



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Optimización de las propiedades de una subrasante mediante la adición  
de cenizas. Revisión literaria

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE:**

Bachiller en Ingeniería Civil

**AUTORA:**

Huaroc Tumialan, Ruth Kary ([orcid.org/0000-0002-8429-4290](https://orcid.org/0000-0002-8429-4290))

**ASESOR:**

M. Sc. Clemente Condori, Luis Jimmy ([orcid.org/0000-0002-0250-4363](https://orcid.org/0000-0002-0250-4363))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento

LIMA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CLEMENTE CONDORI LUIS JIMMY, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Trabajo de Investigación titulado: "Optimización de las propiedades de una subrasante mediante la adición de cenizas. Revisión literaria", cuyo autor es HUAROC TUMIALAN RUTH KARY, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender el Trabajo de Investigación cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 30 de Julio del 2024

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CLEMENTE CONDORI LUIS JIMMY <b>DNI:</b> 09957407 <b>ORCID:</b> 0000-0002-0250-4363	Firmado electrónicamente por: LCLEMENTECO el 30-07-2024 18:38:51

Código documento Trilce: TRI - 0839361



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Originalidad del Autor**

Yo, HUAROC TUMIALAN RUTH KARY estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan el Trabajo de Investigación titulado: "Optimización de las propiedades de una subrasante mediante la adición de cenizas. Revisión literaria", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que el Trabajo de Investigación:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado, ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
HUAROC TUMIALAN RUTH KARY <b>DNI:</b> 74721441 <b>ORCID:</b> 0000-0002-8429-4290	Firmado electrónicamente por: RHUAROCT el 31-07- 2024 10:52:43

Código documento Trilce: INV - 1699586

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Declaratoria de Autenticidad del Asesor .....	ii
Declaratoria de Originalidad del Autor .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
RESUMEN .....	vii
Abstract .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. METODOLOGÍA .....	4
III. RESULTADOS .....	6
IV. CONCLUSIONES .....	12
REFERENCIAS .....	13
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Organización de artículos según la base de datos y el año de publicación.</i>	4
<b>Tabla 2.</b> <i>Palabras clave utilizadas para la búsqueda .....</i>	5

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ensayo de proctor modificado. ....	2
<i>Figura 2.</i> Ensayo CBR.....	2
<i>Figura 3.</i> Ensayo CBR con ceniza de caña de azúcar.....	3
<i>Figura 4.</i> Proctor modificado con CQ y cal .....	10
<i>Figura 5.</i> Ensayo de límites de consistencia. ....	10
<i>Figura 6.</i> Ensayo de proctor modificado .....	11
<i>Figura 7.</i> Ensayo CBR con ceniza de carbón.....	12

## **RESUMEN**

Nuevos aditivos son aplicados actualmente en la construcción con el fin de brindar una calidad, teniendo en cuenta el impacto hacia el medio ambiente. Las cenizas son el resultado de la calcinación, dicho aditivo se obtiene para diversas aplicaciones en la ingeniería civil. El objetivo de este artículo es analizar investigaciones que evalúen las variedades de cenizas en las propiedades de una subrasante. Para realizar este trabajo de investigación se revisaron diversas bases de datos como Scopus, Scielo, Web of Science, ProQuest, con un límite de año desde el 2021 hasta el 2024. Respecto a esta búsqueda se eligieron los documentos que estuvieron relacionados al tema de aplicando criterios de selección. Luego de haber seleccionado los documentos se prosiguieron con la extracción de informaciones más resaltantes del contenido. Así mismo se identificó que el uso de las cenizas contribuye de manera favorable en la optimización de las propiedades de una subrasante, cada una de ellas con sus respectivas dosificaciones.

**Palabras clave:** Ceniza, subrasante, estabilización.

## **Abstract**

New additives are currently applied in construction in order to provide quality, taking into account the impact on the environment. Ash is the result of calcination, said additive is obtained for various applications in civil engineering. The objective of this article is to analyze research that evaluates the varieties of ash in the properties of a subgrade. To carry out this research work, various databases such as Scopus, Scielo, Web of Science, ProQuest were reviewed, with a year limit from 2021 to 2024. Regarding this search, the documents that were related to the topic were chosen by applying selection criteria. After having selected the documents, the most outstanding information from the content was extracted. Likewise, it was identified that the use of ash contributes favorably to the optimization of the properties of a subgrade, each of them with their respective dosages.

**Keywords:** Ash, subgrade, stabilization.



## I. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial las subrasantes arcillosas al ser considerados problemáticos, presentan desafíos relevantes para las construcciones, debido a que sufren deformaciones cuando están húmedos y secos, deteriorando severamente las construcciones y afectando su resistencia (Eid, Gomaa y Galal, 2024). Diversos factores muestran el desequilibrio de las subrasantes a causa de las lluvias y la evaporación, las distintas propiedades que tiene el suelo empiezan a deteriorarse provocando patologías como distorsiones por expansión, rajaduras por contracción hundimientos desigual (Yue, et al, 2024, p.2). Especialmente la abundancia del agua fusionada con el flujo de tráfico provoca severo deterioros estructurales, reduciendo notablemente el periodo de funcionamiento del pavimento, afectando directamente el traslado de los vehículos que transitan con regularidad (Zimar, et al, 2024, p.2). Los daños a la subrasante son causados también por el congelamiento y deshielo ocasionando deformaciones desiguales en pavimentos y conllevando a la formación de grietas longitudinales (Jinbang, et al, 2024). En Colombia principalmente en la región central del país la subrasante se caracteriza por estar compuesto principalmente de suelos blandos, provocando que las estructuras del pavimento requieran un espesor mayor a lo empelado comúnmente (Ospina, et al, 2021).

Las subrasantes blandas presentan problemas significativos en las construcciones civiles, retrasando proyectos y destruyendo lentamente las carreteras debido a que cuentan con un CBR menor a 6%, incumpliendo con lo indicado en la norma MTC 132 que un suelo debe presentar un CBR que sea mayor o igual al 6% (Baadiga y Balunaini, 2024, p.1). Por ello es importante señalar que el suelo no falla únicamente por compresión, sino que su falla siempre se produce por corte (Firat, et al, 2020).

Por otra parte, a nivel nacional existen suelos cohesivos que tienen una alta presencia de arcilla y limo el cual tienen comportamientos inestables, dependiendo de las condiciones climáticas (Onyelowe et al, 2024, p.2). Dichos suelos son considerados un desafío en la ingeniería de construcciones viales, ya que al realizar diversas obras los suelos a futuro pueden presentar asentamientos y cambios volumétricos ocasionando posibles colapsos (Hu Peng, et al, 2024).

Numerosas obras civiles dependen en gran parte de las condiciones de los suelos, por ende resulta dificultoso construir en suelos que poseen gran cantidad de arcilla, debido a que son inadecuadas para soportar las estructuras (Eksana et al, 2023). Por otro lado necesitan ser estudiados de manera minuciosa antes de realizar construcciones, ya que experimentan grandes deformaciones durante el periodo de carga (Ruge, et al, 2023). Los suelos cohesivos tienen un comportamiento muy peculiar, ya que experimentan cambios volumétricos cuando están en contacto con el agua, ocasionando incremento de la plasticidad (Méndez y Perez, 2022), caso contrario sucede cuando la arcilla tiende a secarse, se empieza a encoger proporcionando una reducción al corte del suelo, afectando en la resistencia informe de la subrasante (Chalco, et al, 2021).

Por otra parte tenemos al suelo de algodón negro, el cual presentan un potencial para expandirse y a para encogerse dependiendo de las condiciones climáticas, estos suelos generalmente se encuentran en zonas tropicales y templadas donde la evaporación es alta (Sivapriya, et al, 2021).

Previamente observada la realidad problemática se planteó las siguientes interrogantes como P1: ¿Qué investigaciones evalúan las variedades de cenizas en la optimización de las propiedades de una subrasante?, PE2: ¿Qué dosificaciones estudiadas de cenizas determinan mejoras en la propiedades de una subrasante?, PE3: ¿Cuáles son las variaciones entre los métodos de ensayos utilizados para evaluar las propiedades de una subrasante?. La justificación de la revista literaria son aportaciones de estudios que realizaron diversos autores que nos permite recopilar informaciones relacionados al uso de ceniza implementando en la subrasante con el fin de mejorar sus propiedades.

La investigación nos ayuda a obtener conocimientos previos sobre el tema, logrando una comprensión de como incide las diversas cenizas en las propiedades de una subrasante. Este estudio ofrece una base firme para investigaciones futuras, contribuyendo a la comunidad brindando ideas sobre cómo aportar para que la subrasante tenga una buena estabilidad y los caminos sean seguro y de calidad. Respecto al benéfico económico el aplicar cenizas ayuda en la reducción de costos de costos directos de construcción. En la justificación metodológica se demuestra la importancia de explorar el uso de la

ceniza en las propiedades de la subrasante. Teniendo en cuenta la información planteada se formularon los siguientes objetivos O1: Analizar investigaciones que evalúen las variedades de cenizas en las propiedades de una subrasante, O2: Determinar las dosificaciones de cenizas utilizadas para la optimización de las propiedades de una subrasante y O3: Explicar los métodos de ensayos aplicados para examinar las propiedades de una subrasante.

## II. METODOLOGÍA

El estudio titulado “Optimización de las propiedades de una subrasante mediante la adición de cenizas y fibras. Revisión literaria” es de enfoque narrativo, enfocándose en la recolección de estudios anteriores. Dicho estudio es tipo de investigación básica, ya que busca conocimientos sobre investigaciones científicas para aplicarlos en el proyecto de estudio. Su diseño es no experimental. Esta búsqueda se basó en realizar una revisión sistemática de diferentes artículos comprendidos entre los años de 2022 – 2024, las cuales se encuentran en diferentes bases de datos confiables como: Scopus, EBSCO host, SciELO, We of Science. En el transcurso de búsqueda de información se obtuvieron múltiples archivos científicos en varios idiomas como el inglés, español, chinese, German, entre otros. Para este trabajo se emplearon palabras claves como: propiedades de la subrasante (*subgrade*), cenizas en la subrasante (*use of ashes in the subgrade*). En la fuente Scielo se realizó la búsqueda con la palabra clave (subrasante), y como resultados se obtuvieron 15 artículos, de los cuales se seleccionaron los más impactantes utilizando 9 para la investigación. Asimismo se realizó una búsqueda en la base de datos Scopus insertando la palabra clave (subgrade y stabilization), aplicando el filtro de artículos brindado como resultado 1,749 documentos, de los cuales se utilizaron 9 artículos de mayor relevancia. Se realizó la búsqueda en la fuente de Web of Science utilizando la palabra clave (*subgrade*) y como resultado se obtuvo 1,529 artículos y para la investigación se seleccionó 1 artículo que tuvo mayor impacto.

**Tabla 1.** Organización de artículos según la base de datos y el año de publicación

Año	Base de datos			
	Scopus	Scielo	Web Of Since	ScienceDirect
2020	-	3	-	-
2021	1	2		-
2022	-	1		1
2023	-	2	-	-
2024	8	1	1	-
<b>TOTAL</b>	9	9	1	1

En tabla 1 se muestra la distribución de los artículos científicos según las bases de datos y el año de publicación, de la base de datos Scopus se utilizaron más artículos.

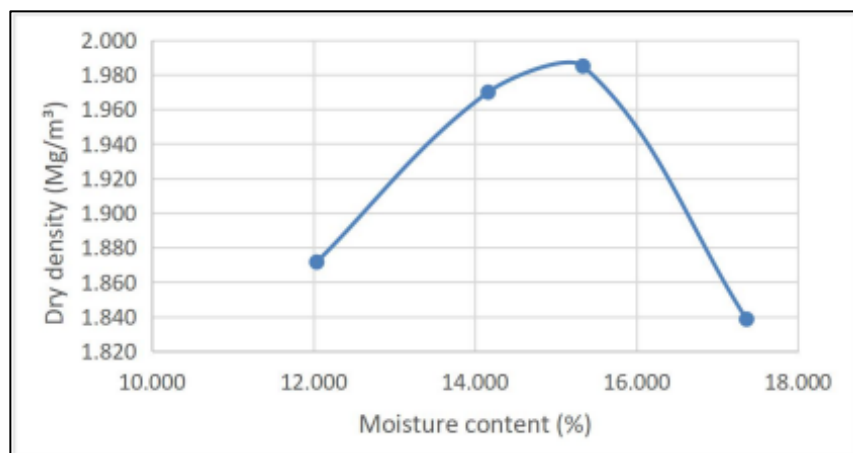
**Tabla 2.** *Palabras clave utilizadas para la búsqueda*

• Cenizas
• Subrasantes
• Arcillas
• Estabilización
• Cenizas y subrasantes

### III. RESULTADOS

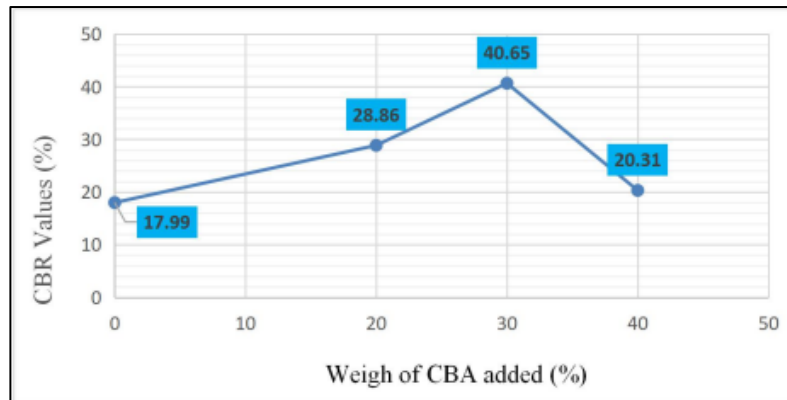
**Objetivo N° 1:** Analizar investigaciones que evalúen las variedades de cenizas en las propiedades de una subrasante.

Según el autor Ahmad, et al. (2020) En su artículo denominado "examinación del impacto de la ceniza de fondo de carbón como sustitutorio en la resistencia de la subrasante", en el cual se enfocaron en investigar la aplicación de la ceniza de fondo de carbón (CBA) en los ensayos del Proctor modificado y El CBR, el objetivo fue reducir el uso de áridos naturales implementando CBA en las propiedades del suelo, donde se realizaron diferentes estudios con una metodología aplicada-experimental. En este estudio se examinaron la utilidad de la CBA con una incorporación de (0%, 15%, 30% y 40%). En las conclusiones obtenemos que el CBA en el Proctor modificado mejoró de 1.95Mg/m<sup>3</sup> a 1.99Mg/m<sup>3</sup> de la máxima densidad seca, el óptimo contenido de humedad aumento de un 10.22 % a un 15.34% y el CBR de 17.9% a un 40.65% con la adicción del 30% de CBA.



*Ilustración 1.* Ensayo de Proctor modificado

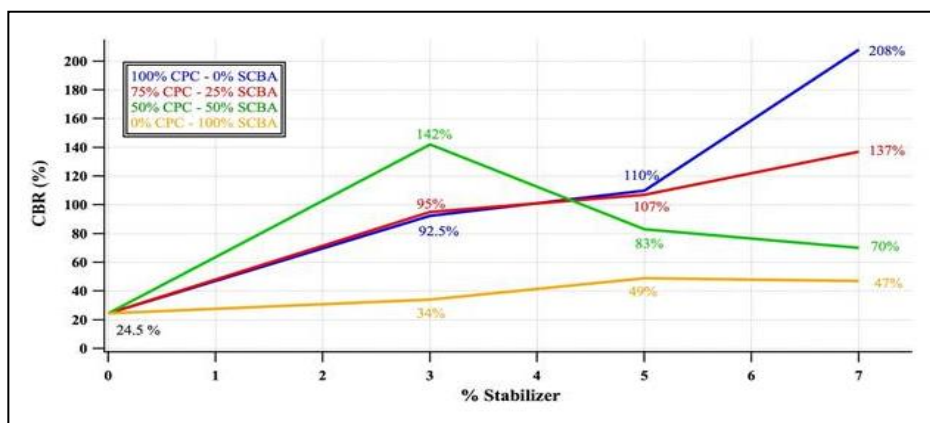
Fuente: <https://bit.ly/3UNkqxQ>



*Ilustración 2.* Ensayo del CBR

Fuente: <https://bit.ly/3UNkqxQ>

Según Ojeda et al; (2020 en su artículo titulado” Influencia de la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la compactación, CBR y resistencia a la compresión libre de un material granular de subrasante”. Esta investigación tuvo como objetivo analizar la incidencia de la ceniza de caña de azucar como aditivo remplazante al cemento para incrementar las subrasantes débiles. La metodología que se utilizo fue aplicada experimental. La incorporación que utilizaron fue (0%,3.0%,5.0%y 7.0%) de ceniza de caña, como conclusión se obtuvo que en el 7% de ceniza de ceniza de caña de azúcar tuvo un incremento en el CBR de un 24.5% hasta 208% mejorando las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

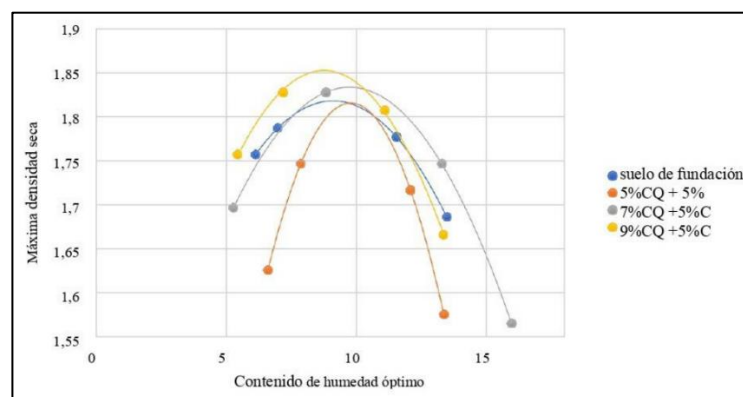


*Ilustración 3.* Ensayo del CBR con ceniza de caña de azúcar

Fuente: <https://bit.ly/3UNkqxQ>

**Objetivo N° 2:** Determinar las dosificaciones de cenizas utilizadas para la optimización de las propiedades de una subrasante

El estudio del autor (Mamani, et al, 2022) se enfoca en verificar que tan efectiva es la mezcla de ceniza de quínoa y cal en la mejora de los suelos – Lago Sagrado. Se efectuaron una secuencia de ensayos cada una de ellas con diferentes proporciones de Ceniza y cal, se realizaron diversas pruebas, en primer lugar para conocer si hubieron variaciones en el índice de plasticidad, en segundo lugar para verificar si el CBR incremento, todo ello mediante la incorporación de ceniza y cal con ciertos porcentaje de (5%, 7% y 9% de CQ – 5% de cal). Se contempló que la adición de CQ provoca que el IP disminuya de un 13.89% a un 9.16%, asimismo disminuyendo el OCH de un 9,90% a un 9.00%, por otro lado se tuvo que la MDS aumento de un 1.833g/cm<sup>3</sup> a un 1.902g/cm<sup>3</sup>, de igual manera el CBR se elevó hasta llegar a un 25.6%. Diciendo así que el porcentaje sobresaliente es el 9% de CQ.



*Ilustración 4.* Proctor modificado con CQ y Cal

Este artículo, estudió la evaluación de suelos pobres y blandos verificando el comportamiento que estos presentan naturalmente y el comportamiento que tienen tras añadir el aditivo de ceniza de cáscara de anacardo. Se emplearon distintas combinaciones como un 5% de cal y 20% de CNSA revelando la dosificación que aún le falta modificaciones para que pueda llegar a ser el óptimo, ya que observa una mejoría en la resistencia a compresión. De igual manera se propusieron varias dosificaciones respecto a la fusión de aditivos con el fin de lograr una mejoría en la capacidad de soporte del suelo, el cual está propenso a sufrir posibles deformaciones, se descubrió que una mezcla de 4 % de CNSA y



2% de residuos de vidrio alcanzaron una mejora sutilmente en el CBR de la subrasante (Jijo, et al, 2022, p.3).

**Objetivo N° 3:** Explicar los métodos de ensayos aplicados para examinar las propiedades de la subrasante.

Según Suarez y Miranda (2024) en su artículo titulado " Ceniza de carbón como con aditivo natural para la estabilización de subrasante en la construcción de carreteras", en este estudio se enfocaron en realizar un mejor rendimiento en la subrasante, debido a un mal uso de la estabilización. Esta investigación tuvo como objetivo aplicar la ceniza de carbón para mejorar las propiedades mecánicas de la subrasantes de la construcción en la carretera. La metodología que se utilizó fue aplicada experimental. La incorporación que utilizaron fue (0%,20%,25%,30% y 35%) de ceniza de carbón, como conclusión se obtuvo que en el 25% de ceniza de carbón mejora las propiedades del suelo, en el límite de consistencia mejoro de un 20.97 % a un 8.31%, en el Proctor modificar tuvo un óptimo de 2.08gr/cm<sup>3</sup> a 2.49 gr/cm<sup>3</sup> y en el CBR mejoro de un 4.3% a 5.6%.

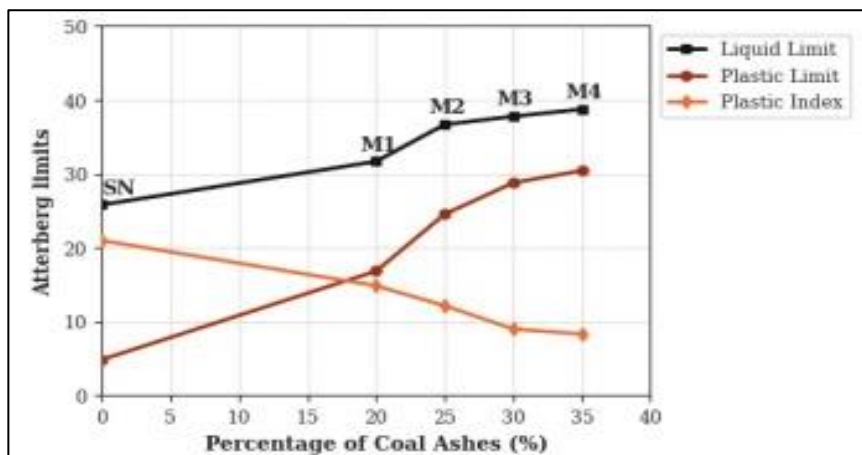


Ilustración 5. Ensayo de límites de consistencias

Fuente: <https://bit.ly/3UNkqxQ>

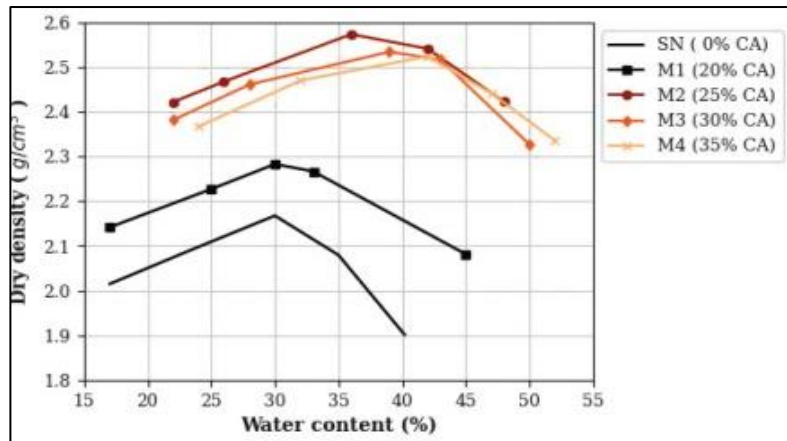


Ilustración 6. Ensayo de Proctor modificado

Fuente: <https://bit.ly/3UNkqxQ>

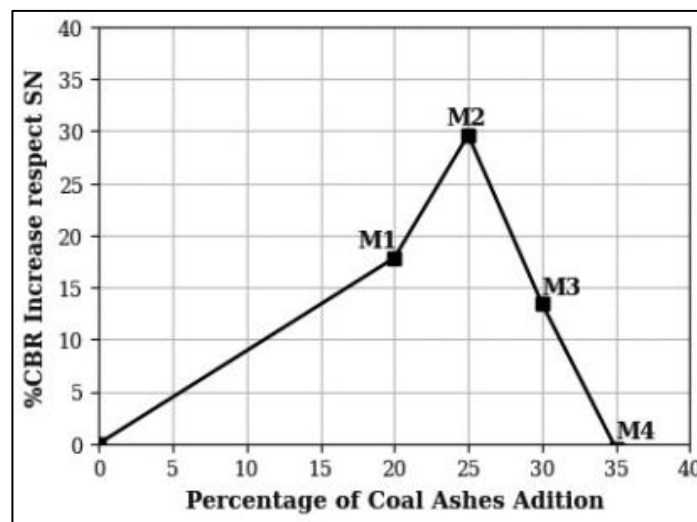


Ilustración 7. Ensayo CBR con ceniza de carbón

Fuente: <https://bit.ly/3UNkqxQ>

El este artículo estudia en como la estabilización química afecta a la subrasante de arcilla, por medio de cal y cenizas volantes, con el fin de reducir la plasticidad de los suelos ya sea alta o baja incluyendo a las arcillas limosas. La revisión da inicio con el reconocimiento de las propiedades que tiene las cenizas volantes, asimismo reconocer los aspectos que sobresalen al estabilizar la subrasante añadiendo cenizas volantes. Para esta investigación se efectuaron diversas pruebas como resistencia a la compresión para determinar cuánto soporta la arcilla antes de pasar a deformarse, el CBR para evaluar el incremento de la capacidad de soporte que llega a tener el suelo y por último tenemos al módulo de resiliencia que mide la deformación elástica indicando cuanto puede deformarse el suelo dependiendo de las cargas que tiene y

como puede recuperar su estado inicial, dicha pruebas se realizaron con diversas dosificaciones incluyendo el tiempo de curado mayormente para los suelos blandos. Los resultados indicaron que con un 15% de ceniza volante y con 7 días de curado se logra obtener resultados favorables correspondientes a cada ensayo (Zhou, et al, 2022).

#### **IV. CONCLUSIONES**

Los diversos estudios evaluados con diferentes tipos de cenizas en la subrasante arcillosa y limosa, evidencian una variedad de resultados en términos de reducir el índice plástico y aumentar la resistencia. Uno de los artículos demuestra que la ceniza de fondo de carbón brinda resultados favorables mejorando la resistencia del suelo, mientras que la ceniza de caña de azúcar generó un impacto favorable en el CBR del suelo.

Se percibieron variaciones en las dosificaciones propuestas por cada investigador. Uno de los autores propuso dosificaciones de 5%, 7% y 9% de ceniza de quínoa, resultado como porcentaje sobresaliente el 9% de CQ, el cual logró elevar el CBR de un valor mínima a un 25.6%, mientras que el otro autor propuso 20% y 4% de ceniza de cáscara de anacardo, tenido como valor sobresaliente al 4% de CNSA quien logro mejorar el CBR del suelo.

Se contemplaron diferencias mínimas en los métodos de ensayo empleados para examinar las propiedades físicas y mecánicas que poseen las subrasantes. Algunos investigadores emplean ensayos que con mayor frecuencia se usan como los límites de Atterberg, proctor modificado y capacidad de soporte, mientras que un autor empleo ensayos de resistencia a la compresión, módulo de resiliencia para evaluar las deformaciones que presenta los suelos, y efectuar las mejoras correspondientes.

## REFERENCIAS

AHMAD, M y ZAINOL, N, 2020. The effect of coal bottom ash as a replacement on subgrade strength [en línea], vol 476, no 012050, [consulta: 14 julio 2024]. DOI 10.1088/1755-1315/476/1/012050. Disponible en: <https://acortar.link/cxPgvD>

CHALCO, Irene, et al, 2021. Análisis de la edafo- climi-toposecuencia y su influencia en la distribución de los suelos de la subcuenca del río Mira – Ecuador [en línea], vol 47, no 2, [consulta: 14 julio 2024]. Disponible en: <https://acortar.link/1f4mf6>

EID, Mennat et al, 2024. Effectiveness of lime kiln dust on swelling of subgrade expansive soil [en línea], vol 13, no 45, [consulta: 14 julio 2024]. DOI 10.1186/s43088-024-00501-0. Disponible en: <https://acortar.link/YzPpAr>

EKSANA, Diam, et al, 2023. Soil stabilization using rice husk ash and cement for pavement subgrade materials [en línea], vol 22, no 1, [consulta: 14 julio 2024]. DOI <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.22.1.192>. Disponible en: <https://acortar.link/9KXT6r>

FIRAT, Ali, et al, 2020. Aliminum waste in road pavement subgrade [en línea], vol 40, no 1, [consulta: 14 julio 2024]. DOI <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v40n1.79376>

PENG, Hu, et al, 2024. Discrete element simulation of vibration compaction of slag subgrade [en línea], vol 14, no 5039, [consulta: 14 julio 2024]. DOI 10.1038/s41598-024-55276-2. Disponible en: <https://acortar.link/wkB3BT>

MÉNDEZ, Iliané, et al, 2022. Methodology to find the volumetric deformation of an expansive soil with the least amount of tests posible [en línea], vol 23, no 2, [consulta: 14 julio 2024] DOI <https://doi.org/10.22201/fi.25940732e.2022.23.2.015>. Disponible en: <https://acortar.link/BC8jCD>

ONYELOWE, Kennedy et al, 2024. Estimating the strength of soil stabilized with cement and lime at optimal compaction using ensemble-based multiple machine learning [en línea], vol 14, no 15308, [consulta: 14 julio 2024]. DOI 10.1038/s41598-024-66295-4. Disponible en: <https://acortar.link/4sCC3v>

OJEDA, Faías, et al, 2024. Influence of sugar cane bagasse ash inclusión on compacting CBR and unconfined compressive strength of a subgrade granular material, [en línea], vol 8, no 2, [consulta: 14 julio 2024]. DOI <https://doi.org/10.21041/ra.v8i2.282>. Disponible en: <https://acortar.link/z8CYaT>

OSPINA, Miguel, et al, 2021. Improvement of clayey subgrades through the addition of Steel waste [en línea], vol 11, no 1, [consulta: 14 julio 2024]. DOI <https://doi.org/10.19053/20278306.v11.n1.2020.11692>

YUE, Jianwei et al, 2024. Experimental investigation of influence of amide polymer on loess for subgrade [en línea], vol 14, no 12229, [consulta: 14 julio 2024]. DOI [10.1038/s41598-024-62503-3](https://doi.org/10.1038/s41598-024-62503-3). Disponible en: <https://acortar.link/xaXCdG>

ZIMAR, Z et al, 2024. Performance of industrial fly ash based stabilized mine haul roads under seasonal moisture changes [en línea], vol 48, no 101295, [consulta: 14 julio 2024]. DOI [10.1016/j.trgeo.2024.101295](https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2024.101295). Disponible en: <https://acortar.link/lp1eUu>

BAADIGA, Ramu y BALUNAINI, Umashankar, 2024. Effective CBR and Elastic Modulus of Geogrid – Stabilized Prepared Subgrades Overlying Existing Soft Subgrades [en línea], vol 10, no 41, [consulta: 14 julio 2024]. DOI [10.1007/s40891-024-00540-8](https://doi.org/10.1007/s40891-024-00540-8). Disponible en: <https://acortar.link/ksgKWh>

MAMANI, et al, 2023. Stabiization of the subgrade with quinoa ash and lime on the Lago Sagrado Highway, Puno, Peru [en línea], vol 25, no 44, [consulta: 14 julio 2024]. DOI [10.15517/iv.v25i44.53569](https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53569). Disponible en: <https://acortar.link/QzvFaQ>

JJJO, James, et al, 2023. Cashew nut Shell ash as a supplementary additive in lime stabilized expansive soil composites, [en línea], vol 62, [consulta: 14 julio 2024]. DOI [10.1016/j.matpr.2022.03.627](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.627). Disponible en: <https://acortar.link/x9kqPz>

JINBANG, Zhai, et al, 2024. Study of hydrothermal processes in ice – layers subgrade under cosntant temperatura and dynamic loading [en línea], vol 14, no 3970, [consulta: 14 julio 2024]. DOI [10.1038/s41598-024-54089-7](https://doi.org/10.1038/s41598-024-54089-7). Disponible en: <https://acortar.link/4oDD4B>.

SIVAPRIYA, S, et al, 2021. Experimental study on properties of mechanical resistance of polyamide in clay soil, [en línea], vol 62, [consulta: 14 julio 2024]. DOI <https://doi.org/10.15332/iteckne.v18i1.2538>. Disponible en: <https://acortar.link/kg9Fa3>

SUÁREZ, R, et al, 2024. Ceniza de carbón como aditivo natural para estabilización de subrasantes en la construcción de vías de tráfico de bajo volumen, [en línea], vol 28, no 1, [consulta: 14 julio 2024]. DOI <https://doi.org/10.15446/esrj.v28n1.110855>. Disponible en: <https://acortar.link/zGBTQN>

RUGE, Jaun, et al, 2021. Experimental comparison between the sensitivity and cementation on the undrained behaviour of clayed soils, [en línea], vol 29, no 1, [consulta: 14 julio 2024]. DOI <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-33052021000100109>. Disponible en: <https://acortar.link/mWPDGP>

Zhou, A, et al, 2022. Application of coal fly ash in pavement subgrade stabilisation: A review, [en línea], vol 312, no 114926, [consulta: 14 julio 2024]. DOI [10.1016/j.jenvman.2022.114926](https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114926). Disponible en: <https://acortar.link/lkwb2l>.

# ANEXOS

## Anexo 1. Base de datos Scopus

The screenshot shows the Scopus interface for an article. At the top, there is a search bar and navigation links for Lists, Sources, and SciVal. Below the search bar, there are navigation options: '< Back to results', '< Previous', '2 of 1,989', and 'Next >'. Action buttons include 'Download', 'Print', 'Save to PDF', 'Add to List', and 'Create bibliography'. The article title is 'Effectiveness of lime kiln dust on swelling of subgrade expansive soil'. The journal information is 'Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences', Volume 13, Issue 1, December 2024, Article number 45. The document type is 'Article' with 'Gold Open Access'. The source type is 'Journal'. The ISSN is 23148535. The DOI is 10.1186/s43088-024-00501-0. The authors are Eid, Mennat-Allah; Gomaa, Youssef; Galal, Sameh. A link to 'Save all to author list' is provided. The affiliation is 'Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Fayoum University, Faiyum, Egypt'.

## Anexo 2. Base de datos Web of Science

The screenshot shows the Web of Science interface for an article. The title is 'Effective CBR and Elastic Modulus of Geogrid-Stabilized Prepared Subgrades Overlying Existing Soft Subgrades'. The authors are Baadiga, R (Baadiga, Ramu) [1]; Balunaini, U (Balunaini, Umashankar) [2]. The source is 'INTERNATIONAL JOURNAL OF GEOSYNTHETICS AND GROUND ENGINEERING', Volume: 10, Issue: 3, DOI: 10.1007/s40891-024-00540-8. The article number is 41. It was published in JUN 2024 and indexed on 2024-05-10. The document type is 'Article'. There is a link to 'Enriched Cited References'. The abstract states: 'It is a common practice to stabilize soft subgrades by overlying a granular material stabilized with a layer of suitable geosynthetic. The present study proposes an approach to obtain the effective modulus of soft subgrades stabilized with locally available soil material in conjunction with geogrids. Relatively soft subgrades'.



## Anexo 3. Base de datos Scielo

The screenshot shows the Scielo website interface. At the top left is the Scielo logo. To its right is a search bar with the text 'artículos' and 'búsqueda de artículos'. Below the search bar is a navigation menu with buttons for 'sumario', 'anterior', 'próximo', 'autor', 'materia', 'búsqueda', 'home', and 'alfab'. The main content area features the journal title 'Revista de la construcción' with the ISSN 0718-915X. Below this is the issue information: 'Revista de la Construcción vol.22 no.1 Santiago 2023' and the DOI link 'http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.22.1.192'. The article title is 'Soil stabilization using rice husk ash and cement for pavement subgrade materials', labeled as a 'RESEARCH ARTICLE'. The authors listed are Dian Eksana Wibowo<sup>1</sup>, Dymas Agung Ramadhan<sup>2</sup>, Endaryanta<sup>3</sup>, and Hakas Prayuda<sup>4</sup>. Footnotes provide affiliations for each author at Universitas Negeri Yogyakarta. On the right side, there is a 'Servicios Personalizados' sidebar with options for 'Revista', 'Artículo', and 'Indicadores', along with various service links like 'SciELO Analytics' and 'Traducción automática'.

## Anexo 4. Base de datos ScienceDirect

The screenshot displays the ScienceDirect website. The top navigation bar includes the ScienceDirect logo, 'Journals & Books', 'Help', 'Search', and 'My account'. Below the navigation bar are buttons for 'View PDF' and 'Download full issue'. The article is from 'materialstoday: PROCEEDINGS', Volume 62, Part 2, 2022, Pages 644-649. The title is 'Cashew nut shell ash as a supplementary additive in lime stabilized expansive soil composites'. The authors are Jijo James, R. Roshna, and S. Santhiya. The page includes a table of contents on the left with sections like 'Introduction', 'Materials and methods', 'Results and discussion', and 'Conclusions'. At the bottom, there are options to 'Add to Mendeley', 'Share', and 'Cite', along with the DOI link 'https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.627' and a 'Get rights and content' link.