

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Evaluación experimental de propiedades físicas y mecánicas
de suelos cohesivos mejorados con ceniza de coco y
estoraque para edificaciones**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Abel Fernando Quispe Quispe

Nelbin Renato Rodriguez Mamani

Asesor:

Mtro. Leonel Chahuares Paucar

Juliaca, agosto de 2026

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo **Leonel Chahuares Paucar**, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: “**EVALUACIÓN EXPERIMENTAL DE PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE SUELOS COHESIVOS MEJORADOS CON CENIZA DE COCO Y ESTORAQUE PARA EDIFICACIONES**” los autores **Abel Fernando Quispe Quispe** y **Nelbin Renato Rodríguez Mamani**, tiene un índice de similitud de **7%** 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 04 días del mes de marzo del año 2026.



Mtro. Leonel Chahuares Paucar
Asesor

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 24 día(s) del mes de agosto del año 2026, las 14:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Dr. Edwin Parillo Escarsena

el (la) secretario(a): Mg. Ruben Fitzgerald

Sosa Aquise

y los demás miembros: Mg. Horacio Dubordy

Pari Luisi

y el (la) asesor(a) Mtro Leonel Chahuarcas Paeon

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:

Evaluación experimental de propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos mejorados con ceniza de coco y estirague para edificaciones

del(los) bachiller(es): a) Abel Fernando Quispe Quispe

b) Nelson Renato Rodriguez Mamani

c)

conducente a la obtención del título profesional de:

Ingeniero Civil

(Denominación 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): Abel Fernando Quispe Quispe

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (b): Nelson Renato Rodriguez Mamani

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>16</u>	<u>B</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Bueno</u>

Bachiller (c):

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	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]
Bachiller (a)

[Firma]
Miembro
[Firma]
Bachiller (b)

[Firma]
Secretario/a

Miembro

Bachiller (c)

Evaluación experimental de propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos mejorados con ceniza de coco y estoraque para edificaciones

Abel Fernando Quispe Quispe^{1*}, Nelbin Renato Rodríguez Mamani^{1*}

¹ Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Peruana Unión, Juliaca 21101, Perú

* Correspondencia: Abelquispe@upeu.edu.pe; Tel.: +51-912908015

Resumen

El presente estudio evaluó experimentalmente la influencia de cenizas de coco y estoraque en la modificación de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo cohesivo de Madre de Dios, Perú, destinado a cimentaciones superficiales en edificaciones. Se implementó un diseño completamente aleatorizado con 30 especímenes distribuidos en 10 tratamientos: ceniza de coco (1%, 3%, 5%), ceniza de estoraque (5%, 10%, 15%), combinaciones 50/50 (5%, 10%, 15% total) y un control sin adición. Se evaluaron doce propiedades geotécnicas mediante ensayos normalizados ASTM: límites de Atterberg (D4318), compactación Proctor modificado (D1557), resistencia al corte directo (D3080), consolidación unidimensional (D2435) y resistencia a la compresión uniaxial (D2166). Los resultados mostraron que la ceniza de coco incrementó el ángulo de fricción interna hasta en 59%, mientras que la ceniza de estoraque mejoró la densidad seca máxima en 2.6% y redujo el índice de compresión en 33%. Las combinaciones generaron reducciones significativas en el índice de plasticidad (74.8%) mediante efectos sinérgicos. El análisis estadístico (ANOVA) evidenció diferencias altamente significativas entre tratamientos ($p < 0.001$; $\eta^2 > 0.73$). Los resultados indican que el tratamiento ESTORAQUE_10 (10 % de ceniza de estoraque) representa una alternativa promisorio para potencialmente mejorar suelos cohesivos destinados a cimentaciones superficiales, mostrando cambios en la compactación (+2,6% de densidad seca máxima) y reducir la compresibilidad (-33% en el índice de compresión), con una pérdida mínima de cohesión (-4,9%).

Palabras clave: ceniza de coco; ceniza de estoraque; estabilización de suelos; suelos cohesivos; propiedades geotécnicas; cimentaciones superficiales.

Experimental evaluation of physical and mechanical properties of cohesive soils improved with coconut ash and estoraque ash for buildings

Abstract

The present study experimentally evaluated the influence of coconut ash and estoraque ash on the modification of the physical and mechanical properties of a cohesive soil from Madre de Dios, Peru, intended for shallow foundations in buildings. A completely randomized design was implemented with 30 specimens distributed among 10 treatments: coconut ash (1%, 3%, and 5%), estoraque ash (5%, 10%, and 15%), 50/50 combinations (5%, 10%, and 15% total), and a control treatment without additives. Twelve geotechnical properties were evaluated through standardized ASTM tests: Atterberg limits (D4318), modified Proctor compaction (D1557), direct shear strength (D3080), one-dimensional consolidation (D2435), and unconfined compressive strength (D2166). The results showed that coconut ash increased the internal friction angle by up to 59%, while estoraque ash improved the maximum dry density by 2.6% and reduced the compression index by 33%. The combinations generated significant reductions in the plasticity index (74.8%) through synergistic effects. Statistical analysis (ANOVA) revealed highly significant differences among treatments ($p < 0.001$; $\eta^2 > 0.73$). The results indicate that the ESTORAQUE_10 treatment (10% estoraque ash) represents a promising alternative for the potential improvement of cohesive soils intended for shallow foundations, showing enhanced compaction behavior (+2.6% maximum dry density) and reduced compressibility (-33% in the compression index), with minimal cohesion loss (-4.9%).

Keywords: coconut ash; estoraque ash; soil stabilization; cohesive soils; geotechnical properties; shallow foundations.