

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Efecto de la ceniza de cascara de papa adicionado en suelos
arcillosos**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Yerson Olmer Choquechambi Condori
Fidel Huanca Chuquija

Asesor:

Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona

Juliaca, diciembre de 2023

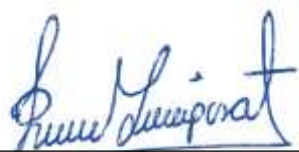
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Rina Luzmeri Yampara Ticona, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EFECTO DE LA CENIZA DE CASCARA DE PAPA ADICIONADO EN SUELOS ARCILLOSOS”** los autores **Yerson Olmer Choquechambi Condori** y **Fidel Huanca Chuquiija**, tiene un índice de similitud de 20% verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de Juliaca, a los 06 días del mes de febrero del año 2024.



Rina Luzmeri Yampara Ticona

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiari, a 26 día(s) del mes de diciembre del año 2023, siendo las 16:00 horas, se reunieron los miembros del Jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Yerson Ruberly Pari Guasi el (la) secretario(a): Mg. Edwin Parillo Escarsena y los demás miembros: Ing. Moisés Araca Chile y el (la) asesor(a) Ing. Rina Luzmei Yampara

Bicena con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado: Efecto de la ceniza de cascara de papa aducornado en sueltas arcillosas

del(los) bachiller(es): a) Yerson Elmer Choquechambi Londeri
 b) Fidel Juanca Chuquiya
 c)

conducente a la obtención del título profesional de: Ingeniero Civil
(Especialización del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Yerson Elmer Choquechambi Londeri

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (b): Fidel Juanca Chuquiya

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>14</u>	<u>C</u>	<u>Aceptable</u>	<u>Bueno</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior
 Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a

[Firma]
 Asesor/a

[Firma]
 Miembro

[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretario/a

[Firma]
 Miembro

[Firma]
 Bachiller (c)

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico con todo mi corazón y un profundo amor, en primer lugar, a mi madre Natividad Clara Condori Molleapaza, quien siempre estuvo desde inicio a fin con su apoyo y motivación incondicional, por impulsarme siempre a ser mejor persona día a día ante cualquier adversidad, y continuamente a mi padre Olmer Choquechambi Coaquira, por el apoyo y estar presente en el desarrollo de este trabajo.

Quiero dedicar está investigación a mis padres Juan y Agustina porque ellos han sido la razón de mi vida, por sus consejos y apoyo incondicional y su paciencia que tuvo en los momentos malos y buenos.

A mis hermanos que me apoyaron durante mi formación.

A toda mi familia mi pareja y mi hija, que es lo mejor y lo más valioso que Dios me a dado.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, quiero agradecer a Dios por permitirme realizar este trabajo, continuamente a mi asesor Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona, por su constante y excelente orientación, por su esfuerzo, sabiduría y dedicación en todo el desarrollo del trabajo pese a las adversidades que se presentó en el trayecto para así culminar con bien.

A mi familia y seres queridos, especialmente a mi querida madre Natividad Clara Condori Molleapaza por apoyarme en cada paso que di, siempre alentándome en todo momento con su gran amor incondicional.

Mi agradecimiento primeramente a Dios por permitir llegar hasta este momento y a la casa de estudios en especial a la Universidad Peruana Unión lo cual me abrió sus puertas para formarme profesional.

A mis profesores por las diferentes enseñanzas que me brindaron, quienes incentivaron en muchos sentidos a seguir adelante y sin su apoyo esto no hubiera podido ser posible.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	8
1. INTRODUCCIÓN.....	9
2. METODOS.....	10
2.1. Materiales.....	10
2.2. Ceniza de la Cascara de la papa.....	11
2.3. Propiedades de la papa.....	11
2.4. Procedimiento de selección de la cascara de papa.....	12
2.5. Parámetros físico químicos de la ceniza de cascara de papa.....	13
2.6. Subrasante.....	13
2.7. Métodos de prueba.....	14
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
3.1. DISEÑO DE PAVIMENTO.....	28
4. CONCLUSIONES.....	31
5. RECOMENDACIONES.....	32
6. REFERENCIAS.....	33
7. ANEXOS.....	35

Efecto de la ceniza de cascara de papa adicionado en suelos arcillosos

RESUMEN

Los ingenieros enfrentan problemas al construir carreteras, pistas y aeropuertos en suelos que contienen arcilla, limo y arena, ya que estos no son adecuados para el diseño de pavimentos. La estabilización de suelos actualmente se realiza con aditivos y productos comerciales, siendo necesario la búsqueda de productos sustentables como la ceniza de cascara de papa. La papa es un producto de alta producción en el Perú, y el residuo de cascara de papa es una opción sustentable. Las muestras obtenidas de un suelo cohesivo para la investigación son de la Segunda Circunvalación del Distrito de Juliaca Provincia de San Román Departamento de Puno, para la presente investigación se le añadió ceniza de cascara de papa en los siguientes porcentajes: 0%, 10%, 15% y 20%.

La metodología aplicada es mediante los ensayos de: granulometría, límites de consistencia, Proctor modificado, gravedad específica y CBR, de estos ensayos se obtuvieron resultados positivos para la adición de ceniza de cascara de papa. Donde se puede ver gráficamente la interpretación de los resultados que añadiendo ceniza de cascara de papa en un 20% mejora su CBR respecto a las demás adiciones de 10% y 15% tomando como referencia la norma de México la cual muestra que es la única que cumple con estos parámetros donde se podría decir de que añadiendo ceniza de cascara de papa en un 20% es el óptimo, ya que con esta adición obtenemos un CBR mayor 20% en las 6 calicatas y sus límites líquidos en las 6 calicatas no superan el valor de 40 como el índice de plasticidad no superan el valor de 12 que son los parámetros de la norma de México, cumpliendo a la vez con la normativa peruana que indica que para una subrasante optima, el CBR debe de ser $\geq 6\%$, en la normativa Peruana según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), “Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” (Manual de Carreteras & MTC, 2014, p. 40) recomienda estabilizar o cambiar por otro material.

Palabras clave: suelos, estabilización, cascara de papa, carreteras.

Effect of Added Potato Peel Ash on Clay Soils

ABSTRACT

Engineers face problems when building roads, runways and airports on soils containing clay, silt and sand, as these are not suitable for pavement design. Soil stabilization is currently carried out with additives and commercial products, being necessary the search for sustainable products such as potato husk ash. The potato is a high production product in Peru, and the potato peel residue is a sustainable option. The samples obtained from a cohesive soil for the research are from the Second Ring Road of the District of Juliaca Province of San Román Department of Puno, for the present research potato peel ash was added in the following percentages: 0%, 10%, 15% and 20%.

The methodology applied is through the tests of: granulometry, consistency limits, modified Proctor, specific gravity and CBR, from these tests positive results were obtained for the addition of potato peel ash. Where you can see graphically the interpretation of the results that adding potato husk ash by 20% improves its CBR with respect to the other additions of 10% and 15% taking as reference the standard of Mexico which shows that it is the only one that meets these parameters where it could be said that adding potato husk ash by 20% is optimal, since with this addition we obtain a CBR greater than 20% in the 6 calicatas and its liquid limits in the 6 calicatas do not exceed the value of 40 as the plasticity index does not exceed the value of 12 that are the parameters of the standard of Mexico, complying at the same time with the Peruvian regulations that indicate that for an optimal subgrade, the CBR must be $\geq 6\%$, in the Peruvian regulations according to the Ministry of Transport and Communications (MTC), "Manual of Roads: Soils, Geology, Geotechnics and Pavements" (Manual de Carreteras & MTC, 2014, p. 40) recommends stabilizing or changing for another material.

Keywords: soils, stabilization, potato peel, roads.

1. INTRODUCCIÓN

La estabilización de subrasante se realiza en suelos arcillosos, cohesivos o de baja capacidad portante, expansivos y erosionables. Los suelos expansivos están muy extendidos en muchas partes del mundo. Debido a su baja resistencia, alta compresibilidad y cambios volumétricos masivos, estos suelos son un origen potencial de daños a caminos, edificios, cimientos y otra geo infraestructura.(Karami et al., 2021) Para el mejoramiento de estas propiedades se utiliza polímeros y productos comerciales, es necesaria la búsqueda de productos sostenibles como la ceniza de la cascara de papa, en España, Bélgica y Alemania que en la actualidad se encuentran a la vanguardia en el tratamiento y aprovechamiento de estos materiales reciclados, En línea con el desarrollo sostenible, el sector vial ha iniciado el uso de residuos agrícolas en la construcción de carreteras para preservar los recursos naturales, que se han utilizado comúnmente en la construcción convencional.(Anburuvel et al., 2023) Los estabilizadores de suelo tradicionales son cemento y/o cal que tienen buenas propiedades aglutinantes, pero el problema está asociado con la producción de estos aglutinantes, la producción provoca más emisiones de gases efecto invernadero, como el CO₂ que son peligrosos para el medio ambiente. (Turkane & Chouksey, 2022) El camino es el sustento de cualquier nación en desarrollo; el crecimiento económico depende en gran medida del desarrollo de la red de carreteras.(Turkane & Chouksey, 2022) El objetivo de esta investigación es la estabilización del suelo con la incorporación de ceniza de la cascara de papa para mejorar las propiedades físico-mecánicas a nivel de subrasante, el método fue a través de la elaboración de muestras que serán sometidas a ensayos de granulometría, límites plástico líquido, Proctor modificado y CBR.

2. METODOS

Existen diversos tipos de estabilización de suelos, tenemos la estabilización mecánica, química, geotextil, y mediante cenizas de diferentes productos agrícolas como la ceniza de bagazo en la investigación de (Adnan et al., 2023). La estabilización, en su sentido más amplio, se refiere a los numerosos métodos para alterar las cualidades de un suelo con el fin de mejorar su rendimiento de Ingeniería.(Sravan Rao et al., 2023). Para la investigación se realizó la elección de una avenida ubicada en el Distrito de Juliaca denominada Segunda circunvalación, luego se realizó la demarcación el trazo de 1.50 x 1.50m para la extracción de muestras a cada 200 m aproximadamente y se realizó 6 calicatas y para cada calicata se realizó 6 ensayos de humedad, granulometría, ensayos de límites de consistencia, límites de plasticidad, Proctor modificado y de CBR con sus porcentajes adecuados.

2.1. Materiales

El principal material utilizado son los suelos arcillosos obtenidos de la avenida segunda circunvalación de Juliaca, la ceniza de papa como material sustentable de gran producción en la zona. Los estabilizadores químicos mejoran las propiedades de la arcilla expansiva a través de reacciones químicas, mientras que con los estabilizadores no químicos, la mejora del suelo se logra reforzando la estructura del suelo (Yaghoubi et al., 2021). Se pueden utilizar varias estrategias para desarrollar cualidades de suelo deseables, como resistencia al corte, compresibilidad y permeabilidad, mediante estabilización química utilizando materiales de desecho como AF, cenizas de fondo y cal.(Faisal Noaman et al., 2023). Hoy en día, los países en desarrollo son los principales productores y distribuidores de papas y productos de papa del Mundo. Una vez cosechado; Las papas

se pueden usar para una variedad de propósitos como en estos casos para mejorar la subrasante de la carretera (Wubet et al., 2022).

2.2. Ceniza de la Cascara de la papa

La ceniza de la cascara de la papa tiene buenas propiedades mecánicas de la subrasante arcillosa resulta más conveniente utilizar estos tipos de investigaciones. En este estudio, se introdujo el polímero superabsorbente (SAP) como regulador de la humedad para mejorar la capacidad de adaptarse a las variaciones de humedad y Luego mejorar la estabilidad de la subrasante de loess.(Luo et al., 2023). También se puede ver una mejoraría en la resistencia utilizando geo sintético de refuerzos para proporcionar constructibilidad y así mejorar la estabilidad de la subrasante. Los geo sintéticos son geo materiales utilizado para mejorar las propiedades del suelo en varias aplicaciones (Vivek Kumar et al., 2022).

2.3. Propiedades de la papa

El presente trabajo ofrece un análisis preliminar de las propiedades de la ceniza de la cascara de la papa, una alternativa de aprovechamiento de residuos sólidos y efluentes, desarrolla una importante resistencia frente la subrasante para mejorar la trabajabilidad de la ceniza. El uso de (VA) ceniza volcánica como residuos sólidos para mejorar la subrasante para la construcción de carreteras en áreas volcánica contribuye al desarrollo de infraestructura en estas áreas, lo que a su vez promueve el uso sostenible de estos materiales naturales (Wang et al., 2023).

Tabla 1. *Análisis próximas de papa (base seca)*

Composición	Nativo	AAc 15%
Carbohidratos (%)	98,80 ± 0,12	99,18 ± 0,02
Proteína (%)	0,47 ± 0,07	0,33 ± 0,09
Ceniza (%)	0,43 ± 0,03	0,32 ± 0,02
Grasa (%)	0,30 ± 0,08	0,17 ± 0,02

Fuente: “Por diferencia Valores con la misma letra en una columna no difieren significativamente ($p < 0,05$).”(Vargas et al., 2016)

2.4. Procedimiento de selección de la cascara de papa

El proceso para la obtención de la ceniza de cascara de papa se realiza, primeramente, la cascara de papa deberá secar a temperatura ambiente, luego la cascara de papa será llevado a una ladrillera para ser sometido a una temperatura de 800 a 1300 °C aproximadamente, una vez obtenida la ceniza de cascara de papa será tamizado por el tamiz #40, para luego así poder utilizar incorporando en porcentajes ya mencionados.



Figura 1. *Procedimiento para la obtención de la ceniza de cascara de papa.*

2.5. Parámetros físico químicos de la ceniza de cascara de papa

Tabla 2. *Parámetros físico químicos*

PARAMETROS FISICO QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADOS
Contenido de Humedad	%	0.35
Perdida de Calcinación	%	86.71
Materia Orgánica	%	86.71
Óxido de Hierro Fe ₂ O ₃	%	0.719
Dióxido de Silicio SiO ₂	%	7.05
Trióxido de Aluminio Al ₂ O ₃	%	0.65
Óxido de Calcio CaO	%	3.49
Óxido de Magnesio MgO	%	1.91
Óxido de Azufre SO ₃	%	1.5

Fuente: Laboratorio de control de calidad Universidad Nacional del Altiplano

Tabla 3. *Parámetros físico químicos*

PARAMETROS FISICO QUIMICOS	UNIDAD	RESULTADOS
Potencial de Hidrogeno	pH	12.18
Conductividad Eléctrica	μS/cm	89.00
Cloruros como Cl	ppm	1885.00
Sulfatos como SO ₄	ppm	1019.20
Sales Solubles Totales	ppm	54.27

Fuente: Laboratorio de control de calidad Universidad Nacional del Altiplano

2.6. Subrasante

La subrasante es el nivel del suelo donde va a estar apoyada la estructura del pavimento que debe ser lo suficientemente resistente para poder soportar las cargas incluidas las del tránsito; por ello, se clasifica y asegura que la subrasante sea adecuada para los parámetros de diseño. La construcción de carreteras se ha visto muy afectada debido a la debilidad de la subrasante. Para este caso tenemos un refuerzo en base a geosintéticos que se utiliza para mejorar la resistencia del suelo débil, es decir, aumentar la *CBR* de los suelos y así tener una buena subrasante apoyada al pavimento (Singh et al., 2019). Durante la fase de

diseño de la carretera, se requieren las propiedades del índice y varias investigaciones para comprobar la resistencia de la subrasante.(Kumar & Singh, 2023)

2.7. Métodos de prueba

Para la evaluación de los suelos se realizó 6 calicatas la cuales denominaremos como C1, C2, C3, C4, C5 Y C6 se realizaron en diferentes puntos de acuerdo a la ubicación estratégica.

Tabla 4. *Ensayos de granulometría*

Ensayos	Métodos de Prueba	Porcentajes (%)
6	Granulometría	Natural
6	Granulometría	10% de Ceniza
6	Granulometría	15% de Ceniza
6	Granulometría	20% de Ceniza

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5. *Ensayos de límites de Consistencia*

Ensayos	Metodos de Prueba	Porcentajes (%)
6	Limites	Natural
6	Limites	10% de Ceniza
6	Limites	15% de Ceniza
6	Limites	20% de Ceniza

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6. *Ensayo de compactacion proctor modificado*

Ensayos	Metodos de Prueba	Porcentajes (%)
6	Proctor modificado	Natural
6	Proctor modificado	10% de Ceniza
6	Proctor modificado	15% de Ceniza
6	Proctor modificado	20% de Ceniza

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 7. *Ensayos de CBR (California Bearing Ratio)*

Ensayos	Metodos de Prueba	Porcentajes (%)
3	CBR	Natural
3	CBR	10% de Ceniza
3	CBR	15% de Ceniza
3	CBR	20% de Ceniza

Fuente: Elaboración Propia

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron resultados en los análisis de las muestras denominadas C1, C2, C3, C4, C5 Y C6 se representarán de la manera más resumida presentando a continuación los resultados principales como se puede ver la tabla N° 6 la granulometría y la clasificación de suelos SUCS y ASTHOO, para limite líquido que se ve en la figura N° 2 donde se puede ver que a medida que se incrementa ceniza de cascara de papa el límite líquido disminuye de la misma forma sucede con el límite plástico, se puede ver gráficamente de que a medida que adicionamos ceniza de cascara de papa aumenta su CBR en la 6 calicatas y compactación del suelo. Aquí podemos ver los ensayos de otros autores que analizaron con resultados y destacaron pruebas predominantes realizadas siguiendo los códigos estándar indios (IS) como CBR, presión de expansión, prueba de hidrómetro y otras pruebas de propiedades de Ingeniería (Dheiveekan & Bhosale, 2023).

Tabla 8. *Resultados de limites líquido, plástico y clasificación de suelo*

N° CALICATA	% de ceniza	% que pasa malla #200	LL	LP	IP	SUCS	ASTHOO
C1	0%	73.82	42.24	24.38	17.86	CL	A-7-5 (11)
	10%	71.65	37.92	23.24	14,68	CL	A-6(9)
	15%	69.26	32.53	22.32	10.21	CL	A-4 (7)
	20%	67.39	25.36	22.13	3.23	ML	A-4(6)
C2	0%	76.25	39,31	22,47	16,84	CL	A-6 (11)
	10%	76.00	36,30	21,24	15,06	CL	A-6(10)

	15%	75.44	33,46	20,26	13,20	CL	A-6 (09)
	20%	74.24	23,32	19,59	3,73	ML	A-4(8)
C3	0%	75,08	46,92	26,51	20,40	CL	A-7-5(14)
	10%	73,07	41,29	25,13	16,15	CL	A-7-5(10)
	15%	71.33	35,57	23,24	12,33	CL	A-6(8)
	20%	69.51	25,65	22,22	3,43	ML	A-4(7)
C4	0%	74,16	40,38	23,41	16,97	CL	A-6 (11)
	10%	72.63	37,18	22,24	14,94	CL	A-6 (10)
	15%	70,48	31,48	20,84	10,64	CL	A-6 (7)
	20%	68.31	22,96	20,39	2,57	ML	A-4 (7)
C5	0%	86,32	48,73	26,29	22,44	CL	A-7-5 (15)
	10%	82,27	40,27	25,55	14,73	CL	A-6(10)
	15%	78,42	39,09	23,82	08,27	ML	A-4(8)
	20%	71.21	23,01	21,57	1,43	ML	A-4 (7)
C6	0%	81,50	40,15	23,63	16,52	CL	A-6 (11)
	10%	79,75	36,88	22,88	14,01	CL	A-6 (8)
	15%	77,52	30,38	22,21	8,17	ML	A-4 (08)
	20%	75,57	22,53	21,53	1,00	ML	A-4 (08)

Fuente: Elaboración Propia

Los límites líquidos para las seis calicatas se puede apreciar en la siguiente figura están disminuyendo como se muestra en la figura 1 la influencia de la ceniza de cascara de papa se puede apreciar gráficamente.

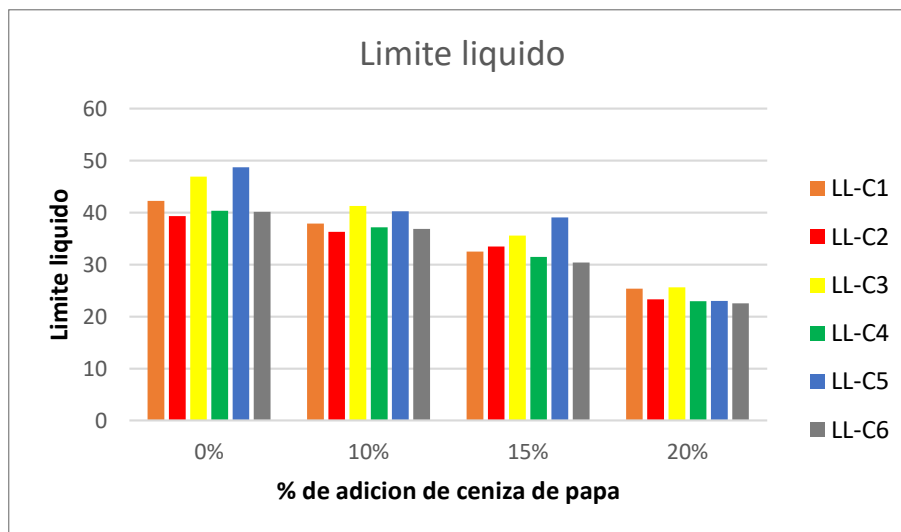


Figura 2. Limite líquido para las calicatas C1, C2, C3, C4, C5 y C6.

El límite Líquido para C1, C2, C3, C4, C5 y C6 nos indica que a medida que añadimos ceniza de cascara de papa obtenemos menor limite líquido, esto nos indica que el límite

plástico disminuye, lo que significa que la capacidad del suelo puede mantener su forma después de haber sido deformado.

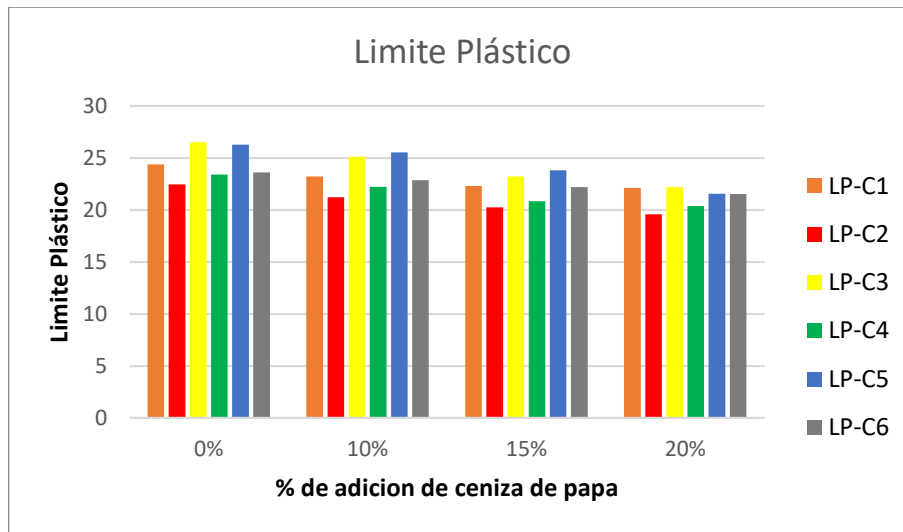


Figura 3. Limite plástico para las calicatas C1, C2, C3, C4, C5 y C6.

El límite Plástico para C1, C2, C3, C4, C5 y C6 nos indica que a medida que añadimos ceniza de cascara de papa obtenemos menor limite plástico y tiene una correlación con el limite líquido.

De los Ensayos de CBR los datos obtenidos de Expansión se muestran en las siguientes graficas de las calicatas, C1, C2, C3, C4, C5 y C6:

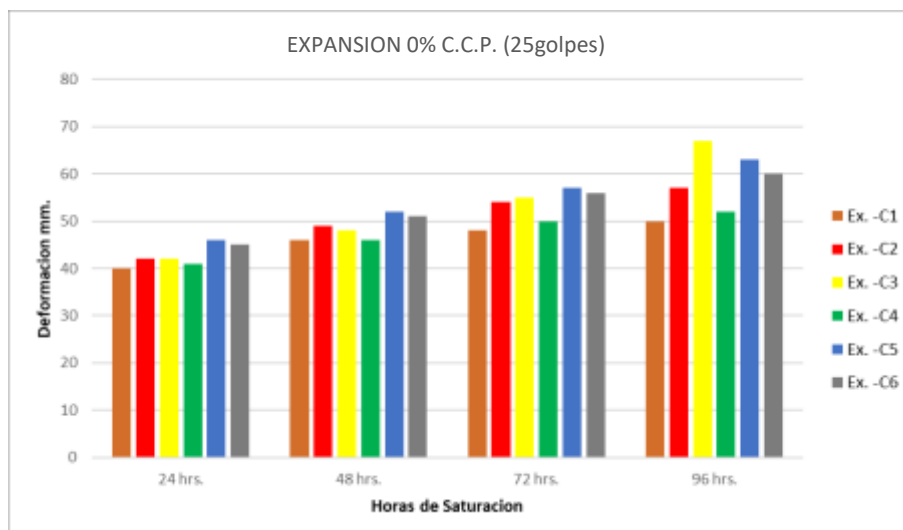


Figura 4. Expansión de las Calicatas C1, C2, C3, C4, C5, C6, Estado Natural.

Según la siguiente figura se muestran gráficamente como incrementan las expansiones a cada 24 horas, los datos que se muestran gráficamente representan a las muestras que fueron compactados a 25 G. de las calicatas mencionados.

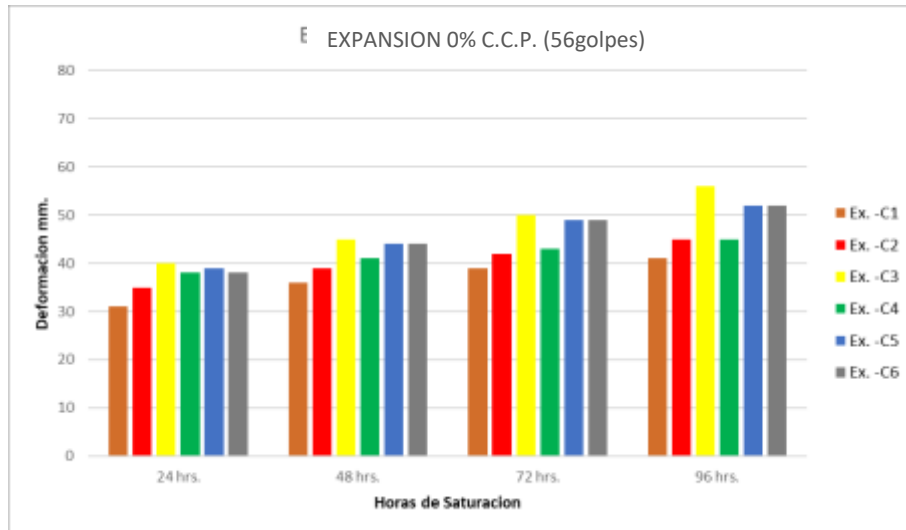


Figura 5. *Expansión de las Calicatas C1, C2, C3, C4, C5, C6. Estado Natural.*

Según la siguiente figura se muestran gráficamente como incrementan las expansiones a cada 24 horas, los datos que se muestran gráficamente representan a las muestras que fueron compactados a 56 G. de las calicatas mencionados y se puede ver la diferencia que existe respecto a la compactación, que a mayor compactación menor es la expansión y se puede observar gráficamente.

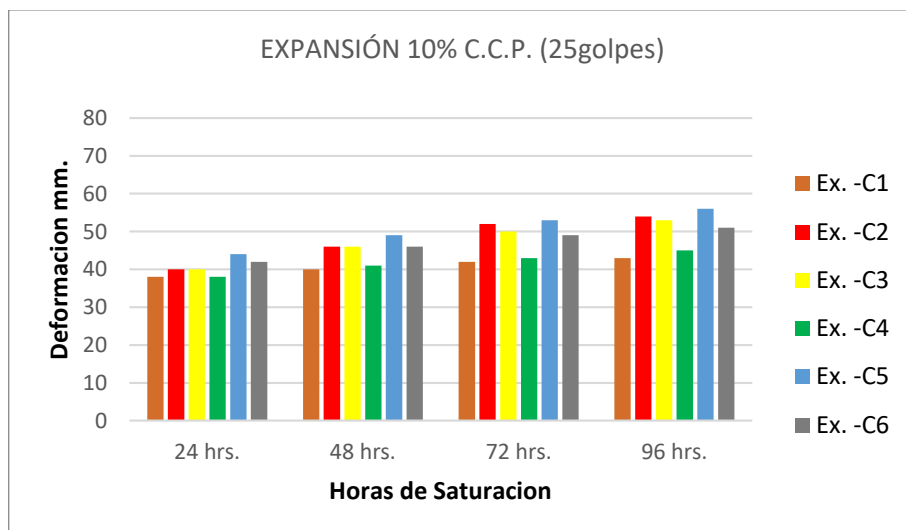


Figura 6. Expansión de las Calicatas C1, C2, C3, C4, C5, C6, Adición 10% de Ceniza.

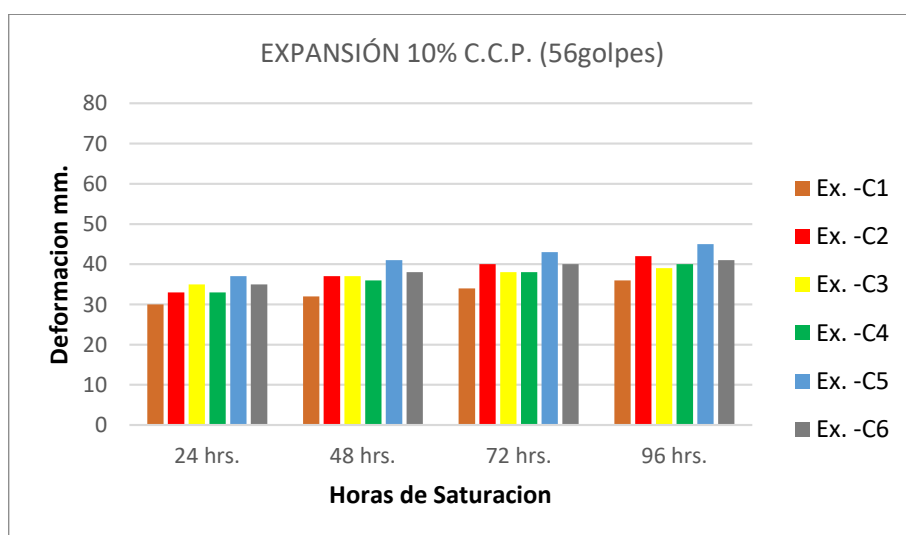


Figura 7. Expansión de las Calicatas C1, C2, C3, C4, C5, C6, Adición 10% de Ceniza.

Según las figuras 5 y 6 se puede observar que la expansión que existe es menor añadiendo ceniza de cascara de papa, que a la figura 3 y 4 que son datos que se obtuvieron en muestras sin haber incorporado ceniza.

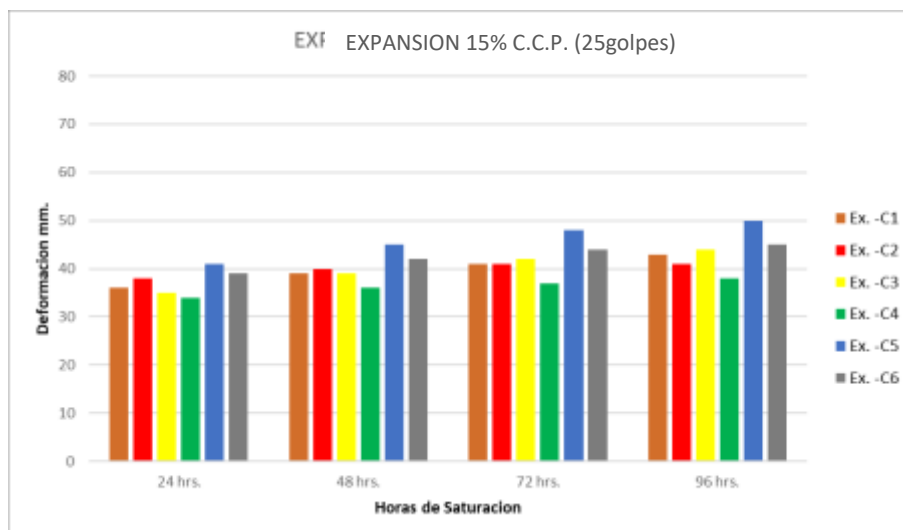


Figura 8. Expansión de las Calicatas C1, C2, C3, C4, C5, C6, Adición 15% de Ceniza.

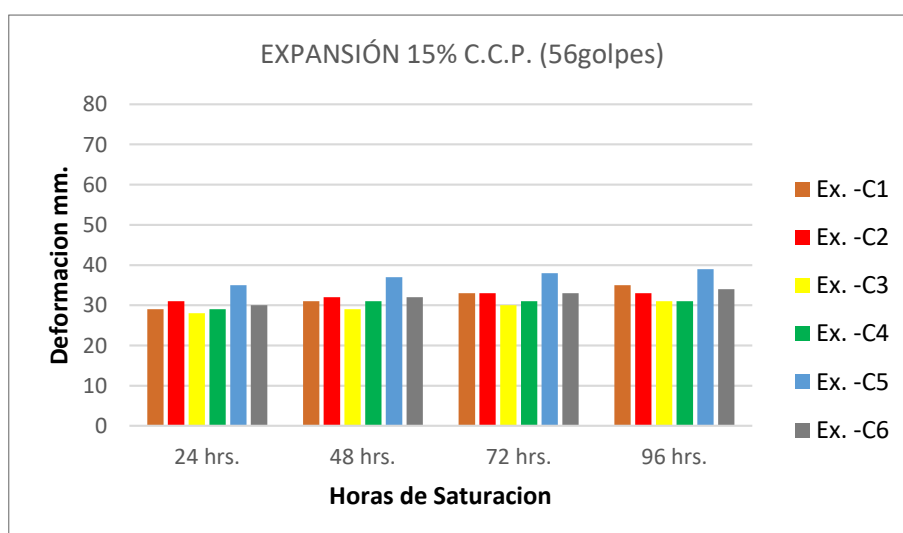


Figura 9. Expansión de las Calicatas C1, C2, C3, C4, C5, C6, Adición 15% de Ceniza.

Según la siguiente figura que se muestran gráficamente como incrementan las expansiones a cada 24 horas, los datos que se muestran gráficamente representan a las muestras que fueron compactados a 25 G. y 56 G respectivamente. de las calicatas mencionados se puede ver la diferencia que existe respecto a las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6, que las expansiones que se registran son menores.

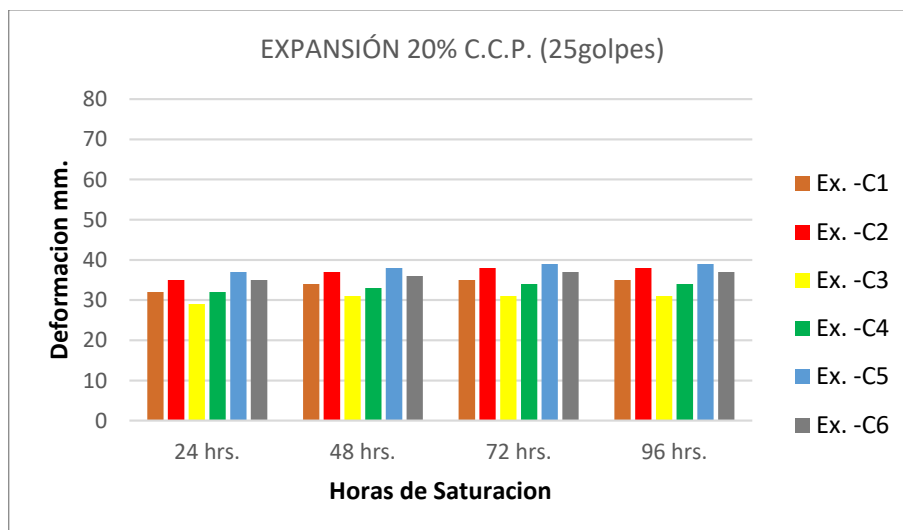


Figura 10. *Expansión de las Calicatas C1, C2, C3, C4, C5, C6, Adición 20% de Ceniza.*

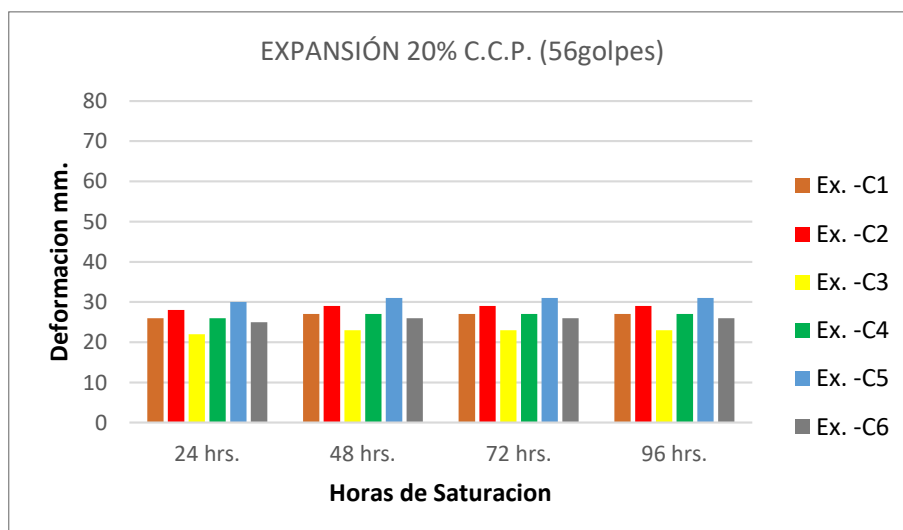


Figura 11. *Expansión de las Calicatas C1, C2, C3, C4, C5, C6, Adición 20% de Ceniza.*

En la siguiente figura 9 y 10 se puede observar las lecturas de expansiones incorporando 20% de ceniza de cascara de papa, y se puede ver nuevamente, de que a mayor cantidad de ceniza menor es la expansión.

ENSAYOS DE PROCTOR

Para realizar los ensayos de proctor se preparó muestras de 2.50 kg adicionando ceniza de cascara de papa en 10%, 15% y 20% para las seis calicatas como se muestra en la siguiente figura.



Figura 12. *muestras adicionando ceniza de cascara de papa 10%, 15% y 20% respectivamente.*

Para obtener los valores de la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad se presentan a continuación las siguientes figuras para las seis calicatas.

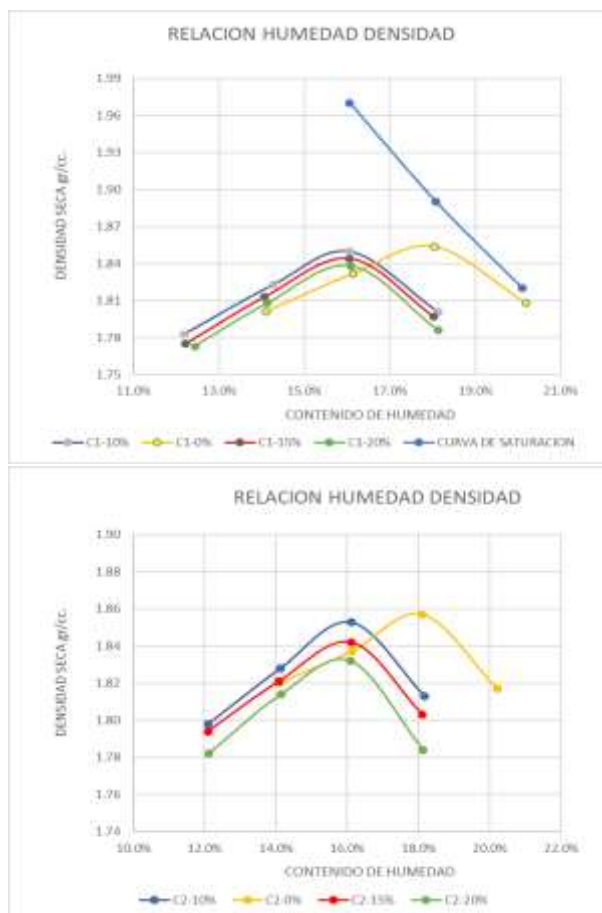


Figura 13. Relación de humedad y densidad C1 y C2.

En las muestras C1 y C2 se puede observar una similitud en sus relaciones densidad seca y contenido de humedad, donde los diferentes colores representan a cada porcentaje de adición de ceniza de cascara de papa.

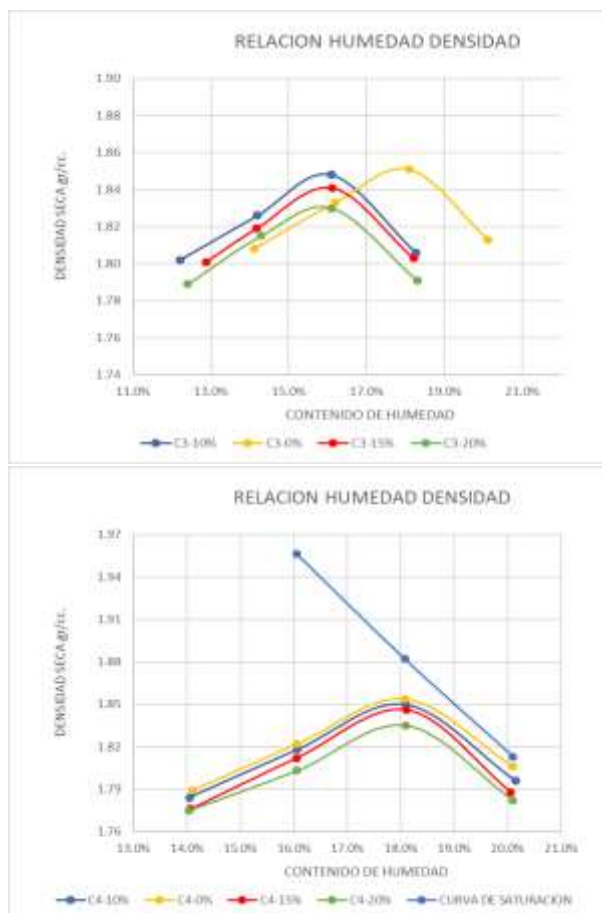


Figura 14. Relación de humedad y densidad C3 y C4.

En la muestra C3 y C4 se puede observar que el contenido de humedad y densidad seca tienen una similitud, donde los diferentes colores representan a cada porcentaje de adición de ceniza de cascara de papa.

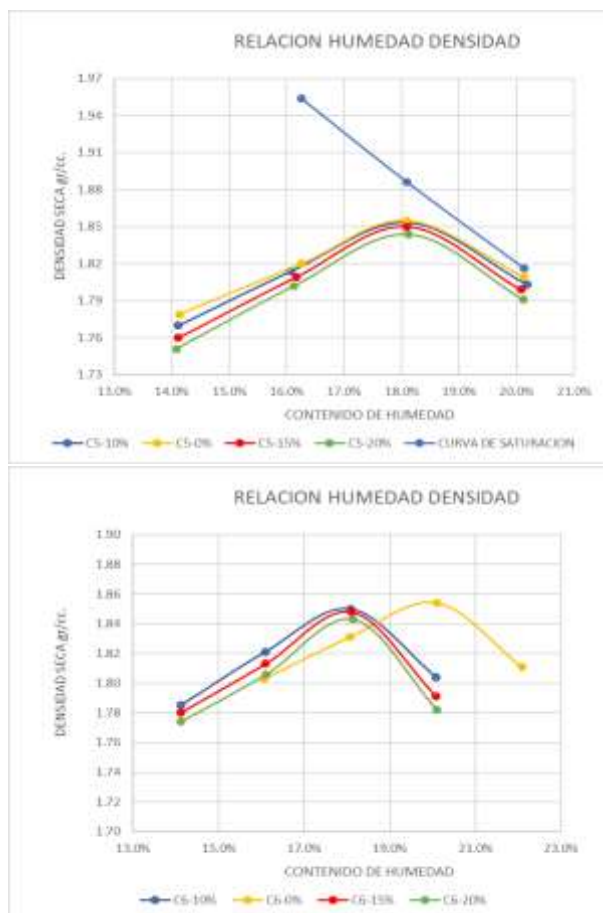


Figura 15. Relación de humedad y densidad C5 y C6.

En las muestras C5 y C6 se puede observar un comportamiento diferente esto nos ratifica la variabilidad entre muestras teniendo diferentes ubicaciones.

Para los ensayos de CBR se tiene la siguiente tabla que contiene un resumen de los datos obtenidos a través de los ensayos.



Figura 16. Se visualiza la lectura de expansiones en las muestras.

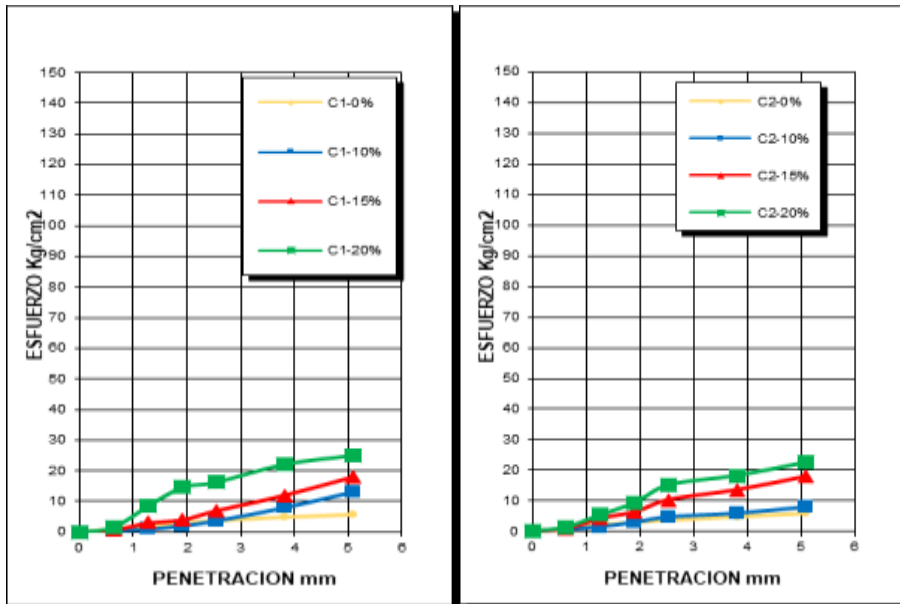


Figura 17. CBR al 95% de C1 y C2 con 56 golpes.

En la siguiente figura se puede observar que a mayor porcentaje de ceniza de cascara de papa, la capacidad portante de un suelo cohesivo incrementa.

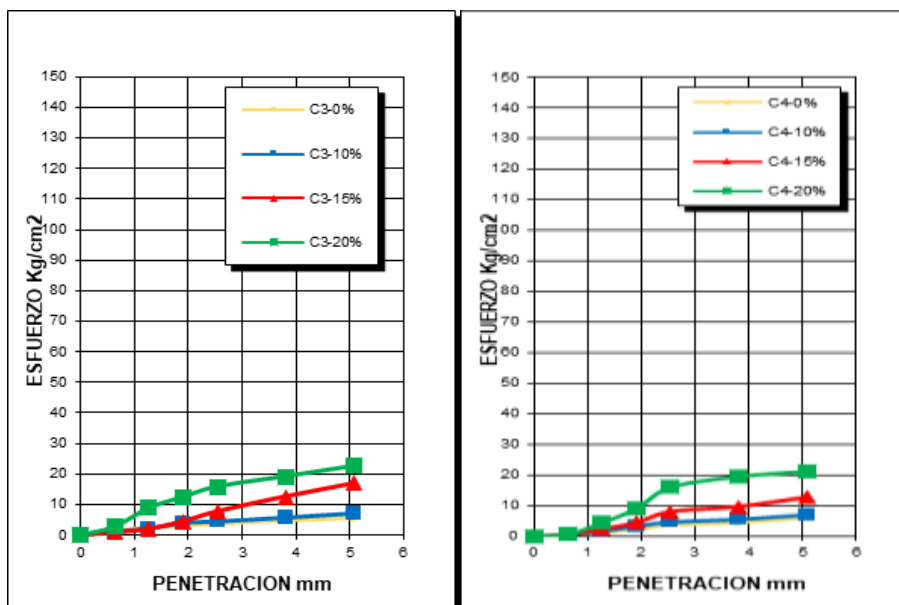


Figura 18. CBR al 95% de C3 y C4 con 56 golpes.

En la siguiente figura se puede observar que a mayor porcentaje de ceniza de cascara de papa, la capacidad portante de un suelo cohesivo incrementa.

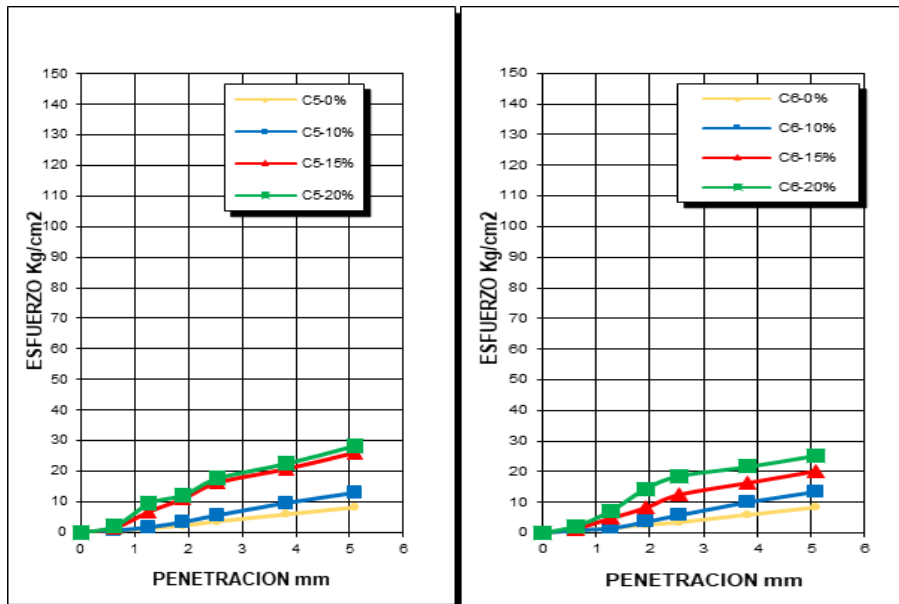


Figura 19. CBR al 95% de C5 y C6 con 56 golpes.

En la siguiente figura se puede observar que a mayor porcentaje de ceniza de cascara de papa, la capacidad portante de un suelo cohesivo incrementa.

Parámetros de calidad

Los materiales que conforman las capas de terraplén, subyacente y subrasante tienen que cumplir ciertos parámetros de calidad, que nos dan las normas de la SCT:N-CMT-1-03/02 para la subrasante.

Tabla 9. *Requisitos de materiales para una subrasante*

Características	Terraplén	Subyacente	Subrasante
Tamaño máximo, mm	-	Que sea compactable	76
límite líquido, %, máximo	50	50	40
Índice de Plasticidad, %, máximo	-	-	12
Valor Soporte de California (CBR), %, r	5	10	20
Expansión máxima, %	5	3	2
Grado de compactación, %	95 ± 2	95 ± 2	100 ± 2

Fuente: N-CMT Características de los materiales

Tabla 10. *Resumen de ensayos de CBR para las seis muestras con 56 golpes.*

% de cascara de papa	C1	C2	C3	C4	C5	C6
0	5	6	6	6	5	5
10	6	7	7	7	8	9
15	7	15	11	12	24	18
20	24	22	23	24	26	27

Fuente: Elaboración Propia

3.1. DISEÑO DE PAVIMENTO

Numero Estructural “SN” está dada por la ecuación siguiente:

$$\begin{aligned} \text{Log}_{10}W_{18} = & Z_r \cdot S_o + 9.36 \cdot \text{Log}_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\text{Log}_{10} \frac{(\Delta PSI)}{4.2 - 1.5}}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} \\ & + 2.32 \cdot \text{Log}_{10}M_r - 8.07 \end{aligned}$$

Donde:

W18= Trafico equivalente o ESAL.

ZR= Factor de desviación normal para un nivel de confiabilidad R.

So = desviación estandar

Δ PSI= Diferencia entre los indices de servicio inicial y final.

MR= Modulo de resiliencia efectivo de la subrasante.

SN= Numero estructural.

Esal	W18	7836025
Modulo de resiliencia de la subrasante	Mr	7157.01
tipo de trafico	TP9	TP9
Número de etapas	N	1
Nivel de confiabilidad	NC	90%
Coefficiente estadístico de desviación estandar normal	Zr	-1.282
Desviación estandar combinado	So	0.45
Indice de serviciabilidad inicial según rango de trafico	Tp	4
Indice de serviciabilidad final según rango de trafico	Tp	2.5
Diferencial de serviciabilidad según rango de trafico	Δ PSI	1.5
SN requerido	SN	5.04

d1	d2	d3
7 cm	30 cm	50 cm
Capa Superficial	Base	SubBase

$$SN_o = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3$$

SNR (Requerido)	5.04	$SN_o > SNR$
SN_o (Calculado)	5.16	SI CUMPLE

$$SN_o = 5.16$$

$$SN_r = a_1 \times D_1 + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 + a_4 \times D_4 \times m_4$$

$$SN_r = SN_o + a_4 \times D_4 \times m_4$$

Donde:

a4: Coeficiente estructural de la capa de subrasante mejorada se recomiendan los siguientes valores:

$a_4 = 0.024$, para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante regular con CBR 6 – 10%.

$a_4 = 0.030$, para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante buena con CBR 11 – 19%.

$a_4 = 0.037$, para reemplazar la subrasante muy pobre y pobre, por una subrasante muy buena con CBR $\geq 20\%$.

$a_4 = 0.035$, para mejorar la subrasante muy pobre y pobre a una subrasante regular, con la adición mínima de 3%.

$$D_4 \geq \frac{SN_r - SN_o}{a_4 \times m_4}$$

Donde:

SN_r : número estructural requerido del pavimento con subrasante regular, buena o muy buena, según se requiera mejorar.

SN_o : Número estructural del pavimento con subrasante muy pobre o pobre.

D_4 : Espesor de la capa de subrasante mejorada (cm).

m_4 : Coeficiente que refleja el drenaje de la capa de subrasante.

Tabla 11 *Resumen de espesores de mejoramiento.*

CBR	Espesor Calculado (m)	Espesor Adoptado (m)
5.00%	63.49	65
7.00%	60.27	60
15.00%	48.31	50
25.00%	35.62	40

4. CONCLUSIONES

Se Estabilizo los suelos cohesivos incorporando ceniza de cascara de papa y de esa manera se mejoró las propiedades físico-mecánicas a nivel de subrasante, adicionando ceniza de cascara de papa a muestras naturales con una adición de 10%, 15% y 20% de ceniza de cascara de papa donde se puede visualizar en la figura 17, figura 18 y figura 19 la diferencia que se muestra en el incremento de CBR siendo mayor incorporando ceniza de 20% respecto a las demás adiciones y respecto a la natural, teniendo de referencia la normativa de México que se muestra en la tabla 8 se puede decir de que el óptimo para una subrasante es incorporando ceniza de 20% ya que con esta adición se cumple que los CBR no deben ser menores a 20%, a diferencia de la muestra natural y adicionando 10% y 15% de ceniza que no llegan al 20% según lo requieren en la norma de México que es tomada como referencia pero si cumplen con la norma peruana del MTC que establece que sea un mínimo de 6% de CBR.

Se determinó las propiedades físico-mecánicas de los suelos en estado natural y adicionando ceniza de cascara de papa 10%, 15% y 20% donde se puede ver una mejora reduciendo la plasticidad de los suelos según la figura 3, que a medida que se adiciona ceniza de cascara de papa la plasticidad baja significativamente, en cuanto a la granulometría se puede ver según la tabla 7 que a medida que se adiciona ceniza de cascara de papa disminuye el porcentaje pasante a la malla #200 en un promedio de 9.24% aproximadamente.

Se conoció que para estabilizar una subrasante el porcentaje óptimo es con una adición de 20% de ceniza de cascara de papa de acuerdo a los ensayos realizados se obtuvo resultados positivos en las 6 calicatas ya que tomando de referencia la normativa de Mexico establece de que el limite líquido no debe superar el valor de 40 que es lo que

cumple en nuestros ensayos realizados, de la misma forma para el índice de plasticidad no debe ser mayor a 12, respecto al CBR se aprecia mejores resultados incorporando ceniza de cascara de papa para el 20% en las 6 calicatas, donde se puede concluir de que según los parámetros que se consideró para una estabilización el óptimo es adicionando 20 % de ceniza de cascara de papa.

5. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar más investigaciones en el tema de subrasantes, ya que no se tiene una normativa peruana que regule los parámetros que debe de cumplir los ensayos realizados, en consecuencia, se optó por tomar la norma de México como referencia para la presente investigación.

Se recomienda realizar adicionando ceniza de cascara de papa en mayores proporciones para suelos cohesivos.

Se recomienda utilizar nuevos agentes estabilizantes para una subrasante en suelos cohesivos.

6. REFERENCIAS

- Adnan, M., Kumar, S., Garg, N., Kumar, K., & Kumar, S. (2023). *Materials Today : Proceedings Soil stabilization using waste “ Bagasse ash and lime ”: A review.* xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.018>
- Anburuvel, A., Sathiparan, N., Dhananjaya, G. M. A., & Anuruththan, A. (2023). Characteristic evaluation of geopolymer based lateritic soil stabilization enriched with eggshell ash and rice husk ash for road construction: An experimental investigation. *Construction and Building Materials*, 387(May), 131659. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131659>
- Dheiveekan, J., & Bhosale, S. S. (2023). Laboratory investigation to identify subgrade soil in Maharashtra to satisfy reinforcement need for pavement design. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.277>
- Faisal Noaman, M., Khan, M. A., Ali, K., & Jamal, A. (2023). Effect of fly ash on the shear strength of clay soil. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.069>
- Karami, H., Pooni, J., Robert, D., Costa, S., Li, J., & Setunge, S. (2021). Use of secondary additives in fly ash based soil stabilization for soft subgrades. *Transportation Geotechnics*, 29(May), 100585. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2021.100585>
- Kumar, S., & Singh, S. K. (2023). Subgrade soil stabilization using geosynthetics: A critical review. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.266>
- Luo, Z., Zhang, X., Gao, Y., Wang, Y., Liu, F., & Lan, X. (2023). Mechanical properties of loess subgrade treated by superabsorbent polymer. *Case Studies in Construction Materials*, 18. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01741>
- MIDAGRI-DGESEP-DEIA. (s. f.). *J u n i o / 2 0 2 2*.
- Singh, M., Trivedi, A., & Shukla, S. K. (2019). Strength enhancement of the subgrade soil of unpaved road with geosynthetic reinforcement layers. *Transportation Geotechnics*, 19, 54-60. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2019.01.007>
- Sravan Rao, T., Lokesh, U., Suresh, K., Ranadeep, B., & Thangamani, K. (2023). Strength properties of soil stabilization with banana leaves ash. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.558>
- Turkane, S. D., & Chouksey, S. K. (2022). Design of low volume road pavement of stabilized low plastic soil using fly ash geopolymer. *Materials Today: Proceedings*, 65, 1154-1160. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.167>
- Vargas, G., Martínez, P., & Velezmoro, C. (2016). Functional properties of potato (*Solanum tuberosum*) starch and its chemical modification by acetylation. *Scientia Agropecuaria*, 7, 223-230. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.09>

- Vivek Kumar, C., Swaminathan, A. N., Vittalaiah, A., & Raja Kumar, C. (2022). Pavement Subgrade Stabilized with Waste coal Ash and Geosynthetics: An Experimental Study and Multiple Regression Modelling. *Materials Today: Proceedings*, 52, 1543-1550. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.233>
- Wang, C., Liu, H., Wu, D., & Liu, X. (2023). Engineering and environmental evaluation of red mud amended volcanic ash as a sustainable subgrade material. *Journal of Cleaner Production*, 393. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136353>
- Wubet, G. K., Zemedu, L., & Tegegne, B. (2022). Value chain analysis of potato in Farta District of South Gondar Zone, Amhara National Regional State of Ethiopia. *Heliyon*, 8(3). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09142>
- Yaghoubi, E., Yaghoubi, M., Guerrieri, M., & Sudarsanan, N. (2021). Improving expansive clay subgrades using recycled glass: Resilient modulus characteristics and pavement performance. *Construction and Building Materials*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124384>
- B.H.J. Pushpakumara, W.S.W. Mendis. (2022). Suitability of Rice Husk Ash (RHA) with lime as a soil stabilizer in geotechnical application. *International Journal of Geo-Engineering*, 13:4. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-021-00169-w>
- Shiva P., Darga K. (2019). Influence of randomly mixed coir fibres and fly ash on stabilization of clayey subgrade. *International Journal of Geo-Engineering*, 10:3. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-019-0099-1>
- Temitayo O. (2023). Improving the geotechnical properties of a Nigerian termite reworked soil using pretest drying conditions and sawdust ash. *International Journal of Geo-Engineering*, 14:1. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-022-00178-3>
- Anjali G., V.K. Aroka, Srijit B. (2017). Contaminated dredged soil stabilization using cement and bottom ash for use as highway subgrade fill. *International Journal of Geo-Engineering*, 8:20. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40703-017-0057-8>

7. ANEXOS

ANEXO A: Evidencias de sumisión del artículo en una revista de prestigio



The screenshot shows the submission interface for the International Journal of Geo-Engineering. The header includes the journal logo and name, and the user's name 'Ilina Yampura Tiome' with a 'Logout' link. A navigation menu contains 'Home', 'Main Menu', 'Submit a Manuscript', 'About', and 'Help'. The main content area is titled 'Submissions Being Processed for Author' and shows a table with one submission entry. The table has columns for 'Action', 'Manuscript Number', 'Title', 'Initial Date Submitted', 'Status Date', and 'Current Status'. The entry shows a manuscript number 'GECE-D-25-00671', the title 'Effect of Added Potato Peels Ash on Clay Soils', a submission date of '17 Nov 2023', a status date of '17 Nov 2023', and a current status of 'New Submission'. The page indicates it is 'Page: 1 of 1 (1 total submissions)' and 'Results per page: 10'.

Action	Manuscript Number	Title	Initial Date Submitted	Status Date	Current Status
Action Links	GECE-D-25-00671	Effect of Added Potato Peels Ash on Clay Soils	17 Nov 2023	17 Nov 2023	New Submission

ANEXO B: Resolución del proyecto de tesis en formato artículo aprobación y designación de Jurados de Sustentación



“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”

RESOLUCIÓN N° 0940-2023/UPeU-FIA-CF

Lima, Ñaña, 12 de diciembre de 2023

VISTO:

El expediente de los (las) bachilleres **Yerson Olmer Choquechambi Condori** identificado(a) con código universitario N° 201421325 y **Fidel Huanca Chuquilja** identificado(a) con código universitario N° 201222075, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la sustentación de la tesis en formato artículo;

Que el Comité Dictaminador ha emitido su dictamen aprobando el informe de tesis titulado "Efecto de la ceniza de cascara de papa adicionado en suelos arcillosos", presentado por los(las) bachilleres **Yerson Olmer Choquechambi Condori** y **Fidel Huanca Chuquilja**, reuniendo de esta manera las condiciones previas para la declaratoria de expedito para la programación de la sustentación;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 12 de diciembre de 2023, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

1. Declarar expedito a los (las) bachilleres **Yerson Olmer Choquechambi Condori** y **Fidel Huanca Chuquilja**, para que sustenten la tesis en formato artículo titulada "Efecto de la ceniza de cascara de papa adicionado en suelos arcillosos", conducente a la obtención del título profesional de Ingeniero Civil, el 26 de diciembre de 2023, a las 16:00 horas, en el Auditorio Wellesley Muir.
2. Designar el Jurado de Sustentación, encargado de gestionar la sustentación respectiva, el mismo que queda constituido por los siguientes miembros:

Presidente: Ing Herson Duberly Pari Cusi
Secretario: Mg. Edwin Parillo Escarsena
Asesor: Ing. Rina Luzneri Yampara Ticona
Vocal: Ing. Moises Araca Chile

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Mg. Ketty Magaly Arellano Lino
SECRETARIA ACADÉMICA

cc:
-Interesado
-Jurado (04)
-Secretaría General
-Archivo

List of Figures

Figura 1. Procedimiento para la obtención de la ceniza de cascara de papa.

Figura 2. Limite líquido para las calicatas C1, C2, C3, C4, C5 y C6.

Figura 3: Limite plástico para las calicatas C1, C2, C3, C4, C5 y C6.

Figura 4: Expansión de las Calicata C1, C2, C3, C4, C5 y C6 con 0% de ceniza.

Figura 5: Expansión de las Calicata C1, C2, C3, C4, C5 y C6 con 0% de ceniza.

Figura 6: Expansión de las Calicata C1, C2, C3, C4, C5 y C6 con 10% de ceniza.

Figura 7: Expansión de las Calicata C1, C2, C3, C4, C5 y C6 con 10% de ceniza.

Figura 8: Expansión de las Calicata C1, C2, C3, C4, C5 y C6 con 15% de ceniza.

Figura 9: Expansión de las Calicata C1, C2, C3, C4, C5 y C6 con 15% de ceniza.

Figura 10: Expansión de las Calicata C1, C2, C3, C4, C5 y C6 con 20% de ceniza.

Figura 11: Expansión de las Calicata C1, C2, C3, C4, C5 y C6 con 20% de ceniza.

Figura 12 muestras adicionando ceniza de cascara de papa 10%, 15% y 20% respectivamente.

Figura13: Relación de humedad y densidad C1 y C2.

Figura 14: Relación de humedad y densidad C3 y C4.

Figura 15: Relación de humedad y densidad C5 y C6.

Figura 16: se visualiza la lectura de expansiones en las muestras.

Figura 17: CBR al 95% de C1 y C2 con 56 golpes.

Figura 18: CBR al 95% de C3 y C4 con 56 golpes

Figura 19: CBR al 95% de C5 y C6 con 56 golpes.