



MODIFICACIÓN DE SUELOS SALINOS CON VIDRIO SOLUBLE PARA APLICACIONES EN CAPAS DE PAVIMENTO

Modifying Saline Soils with Soluble Glass for Pavement Layer Applications

Juanita Acuña Esquivel⁹⁰

Manuel Felipe López Vela⁹¹

Claudia Ximena Granados Muñoz⁹²

Daniel Bejarano Segura⁹³

RESUMEN

La presente investigación evalúa las propiedades del material pétreo del río Upín, un recurso abundante en la región que no ha sido estudiado de manera suficiente para su aplicación en ingeniería, particularmente en infraestructura vial. En el municipio de Restrepo (Meta), la acumulación y el escaso aprovechamiento de estos materiales, que contienen cloruros y sales, generan impactos en la comunidad, como la reducción del área hidráulica del cauce, el socavamiento de estructuras cercanas y la disminución del gálibo del puente sobre este afluente. El objetivo del estudio fue analizar el comportamiento del material en estado natural y estabilizado con vidrio soluble, con el fin de determinar su viabilidad para su uso en bases y subbases granulares. Para ello, se realizó su caracterización siguiendo normativas ASTM e INVIAS, mediante ensayos de laboratorio como CBR, granulometría, densidad y absorción, permeabilidad y resistencia a la abrasión, evaluando además distintas concentraciones de estabilizante (1%, 3% y 5%).

Los resultados evidencian que, aunque la adición de vidrio soluble mejora las condiciones de compactación, no incrementa de manera significativa la resistencia estructural requerida para capas granulares. No obstante, el estudio aporta un impacto social relevante y potencial de transferencia tecnológica, al promover el aprovechamiento de recursos locales y ofrecer una metodología replicable en otras cuencas con problemáticas similares. Asimismo, permite identificar limitaciones y oportunidades del material, orientando futuras alternativas de estabilización para su aplicación en proyectos civiles.

⁹⁰ Estudiante de Ingeniería civil (en espera de título), Universidad Cooperativa de Colombia, juanita.acuna@campusucc.edu.co, <https://orcid.org/0009-0009-3519-9076>, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001822947.

⁹¹ Especialista en Gestión de Proyectos para la Ingeniería, Universidad Cooperativa de Colombia, manuel.lopezv@ucc.edu.co, <https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/EnRecursoHumano/inicio.do>, <https://orcid.org/0009-0000-5879-9300>.

⁹² Magister en Gerencia de la Innovación en Proyectos, Universidad Cooperativa de Colombia, claudia.granadosm@campusucc.edu.co, <https://orcid.org/0009-0006-5044-8577>.

⁹³ Doctor en Educación, Universidad Cooperativa de Colombia, daniel.bejaranose@campusucc.edu.co, https://scienti.minciencias.gov.co/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0001195247, <https://orcid.org/0000-0002-6898-8073>.

PALABRAS CLAVE: agregado pétreo, CBR, compactación, estabilización de suelos, estabilización química, vidrio soluble.

ABSTRACT

This research addresses the evaluation of the properties of the rock material from the Upín River, a natural resource that is abundant in the area but has not been thoroughly studied for its potential use in engineering, specifically in road infrastructure. It has been observed in the municipality of Restrepo, Meta, that the accumulation and underutilization of these materials, which contain chlorides and salts, have a significant impact on the local community, manifesting primarily in the reduction of the riverbed's hydraulic area, the undermining of nearby structures, and the decreased clearance of the bridge located over this tributary. The purpose of this project is to evaluate the performance of the material in its natural state and combined with soluble glass, determining its feasibility for use in granular bases and subbases for road infrastructure. To this end, the material was characterized according to ASTM and INVIAS standards through laboratory tests such as CBR, particle size distribution, density and absorption, permeability, and abrasion resistance, both in its natural state and with different concentrations of added soluble glass (1%, 3%, and 5%). A comparative evaluation of the material and the effects of the stabilizer was then conducted, revealing that while soluble glass improves compaction conditions, it does not increase the structural strength required for granular layers. This work has significant social impact and potential for technology transfer, as it promotes the use of local resources and the possibility of replicating this methodology in other basins with similar challenges. Finally, the limitations and opportunities of the material were identified, enabling the development of future stabilization options and its potential use in civil engineering projects.

KEYWORDS: CBR, chemical stabilization, compaction, soil stabilization, soluble glass, stone aggregate.

INTRODUCCIÓN

La estabilización de suelos implica la optimización de las propiedades físicas y mecánicas del terreno. Según el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008), un estabilizante es un producto químico natural o sintético con capacidad de alterar positivamente una o más propiedades del suelo por su acción e interacción con éste. En la práctica, no es frecuente contar con materiales granulares que satisfagan completamente las especificaciones técnicas requeridas; por esto es preciso emplear métodos para mejorarlos, bien sea procedimientos mecánicos o aplicación de productos químicos. Los procesos de estabilización no convencionales, que utilizan productos orgánicos o sintéticos, buscan cambiar las propiedades del suelo mediante reacciones que lo fortalecen y estructuran mejor (Mosquera, 2011).

Esta investigación se enfoca en estabilizar un suelo no común (salino) mediante el uso de un producto no convencional, el vidrio soluble, como una opción sostenible que posibilita la reutilización de materiales disponibles a nivel local. Esta perspectiva favorece la utilización de materiales locales, promueve el empleo responsable de los sedimentos amontonados, que generalmente constituyen un problema para el medio ambiente debido a obstrucción de cauces, disminución de capacidad hidráulica y aumento del peligro de inundaciones.

HALLAZGOS O RESULTADOS

El estudio evidenció que el agregado no satisface las condiciones definidas por el INVIAS para capas granulares, por la baja presencia de finos intermedios, elevada cantidad de partículas alargadas y planas, CBR bajo (19.36%) y contenido de terrones de arcilla más alto del permitido. La resistencia, durabilidad y estabilidad estructural del material se ven afectadas directamente por estos aspectos.

Sobre el tratamiento con vidrio soluble (1%, 3% y 5%), se observó que, pese al incremento la humedad óptima y densidad seca, no produjo aumento importante en la resistencia mecánica, a medida que el porcentaje de vidrio soluble subía, el CBR bajaba, el estabilizante no beneficia la capacidad portante del suelo estudiado.

Por otro lado, las evaluaciones químicas confirmaron un comportamiento alcalino al agregar vidrio soluble sin beneficios estructurales significativos. En resumen, los resultados indican que el material en estado natural o tratado no es adecuado para capas granulares de pavimentos.

CONCLUSIONES

Los hallazgos de la investigación permiten concluir que el material pétreo del Río Upín, en estado natural y combinado con vidrio soluble, no satisface las especificaciones exigidas por INVIAS para capas granulares. La caracterización mecánica, física y química demostró limitaciones importantes: escasa capacidad de carga, contenido elevado de partículas deleznales, fallos en granulometría y respuesta mecánica insuficiente incluso después de añadir vidrio soluble, pese a que el vidrio soluble mejoró algunos indicadores de compactación, no incrementó la resistencia estructural, lo que impidió que el material cumpliera los mínimos requeridos para uso en vías.

Este estudio proporciona información técnica esencial para la gestión de materiales locales y enfatiza la importancia de investigar otros métodos o alternativas que permitan un uso más eficaz y sostenible de los recursos de la cuenca del Río Upín.



REFERENCIAS

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2008). *Inventario de tecnologías disponibles en España para la lucha contra la desertificación*. Gobierno de España.
- Mosquera, C. C. (2011). *Alternativas de estabilización de suelos mediante procesos no convencionales (orgánicos y poliméricos)*. Universidad Piloto de Colombia.
- Solminihac, H. d., Echeverría, G., & Thenoux, G. (1989). *Estabilización química de suelos* [Documento académico]. Pontificia Universidad Católica de Chile. <https://buscador.bibliotecas.uc.cl/discovery/fulldisplay?docid=alma990001283120203396>