99	1.121
PRESION 25 GOLPES	118.88	1000	11.89	1.184
PRESION 56 GOLPES	148.93	1000	14.89	1.228

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	8.04%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	12.57%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

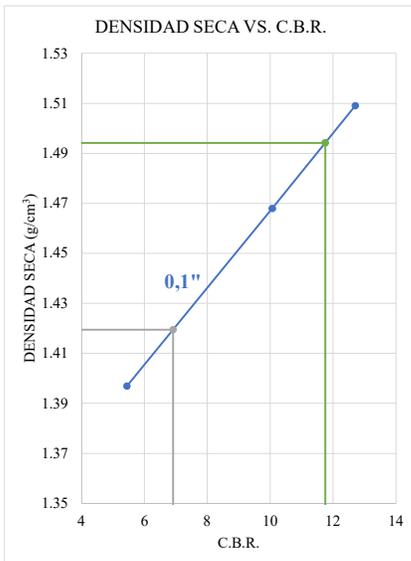
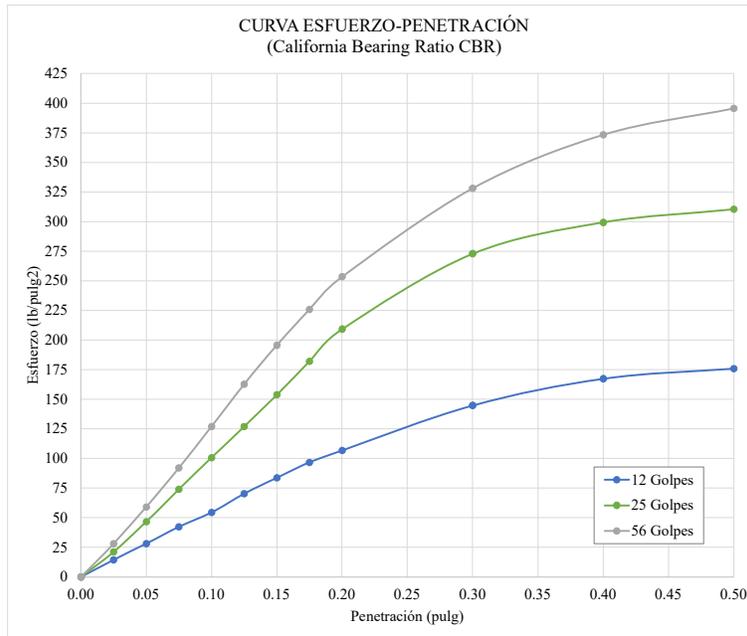
07/03/2022

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	97	CÓGIDO	SA 97 + CH 03
CENIZA DE BAGAZO (%)	0	COORDENADAS	ESTE 748925.18
CAL HIDRATADA (%)	3		NORTE 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.494	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	20.78	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	54.42	1000	5.44	1.397
PRESION 25 GOLPES	100.67	1000	10.07	1.468
PRESION 56 GOLPES	127.03	1000	12.70	1.509

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	6.91%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	11.75%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

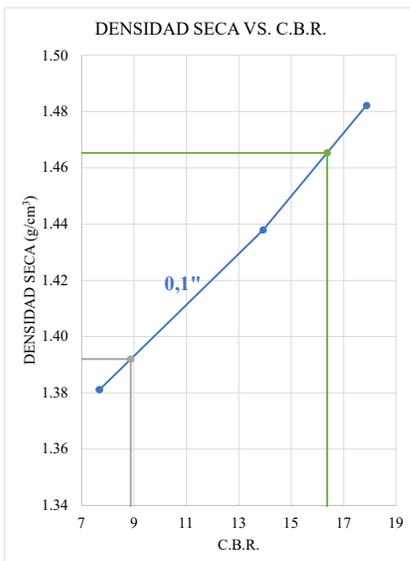
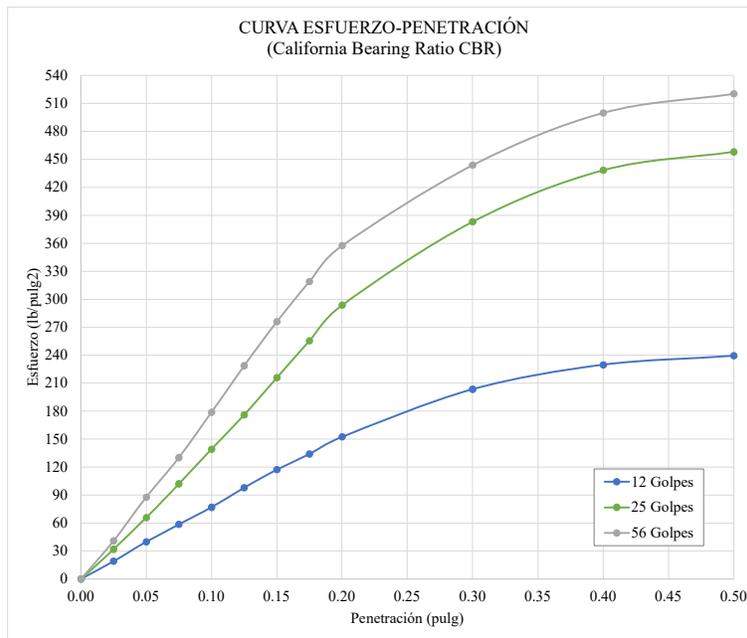
14/03/2022

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	95	CÓGIDO	SA 95 + CH 05
CENIZA DE BAGAZO (%)	0	COORDENADAS	ESTE 748925.18
CAL HIDRATADA (%)	5		NORTE 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.465	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	20.99	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	76.83	1000	7.68	1.381
PRESION 25 GOLPES	139.26	1000	13.93	1.438
PRESION 56 GOLPES	178.76	1000	17.88	1.482

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	8.88%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	16.37%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

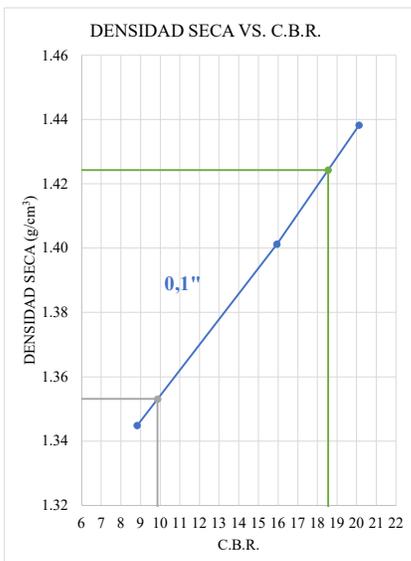
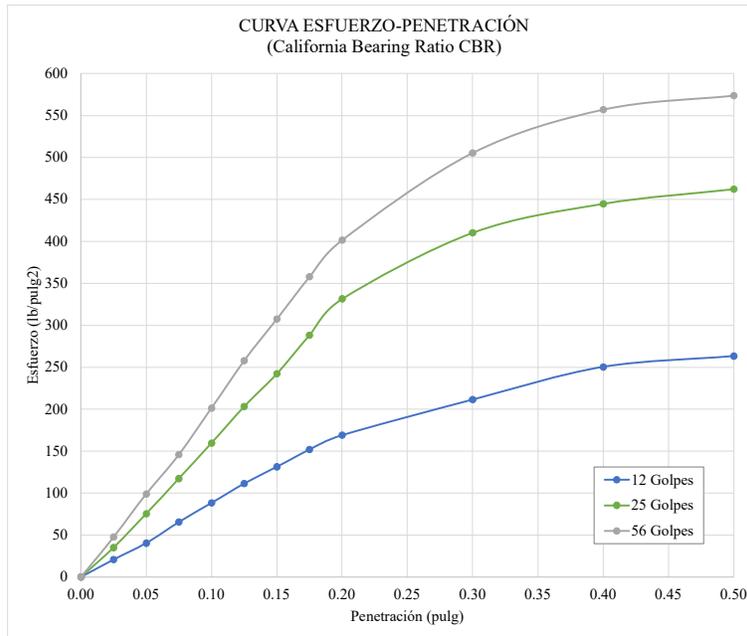
21/03/2022

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	93	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA 93 + CH 07</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	0	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	7		<b>NORTE</b> 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.424	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	21.77	%

<b>Nº DE ENSAYO</b>	<b>PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg²)</b>	<b>PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>	<b>DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>
PRESION 12 GOLPES	88.25	1000	8.83	1.345
PRESION 25 GOLPES	159.48	1000	15.95	1.401
PRESION 56 GOLPES	201.14	1000	20.11	1.438

<b>VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.</b>	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	9.87%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	18.54%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

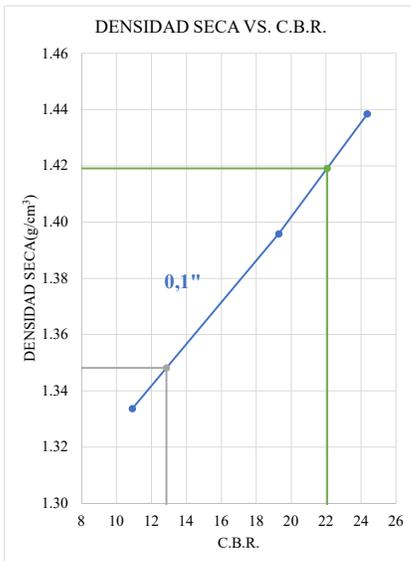
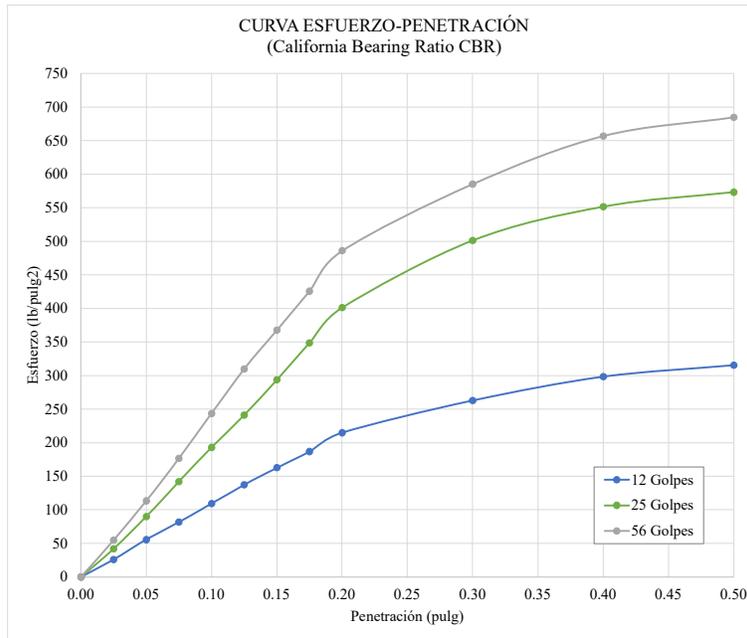
28/03/2022

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	91	CÓGIDO	SA 91 + CH 09
CENIZA DE BAGAZO (%)	0	COORDENADAS	ESTE 748925.18
CAL HIDRATADA (%)	9		NORTE 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.419	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	22.57	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	109.13	1000	10.91	1.334
PRESION 25 GOLPES	192.95	1000	19.30	1.396
PRESION 56 GOLPES	243.52	1000	24.35	1.438

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	12.86%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	22.05%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

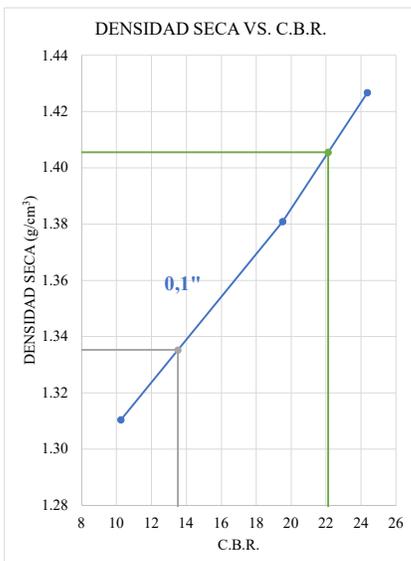
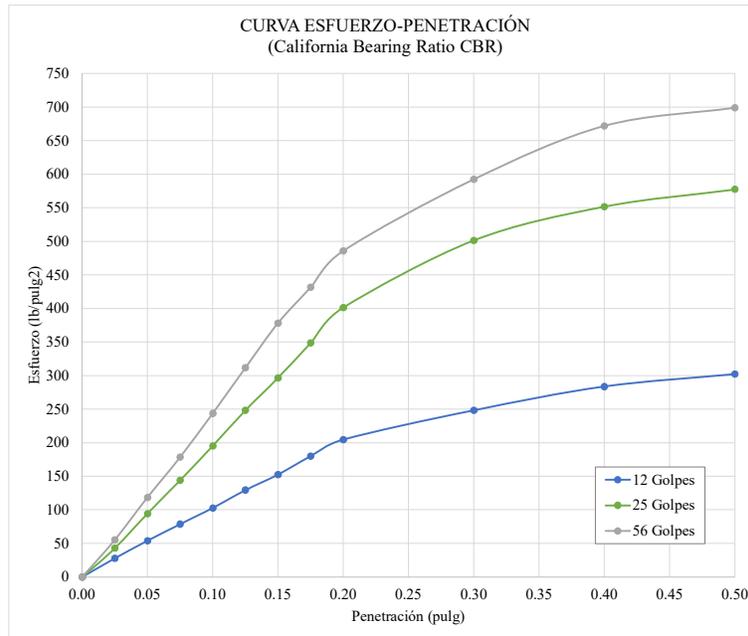
04/04/2022

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

SOLICITANTE	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
UBICACIÓN	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
SUELO ARCILLOSO (%)	89	CÓGIDO	SA 89 + CH 11
CENIZA DE BAGAZO (%)	0	COORDENADAS	ESTE 748925.18
CAL HIDRATADA (%)	11		NORTE 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.406	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	22.85	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
PRESION 12 GOLPES	102.59	1000	10.26	1.310
PRESION 25 GOLPES	195.13	1000	19.51	1.381
PRESION 56 GOLPES	243.59	1000	24.36	1.427

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	13.52%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	22.12%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

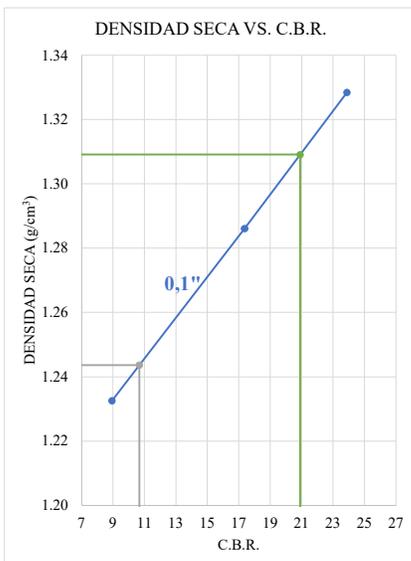
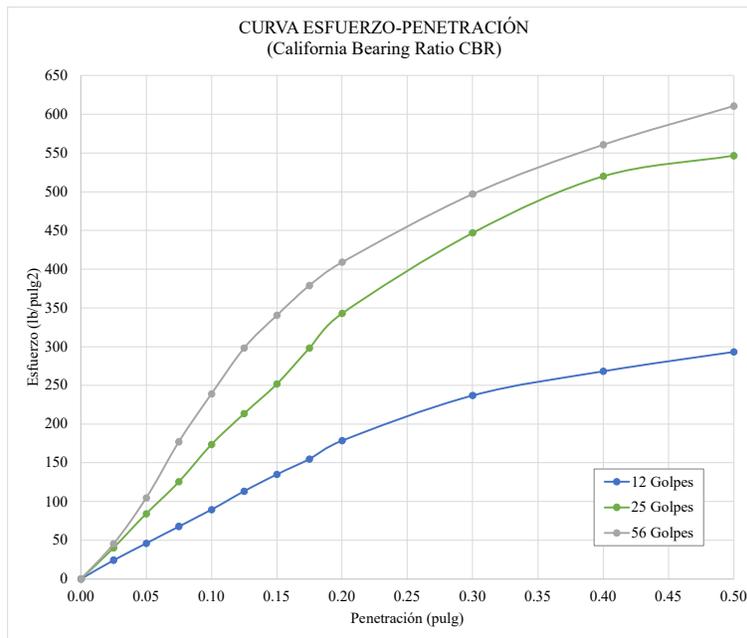
15/08/2022

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	89	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA89 + CB10 + CH01</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	10	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b> 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.309	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	29.74	%

<b>Nº DE ENSAYO</b>	<b>PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg²)</b>	<b>PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>	<b>DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>
PRESION 12 GOLPES	89.42	1000	8.94	1.233
PRESION 25 GOLPES	173.67	1000	17.37	1.286
PRESION 56 GOLPES	238.79	1000	23.88	1.328

<b>VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.</b>	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	10.69%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	20.90%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

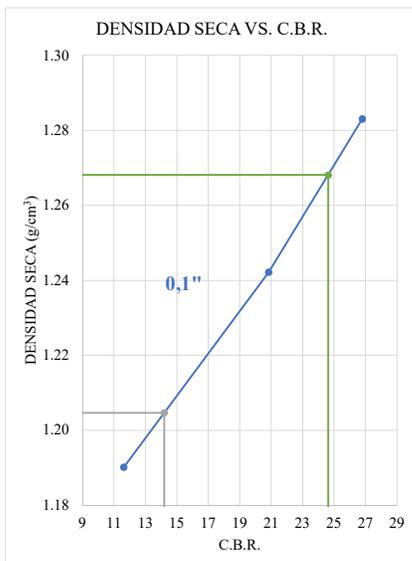
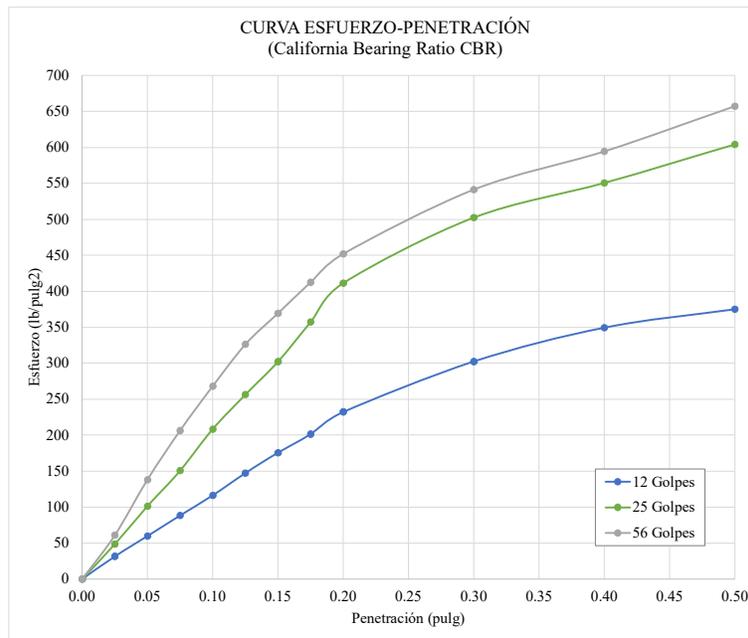
22/08/2022

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	84	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA84 + CB10 + CH01</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	15	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b> 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



<b>ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</b>		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.268	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	33.28	%

<b>Nº DE ENSAYO</b>	<b>PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg²)</b>	<b>PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg²)</b>	<b>C.B.R. (%)</b>	<b>DENSIDAD SECA (g/cm³)</b>
PRESION 12 GOLPES	<b>116.26</b>	<b>1000</b>	<b>11.63</b>	<b>1.190</b>
PRESION 25 GOLPES	<b>208.37</b>	<b>1000</b>	<b>20.84</b>	<b>1.242</b>
PRESION 56 GOLPES	<b>267.96</b>	<b>1000</b>	<b>26.80</b>	<b>1.283</b>

<b>VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.</b>	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	14.20%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	24.62%



**TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR"**

Fecha

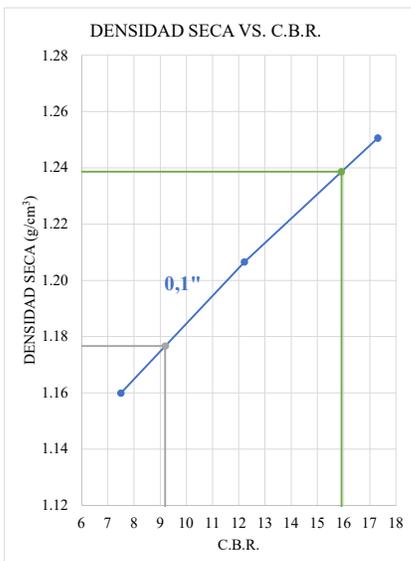
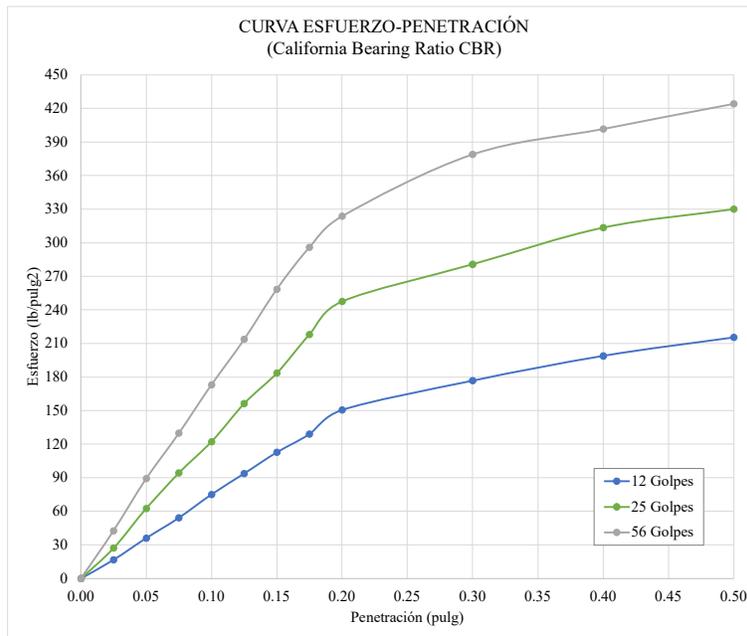
29/08/2022

**MÉTODO DE ENSAYO CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO**

A.A.S.H.T.O. T 193 - A.S.T.M. D 1883 (2014) / NPT 339.145 (1999)

<b>SOLICITANTE</b>	SANDRA PAOLA PERALTA TINGAL		
<b>UBICACIÓN</b>	SAN PABLO, CAJAMARCA CAJAMARCA		
<b>SUELO ARCILLOSO (%)</b>	79	<b>CÓGIDO</b>	<b>SA79 + CB20 + CH01</b>
<b>CENIZA DE BAGAZO (%)</b>	20	<b>COORDENADAS</b>	<b>ESTE</b> 748925.18
<b>CAL HIDRATADA (%)</b>	1		<b>NORTE</b> 9220513.13

**CURVAS DE ESFUERZO - PENETRACIÓN**



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO		
DENSIDAD SECA MÁXIMA	1.239	g/cm <sup>3</sup>
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO	35.00	%

Nº DE ENSAYO	PRESIÓN APLICADA (Lb/pulg <sup>2</sup> )	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	C.B.R. (%)	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )
PRESION 12 GOLPES	75.01	1000	7.50	1.160
PRESION 25 GOLPES	122.09	1000	12.21	1.207
PRESION 56 GOLPES	173.02	1000	17.30	1.251

VALOR RELATIVO DE SOPORTE C.B.R.	
C.B.R. PARA EL 95% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA (0,1")=	9.19%
C.B.R. PARA EL 100% DE LA DENSIDAD SECA MÁXIMA. (0,1")=	15.92%