



DOI: <https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3534>

Ciencias de la Educación
Artículo de Investigación

***Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de
suelos arcillosos ubicada en la vía tosagua-chone sector bachillero***

***Proposal for stabilization with lime and cement for a subgrade with the presence of
clayey soils located on the tosagua-chone road, high school sector***

***Proposta de estabilização com cal e cimento para subleito com presença de solos
argilosos localizado na estrada tosagua-chone, setor de ensino médio***

Diego Manuel Rezabala Leones ^I
drezabala4148@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-1418-8192>

Eduardo Ortiz Hernández ^{II}
eduardo.ortiz@utm.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-1885-6005>

Correspondencia: drezabala4148@utm.edu.ec

***Recibido:** 04 de junio de 2023 ***Aceptado:** 12 de julio de 2023 ***Publicado:** 30 de agosto de 2023

- I. Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí. Portoviejo, Ecuador.
- II. Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Ecuador.

Resumen

La estabilización de subrasantes mediante la incorporación de agentes cementantes como lo son el cemento y la cal, producen cambios significativos en la resistencia del suelo de estudio. La investigación presente se desarrolla en dos fases, la primera tiene como objetivo caracterizar el suelo extraído de cada calicata, el cual es clasificado mediante el Sistema AASTHO como un A-7-5.

La segunda fase corresponde a la estabilización del suelo procedente de la (calicata 1) con los estabilizantes cemento y cal, que comprende a la elaboración, preparación y curado de los cilindros, utilizando dos porcentajes que son el 1 y 3%, evaluando como principal variable el CBR tras inmersión y su densidad máxima. El proceso de estabilización fue aplicado al suelo extraído del sector Bachillero, vía Tosagua, donde se identificó una mejora poco significativa al aplicar el 1% de ambos aditivos cementantes. El porcentaje de 3% logró incrementar más de 5 veces la resistencia del suelo original, clasificando la subrasante como regular, siendo este el porcentaje más adecuado para una estabilidad con agentes cementantes.

Palabras Claves: cemento; cal; subrasante; resistencia; estabilidad; agentes cementantes.

Abstract

The stabilization of subgrades through the incorporation of cementing agents such as cement and lime, produce significant changes in the resistance of the study soil. The present investigation is carried out in two phases, the first has the objective of characterizing the soil extracted from each test pit, which is classified by the AASTHO System as A-7-5.

The second phase corresponds to the stabilization of the soil from (pit 1) with cement and lime stabilizers, which includes the preparation, preparation and curing of the cylinders, using two percentages that are 1 and 3%, evaluating as the main variable the CBR after immersion and its maximum density. The stabilization process was applied to the soil extracted from the Bachillero sector, via Tosagua, where an insignificant improvement was identified when applying 1% of both cementing additives. The percentage of 3% managed to increase the resistance of the original soil more than 5 times, classifying the subgrade as regular, this being the most appropriate percentage for stability with cementing agents.

Keywords: cement; lime; subgrade; endurance; stability; cementing agents.

Resumo

A estabilização dos subleitos através da incorporação de agentes cimentícios como cimento e cal, produzem alterações significativas na resistência do solo em estudo. A presente investigação é realizada em duas fases, a primeira tem como objetivo caracterizar o solo extraído de cada cava teste, que é classificado pelo Sistema AASTHO como A-7-5.

A segunda fase corresponde à estabilização do solo da (cova 1) com estabilizadores de cimento e cal, que inclui a preparação, preparo e cura dos cilindros, utilizando dois percentuais que são 1 e 3%, avaliando como principal variável o CBR após imersão e sua densidade máxima. O processo de estabilização foi aplicado ao solo extraído do setor Bachillero, via Tosagua, onde foi identificada uma melhoria insignificante ao aplicar 1% de ambos os aditivos cimentícios. O percentual de 3% conseguiu aumentar em mais de 5 vezes a resistência do solo original, classificando o subleito como regular, sendo este o percentual mais adequado para estabilidade com agentes cimentícios.

Palavras-chave: cimento; Lima; subleito; resistência; estabilidade; agentes de cimentação.

Introducción

En Algunas provincias de la región Costa ecuatoriana se cuenta con la presencia de suelos expansivos, como es el caso de la provincia de Manabí, en esta zona se ha tenido registro de problemas relacionados con la inestabilidad de suelos (Buitrón Landeta & Enríquez León, 2018). Esta es una de las principales razones para buscar una alternativa de estabilización para este tipo de suelo, para evitar problemas constructivos como alta plasticidad e inestabilidad volumétrica dependiendo de la humedad.

Al ser el suelo la base fundamental de toda obra civil, este puede ser utilizado de diversas formas, como por ejemplos; material de construcción para la elaboración de terraplenes, muros, casas, obras viales, entre otras, por tal motivo este material debe cumplir con ciertas propiedades físicas y mecánicas que permitan su estabilidad y resistencia (Sánchez Albán , 2014) Para ello, comenzamos a mejorarlo, con el que podrás satisfacer diversas solicitudes para cualquier proyecto actual.

La utilización de técnicas de estabilización y mejoramiento de suelos en construcciones apropiadas para el tratamiento de suelo de subrasante con el uso de algún conglomerante, transforma químicamente el material inestable en utilizables (Gavilanes Bayas, 2015,p.14). Según Celi & Mendoza (2023) “la estabilización de suelos persigue el aumento de su capacidad portante ante las cargas generadas por los vehículos”, lo cual es necesario hacer ciertos estudios que permitan la

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
tosagua-chone sector bachillero

correcta elección del aditivo cementante ya que de aquello dependerá obtener los resultados esperados.

Esta investigación tiene como objetivo principal evaluar el comportamiento de un suelo arcilloso, ubicado en la vía Tosagua-Chone, cuando se le agrega cemento y cal, determinando el porcentaje óptimo para alcanzar una adecuada resistencia en la subrasante. Para ello se le añaden dos porcentajes diferentes, con el fin de lograr mejoras en la resistencia a CBR, y buscar reducir su plasticidad.

La subrasante de carreteras

La subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado. En la cual se añade la estructura del pavimento o afirmado “La subrasante es el asiento directo de la estructura del pavimento y forma parte del prisma de la carretera, que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento” (MTC, 2014, p.20). En la planificación de carreteras, la capacidad de carga de la subrasante influye significativamente en el espesor del pavimento (Hasriana, Samang, Harianto, & Djide, 2018).

La subrasante será clasificada en función al CBR, para ello se tomará del Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito, el cual ofrece cinco categorías mostradas en la tabla 1 (Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2008).

Tabla 1. Categorías de subrasante, según el CBR. Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito (Ministerio de transportes y Comunicaciones, 2008)

Clasificación	CBR _{diseño}
S ₀ : Subrasante muy pobre	< 3%
S ₁ : Subrasante pobre	3% - 5%
S ₂ : Subrasante regular	6 - 10%
S ₃ : Subrasante buena	11 - 19%
S ₄ : Subrasante muy buena	> 20%

Estabilización química

La estabilización química se trata de incorporar otras materias, o productos químicos, que modifican sus propiedades, se trate de una reacción fisicoquímica, o mediante la creación de una matriz que aglomere las partículas del suelo (Billong, et al., 2009). Según Bahar et al (2004) “recomiendan la combinación de dos métodos, el de estabilización por métodos mecánicos de compactación y vibración y el de estabilización por métodos químicos, para obtener mayor resistencia y durabilidad.” La estabilización química se puede implementar en cualquier tipo de suelos para su respectivo mejoramiento de sus propiedades geotécnicas, modificando las propiedades fisicoquímicas primarias del suelo nativo con el objetivo de mitigar ciertos problemas cuales como la inestabilidad volumétrica o incrementar ciertas propiedades como la resistencia y la durabilidad de los suelos tratados.

“La estabilización química se refiere principalmente al uso de determinadas sustancias químicas, cuyo uso implica la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución del suelo involucrados en el proceso” (Gutiérrez, 2010, p.39). Este tipo de estabilización implica el uso de una amplia variedad de materiales, entre los que destacan los más convencionales cemento y cal; sin embargo, en la estabilización de suelos para la construcción de carreteras también se han considerado otros productos como (cloruro de sodio, cloruro de calcio) y residuos o subproductos industriales (Zuber, Binhussain, Abdullah, & Abdullah, 2013).

Estabilización de suelos con cal y cemento

Respecto a este tema, Gavilanes Bayas (2015) indique textualmente que “El tratamiento del suelo con agregados especiales como cal y cemento se usa ampliamente como un medio para mejorar la estructura de la subrasante y debajo, este método se verifica mediante procedimientos de diseño de muestras de laboratorio basados en estándares internacionales como son las; AASHTO Y ASTM.”

La estabilización y mejoramiento de suelo con aditivos cementantes ha sido utilizado en diversos países y arroja resultados positivos, estos resultados son evaluados por investigaciones que son la base para un mejor conocimiento del uso de estos tipos de materiales especialmente para una estabilización de subrasante para una vía ya sea principal o secundaria (Gavilanes Bayas, 2015)

Este proceso se lleva a cabo con la finalidad de generar capas que sean llevadas a condiciones óptimas de densidad y resistencia, para que proporcionen mejores propiedades económicas, en seguridad y durabilidad (Parra, 2018).

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
tosagua-chone sector bachillero

La adicción de cal o cemento en suelos arcillosos, en mayor y menor grado, provoca un aumento en su límite líquido como también un aumento en su límite plástico para poder obtener una disminución en su índice plástico; de manera que aumenta la estabilidad volumétrica de los materiales cohesivos como también la resistencia a la compresión simple y el CBR.

Los procesos de estabilización dependen de ciertos factores, según Gavilanes Bayas (2015) sugiere “tipo de suelo, parámetros de resistencia, materiales disponibles en el entorno de la obra a realizarse y las condiciones climatológicas en la ciudad”. Con el tratamiento o adición de cemento se busca secar zonas húmedas para facilitar su compactación y proporcionar una plataforma estable de trabajo (Instituto español del cemento y sus aplicaciones, 2012).

La estabilización con cal permite que suelos de elevada humedad natural puedan conseguir una densificación adecuada, la densidad máxima Proctor de un suelo estabilizado con cal es inferior a la del suelo original, lo que no tiene gran importancia debido a las mejoras anteriores obtenidas con la estabilización (Gamica, Pérez , & Obil, 2002). El proceso de la estabilización o mejoramiento con cal o cemento consiste, en homogenizar la mezcla, distribuida convenientemente para los ensayos que se realizó y ejecutar los ensayos con calidad y bajo normas específicas ya antes dichas (Gavilanes Bayas, 2015, p.34).

En general, los criterios de decisión sobre el tipo o ausencia de estabilización química suelen basarse en los límites de Atterberg, que caracterizan el comportamiento de los suelos finos. Algunas normas consideran que el LL no puede exceder del 30 al 40% y el IP del 10 al 12% respectivamente para materiales subbase y base y alrededor del 40 y 20% para materiales de subrasante (Rivera, et al., 2020).

La tabla 2 ilustra los aditivos recomendados para la estabilización de suelos según la Universidad Salesiana, ha establecido los criterios para la selección del tipo de estabilización en función del tipo de suelo, su Límite Líquido y su Índice de Plasticidad.

Tabla 2. Aditivos recomendados para la estabilización de suelos. (Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales, 2008)

Area	Suelo				Observaciones
------	-------	--	--	--	---------------

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
 tosagua-chone sector bachillero

		Aditivo recomendado	Restricciones en LL ó IP del suelo	Restricciones del % pasa tamiz 200	
1A	SW, SP	Asfalto Cemento Cal-cemento-ceniza	IP<=25		
1B	SW-SM ó SP-SM	Asfalto	IP<=10		
	ó SW-SC	Cemento	IP<=30		
	ó SW-SC	Cal	IP<=12		La cal sola no suele conducir a estabilizaciones aptas para capas de base (1)
	ó SP-SC	Cal-cemento-ceniza	IP<=25		
1C	SM, SC	Asfalto	IP<=10	<=30%	
	SM, SC	Cemento	IP<=20+(50-PASA 200)/4		
		Cal	IP<=12		Ver (1)
		Cal-cemento-ceniza	IP<=25		
2A	GW,GP	Asfalto			Solo material bien gradado (2)
		Cemento			El material debe tener 45% o más pasa No.4 (3)
		Cal-cemento-ceniza	IP<=25		
2B	GW- GM ó	Asfalto	IP<=10		Ver (2)

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
 tosagua-chone sector bachillero

	GP-GM ó GW- GC ó	Cemento			Ver (3)
		Cal	IP<=12		Ver (1)
	GP-GC	Cal-cemento- ceniza	IP<=25		
2C	GM, GC	Asfalto	IP<=10	<=30%	Ver (2)
	GM, GC	Cemento	IP<=20+(50- PASA 200)/4		Ver (3)
		Cal	IP<=12		Ver (1)
		Cal-cemento- ceniza	IP<=25		
3	CH,CL, MH,ML	Cemento	LL <40, IP<20		Suelos orgánicos y muy ácidos no son estabilizables por medios convencionales
	CL-ML CH-MH OL-OH	Cal	IP>=12		Ver (1)

Ventajas de estabilización química (cal - cemento)

El uso de agregados antes mencionados, como mejoradores de suelos, proporcionan ventajas en cuanto a los procesos de diseño y construcción de carreteras, además de alargar su vida útil (Gavilanes Bayas, 2015, p.32). Entre estas ventajas citaremos las siguientes:

- Reducir la cantidad de relleno.
- Reducir el espesor de la base, sub-base y capa de rodadura.
- Disminuye el impacto al medio ambiente al no extraer materiales de yacimientos naturales y reduce el costo de movimiento y transporte de terrenos.

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía tosagua-chone sector bachillero

Diseño experimental

El suelo arcilloso fue extraído de la Vía Tosagua-Chone, en donde se realizaron 3 calicatas con una diferencia de 800 m entre una y la otra; se excavó a una profundidad de 1,50 metros como referencia al suelo de subrasante, por consiguiente, el suelo natural se caracteriza por diversas pruebas de laboratorio: granulometría, límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico), humedad natural, ensayo de Proctor y ensayo de C.B.R.

Para la determinación del CBR se consideran tres niveles de diseño, el primero incluye una muestra patrón, en donde se escogerá el más crítico. Por consiguiente, se establecen dos niveles incluyendo ambos cementantes, con el 1% y el 3%, sobre el peso seco del agregado suelo de subrasante.

Las variables dependientes fueron la resistencia al CBR en condiciones de inmersión y el índice de plasticidad en suelo estabilizado. Los cilindros se compactaron a la humedad natural óptima del suelo, con tres energías diferentes y con un curado previo de 7 días, para obtener un índice CBR después de 4 días de inmersión.

A continuación, se exponen los resultados obtenidos como se ilustra en la tabla 3 obtenidos en los ensayos realizados, primero para la muestra patrón más crítica y después con la incorporación de ambos aditivos cementantes en las dos proporciones (1 y 3%).

Tabla 3. Caracterización del suelo natural

Suelo natural	Norma	Calicata 1	Calicata 2	Calicata 3
Coordenadas UTM		0585980.76 9914907.27	0587145.79 9915152.07	0587602.54 9915853.95
Humedad natural (%)	(AASTHO T265, 2022)	9,63	15,36	9,66
Límite Líquido (LL%)	(AASTHO T89, 2022)	28,41	42,35	67,02
Límite Plástico (LP%)	(AASTHO T90, 2022)	11,19	18,13	41,19
Índice de Plasticidad %	(AASTHO T90, 2022)	8	12	20

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
tosagua-chone sector bachillero

Pasado Tamiz No. 200	(ASTM C117, 2020)	134,81	161,67	173,06
Densidad máxima (kg/m ³)	(ASTM D1557, 2021)	1600	1640	1620
Humedad óptima	(ASTM D1557, 2021)	18,20	19,80	20,02
Clasificación	AASTHO	Suelo A-7-5	Suelo A-7-5	Suelo A-7-5
Ensayo de CBR (%) Tras inmersión	(ASTM D1883, 2021)	1,03	0,88	1,17

Interpretación

Los resultados obtenidos de la caracterización del suelo natural para las diferentes calicatas muestran una variación notoria en los límites de Atterberg y su índice de plasticidad. En el caso de la densidad máxima y su humedad óptima los valores se mantienen, como resultado final se establece la calicata 1 como la más crítica en función a su Densidad máxima e Humedad Óptima.

Resultados de la estabilización del suelo con cemento

La figura 1 contiene los gráficos que relacionan el CBR con la densidad seca del suelo, obtenida para las tres energías de compactación. Para el suelo estabilizado con el 1% de cemento en comparación al suelo natural (calicata 1) su diferencia es poco significativa. Por otro lado, el suelo estabilizado con el 3% ha aumentado de forma considerable, incrementando más de 5 veces la resistencia, para los diferentes valores de energía aplicada.

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
tosagua-chone sector bachillero

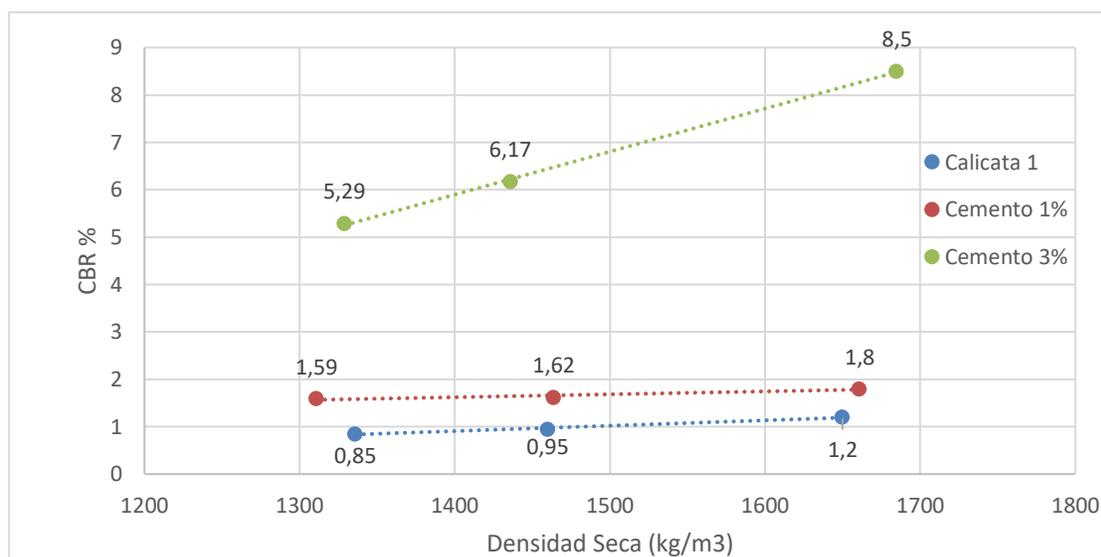


Figura 1. Gráfico Densidad del suelo vs CBR, para el suelo natural y el suelo estabilizado con el 1 y 3% de cemento.

En la figura 2 se representan las relaciones entre la densidad seca y la humedad de compactación, se obtiene una densidad máxima de 1600 kg/m³ para el suelo natural. Para el suelo estabilizado con el 1% de cemento se obtiene una densidad máxima de 1648 kg/m³, mientras que para el 3% es de 1700 kg/m³. Se puede apreciar una diferencia significativa en las densidades máximas, así como también en las humedades óptimas correspondientes.

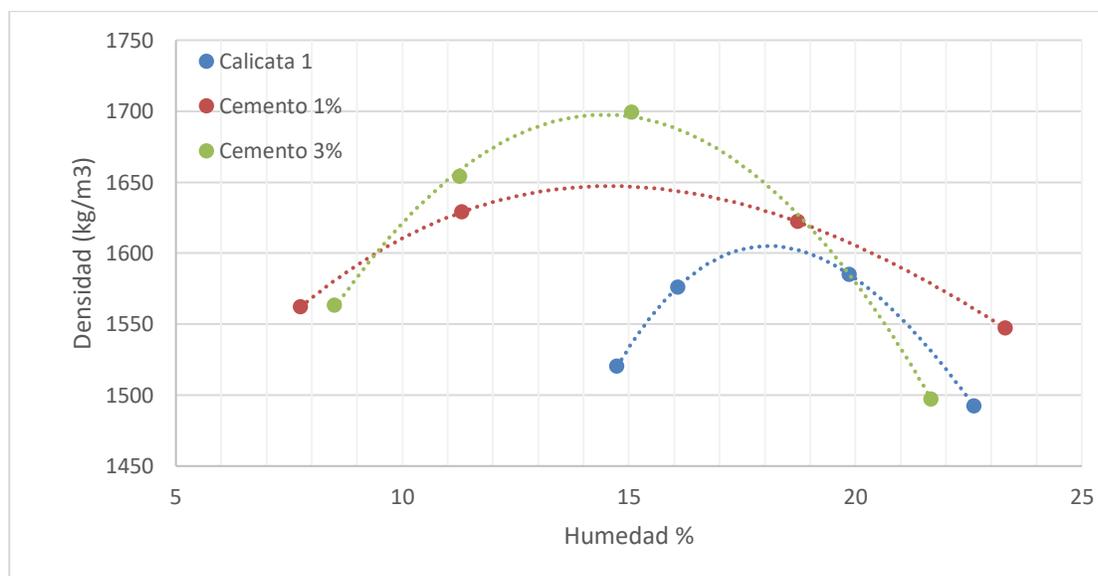


Figura 2. Gráficos de densidad y humedad para el suelo natural y las mezclas de suelo cemento con los contenidos de cemento de 1% y 3%.

Resultados de la estabilización del suelo con cal.

La figura 3 contiene los gráficos que relacionan el CBR con la densidad seca del suelo, obtenida para las tres energías de compactación. El suelo estabilizado con el 1% de cal incrementa el doble en comparación al suelo natural (calicata 1). Por otro lado, el suelo estabilizado con el 3% ha aumentado de forma significativa, incrementando más de 3 veces la resistencia, para los diferentes valores de energía aplicada.

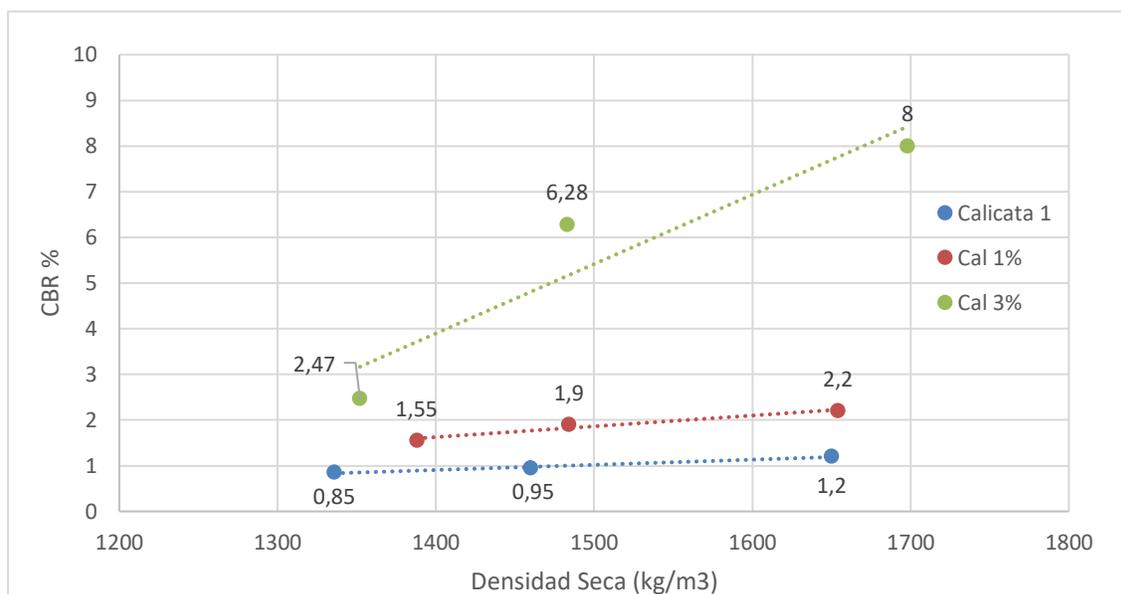


Figura 3. Gráfico Densidad del suelo vs CBR, para el suelo natural y el suelo estabilizado con el 1 y 3% de cal.

En la figura 4 se representan las relaciones entre la densidad seca y la humedad de compactación, se obtiene una densidad máxima de 1600 kg/m³ para el suelo natural. Para el suelo estabilizado con el 1% de cal se obtiene una densidad máxima de 1640 kg/m³, mientras que para el 3% es de 1672 kg/m³.

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
tosagua-chone sector bachillero

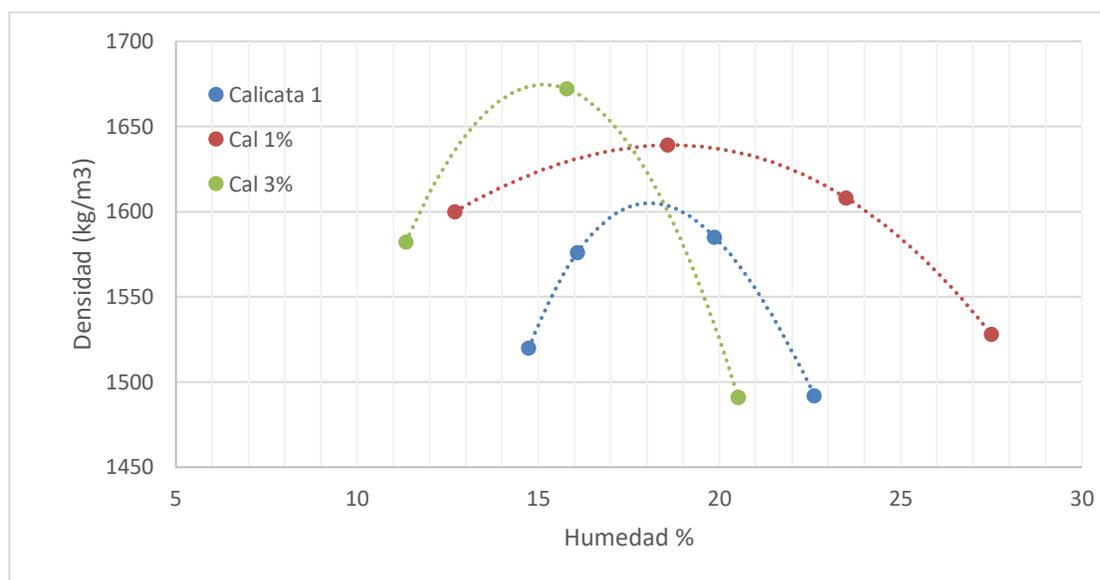


Figura 4. Gráficos de densidad y humedad para el suelo natural y las mezclas de suelo cemento con los contenidos de cal de 1% y 3%.

Resultados comparativos entre cemento y cal.

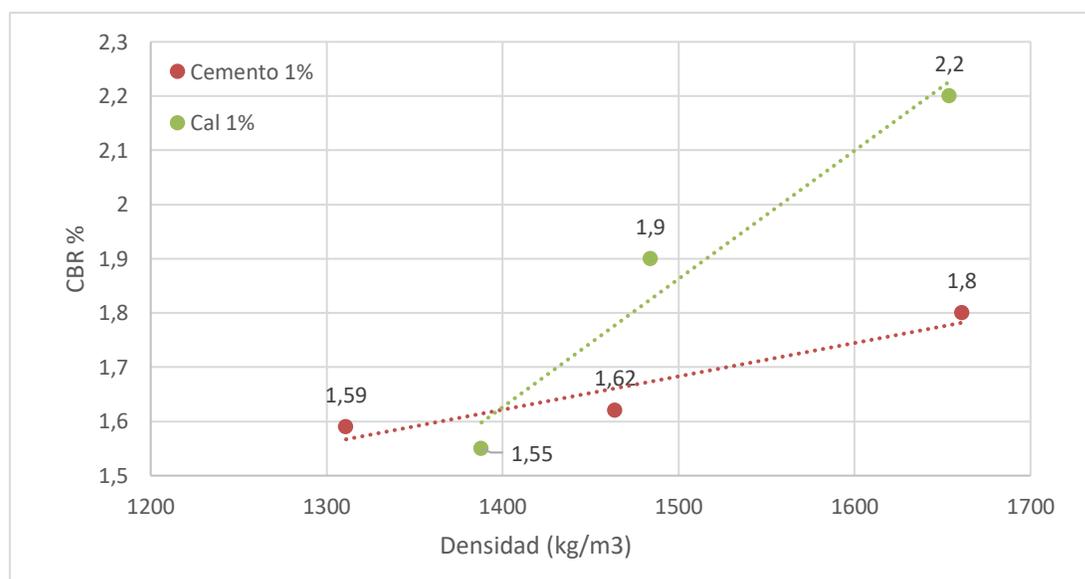


Figura 5. Gráfico comparativo de Densidad del suelo vs CBR, para el suelo natural y el suelo estabilizado con el 1% de cemento y 1% de cal.

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
tosagua-chone sector bachillero

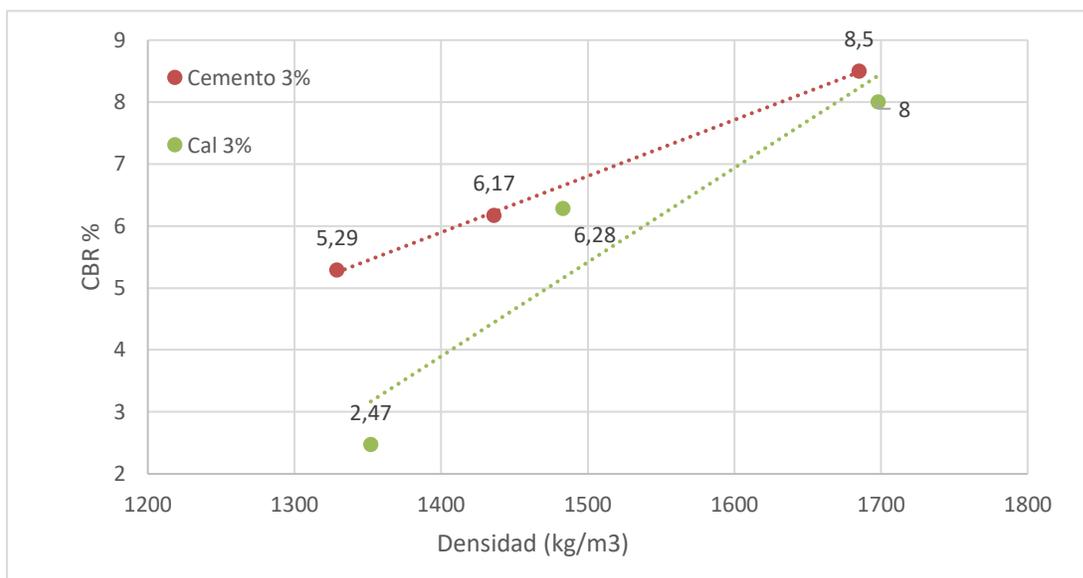


Figura 6. Gráfico comparativo de Densidad del suelo vs CBR, para el suelo natural y el suelo estabilizado con el 3% de cemento y 3% de cal.

Conclusiones

- ✓ Los ensayos de caracterización realizados en las 3 calicatas, clasifican al suelo natural como un A-7-5, con un CBR inferior al 3%, por lo que se lo clasifica como una subrasante pobre según el Manual de diseño de carreteras pavimentadas de bajo volumen de tránsito.
- ✓ La muestra más crítica (calicata 1) se clasifica como una arcilla de baja plasticidad (CL), presenta un Limite Liquido de 28,41% y un Índice Plástico de 17%, en base a estos valores el cemento sería el más recomendable, según la Tabla 2. Aditivos recomendados para la estabilización de suelos, pero se demostró que ambos aditivos cementantes incrementan la resistencia del suelo a estabilizar.
- ✓ El suelo estabilizado con el 1% de cemento obtuvo un CBR de 1,69%, mientras que el suelo estabilizado con el 1% de cal reflejo un valor de 2,03%, ambos resultados son menores al 3% por lo que el suelo se clasifica como una subrasante pobre según la tabla 1. Categorías de subrasante, según el CBR.

El CBR para el suelo estabilizado con el 3% de cemento es de 7,8%, mientras que el suelo estabilizado con cal es de 7,15%, ambos resultados mayores al 6% clasificando el suelo como una subrasante regular según la tabla 1. Categorías de subrasante, según el CBR.

Referencias

- INSTITUTO DEL CEMENTO PORTLAND ARGENTINO. (2015). *Construcción de Bases y Subbases de Suelo Cemento*. ICPA.
- Instituto español del cemento y sus aplicaciones. (2012). *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal*. Madrid: ANCADE, ANTER, IECA.
- AASHTO T180. (2022). *Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.)*.
- AASHTO T265. (2022). *Standard Method of Test for Laboratory Determination of Moisture Content of Soils*.
- AASHTO T89. (2022). *Standard Method of Test for Determining the Liquid Limit of Soils*.
- AASHTO T90. (2022). *Standard Method of Test for Determining the Plastic Limit and Plasticity Index of Soils*.
- ASTM C117. (2020). *Standard Test Method for Materials Finer than 75- μ m (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing*. West Conshohocken, PA.: ASTM International: doi: 10.1520/C0117-17.
- ASTM D1557. (2021). *Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft (2,700 kN-m/m³))*. West Conshohocken, PA.: ASTM International:: doi: 10.1520/D1557-12R21.
- ASTM D1883. (2021). *Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory-Compacted Soils*. West Conshohocken, PA.: ASTM International: doi: 10.1520/D1883-21.
- ASTM D4609. (2017). *Standard Guide for Evaluating Effectiveness of Admixtures for Soil Stabilization*. West Conshohocken, PA.: ASTM International.
- Bahar, R., Benazzoug, M., & Kenai, S. (2004). *Performance of compacted cement-stabilised soil*. University of Tizi-Ouzou, P.O. Box RP 17, Tizi-Ouzou 15000, Algeria: <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.01.003>.
- Billong, N., Melo, U., Louvet, F., & Njopwouo, D. (2009). *Properties of compressed lateritic soil stabilized with a burnt clay-lime binder: Effect of mixture components*. Yaoundé, Cameroon. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2008.09.017>
- Bonifacio, W. M., & Sanchez, J. A. (2015). Estabilización química en carreteras no pavimentadas usando cloruro de magnesio, cloruro de calcio y cemento de la región Lambayeque. (*Tesis de*

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la via
tosagua-chone sector bachillero

- grado). Universidad Señor de Sipán., Pimeta, Peru. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/3947>.
- Buitrón Landeta, S. K., & Enríquez León, A. J. (2018). Estudio de la estabilización de arcillas expansivas de Manabí con ceniza del volcán Tungurahua. (*Tesis de Grado*). ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL, QUITO. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/19654>
- Carpenter, S. H., Crovetti, M. R., Smith, K. L., Rmeili, E., & Wilson , T. (1992). *Soil and Base Stabilization and Associated Drainage Considerations, Volume I, Pavement Design and Construction Considerations*. United States. Federal Highway Administration. Office of Technology Applications: FHWA-SA-93-004.
- Celi, A. A., & Mendoza, J. P. (2023). *Mejoramiento de subrasante mediante la estabilización con cemento en obras viales del cantón Portoviejo*. (Vols. Vol. 9, núm. 2. Febrero Especial, 2023, pp. 55-69). Portoviejo.: Dom. Cien., ISSN: 2477-8818. doi:<https://doi.org/10.23857/dc.v9i1>
- Gamica, P., Pérez , A., & Obil, E. (2002). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en vías terrestres*. Publicación Técnica No.
- Gavilanes Bayas, E. G. (2015). Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur. (*Tesis de grado*). UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR, QUITO. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>
- Gutiérrez, C. A. (2010). Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio. (*Tesis de grado*). Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú. Obtenido de http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/116/1/gutierrez_ca.pdf
- Hasriana, Samang, L., Harianto, T., & Djide, M. (2018). *Mejora de la capacidad portante de la capa de subrasante de suelo blando con Bacillus Subtilis Bioestabilizado*. MATEC.
- Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales. (2008). *GUÍA PARA LA ESTABILIZACIÓN O MEJORAMIENTO DE RUTAS NO PAVIMENTADAS*. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.
- Martinez, J. (2012). "evaluación del mejoramiento de suelos arcillosos empleado materiales cementantes". Veracruz – México.

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la via
tosagua-chone sector bachillero

- Ministerio de transportes y Comunicaciones. (2008). *MANUAL DE DISEÑO DE CARRETERAS PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles*. Lima, Perú.
- MTC. (2014). *"Manual de Carreteras" Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Norma Ecuatoriana Vial. (2013). *Especificaciones Generales Para la Construcción de Caminos y Puentes*, . Quito: Nevi-12-MTOP.
- Parra, M. G. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. Bogota, Colombia: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22856/1/TRABAJO%20DE%20GRADO%20MANUEL%20GERARDO%20PARRA%20GOMEZ%20505587.pdf>.
- Razali, R., & Che Malek, M. S. (2019). *The usage of cement for soil stabilisation in construction of low volume roads in Malaysia. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/512/1/012006>.
- Rivera, J. F., Aguirre-Guerrero, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). *Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión)*. *Informador Técnico*, 84(2), 202–226. doi:<http://dx.doi.org/10.23850/22565035.2530>
- Rojas, H., Barrera, J., & Piracon, C. (2007). *Análisis comparativo de la estabilización de una base granular, a través de dos elementos químicos como el multienzemático perma Zyme 11X. y cemento en un suelo de Bogotá D.C., Trabajo de grado*. Bogota, Colombia: Universidad de la Salle. Obtenido de <http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/15087/40021132.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- Sánchez Albán , M. A. (2014). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS CON CAL Y CEMENTO EN EL SECTOR CALCICAL DEL CANTÓN TOSAGUA PROVINCIA DE MANABÍ. (Tesis de grado)*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR, Quito. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11180>
- Ulloa-Calderón, A., & Múniera-Miranda, J. (2020). *Guía de diseño para materiales estabilizados con asfalto. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales: LanammeUCR*. Universidad de Costa Rica.

Propuesta de estabilización con cal y cemento para subrasante con presencia de suelos arcillosos ubicada en la vía
tosagua-chone sector bachillero

Zuber, S. S., Binhussain, M., Abdullah, M., & Abdullah, M. A. (2013). *Review on soil stabilization techniques*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences.

©2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0)
(<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).|