

Estado de la publicación: No informado por el autor que envía

INFLUENCIA DE ESCORIA DE ACERO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA CAMINO REAL – ANCASH – 2023

Janella Kattiuska Becerra Becerra, Ruben Alexander Cruz Diaz

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.7650>

Enviado en: 2023-12-15

Postado en: 2024-01-03 (versión 1)

(AAAA-MM-DD)

INFLUENCIA DE ESCORIA DE ACERO EN LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA CAMINO REAL – ANCASH – 2023

INFLUENCE OF STEEL SLAG ON THE STABILIZATION OF THE SUGRADE OF CAMINO REAL AVENUE – ANCASH – 2023

Becerra Becerra, Janella Kattiuska
Universidad César Vallejo
Nuevo Chimbote, Perú
jkbecerrab@ucvvirtual.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-2539-0941>

Cruz Diaz, Rubén Alexander
Universidad César Vallejo
Nuevo Chimbote, Perú
rcruzdi9@ucvvirtual.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0001-7202-283X>

Conflicto de intereses: Ninguno
Financiamiento: Propio de investigadores

Contribución de los autores
Conceptualización: Becerra Becerra, Janella Kattiuska
Investigación: Cruz Diaz, Rubén Alexander

RESUMEN

Este estudio tuvo como objetivo principal determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de la Avenida Camino Real y evaluar la influencia de la adición de escoria de acero como material estabilizante. La metodología que se empleó fue un diseño experimental, con tres grupos de prueba que recibieron adiciones de escoria en diferentes proporciones (15%, 20%, 25%). Se realizaron ensayos de mecánica de suelos según normativas peruanas para evaluar propiedades como CBR, límites de consistencia y granulometría. Los resultados indicaron que la subrasante fue de naturaleza arenosa, clasificada como A-3 excelente a bueno. Se encontró que al adicionar el 25% de escoria de acero tiene el mejor comportamiento el cual incrementó el 100% del CBR en estado natural, confirmando la viabilidad de esta técnica de estabilización. Se concluyó que la escoria de acero tiene un impacto positivo en la subrasante, mostrando un potencial significativo para mejorar la resistencia del suelo a cargas y deformaciones. Estas conclusiones respaldaron la aplicación práctica de la escoria de acero como material estabilizante en proyectos de pavimentación, abriendo perspectivas para su implementación en la Avenida Camino Real y otras áreas similares.

Palabras clave: Estabilización, Escoria de acero y subrasante

ABSTRACT

The main objective of this study was to determine the mechanical and physical properties of the soil on Avenida Camino Real and evaluate the influence of the addition of steel slag as a stabilizing material. The methodology used was an experimental design, with three test groups that received slag additions in different proportions (15%, 20%, 25%). Soil mechanics tests were carried out according to Peruvian regulations to evaluate properties such as CBR, consistency limits and

granulometry. The results indicated that the subgrade was sandy in nature, classified as A-3 excellent to good. It was found that adding 25% of steel slag has the best behavior which increased 100% of the CBR in its natural state, confirming the viability of this stabilization technique. It was concluded that steel slag has a positive impact on the subgrade, showing significant potential to improve soil resistance to loads and deformations. These conclusions supported the practical application of steel slag as a stabilizing material in paving projects, opening perspectives for its implementation on Camino Real Avenue and other similar areas.

Keywords: Stabilization, Steel slag and subgrade

INTRODUCCIÓN

En el contexto peruano, nos damos cuenta que los suelos desafiantes ha sido un verdadero reto, llevando a la implementación de nuevas técnicas de estabilización para lograr una mejora de capacidad de carga y estabilidad volumétrica, así como para mitigar asentamientos. En el reporte del MEF de 2019 subrayó la relevancia de que los suelos exhiban un comportamiento favorable frente a esfuerzos de deformación, asegurando una vida útil prolongada. A nivel mundial, ha surgido un interés creciente en el uso de diversos materiales para mejorar el estado del suelo y tener una influencia positiva en el medio ambiente. En el caso peruano, con suelos desfavorables, se buscó estabilizarlos para mejorar su resistencia ante diversas cargas y garantizar la durabilidad de las infraestructuras, según indicó el MEF. En Chimbote, donde se ubica un complejo industrial de Sider Perú, la escoria de acero producida en el proceso de fabricación de acero se considera apropiada para la construcción de carreteras, respaldada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. La investigación se centró en la Avenida Camino Real en Ancash, proponiendo un procedimiento experimental que involucró la adición de escoria de acero en diferentes proporciones al suelo de la subrasante (15%, 20% y 25%), con el objetivo de evaluar el comportamiento del suelo modificado en comparación con el suelo no alterado y determinar la cantidad óptima de escoria de acero para mejorar sus propiedades y resistencia.

A raíz de lo mencionado, este análisis propuso la siguiente enunciación para el problema principal: ¿Cuál es el impacto de la adición de escoria de acero en la estabilización de la subrasante en la Avenida Camino Real - Ancash - 2023? Asimismo, se señalan los inconvenientes particulares siguientes:

- 1) ¿Cómo son las propiedades mecánicas y físicas del suelo de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023?;
- 2) ¿Cómo son las propiedades físicas de la escoria de acero de arco eléctrico de Sider Perú para ser usado como material estabilizante de la subrasante de la Avenida Camino Real?;
- 3) ¿Cuál será el resultado de la comparación de las propiedades del material físicas y mecánicas al adicionar el 15%, 20% y 25% la escoria?;
- 4) ¿Cuál será el porcentaje de adición de escoria de acero entre 15%, 20% y 25% que tendrá mejor comportamiento en la subrasante de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023?

La base de esta tesis se apoyó en la observación de las condiciones no óptimas del pavimento de la Avenida Camino Real, con la intención de mejorar la calidad y durabilidad de la infraestructura vial. Se buscó este mejoramiento a través de la estabilización de la subrasante, al introducir escoria de acero con la posibilidad de generar un impacto favorable en la resistencia, durabilidad y capacidad de carga de la carretera. La fundamentación teórica aborda la investigación sobre el efecto del aumento de la escoria de acero en la estabilización de la subrasante, con la meta de aportar al conocimiento científico y técnico en el ámbito de la ingeniería de pavimentos.

Desde un punto de vista pragmático, se sostiene que la aplicación exitosa de escoria de acero para mejorar la estabilidad de la subrasante podría ser aplicada en la construcción y mantenimiento de la Avenida Camino Real en Ancash. Los beneficios prácticos potenciales incluyen una mayor resistencia a la deformación, una reducción en la capacidad de carga y una prolongación de la vida útil del pavimento. Desde una perspectiva social, la justificación se basa

en la premisa de que el estado de las vías y la calidad de la infraestructura vial influyen directamente en la calidad de vida de los habitantes. Dado que la Avenida Camino Real es una arteria vial crucial en Ancash, mejorar su pavimento puede representar una mejora sustancial en la comodidad, seguridad y eficiencia del transporte para los residentes y visitantes. Además, desde un punto de vista ambiental, se respalda la investigación al considerar que la inclusión de subproductos industriales como la escoria de acero en la construcción de pavimentos puede generar beneficios ambientales notables al reducir la necesidad de extraer otros recursos naturales y fomentar prácticas más sostenibles en la industria del acero.

Para hacer frente a cada desafío propuesto, se formula el siguiente objetivo general: Determinar la influencia de la adición de escoria de acero en la subrasante de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023. Asimismo, se definen los siguientes objetivos específicos:

1) Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023 2) Determinar las propiedades físicas de la escoria de acero de Sider Perú para ser usado como material estabilizante de la subrasante de la Avenida Camino Real; 3) Realizar una evaluación comparativa de las propiedades mecánicas de la subrasante al adicionar la escoria de acero y sin adición de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023; 4) Determinar la influencia del óptimo porcentaje de adición de escoria de acero que tendrá mejor comportamiento en la subrasante de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023

La hipótesis general planteó que la adición de escoria de acero a nivel de la subrasante de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023, reduce el espesor del paquete estructural del pavimento. Además, se planteó las siguientes hipótesis específicas: 1) Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la Avenida Camino Real no son las adecuadas; 2) Las propiedades físicas y mecánicas de la escoria de acero son favorables en la estabilización de la subrasante de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023; 3) Se identificaron mejoras significativas en términos de resistencia y características específicas en la evaluación comparativa de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante que incorpora la adición de escoria de acero; 4) El porcentaje óptimo de adición de escoria de acero es de 15% en la estabilización de suelos de la subrasante de la Avenida Camino Real - Ancash - 2023

METODOLOGÍA

Durante el desarrollo del proyecto, se realizaron tres visitas al área de estudio para llevar a cabo una exploración visual detallada y recopilar datos preliminares. En la primera visita, se evaluaron las características notables del terreno, como la topografía y la vegetación. En la segunda visita, se llevó a cabo un estudio de tráfico para clasificar el tipo de carretera en la avenida seleccionada. La tercera visita incluyó la realización de calicatas cuyas muestras se enviaron al laboratorio para su análisis, incluido un perfil estratigráfico.

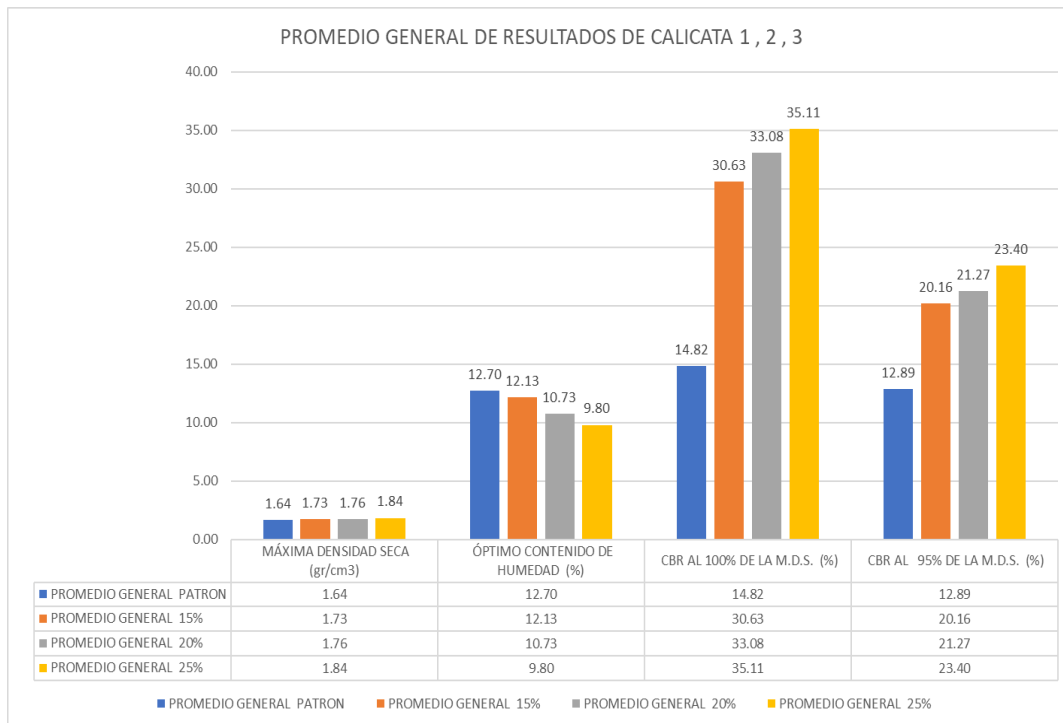
En el laboratorio, se llevaron a cabo una serie de ensayos para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Esto incluyó un detallado ensayo de humedad que implicó secado y tamizado de las muestras. La granulometría se determinó mediante el tamizado de las muestras en mallas específicas. Además, se ejecutó un ensayo de Proctor modificado tanto para la muestra natural como para aquellas con adición de escoria de acero al 15%, 20%, y 25%. Este ensayo abarcó la adición de agua, compactación y secado en horno.

Se complementaron estos ensayos con el ensayo de CBR (California Bearing Ratio), tanto para la muestra natural como para aquellas con adición de escoria de acero al 15%, 20%, y 25%. El procedimiento incluyó la preparación de bandejas, compactación, sumersión, medición de expansión y secado de muestras representativas en el horno.

El análisis de datos se llevó a cabo utilizando un enfoque descriptivo, empleando herramientas como Microsoft Excel. Este análisis permitió interpretar detalladamente las propiedades mecánicas y físicas del suelo, tanto en las muestras originales como en aquellas modificadas con escoria de acero. En conjunto, los resultados obtenidos brindan una comprensión integral del comportamiento del suelo y su idoneidad para proyectos de pavimentación.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Propiedades Mecánicas de la Muestra Patrón con y sin adición de escoria



La elección de utilizar un 15% de adición de escoria de acero se fundamenta en una cuidadosa evaluación de los resultados obtenidos en la investigación. A pesar de que la adición de un 20% y un 25% de escoria de acero demuestra mejoras notables en el Índice de Soporte Californiano (CBR) y la Máxima Densidad Seca (M.D.S.), se observa una tendencia a la disminución del óptimo contenido de humedad a medida que se incrementa la cantidad de escoria, esta disminución del óptimo contenido de humedad va desde el 12.70% de la muestra patrón y reduciéndose a un 12.13%, 10.73% y 9.80% respectivamente mientras se adiciona el 15%, 20% y 25% de escoria de acero.

El análisis detallado indica que al utilizar un 15% de escoria de acero, se logra una mejora significativa en el CBR al 100% de la M.D.S., alcanzando un valor del 30.63%. Esta cifra representa un aumento sustancial y positivo en la capacidad de la subrasante para resistir

ESTRUCTURA DE PAVIMENTO (m2)				
Descripción	Subrasante sin Escoria de Acero		Subrasante con 15% de Escoria de Acero	
	Espesor (cm)	Costo (\$/)	Espesor (cm)	Costo (\$/)
Carpeta Asfáltica	9	86.22	5	47.9
Base Granular	12.5	10.625	17.5	14.875
Subbase Granular	37.5	18.75	37.5	18.75
Total	59	115.595	60	81.525

cargas y deformaciones. Además, la Máxima Densidad Seca (M.D.S.) también experimenta un incremento considerable, registrando un valor de 1.73 gr/cm³.

La elección de un 15% de adición no solo se sustenta en la eficacia demostrada en los resultados, sino también en consideraciones prácticas y económicas. Al optar por un 15% de escoria, se logra obtener mejoras notables en las propiedades mecánicas del suelo sin requerir un uso excesivo de material, lo que resulta en una solución eficiente y económicamente viable. Esta decisión busca optimizar el rendimiento de la subrasante con un enfoque equilibrado entre mejoras significativas y la eficiente utilización de recursos, destacando la viabilidad técnica y económica de la adición del 15% de escoria de acero en el proceso de estabilización.

Esto se ve reflejado en ventajas económicas como en el ejercicio de la estructura de un metro cuadrado de pavimento flexible.

Comparando las dos opciones, la subrasante con adición de 15% de escoria de acero presenta una disminución en los espesores de la carpeta asfáltica, base granular y subbase granular en comparación con la subrasante sin adición. Esto resulta en un ahorro significativo en los costos de materiales. En la subrasante con escoria, el espesor de la carpeta asfáltica se reduce de 9 cm a 5 cm, lo que representa una disminución en los

costos. Además, la base granular aumenta su espesor de 12.5 cm a 17.5 cm, pero a un costo menor por unidad de espesor. La subbase granular mantiene su espesor y costo.

Para calcular el porcentaje de ahorro, podemos comparar los costos totales de cada opción:

Sin adición de escoria:

Carpeta asfáltica: 86.22 soles

Base granular: 10.625 soles

Subbase granular: 18.75 soles

Costo total sin escoria: $86.22 + 10.625 + 18.75 = 115.595$ soles

Con adición de 15% de escoria:

Carpeta asfáltica: 47.9 soles

Base granular: 14.875 soles

Subbase granular: 18.75 soles

Costo total con escoria: $47.9 + 14.875 + 18.75 = 81.525$ soles

Para calcular el porcentaje de ahorro:

Ahorro $\% = (\text{Costo sin escoria} - \text{Costo con escoria} / \text{Costo sin escoria}) \times 100$

Ahorro $\% = (115.595 - 81.525 / 115.595) \times 100 \approx 29.4\%$

Ahorro $\% = (34.07 / 115.595) \times 100 \approx 29.4\%$

Por lo tanto, al adicionar un 15% de escoria, se logra un ahorro del aproximadamente 29.4% en los costos totales.

En resumen, al adicionar un 15% de escoria de acero, se logra un ahorro considerable en el costo total de materiales para la construcción de la carretera, principalmente debido a la reducción en el espesor de la carpeta asfáltica. Es importante considerar estos ahorros al evaluar la viabilidad económica de la alternativa con escoria.

CONCLUSIONES

Después de minuciosos análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante al introducir la escoria de acero en la Avenida Camino Real - Ancash - 2023, se destacan mejoras significativas que respaldan la eficacia de este estabilizante. En relación con las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante al adicionar la escoria de acero en la Avenida Camino Real, se evidencia claramente una mejora significativa. Los ensayos realizados, que incluyeron dosificación óptima de escoria de acero en el terreno natural, contenido óptimo de humedad, CBR, máxima densidad seca y ensayos de Proctor, revelaron mejoras notables en las propiedades de la subrasante con la adición de este material estabilizante corroborando así que al adicionar escoria de acero en la subrasante, mejora sus propiedades físicas y mecánicas.

Según los resultados obtenidos en la investigación, se pudo determinar de manera concluyente que la adición de escoria de acero a la subrasante de la Avenida Camino Real en porcentajes del 15%, 20% y 25% influyó significativamente en sus propiedades físicas y mecánicas. Al analizar la dosificación óptima de escoria de acero en el terreno natural, se observó que el 15% de adición logró mejorar de manera eficiente las propiedades del suelo, demostrando un equilibrio óptimo entre mejoras mecánicas y un uso eficiente de la escoria.

En términos de contenido óptimo de humedad, se identificó que la adición del 15% de escoria proporcionó una reducción adecuada en comparación con los porcentajes superiores, lo que sugiere una mejor compactación. Además, los ensayos de Proctor y CBR en la muestra patrón y las muestras con adición de escoria indicaron que el 15% logró el mejor rendimiento, evidenciando una mayor densidad seca y resistencia al esfuerzo cortante. Por otro lado, al incrementar la adición al 20% y 25%, no se observaron mejoras significativas y, en algunos casos, se evidenció una disminución en las propiedades estudiadas.

En conclusión, basándonos en los resultados obtenidos, la adición del 15% de escoria de acero se presenta como la opción más efectiva y eficiente para mejorar las propiedades de la subrasante en la Avenida Camino Real, ya que logra un equilibrio entre mejoras mecánicas y una utilización prudente de la escoria.

REFERENCIAS

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (Perú). MTC EG-2016: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción. Lima, 2013.

SIDER Perú, Perú. Febrero de 2021. Disponible en https://www.siderperu.com.pe/sites/pe_gerdau/files/PDF/Memoria%20Anual%20-SIDERPERU%202020.pdf

Worldsteel, 2021. Producción mundial de acero. DISPONIBLE EN: <https://bizrepublic.com/produccion-mundial-de-acero-crecio-un-37-en-2021-a-pesar-de-caida-en-china-segun-datos-de-worldsteel/>

Ospina, M., Chaves, S., & Jimenez, L. (2020). Mejoramiento de subrasantes de tipo arcillosos mediante la adición de escoria de acero. Revista de Investigación, Desarrollo e Innovación, 11(1). DISPONIBLE EN: <https://doi.org/10.19053/20278306.v11.n1.2020.11692>

Rondón, H., Ruge, J., Patiño, D., Vacca, H., Reyes, F., & Fernández, W. (2018). Caracterización de una escoria de alto horno para proyectos. *Revista ingeniería de construcción*, 33(1).
DISPONIBLE EN: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732018000100083>

Leiva, D., Montenegro, J., & Ponce, R. (2017). Caracterización de un suelo arcilloso y su mezcla con escoria blanca proveniente de la siderurgia integral. Universidad Católica de la Santísima Concepción, Chile. OBTENIDO EN:
<http://repositoriodigital.ucsc.cl/bitstream/handle/25022009/1418/Leiva%20Vidal%2C%20Daniel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Hidalgo, D. (2016). Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo – cemento aplicado a suelos de subrasante. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Este preprint fue presentado bajo las siguientes condiciones:

- Los autores declaran que son conscientes de que son los únicos responsables del contenido del preprint y que el depósito en SciELO Preprints no significa ningún compromiso por parte de SciELO, excepto su preservación y difusión.
- Los autores declaran que se obtuvieron los términos necesarios del consentimiento libre e informado de los participantes o pacientes en la investigación y se describen en el manuscrito, cuando corresponde.
- Los autores declaran que la preparación del manuscrito siguió las normas éticas de comunicación científica.
- Los autores declaran que los datos, las aplicaciones y otros contenidos subyacentes al manuscrito están referenciados.
- El manuscrito depositado está en formato PDF.
- Los autores declaran que la investigación que dio origen al manuscrito siguió buenas prácticas éticas y que las aprobaciones necesarias de los comités de ética de investigación, cuando corresponda, se describen en el manuscrito.
- Los autores declaran que una vez que un manuscrito es postado en el servidor SciELO Preprints, sólo puede ser retirado mediante solicitud a la Secretaría Editorial deSciELO Preprints, que publicará un aviso de retracción en su lugar.
- Los autores aceptan que el manuscrito aprobado esté disponible bajo licencia [Creative Commons CC-BY](#).
- El autor que presenta el manuscrito declara que las contribuciones de todos los autores y la declaración de conflicto de intereses se incluyen explícitamente y en secciones específicas del manuscrito.
- Los autores declaran que el manuscrito no fue depositado y/o previamente puesto a disposición en otro servidor de preprints o publicado en una revista.
- Si el manuscrito está siendo evaluado o siendo preparando para su publicación pero aún no ha sido publicado por una revista, los autores declaran que han recibido autorización de la revista para hacer este depósito.
- El autor que envía el manuscrito declara que todos los autores del mismo están de acuerdo con el envío a SciELO Preprints.