



DOI: [10.23857/dc.v9i3.3518](https://doi.org/10.23857/dc.v9i3.3518)

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 highway, high school sector***

***Proposta de estabilização com cal e cimento para um subleito com presença de  
solos argilosos localizado na rodovia Tosagua-Chone, setor de ensino médio***

Diego Manuel Rezabala-Leones <sup>I</sup>

[drezabala4148@utm.edu.ec](mailto:drezabala4148@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0009-0005-1418-8192>

Eduardo Ortiz-Hernández <sup>II</sup>

[eduardo.ortiz@utm.edu.ec](mailto:eduardo.ortiz@utm.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-1885-6005>

**Correspondencia:** [drezabala4148@utm.edu.ec](mailto:drezabala4148@utm.edu.ec)

\***Recibido:** 27 de junio de 2023 \***Aceptado:** 10 de julio de 2023 \* **Publicado:** 19 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 suitable percentage for stability with cementing agents.

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

## Resumo

A estabilização dos subleitos através da incorporação de agentes cimentantes como o cimento e a 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 poço de teste, que é classificado pelo Sistema AASTHO como A-7-5.

A segunda fase corresponde à estabilização do solo da (pova 1) com estabilizadores de cimento e cal, que inclui a preparação, preparação e cura dos cilindros, utilizando duas percentagens que são 1 e 3%, avaliando como variável principal o CBR após a imersão e sua densidade máxima. O processo de estabilização foi aplicado ao solo extraído do setor Bachillero, via Tosagua, onde se identificou uma melhora insignificante ao aplicar 1% de ambos os aditivos de cimentação. 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 cimentantes.

**Palavras-chave:** cimento; Lima; subleito; resistência; estabilidade; agentes cimentantes.

## 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 la búsqueda de una alternativa de estabilización para este tipo de suelos, de tal manera que se puedan evitar problemas en las construcciones como, por ejemplo, su elevada plasticidad, e inestabilidad de volumen en función 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 se procede al mejoramiento del mismo con el cual se logre satisfacer las distintas solicitudes para cualquier proyecto en marcha.

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

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

---

cargas generadas por los vehículos”, por lo que es importante realizar los estudios necesarios que permitan la correcta elección del aditivo cementante pues de ello dependerá la obtención de 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. “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 explanada 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 <sub>diseño</sub>
S <sub>0</sub> : Subrasante muy pobre	< 3%
S <sub>1</sub> : Subrasante pobre	3% - 5%
S <sub>2</sub> : Subrasante regular	6 - 10%
S <sub>3</sub> : Subrasante buena	11 - 19%
S <sub>4</sub> : Subrasante muy buena	> 20%

## **Estabilización química**

La estabilización química consiste en añadir al suelo otros materiales, o productos químicos, que modifican sus propiedades, ya sea por 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 utilizar en todos los tipos de suelos para el mejoramiento de sus propiedades geotécnicas, cambiando las propiedades fisicoquímicas iniciales del suelo nativo con el objetivo de mitigar algunos problemas tales como la inestabilidad volumétrica o incrementar algunas de sus propiedades como la resistencia y durabilidad de los suelos tratados.

“La estabilización química hace referencia principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas, cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso” (Gutiérrez, 2010, p.39). Este tipo de estabilización incluye la utilización de una amplia gama de materiales, entre los cuales el cemento y la cal han sido los más convencionales; sin embargo, otros productos como sales (cloruro de sodio, cloruro de calcio) y residuos o subproductos industriales (escoria de alto horno, cenizas volantes) también han sido considerados en la estabilización de suelos para construcción de carreteras (Zuber, Binhussain, Abdullah, & Abdullah, 2013).

## **Estabilización de suelos con cal y cemento**

Respecto a este tema, Gavilanes Bayas (2015) indique que “El tratamiento de suelos, con agregados especiales como la cal y el cemento, es muy usada como medio de mejoramiento estructural de los suelos de subrasante y por debajo de ella, este método es comprobado por procedimientos de diseño de muestras de laboratorios bajo normas internacionales como son las; AASHTO Y LA 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)

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

---

Este proceso se realiza con el fin de generar capas que sean llevadas a condiciones óptimas de densidad y resistencia, de modo que proporcionen mejores propiedades en cuanto a economía, seguridad y durabilidad. (Parra, 2018)

La adición de cal o cemento en suelos arcillosos, en mayor y menor grado, produce aumento en su límite líquido y mayor incremento en su límite plástico para generar así una disminución en su índice plástico; aumentando la estabilidad volumétrica de los materiales cohesivos y 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 para decidir sobre un tipo o no de estabilización química se basan generalmente en los límites de Atterberg, los cuales permiten caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Algunas normas consideran que el LL no puede superar valores entre 30-40 % y el IP entre el 10-12 %, respectivamente para materiales de subbase y base, y alrededor de 40 y 20 % para materiales subrasantes. (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.

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

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

Area	Suelo	Aditivo recomendado	Restricciones en LL ó IP del suelo	Restricciones del % pasa tamiz 200	Observaciones
1A	SW, SP	Asfalto Cemento Cal-cemento-ceniza	IP<=25		
1B	SW-SM ó	Asfalto	IP<=10		La cal sola no suele conducir a estabilizaciones aptas para capas de base (1)
	SP-SM ó	Cemento	IP<=30		
	SW-SC ó	Cal	IP<=12		
	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)
	GP-GM ó	Cemento			Ver (3)
	GW-GC ó	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 CL-ML CH-MH OL-OH	Cemento	LL <40, IP<20		Suelos orgánicos y muy ácidos no son estabilizables por medios convencionales
		Cal	IP>=12		Ver (1)

### **Ventajas de estabilización química (cal - cemento)**

El uso de agregados los antes dichos, como mejoramiento de suelo, incorpora ventajas en cuanto a los procesos de diseño y construcción de vías, a más de prolongar su vida útil. (Gavilanes Bayas, 2015, p.32). Entre estas ventajas citaremos las siguientes:

- Reducción del material de aporte.
- Acortamiento del espesor de las capas de base, sub-base y capa de rodadura.
- Disminuye las afecciones del medio ambiente ya que no extraeremos material de yacimientos naturales y reduce los costos de movimiento y transporte de tierras.

### **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, se procede a la caracterización del suelo natural a través de varios ensayos de laboratorio: granulometría, humedad natural, límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico), 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.

Como variables dependientes se emplearon la resistencia a CBR, en condiciones de inmersión y el Índice de Plasticidad en el suelo estabilizado. Los cilindros se compactaron con la humedad óptima del suelo natural, con tres energías diferentes, y teniendo en cuenta un curado previo por 7 días, para obtener el índice CBR tras inmersión por 4 días.

A continuación, se exponen los resultados 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%).



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

**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 (%)	(AASHTO T265, 2022)	9,63	15,36	9,66
Límite Líquido (LL%)	(AASHTO T89, 2022)	28,41	42,35	67,02
Límite Plástico (LP%)	(AASHTO T90, 2022)	11,19	18,13	41,19
Índice de Plasticidad %	(AASHTO T90, 2022)	8	12	20
Pasado Tamiz No. 200	(ASTM C117, 2020)	134,81	161,67	173,06
Densidad máxima (kg/m <sup>3</sup> )	(ASTM D1557, 2021)	1600	1640	1620
Humedad óptima	(ASTM D1557, 2021)	18,20	19,80	20,02
Clasificación	AASHTO	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

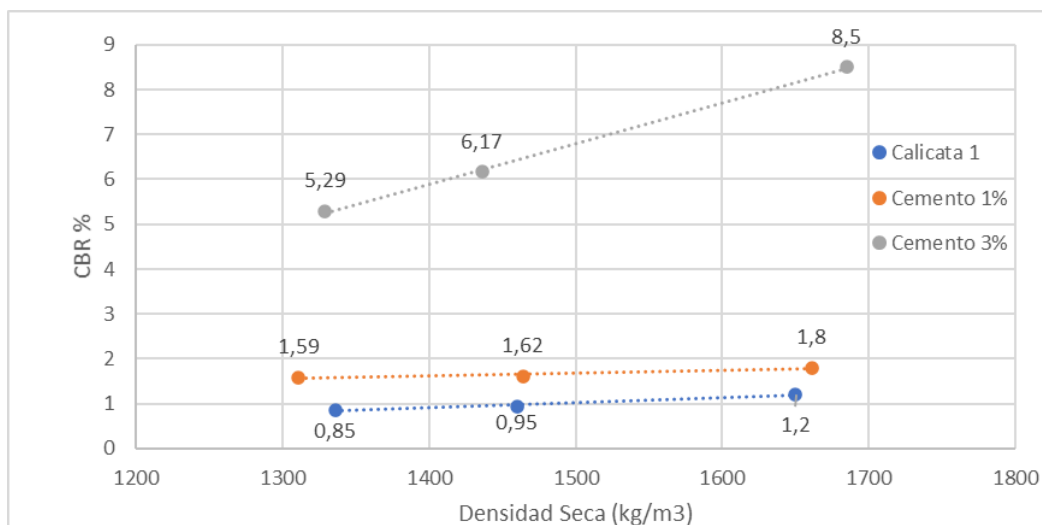


Figura 1. Gráfico Densidad del suelo vs CBR, para el suelo natural y el suelo estabilizado con el 1 y 3% de cemento.

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.

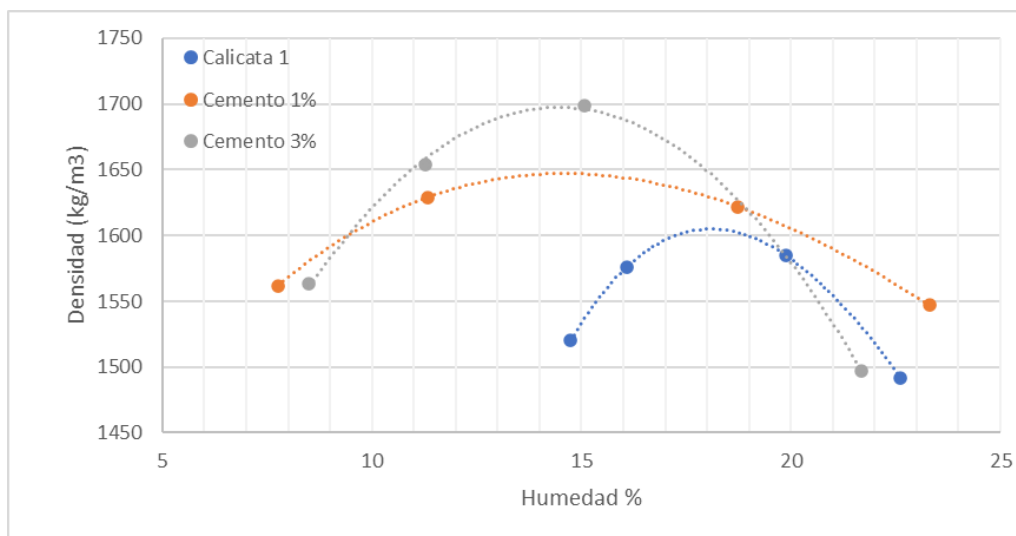


Figura 2. Gráficos de densidad y humedad para el suelo natural y las mezclas de suelo cemento con los contenidos de cemento de 1% y 3%.

### 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.

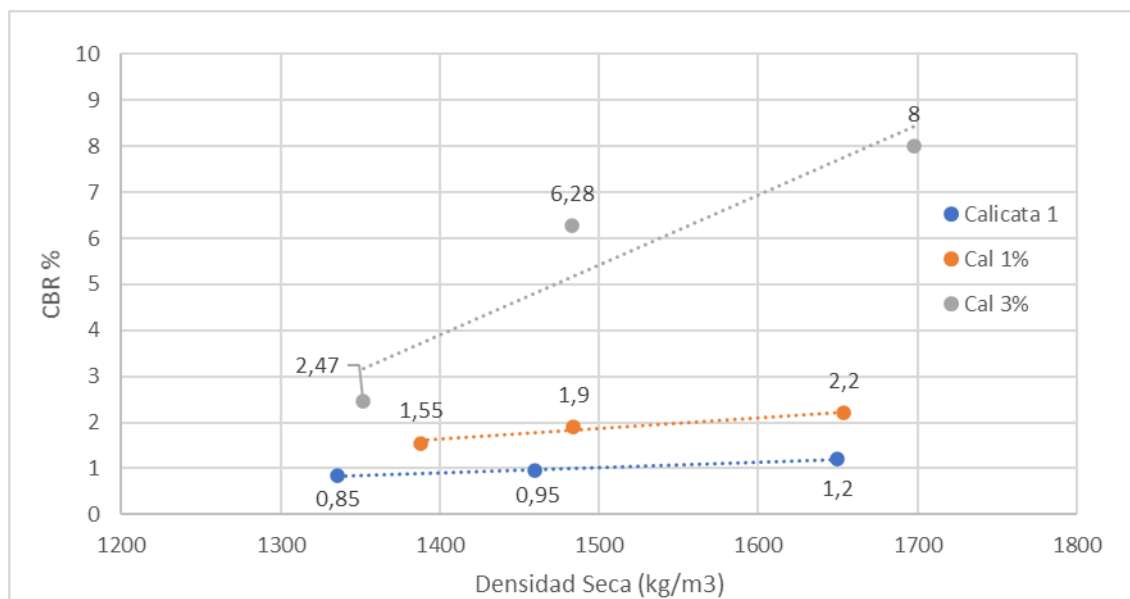


Figura 3. Gráfico Densidad del suelo vs CBR, para el suelo natural y el suelo estabilizado con el 1 y 3% de cal.

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

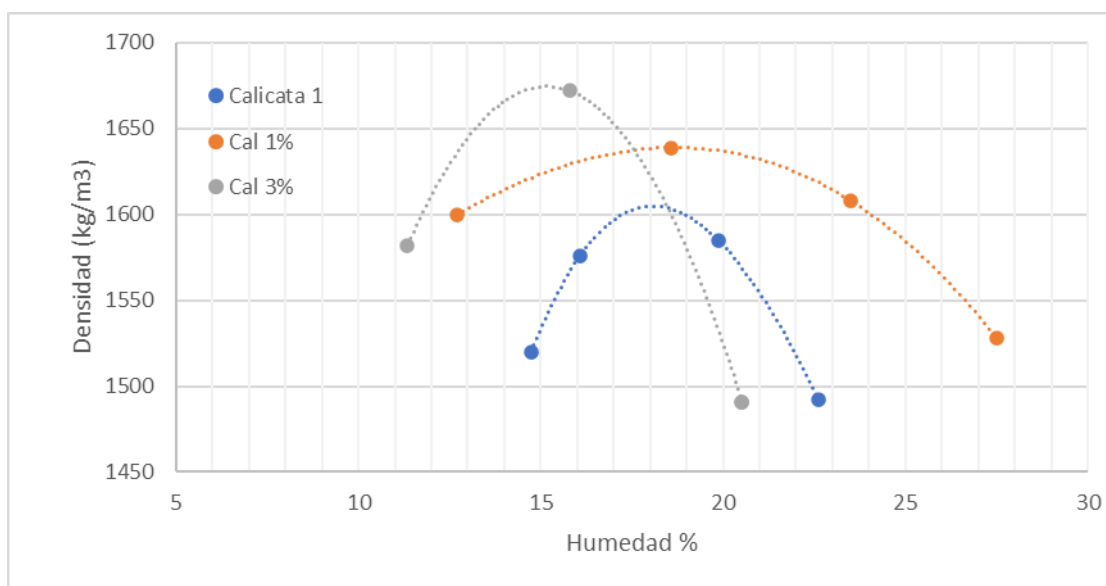


Figura 4. Gráficos de densidad y humedad para el suelo natural y las mezclas de suelo cemento con los contenidos de cal de 1% y 3%.

### Resultados comparativos entre cemento y cal

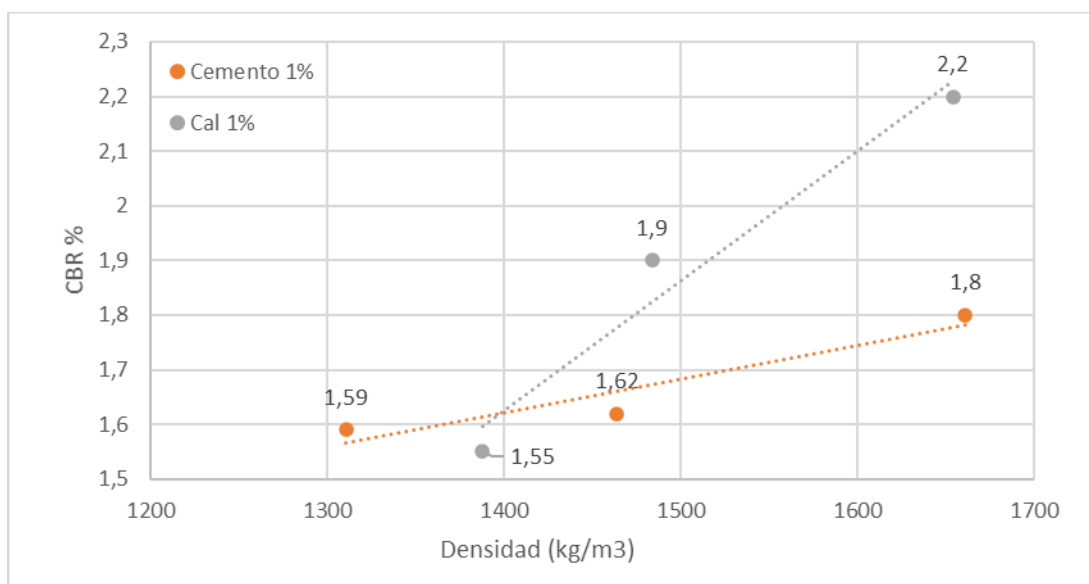
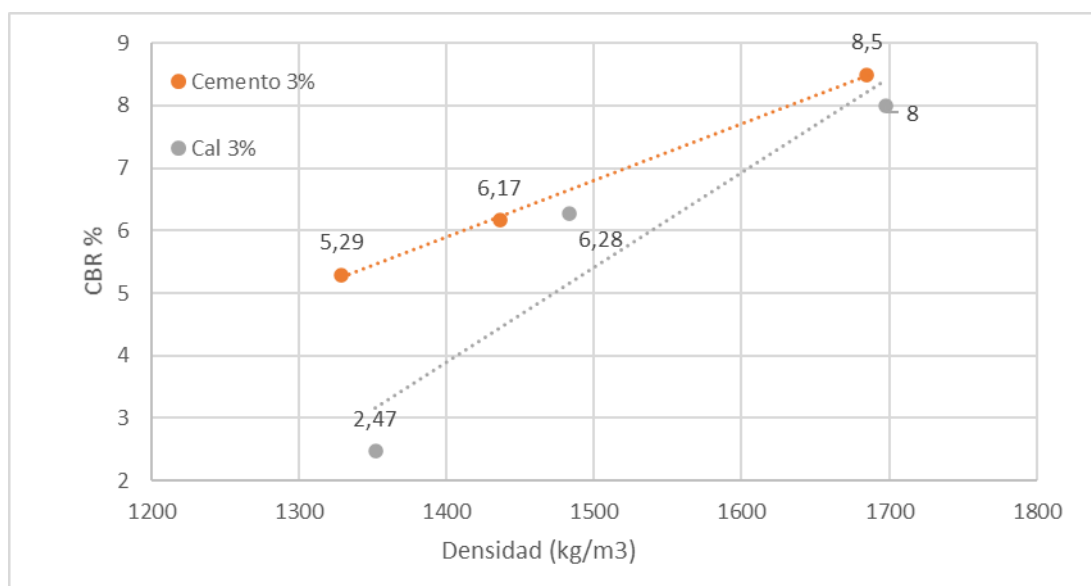


Figura 5. Gráfico comparativo de Densidad del suelo vs CBR, para el suelo natural y el suelo estabilizado con el 1% de cemento y 1% de cal.

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 reflejó 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- $\mu$ 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/m<sup>3</sup>))*. 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>.

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

---

- 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 grado*). Universidad Señor de Sipán., Pimetel, 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 POLITECNICA 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*

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

---

grado). Universidad Ricardo Palma, Facultad de Ingeniería, Lima, Perú. Obtenido de  
[http://cybertesis.urp.edu.pe/bitstream/urp/116/1/gutierrez\\_ca.pdf](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.

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>



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

---

Rojas, H., Barrera, J., & Piracon, C. (2007). *Análisis comparativo de la estabilización de una base granular, a través de dos elementos químicos como el multienzimático 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., & Múnera-Miranda, J. (2020). *Guía de diseño para materiales estabilizados con asfalto. Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales: LanammeUCR.* Universidad de Costa Rica.

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