

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
**EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS
DE SUBRASANTE EMPLEANDO GEOMALLAS DE
BAMBÚ EN SUELOS COHESIVOS**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL**

AUTOR:

Neyra Carrasco Jeison Obed

<https://orcid.org/0000-0003-0854-8946>

ASESOR:

Mg. Luis Mariano Villegas Granados

<https://orcid.org/0000-0001-5401-2566>

Línea de Investigación

**Tecnología e innovación en el desarrollo de la construcción y
la industria en un contexto de sostenibilidad**

Sub-Línea de Investigación

**Innovación y Tecnificación en ciencia de los materiales, diseño e
infraestructura**

Pimentel-Perú

2025



Universidad
Señor de Sipán


DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy **egresado** del Programa de Estudios de la escuela profesional de **INGENIERÍA CIVIL** de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

EVALUACIÓN DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EMPLEANDO GEOMALLAS DE BAMBÚ EN SUELOS COHESIVOS

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y auténtico.

En virtud de lo antes mencionado, firma:

JEISON OBED NEYRA CARRASCO	DNI: 72222394	
----------------------------------	---------------	---

Pimentel, 25 de enero del 2025




15% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

Fuentes principales

- 12%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 7%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Dedicatoria

A Dios, por la fuerza, sabiduría, resiliencia y bendiciones en cada etapa de mi camino académico. Con especial cariño y profundo agradecimiento a mis padres, Enma Carrasco Fernández, Fredy Neyra Acha e hermanos LDiana B. Carrasco, JJoao N. Carrasco; A mis queridos abuelos LF, PC; TA, AN ; A mi querida Choni C. Fernández, Yareli LL. Cera, Natalia E.C, tíos y primos que confiaron siempre en mí y me han recordado la importancia de nunca rendirme, a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo sin egoísmo y aportaron un granito de arena para que este trabajo se logre con éxito.

Agradecimientos

En primer lugar, gratitud a Dios por su protección y por permitirme concluir una etapa significativa en mi vida profesional. En segundo lugar, agradezco a mis padres, quienes han estado a mi lado en cada uno de mis logros, haciendo posible la culminación exitosa de mi carrera. Por último, deseo agradecer a Nsco Group SG, así como a mi docente, el Ing. Mg. Luis Mariano Villegas Granados, y a nuestra alma mater, por el valioso conocimiento que hemos adquirido a lo largo de nuestros años de estudio, convirtiendo a la universidad en una de las mejores instituciones educativas.

ÍNDICE

Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	6
Abstract.....	7
I. INTRODUCCIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
1.1. Realidad problemática.....	¡Error! Marcador no definido.
1.2. Formulación del problema.....	¡Error! Marcador no definido.
1.3. Hipótesis.....	¡Error! Marcador no definido.
1.4. Objetivos.....	¡Error! Marcador no definido.
1.5. Teorías relacionadas al tema.....	¡Error! Marcador no definido.
II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
III. RESULTADOS.....	¡Error! Marcador no definido.
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	19
V. REFERENCIAS.....	20
ANEXOS.....	24

Resumen

Esta investigación se centra en la evaluación de las propiedades mecánicas de subrasantes en suelos cohesivos mediante la aplicación de geomallas de bambú. Se resalta que el bambú como material sostenible mejora tanto la resistencia como la estabilidad de suelos con baja capacidad portante. Para llevar a cabo el estudio, se analizaron ensayos de laboratorio que compararon suelos tratados con geomallas de bambú con muestras no tratadas. Los resultados obtenidos muestran que las geomallas de bambú generan una mejora significativa en la resistencia al corte y la compresibilidad de los suelos analizados. Este enfoque se ofrece una alternativa ecológica a los materiales convencionales, sino que también pone de manifiesto la viabilidad del uso de recursos naturales en la ingeniería civil.

Palabras Clave: suelos cohesivos, subrasante, geomallas de bambú.

Abstract

This research focuses on the evaluation of the mechanical properties of subgrades in cohesive soils through the application of bamboo geogrids. It is highlighted that bamboo as a sustainable material improves both the strength and stability of soils with low bearing capacity. To carry out the study, laboratory tests comparing soils treated with bamboo geogrids with untreated samples were analyzed. The results obtained show that bamboo geogrids generate a significant improvement in the shear strength and compressibility of the soils analyzed. This approach offers an ecological alternative to conventional materials, but also highlights the feasibility of using natural resources in civil engineering.

Keywords: cohesive soils, subgrade, bamboo geogrids.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En las últimas décadas, la ingeniería civil ha estado en constante exploración de alternativas creativas que no solo optimicen la calidad y resistencia de las estructuras [1], es por ello que también promueven la sostenibilidad y el respeto por el medio ambiente [2], según Eit et al. [3] señalan que uno de los componentes críticos en la construcción de infraestructuras viales es la subrasante, cuya calidad influye directamente en la durabilidad y el desempeño de las obras, en este sentido, los suelos cohesivos, aunque comúnmente utilizados, presentan desafíos significativos debido a su variabilidad y comportamiento mecánico, lo que resalta la necesidad de investigaciones que busquen mejorar sus propiedades [4].

El desarrollo y análisis de la estabilidad de las subrasantes son fundamentales para asegurar tanto la seguridad como la funcionalidad de las infraestructuras viales, especialmente en lo que respecta a los pavimentos [5], además mejora las propiedades mecánicas y durabilidad en suelos cohesivos convirtiéndose en un reto esencial [6], por lo tanto los recursos son limitados y la sostenibilidad debe ser una prioridad según Eit et al. [7] señalan que recientemente, el uso de materiales innovadores como geomallas de bambú y la cal han emergido como soluciones viables para mejorar las características de los suelos, contribuyendo a un enfoque más ecológico en la construcción [8].

Las subrasantes mejoradas y reforzadas con geomalla de bambú presentan una notable resistencia a la tracción, [9] según Hu et al. [10] establecen que el refuerzo de geomallas de bambú tiene propiedades resistentes al corte y flexión, por lo tanto, el bambú, como material reforzado, se utiliza para mejorar el subsuelo [11], es por ello que Ye et al. [12] mencionan que la resistencia del suelo reforzado con geomalla de bambú es significativamente mayor que la del suelo

base, lo que sugiere que su aplicación podría prevenir de manera eficaz el asentamiento en la estructura del relleno.

En los trabajos previos de manera internacional, Ramu et al., [13], realizaron una investigación con la finalidad de evaluar el comportamiento del CBR relacionadas a las geomallas, en el vínculo de coeficiente de capa en subrasantes blandas estabilizadas. Para ello, emplearon una metodología experimental que incorporó diversas combinaciones de estabilización de capas de pavimento, utilizando geomallas biaxiales, se analizaron subrasantes blandas y moderadas con coeficientes portantes de California (CBR) de 2,5% y 4%, respectivamente. El producto indicó que la estabilización con geomallas permitió aumentar el CBR efectivo hasta un 10,9%, alcanzando un valor final de 7%. Concluyeron que el uso de geomallas biaxiales mejora de manera significativa las propiedades mecánicas de las capas de los suelos.

Azza et al., [14], llevaron a cabo una investigación con el objetivo evaluar la resistencia a la flexión de la geomalla en caminos de grava expuestos a cargas, se realizaron pruebas de laboratorio bajo carga en secciones de camino, tanto con refuerzo de geomalla como sin él, lo que incluyó un análisis mediante elementos finitos; se investigaron diversos parámetros, tales como el espesor de la capa base, el tamaño de la abertura de la rejilla, la resistencia a la flexión de la geomalla, el número de capas y la ubicación de la geomalla. Los resultados mostraron que la colocación de la geomalla en la base de la capa redujo la deformación vertical entre un 18% y un 64%, dependiendo del espesor de la capa base, además, la tasa de asentamiento disminuyó a medida que se incrementaron los ciclos de carga. En conclusión, se determinó que la geomalla mejora significativamente el rendimiento de los caminos de grava al reducir la deformación vertical bajo cargas repetidas, siendo su correcta ubicación un factor crucial para maximizar la efectividad del refuerzo.

Luo et al., [15], en su investigación tuvieron como objetivo determinar la resistencia a la compresión simple de suelos compactados, incorporando bambú como material de refuerzo, en su metodología empleada incluyó la realización de ensayos de corte en muestras de tierra compactada en las que se integró el

bambú, lo que permitió evaluar diferentes parámetros relevantes, tales como la tensión normal y la configuración del refuerzo; los resultados obtenidos mostraron un notable aumento en la resistencia entre el bambú y el suelo compactado; en términos cuantitativos, se registraron incrementos del 0,73% y 14,60% en la resistencia a la compresión simple, se concluye que la incorporación de bambú como refuerzo no solo mejora la capacidad de tracción del suelo, sino que también reduce la probabilidad de fallo bajo condiciones de esfuerzo.

En el ámbito nacional Anyaipoma [16], con su investigación, determinó la aplicación de geomallas como refuerzo para reducir el espesor y mejorar la resistencia de pavimentos flexibles; la metodología empleada fue de diseño experimental, con enfoque cuantitativo y orientación aplicada, se diseñaron estructuras de pavimentos utilizando la metodología AASHTO 93, considerando parámetros del suelo como el CBR, y se desarrollaron dos diseños con geomallas biaxial 1100 y triaxial 140, comparándolos con un pavimento convencional en términos de espesores y costos; además, se empleó la metodología Giroud-Han para analizar la precisión del comportamiento de las geomallas. Los resultados mostraron que la geomalla biaxial redujo el espesor de la capa base en un 28.57% y de la subbase en un 21.05%, mientras que la geomalla triaxial logró reducciones del 32.86% y 26.32% respectivamente; en cuanto a la resistencia, la geomalla triaxial incrementó la capacidad en un 52.06%, frente al 49.37% de la geomalla biaxial, en comparación con un pavimento sin refuerzo. Se concluye que las geomallas, particularmente las triaxiales, son una solución técnica y económica efectiva para optimizar el diseño de pavimentos flexibles.

Colchado [17], realizó una investigación donde el objetivo fue evaluar el impacto de las geomallas de bambú en el sustrato para la elaboración de pavimentos flexibles.; Se utilizó un diseño experimental de carácter aplicado, con un enfoque cuantitativo y un nivel de análisis explicativo, se llevó a cabo un análisis en un área de 0,582 km, en el cual se han recolectado tres tipos de muestras: una correspondiente a un diseño convencional, otra que incorpora geomalla biaxial

elaborada de bambú y una tercera que utiliza geomalla multiaxial. Se emplearon métodos como el análisis de documentos y la observación, utilizando como herramientas guías para el análisis y formularios de observación. Los resultados mostraron que el índice de deterioro del pavimento fue de 17,87, clasificado como muy malo, y el IMDS alcanzó 1332 veh/día. En el ensayo de CBR se obtuvieron valores de 7,5 %, 14,3 % y 17,9 % para los diseños de sustratos respectivos, con espesores de 15 cm para la carpeta asfáltica, 30 cm para la base y 15 cm para la subbase. En conclusión, se evidencia que el uso de geomallas biaxiales y multiaxiales de bambú en la subrasante mejora significativamente el comportamiento y la capacidad estructural del pavimento flexible.

Mallquid y Maza [18], En su estudio, examinaron cómo la geomalla de bambú afecta las características mecánicas de la subrasante. Se empleó una metodología trata de un estudio de tipo aplicado, que utiliza un enfoque cuantitativo y un diseño experimental. Su indagación se centró en una población específica, que consiste en la subrasante adyacente al hospital y una muestra de suelo extraída de tres calicatas del lugar. El procedimiento incluyó la elaboración de muestras incorporando capas de geomalla de bambú en direcciones biaxiales y multiaxiales, seguido de ensayos de CBR para analizar las características mecánicas. Los hallazgos indicaron que al incorporar una capa de geomalla biaxial fabricada con bambú, se registró un aumento del 5,5 % en el valor promedio del CBR. Por otro lado, al utilizar geomalla multiaxial, el incremento alcanzó el 12,6 %. Se concluye que el uso de geomalla multiaxial hecha de bambú incrementa la capacidad de soporte del suelo en subrasantes débiles, constituyendo una opción eficaz para el refuerzo de carreteras en condiciones similares.

De manera local Quiñones y Saucedo [19], en su investigación, tuvieron como propósito de fortalecer la infraestructura vial con geomalla para mejorar la transitabilidad vehicular en dicha avenida. La metodología adoptada tuvo un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel descriptivo. Los resultados obtenidos para el pavimento rígido incluyeron un Índice Medio Diario Anual

(IMDA) de 5070, mientras que para el pavimento flexible se registró un IMDA de 665. Finalmente, se concluyó que el diseño de pavimento rígido con geomalla biaxial requería un espesor de 15 cm de subbase granular y 30 cm de losa de concreto de 280 kg/cm², mientras que el pavimento flexible requería 10 cm de carpeta asfáltica, 17 cm de base y 20 cm de subbase. Además, se logró mejorar la transitabilidad vehicular en un 100%, alcanzando una categoría de buen nivel en toda la vía de estudio.

De La Cruz [20], El propósito de su estudio fue analizar cómo la utilización de geomallas puede disminuir los espesores en pavimentos flexibles en la región de Lambayeque, abordando la problemática del deterioro de los pavimentos flexibles. Se utilizó una metodología aplicada con enfoque experimental, donde se seleccionó una geomalla biaxial BX3030 de polipropileno y se analizaron materiales granulares que cumplieran con los requerimientos del manual de carreteras. Se evaluó la ubicación óptima de la geomalla mediante ensayos de laboratorio, análisis de deflexiones y pruebas de materiales como el CBR y la Viga Benkelman. El producto mostró que la aplicación de geomalla en la subrasante incrementó el CBR de 7 % a 18.6 % al 95 % de la MDS, y en la base granular de 106.9 % a 165.1 %. Además, se considerará que la colocación de la geomalla entre la subrasante y la subbase permitirá una reducción de 25 cm en el espesor del pavimento comparado con un diseño convencional. El ensayo de la Viga Benkelman confirmó la efectividad de la metodología, registrándose una deflexión de 0.44 mm en el pavimento reforzado frente a 0.58 mm en el diseño convencional. Finalmente, se concluyó que el uso de geomallas no solo mejora las propiedades mecánicas del pavimento, sino que también genera un ahorro significativo del 11.91 % en costos de construcción, destacando su viabilidad técnica y económica.

Vilchez [21], En su estudio, se propuso evaluar cómo la incorporación de geomallas de bambú puede optimizar las características mecánicas de un suelo destinado a la construcción de pavimentos flexibles. Se empleó un diseño experimental aplicado, donde se evaluaron diversas muestras de suelos con un diseño tradicional y otros con la adición de geomallas de bambú en versiones

biaxial y triaxial. Las propiedades evaluadas fueron CBR, tracción y flexión, considerando geomallas de bambú con diferentes medidas de ancho (1 cm) y espesor (1 mm, 2 mm, 3 mm), así como la influencia de diferentes aberturas (1, 2, 2.5, 3 cm) de la geomalla. Los hallazgos mostraron que un espesor ideal de 3 mm logró una resistencia a la tracción de 5448.4 kgf/cm², una resistencia a la flexión de 4673 kgf/cm² y un valor CBR del 93% en el suelo con orificios de 2.5 cm. En conclusión, la geomalla de bambú con un espesor de 3 mm y aberturas de 2.5 cm mostró ser la más eficaz para optimizar las características mecánicas del terreno, logrando un rendimiento significativo en las pruebas de resistencia.

En el aspecto social se argumenta debido a la creciente necesidad de optimizar la infraestructura vial en regiones donde los suelos cohesivos predominan y presentan problemas significativos de deformación y estabilidad. Se fundamenta de forma técnica el uso de geomallas elaboradas con bambú, las cuales ayudan a reducir las deformaciones en suelos cohesivos. Esto asegura una mayor resistencia y estabilidad en las estructuras, favoreciendo la seguridad en las vías y extendiendo la durabilidad del pavimento. Teniendo una justificación económica tiene el potencial de reducir significativamente los costos de mantenimiento y construcción. Al optimizar los recursos utilizados y disminuir el desgaste de las infraestructuras, se logran ahorros sustanciales en el gasto público y privado, además de fomentar un uso más eficiente de los materiales. Se justifica de manera ambiental promoviendo la incorporación de geomallas de bambú en la construcción ayudando a minimizar el impacto ambiental.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera influye la implementación de geomallas de bambú la mejora de las propiedades mecánicas de subrasantes constituidas en suelos cohesivos?

1.3. Hipótesis

Se planteó como hipótesis que la integración de geomallas de bambú en suelos cohesivos optimizará considerablemente las características mecánicas de la subrasante.

1.4. Objetivos

Objetivo general

-Evaluar las propiedades mecánicas de subrasante empleando geomallas de bambú en suelos cohesivos.

Objetivos específicos

-Evaluar las propiedades mecánicas de la subrasante influenciadas con la incorporación de geomalla de bambú. Aprender su factibilidad en función de tiempo, métodos y recursos. Identificar las ventajas de las geomallas de bambú en la estabilización en suelos cohesivos.

1.5. Teorías relacionadas al tema

El bambú, debido a su alta relación resistencia-peso y propiedades elásticas, actúa como refuerzo, incrementando la cohesión y la estabilidad del terreno [22]. Esta técnica no solo contribuye a la sostenibilidad ambiental al reducir el uso de materiales sintéticos, sino que también promueve el aprovechamiento de recursos renovables en la ingeniería civil [23]. La interacción entre la geomalla de bambú y el suelo puede dar lugar a una mejora en la durabilidad y la capacidad de carga, lo que es crucial en la construcción de infraestructuras. En este contexto Forlati et al, [24] mencionan el uso de geomallas naturales como el bambú representa una estrategia innovadora en la gestión de suelos para proyectos de construcción sostenible [25].

Maza et al., [26], En su estudio, examinaron cómo la geomalla afecta las características mecánicas de la subrasante en las rutas de acceso al Hospital Hipólito Unanue, el método de investigación implementado tuvo un enfoque

cuantitativo y un diseño experimental centrado en la subrasante; la muestra del suelo extraído se obtuvo de 3 calicatas, a partir del cual se elaboraron diferentes muestras que incorporan una capa de geomalla de bambú en dirección biaxial, Los resultados de las pruebas de CBR mostraron que la incorporación de una capa de geomalla biaxial de bambú aumentó el valor promedio del CBR obtenido de las tres calicatas en alrededor de un 5.5%. Adicionalmente, al incluir esta capa de geomalla, el promedio se incrementó en un 12.6%, por lo que se concluye la incorporación de una capa de geomalla biaxial de bambú proporciona un aumento más significativo en el CBR, lo que indica que el uso de este tipo de refuerzo puede mejorar notablemente la capacidad de carga de suelos de subrasante de baja capacidad portante.

II. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

En este artículo se presenta un enfoque de investigación cualitativa documental, donde se recopila información sobre la evaluación de las características al integrar geomallas de bambú en suelos cohesivos.

El proceso incluyó la recopilación de información, así como la selección y análisis de los datos obtenidos. La información fue extraída de diversas bases de datos, entre las que se encuentran Scopus, Scielo, Sbsco, ScienceDirect y ProQuest. Se llevó a cabo una interpretación crítica de los datos, organizándose en un registro donde se destacaron los aspectos más significativos. Finalmente, se elaboró el artículo en el que se argumentan y compararon los hallazgos de las investigaciones. El estudio descriptivo mencionado, junto con la metodología aplicada, también se considera un diseño de investigación; se adoptó un enfoque correlacional para examinar la relación entre la variable dependiente y sus variables independientes.

III. RESULTADOS

A medida que aumenta la densidad del suelo se optimizan las características de la geomalla, se observa una mejora en la resistencia y estabilidad de la subrasante [27]. Sin embargo, el grado de mejora puede verse afectado por el contenido de humedad y la estructura del suelo, lo que resulta en un rendimiento mecánico variable. En condiciones de alta humedad, la interacción entre el suelo cohesivo y la geomalla puede disminuir, lo que lleva a una reducción en la capacidad de carga y a un comportamiento menos predecible de la subrasante. [28]

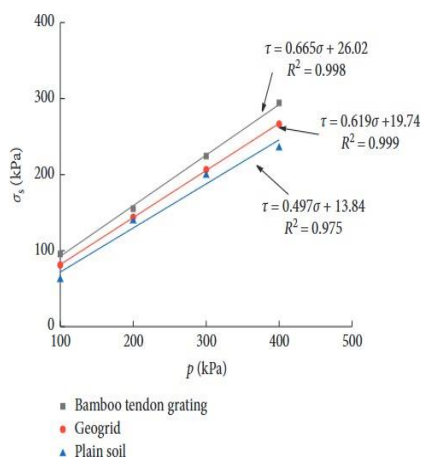


Figura 1: Prueba de corte directo.

A continuación, veremos en la (Tabla 1) los resultados mecánicos de las geomallas de bambú, se puede observar que el índice de resistencia al corte del suelo reforzado aumenta significativamente [29]. La cohesión del suelo reforzado con bambú es un 21,47 % mayor que la del suelo normal. El ángulo de fricción interna del suelo reforzado con geomalla es un 24,13 % mayor que el del suelo normal [30].

Tabla 1: Resultados de pruebas de fricción en la interfaz entre el refuerzo de bambú y el suelo.

Tipos de refuerzo	ρ (Kpa)	σ_s (Kpa)	ϕ°	C (Kpa)
Suelo reforzado con geomalla de bambú	100	95.61		
	200	155.16	33.64	26.02
	300	224.44		

	400	294.32		
	100	81.04		
	200	143.88		
Suelo llano	300	206.48	26.42	13.84
	400	266.48		
	100	61.88		

Autor	ventajas de las geomallas de bambú en la estabilización en suelos			
(Mekonnen et al., 2021), (E. C. Condori, 2022)	Modelización numérica con geomallas de bambú bajo cargas uniformes aplicadas			
(Dulal et al., 2020), (Pizan et al., 2024)	Comportamiento del pavimento de asfalto reforzado con geomalla de bambú			
(Zhang et al., 2021), (Giroud et al., 2023)	Características de los suelos reforzados con geomallas de bambú			
(Latini et al., 2024), (Kumar et al., 2023)	Construcción con bambú			
(Maza et al., 2024), (Mohammed et al., 2024)	Análisis de subrasante empleando geomallas de bambú			
(De La Cruz Velasquez, 2021), (Sahil et al., 2023) y (Anne et al., 2023)	Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles			
(Saha et al., 2020), (Zardari et al., 2023)	Comportamiento del pavimento de asfalto regenerado con geomallas de bambú			
(Hu et al., 2022), (Kelkar et al., 2022)	Estudio de la geomalla de bambú para el refuerzo de la subrasante de mezcla de suelo y roca			

(Sánchez Bernal, 2021),

(Arvind et al., 2023)

Evaluación de la capacidad portante del suelo estabilizado

(Singh et al., 2023), (Rojas
et al., 2020)

resistencia al corte

(Tolentino Hipolo, 2020), (L.

Y. Taquio Ramirez,
2021)

Geomallas biaxiales para mejorar la subrasante

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los resultados investigados bambú tienen una buena resistencia a la flexión, lo que las hace adecuadas para evitar el deslizamiento del suelo [31], por esta razón, las características mecánicas de las geomallas de bambú son buenas y cumplen con los requisitos de especificación, es factible aplicarlas en el refuerzo de subrasantes de loess con alto contenido de relleno [32].

Los hallazgos de la investigación indicaron que la inclusión de geomallas de bambú biaxial en la subrasante incrementó el valor del CBR. Este incremento tiene un impacto significativo en la capacidad de carga del terreno, lo que a su vez permite reducir el grosor de las capas del pavimento. [33], en la estabilización de suelos cohesivos mejora la resistencia mecánica del terreno reduciendo asentamientos [34].

Mediante el análisis de costos y la evaluación de la viabilidad económica nos permiten determinar la rentabilidad del proyecto investigado. Al realizar un exhaustivo estudio de costos y comprender el contexto en el que se llevará a cabo, se concluye que los resultados obtenidos indican que el proyecto es favorable tanto en términos de rentabilidad como de costos.

V. REFERENCIAS

- [1] C. . S. Ofstad, K. Karlsrud, S. Hov, T. M. H. Le y J. S. L'Heureux, «Use of Full-Scale Field Testing in Planning and Design of Large Transport Project—An Experience from Norway,» *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 404, pp. 277 - 285, 2024.
- [2] . J.-Z. Xiao, J.-Y. Shen, . Q. Gao, Z.-M. Ma y F.-A. Li, «Current situation and innovative technology for recycling of engineering waste soil,» *Journal of Architecture and Civil Engineering*, vol. 37, nº 4, pp. 1 - 13, 2020.
- [3] Lavanya C y N. D. Kumar, «Study on CBR of Lime and Cement Stabilized Copper Slag Cushion Laid Over Expansive Soil,» *Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 137, pp. 129 - 139, 2021.
- [4] S. Gupta y M. C. Gupta, «Understanding social engineering and disaster resilience of the rural roads sector for sustainable development,» *IABSE Congress, New Delhi 2023: Engineering for Sustainable Development, Report*, pp. 266 - 273, 2023.
- [5] O. Takyi Bentil y Z. Chao , «Pavement performance analysis considering the influence of suction and temperature on subgrade soil modulus,» *Transportation Geotechnics*, vol. 49, nº 101448, 2024.
- [6] J. Zhang, J. Zhang, D. Cao, Y. Ding y Z. Weiqi , «Mechanistic analysis of bottom-up crack in asphalt pavement using cohesive zone model,» *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, vol. 125, nº 103904, 2023.
- [7] L. Y. , Y. C. , Z. H. , . N. P., L. W. y Z. Z. , «Pullout capacity at the bamboo reinforcement-compacted earth interface,» *Geosynthetics International*, 2024.
- [8] X. Zhao, T. Yang, J. Xiao, Q. Xie, Z. Zong y Z. Yu, «Mechanical properties and field test of lime-soda residue stabilized soil for subgrade,» *Construction and Building Materials*, vol. 419, nº 135489, 2024.
- [9] D. C. Saha y J. Mandal, «Performance of reclaimed asphalt pavement reinforced with Bamboo geogrid and Bamboo geocell, » *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 21, nº 5, pp. 571 - 582, 2020.
- [10] Y. Hu, S. Chen, C. Xie, W. Zhong, H. Yin, Z. Luo, B. Luo, B. Liang, M. He y J. Huang, «Feasibility Study on the Bamboo Grid Instead of Geogrid for Soil–Rock Mixture Subgrade Reinforcing,» *Materials*, vol. 15, nº 12, p. 4047, 2022.
- [11] L. Zhang, H. Wen y Z. Zhang, «Application research on bamboo of subgrade in preliminary engineering for drilling,» *Yanshilixue Yu Gongcheng Xuebao/Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, vol. 33, pp. 3829 - 3833, 2014.
- [12] F. Ye y W. Fu, «Physical and mechanical characterization of fresh bamboo for infrastructure projects,» *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 30, nº 2, p. 05017004, 2018.
- [13]Y. Huang, Y. Qi, Y. Zhang y W. Yu, «Progress of bamboo recombination technology in China,»

Advances in Polymer Technology, vol. 2019, 2019.

- [14] D. Feng, D. Chen y S. Liang, «A macro-micro coupled theoretical model by considering the rotation displacement of rock blocks for predicting the shear strength of soil-rock mixture,» Construction and Building Materials, vol. 449, p. 138336, 2024.
- [15] N. Yarbaşı, E. Kalkan y H. O. Kartal, «The Effect of Curing Time and Temperature Change on Strength in High Plasticity Clay Soils Reinforced with Waste Egg Shell Powder,» Geotechnical and Geological Engineering, vol. 41, nº 1, pp. 383 - 392, 2023.
- [16] G. Forlati y P. Shepley, «Tensile response and fracturing process in moderate-and high-plasticity clays,» Canadian Geotechnical Journal, vol. 58, nº 3, pp. 317 - 327, 2021.
- [17] P. Sahil , S. Zaid , P. Duhit y P. Karan , «Soil Stabilization Using Bamboo Fibre,» International Journal of Research in Engineering, Science and Management, vol. 6, nº 4, 2023.
- [18] J. A. Mallqui Esquivel y A. H. Maza Aguilar, «Análisis de subrasante empleando geomallas de bambú en las vías de acceso del hospital Nacional Hipólito Unanue, El Agustino, 2022,» Repositorio-UCV, 22.
- [19] . H. I. Ling y H. Liu, «Pressure-level dependency and densification behavior of sand through generalized plasticity model,» Journal of Engineering Mechanics, vol. 129, nº 8, pp. 851 - 860, 2003.
- [20] «Learn bamboo from bamboo: a kinaesthetic communication approach to curating cultures, crafts, and construction for higher education,» Journal for Multicultural Education, vol. 18, nº 4, pp. 396-408, 2024.
- [21] T. Taleb y Y. S. Unsever, «Evaluation of high plasticity clay stabilization methods for resisting the environmental changes,» Geomechanics and Engineering, vol. 30, nº 5, pp. 461 - 469, 2022.
- [22] J. Zhang, J. Li, J. Wang y S. Xu, «Characteristics of the Interface between Bamboo Grids and Reinforced Soil of High-Filled Embankments in Loess Areas,» Advances in Civil Engineering, vol. 2021, nº 5135756, 2021.
- [23] M. E. Azza , M. S. Nasser y G. S. Amany , «Assessment of geogrids in gravel roads under cyclic loading,» Alexandria Engineering Journal, vol. 56, nº 3, pp. 319-326, 2019.
- [24] A. W. Mekonnen y J. N. Mandal, «Numerical Modelling of Bamboo Geogrid Reinforced Fly Ash Walls under Applied Uniform Loads,» ASCE Library, 2021.
- [25] . J. L. Colchado Contreras, «Influencia de geomallas de bambú en la subrasante para el diseño del pavimento flexible en la Avenida Los Rosales, Carabayllo 2023,» UCV-Institucional, 2023.
- [26] B. Ramu y B. Umashankar , «Evaluation of pavement design input parameters of biaxial and triaxial geogrid stabilized flexible pavements overlying soft subgrades,» Cleaner Materials,

vol. 9, 2023.

27. Latini , L. Dias , B. Silva y L. Souza , «Advancements in bamboo preservative solutions for sustainable construction in Brazil,» *International Journal of Environmental Science and Technology*, vol. 21, nº 12, pp. 8207 - 8210, 2024.
28. A. Mallqui Esquivel y A. H. Maza Aguilar, «Análisis de subrasante empleando geomallas de bambú en las vías de acceso del hospital Nacional Hipólito Unanue, El Agustino, 2022,» *Repositorio-UCV*, 22.
29. D. C. Saha y J. Mandal , «Performance of reclaimed asphalt pavement reinforced with Bamboo geogrid and Bamboo geocell,» *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 21, nº 5, pp. 571 - 582, 2020.
30. Y. Hu, S. Chen, C. Xie, W. Zhong, H. Yin, Z. Luo, B. Luo, B. Liang, M. He y J. Huang, «Feasibility Study on the Bamboo Grid Instead of Geogrid for Soil–Rock Mixture Subgrade Reinforcing,» *Materials*, vol. 15, nº 12, p. 4047, 2022.
31. R. A. De La Cruz Velasquez, «Estudio de la influencia de la aplicación de geomallas para reducir espesores en pavimentos flexibles, Lambayeque, 2021,» *ORGANIZACIÓN DE UNIVERSIDADES CATÓLICAS Y EL CARIBE*, 2021.
32. L. Zhang, H. Wen y Z. Zhang, «Application research on bamboo of subgrade in preliminary engineering for drilling,» *Yanshilixue Yu Gongcheng Xuebao/Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*, vol. 33, pp. 3829 - 3833, 2014.
33. R. M. Sánchez Bernal, «Evaluación de la capacidad portante del suelo estabilizado mediante el ensayo de corte directo en la habilitación urbana Consuelito, Chiclayo,» *Repositorio institucional-UCV*, 2021.
34. D. Singh y S. Kumar, «Prediction of UCS and CBR behavior of fiber-reinforced municipal solid waste incinerator bottom ash composites using experimental and machine learning methods,» *Construction and Building Materials*, vol. 367, p. 130230, 2023.
35. C. D. Pizan Samana y Y. C. Yupanqui Ballena, «Rehabilitación del pavimento asfáltico en la vía nacional PE – 10A, Km 115 al Km 125, Santiago de Chuco, La Libertad,» 2024.
36. B. Kelkar, S. Shukla, P. Nagraik y B. Paul, «Structural bamboo composites: A review of processing, factors affecting properties and recent advances,» *Advances in Bamboo Science*, vol. 3, p. 100026, 2023.
37. J. Giroud, J. Han, E. Tutumluer y M. Dobie, «The use of geosynthetics in roads,» *Geosynthetics International*, vol. 30, nº 1, pp. 47-80, 2023.
38. P. Sahil , S. Zaid , P. Duhit y P. Karan , «Soil Stabilization Using Bamboo Fibre,» *International Journal of Research in Engineering, Science and Management*, vol. 6, nº 4, 2023.

39. K. Kumar Patel y D. Singh, «Study of chemically treated natural plant fibers in soil reinforcement technology: A review,» *Materials Today: Proceedings*, vol. 78, nº 1, pp. 55-61, 2023.
40. Arvind Kumar Jha y P. V. Sivapullaiah , «Lime Stabilization of Soil: A Physico-Chemical and Micro-Mechanistic Perspective,» *Indian Geotechnical Journal*, vol. 50, p. 339–347, 2020.
41. H. MolaAbasi, O. Ataei, M. N. Mirsadeghi, F. F. Masrour, A. Marani y M. L. Nehdi, «Investigation of High Plasticity Clay Stabilized with Zeolite Using Time-Dependent Pressure Wave Velocity,» *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 36, nº 6, p. 04024105, 2024.
42. P. Kumar, A. J. Puppala, S. S. C. Congress y J. S. Tingle, «Characterization of Cement-Polymer-Treated Soils under Repeated Loading,» *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 36, nº 4, p. 04024036, 2024.
43. R. Hassan y A. Fouad, «An assessment of lime stabilisation on the elastic and resilient moduli of a clayey soil,» *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 23, nº 11, pp. 3783 - 3796, 2022.
44. S. Zardari, R. Bhanbhro, M. A. Zardari, B. A. Memon, A. K. Mastoi y A. H. Bhutto, «Effect of Silt for Stabilization of Canal Embankments,» *International Journal of Civil Engineering*, vol. 21, nº 6, pp. 957 - 972, 2023.
45. D. Arévalo Rojas y F. Q. Navarro Mori, «Evaluación de la subrasante con adición del copolímero topsoil para mejorar la capacidad de soporte del suelo, sector Palmiche, Tarapoto,» *Repositorio-UCV*, 2020.
46. E. C. Condori Lima, «Zonificación geotécnica para el diseño de cimentación superficial en la urbanización Villa los Triunfadores Caracoto – Puno 2021,» *Repositorio-UCV*, 2022.
47. J. C. Anne Dony, Dimitri Deneele, Gontran Herrier y Didier Lesueur , «The carbonation of a lime-treated soil: experimental approach,» *Materials and Structures*, vol. 54, nº 21, 2021.
48. J. C. Anne Dony, Dimitri Deneele, Gontran Herrier y Didier Lesueur , «The pavement of a lime- treated soil: experimental approach,» *Materials and Structures*, vol. 54, nº 21, 2021.
49. K. Tolentino Hipolo, «Geomallas biaxiales para mejorar la subrasante de bajo valor de soporte californiana de un pavimento flexible, Pucusana, 2020,» 2020.
50. L. Y. Taquio Ramirez, «Aplicación de geomalla de bambú para reforzar la estructura del pavimento,» *Repositorio de la Universidad César Vallejo*, 2021.

ANEXOS

ANEXO 1

Tabla 1 de bases de datos

BASE DE DATOS
Scopus
ScienceDirect
Sbsco
ProQuest
Scielo
Google académico

ANEXO 2

Tabla 2

Clasificación de las variables de acuerdo a su función. Tipos de escala de medición.

TIPO DE VARIABLES	ESCALAS DE MEDICIÓN	CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES
<p style="text-align: center;">CUANTITATIVA (NÚMERICAS)</p> <p><i>Conforman la dicotomía experimental con un solo proyecto: El experimento. Se permiten operaciones numéricas. Cuando supuestos funcionan satisfactoriamente se aplica preferentemente la estadística paramétrica. Pueden presentarse datos cualitativos, como variables independientes.</i></p>	<p style="text-align: center;">DE INTERVALO</p> <p>Datos continuos y discretos. Medición: cuantitativo, cualitativo Cuantitativo: variables continuas. Cualitativo: variables discretas.</p>	<p>El cero es arbitrario. Pide normalidad y otros supuestos. Ejemplos: a) Temperatura: 0° C. no implica ausencia absoluta de calor. b) Cociente intelectual.</p>
	<p style="text-align: center;">DE RAZÓN O RELACIÓN</p> <p>Datos continuos y discretos. Medición: cuantitativo, cualitativo Cuantitativo: variables continuas. Cualitativo: variables discretas.</p>	<p>El cero es real. Ejemplos: Km., cm ton., Kg., litro, cc., m², ingresos, edad, número de adultos, distancias, variedades genéticas.</p>
<p>INDEPENDIENTES: <i>La causa cuantitativas y cualitativas, estadística paramétrica y no paramétrica</i></p>	<p>Intervalo y de razón. Continuas y también discretas. Categóricas (nominales y ordinales)</p>	<p>Definen la población. Factores de variación: controlados, controlados y error experimental.</p>
<p>DEPENDIENTES: <i>el efecto. Para proyectos comparativo. Muestras apareadas, no apareadas</i></p>	<p>Escalas: intervalo y de razón Cuantitativas, continuas. ¿También discretas?</p>	<p>Es la variable respuesta. La variable de interés. La variable que vamos a medir, el efecto</p>