

Influencia del aditivo terrasil en la densidad seca máxima y en contenido óptimo de humedad de suelo arcilloso

Influence of the terrasil additive on the maximum dry density and the optimal moisture content of clay soil

Rosa Haydee Llique Mondragón^{1*}, Luis Andrés León Chávez¹

¹Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Cajamarca, Av. Atahualpa 1050, C.P. 06003, Cajamarca, Perú

*Autor de correspondencia: rllique@unc.edu.pe

Resumen

La investigación se realizó con el objetivo de determinar la influencia de terrasil en el suelo arcilloso de alta plasticidad compactado, para lo cual se obtuvieron muestras alteradas de suelo de calicatas realizadas en la localidad Bendiza, distrito de Jesús, provincial y Región Cajamarca, las cuales se trasladaron al laboratorio de Mecánica de Suelos donde se realizaron ensayos generales de granulometría y límites de consistencia, con los resultados y mediante el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), se obtuvo suelo arcilloso de alta plasticidad CH, además de realizar ensayos especiales de compactación para determinar la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad del suelo adicionando diferentes porcentajes de terrasil, se determinó los valores de densidad seca máxima 1,78g/cm³, 1,97 g/cm³, 1,92 g/cm³, 1,89 g/cm³, 1,88 g/cm³, 1,79g/cm³ y óptimo contenido de humedad 17,5 %, 13,8 %, 15,0 %, 17,0 %, 16,8 %, 19,5 % adicionando los porcentajes del aditivo terrasil 0,00 %, 0,017 %, 0,028 %, 0,035 %, 0,052 % y 0,069 %. Se concluye que adicionando 0,020 % de terrasil, se obtuvo el mayor valor de densidad seca máxima 1,98 g/cm³ y el menor valor de contenido óptimo de humedad 13,7 %.

Palabras clave: densidad seca máxima, contenido óptimo de humedad, aditivo terrasil

Abstract

The research was carried out with the objective of determining the influence of terrasil on compacted high plasticity clay soil, for which altered soil samples were obtained from pits made in the Bendiza town, district of Jesús, provincial and Cajamarca Region, which were transferred to soil mechanics laboratory where general granulometry and consistency limits tests were carried out, with the results and through the Unified Soil Classification System (SUCS), clay soil with high plasticity CH was obtained, besides special compaction tests were carried out to determine the maximum dry density and the optimal moisture content of the soil by adding different percentages of terrasil, the maximum dry density values are determined 1.78g/cm³, 1.97 g/cm³, 1.92 g/cm³, 1.89 g/cm³, 1.88 g/cm³, 1.79 g/cm³ and optimal moisture content 17.5 %, 13.8 %, 15.0%, 17.0 %, 16.8 %, 19.5 % adding the percentages of the terrasil additive 0.00 %, 0.017 %, 0.028 %, 0.035 %, 0.052 % and 0.069 %. It is concluded that by adding 0.020 % of terrasil, the highest value of maximum dry density of 1.98 g/cm³ and the lowest value of optimal moisture content of 13.7 % was obtained.

Key words: maximum dry density, optimal moisture content, terrasil additive

Introducción

Los suelos arcillosos son suelos cohesivos, de acuerdo al contenido de humedad presente en su masa se comportan como material plástico, semisólido o sólido (Braja M, 2021).

Las propiedades ingenieriles de los suelos arcillosos varían ampliamente con la densidad, gran cantidad de sus partículas tiene forma de placa las cuales cuando están en forma paralela se unen densamente y cuando están en forma perpendicular existen muchos vacíos por lo que se encuentran sueltas y se expanden cuando absorben agua entre láminas combinadas de sílice y alúmina (Alva Hurtado, 2011)

Si el suelo no presenta características físicas y mecánicas adecuadas, es fundamental que se estabilicen para mejorar sus propiedades: incrementar la capacidad portante, la resistencia al esfuerzo cortante y la estabilidad volumétrica del suelo, y se pueda construir las obras civiles (López González, Moreno Vázquez, Escobar Galván, Reyes González, & Cordero Martínez, 2023)

En la presente investigación se utiliza como estabilizador del suelo arcilloso el aditivo terrasil para determinar la influencia en la densidad seca máxima y en el óptimo contenido de humedad.

Materiales y métodos

El material utilizado en este estudio fue un suelo arcilloso de alta plasticidad.

Equipo

Para la realización de los ensayos, se emplearon los siguientes equipos y herramientas: balanzas con una capacidad de 400 g y una precisión de 0,1 g, y balanzas con una capacidad de 30 kg y una precisión de 1 g. Además, se utilizó una estufa con termostato para controlar la temperatura durante los experimentos. También se emplearon tamices de diferentes tamaños, específicamente 1/4", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100 y N°200, para realizar los análisis granulométricos. El equipo de límite líquido incluyó una copa de Casagrande, un ranurador, una espátula y una cápsula de porcelana. Para los ensayos de límite plástico, se utilizó una placa de vidrio y una cápsula de porcelana. En cuanto al equipo de compactación, se empleó un molde cilíndrico con un diámetro de 10 cm y una altura de 11 cm, junto con una placa de base, un collar de extensión y un pisón de 4,5 kg de peso. Finalmente, todas las taras utilizadas fueron debidamente identificadas.

Metodología

En cuanto a los materiales, se utilizó suelo arcilloso de alta plasticidad, el cual fue el principal material para los ensayos realizados en este estudio.

El equipo empleado en los experimentos incluyó balanzas con una precisión de 0,1 g y capacidad de 400 g, así como balanzas con una precisión de 1 g y capacidad de 30 kg. También se dispuso de una estufa con termostato para controlar la temperatura, y un juego de tamices con tamaños de 1/4", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N°

100 y N° 200. Para los ensayos de límites, se utilizó el equipo correspondiente para el límite líquido, compuesto por una copa de Casagrande, ranurador, espátula y cápsula de porcelana. Para los ensayos de límite plástico, se emplearon una placa de vidrio y una cápsula de porcelana. En cuanto al equipo de compactación, se utilizó un molde cilíndrico de 10 cm de diámetro y 11 cm de altura, junto con una placa de base, un collar de extensión y un pisón de 4,5 kg. Todos los equipos fueron debidamente tarados y correctamente identificados.

Durante la fase de campo, se excavó una calicata para obtener muestras alteradas de suelo arcilloso de alta plasticidad. Las muestras fueron trasladadas al laboratorio de Mecánica de Suelos, donde se realizaron los ensayos pertinentes.

En la fase de laboratorio, se llevaron a cabo los ensayos generales y especiales de acuerdo con las normas internacionales y nacionales. Se realizó un análisis granulométrico por tamizado en vía húmeda, siguiendo las normas ASTM D 422, AASHTO T88, NTP 339.128 y MTC. Además, se determinó el límite líquido de acuerdo con las referencias ASTM D 4318, AASHTO T89, T90, NTP 339.129 y MTC E110. El límite plástico se determinó conforme a las normas ASTM D 4318, AASHTO T90, NTP 339.129 y MTC E111. Finalmente, se llevó a cabo el ensayo de compactación mediante el método Proctor Modificado, según las normas ASTM D1557, AASHTO T180, NTP 339.141 y MTC E115.

En la fase de gabinete, se clasificó el suelo utilizando el sistema SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos). Además, se determinaron las densidades secas máximas y los contenidos óptimos de humedad a partir de las curvas de compactación obtenidas para diferentes adiciones de terrasil, específicamente con porcentajes de 0 %, 0,017 %, 0,028 %, 0,035 %, 0,052 % y 0,069 % de terrasil. Finalmente, se analizó el comportamiento de la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad en cada porcentaje de adición de terrasil al suelo arcilloso de tipo CH.

Resultados y discusión

Tabla 1. Clasificación de los suelos mediante sistema SUCS

% PASA	LL	LP	IP	CLASIFICACIÓN
N° 200	(%)	(%)	(%)	SUCS
80,45	55	21	34	CH

En la Tabla 1. Según los resultados de granulometría y plasticidad; y mediante el sistema de clasificación SUCS, el suelo clasifica como arcilloso de alta plasticidad (CH).

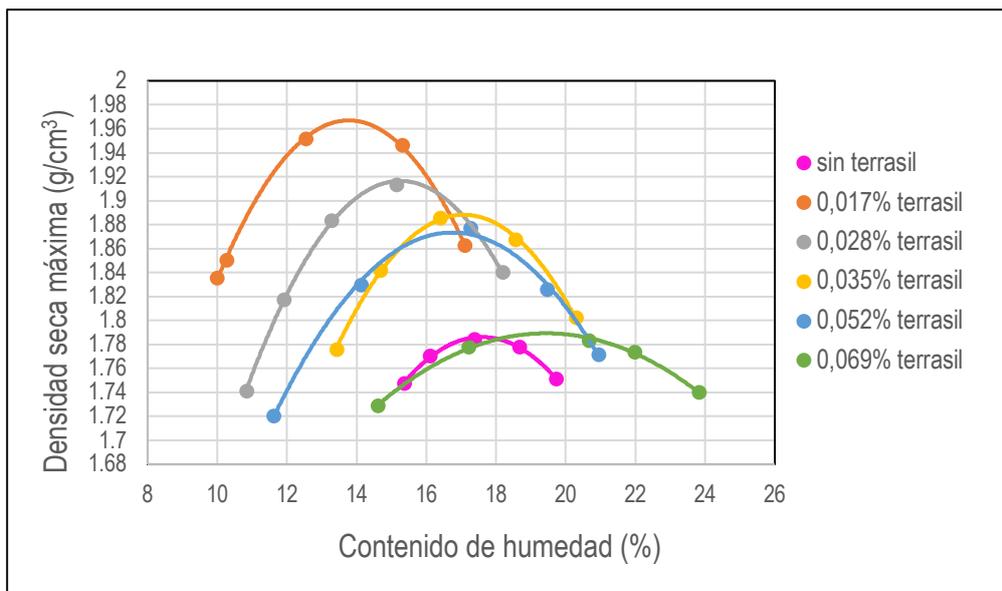


Figura 1. Curvas de compactación con diferentes porcentajes de terrasil

De acuerdo a la figura 1, las curvas de compactación tienen comportamiento definido al incrementar la dosificación del aditivo terrasil.

Tabla 2. Parámetros de compactación según porcentajes de adición de terrasil

Parámetros de compactación	Porcentaje de adición de terrasil					
	0 %	0,017 %	0,028 %	0,035 %	0,052 %	0,069 %
Dsmáx (g/cm ³)	1,78	1,97	1,92	1,89	1,88	1,79
Wóp (%)	17,5	13,8	15,0	17,0	16,8	19,5

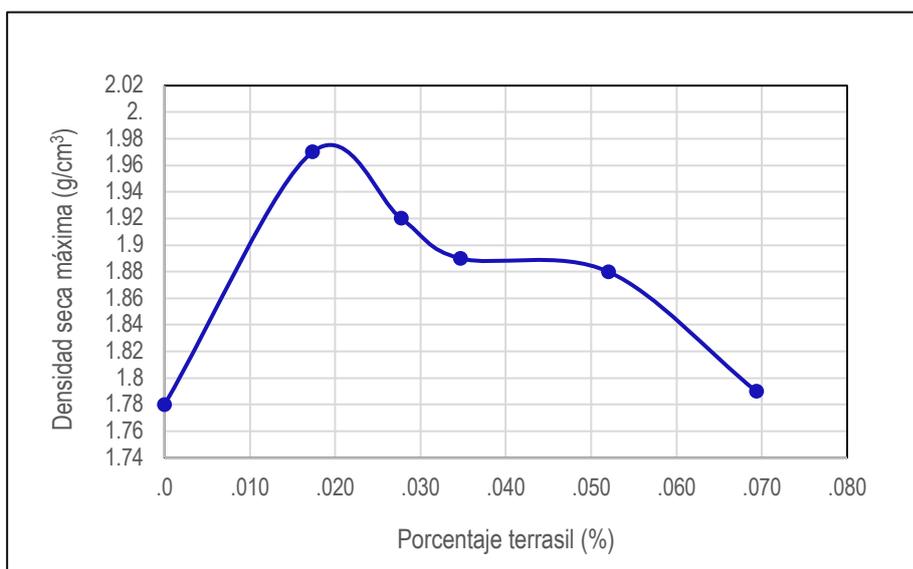


Figura 2. Densidades secas máximas según porcentajes de adición de terrasil

Según Tabla 2 y Figura 2, se adicionó terrasil al suelo arcilloso de alta plasticidad de 0,017 % a 0,069 % del peso seco del suelo, la densidad seca máxima obtiene el mayor valor al adicionar 0,020 % de terrasil al suelo, a partir de esta dosificación al incrementar los porcentajes de terrasil hasta 0,069 la densidad seca máxima disminuye en

relación directa, observándose que el valor de la densidad seca máxima al adicionar 0,069 % de terrasil tiene valor similar con el suelo que no se adicionó terrasil.

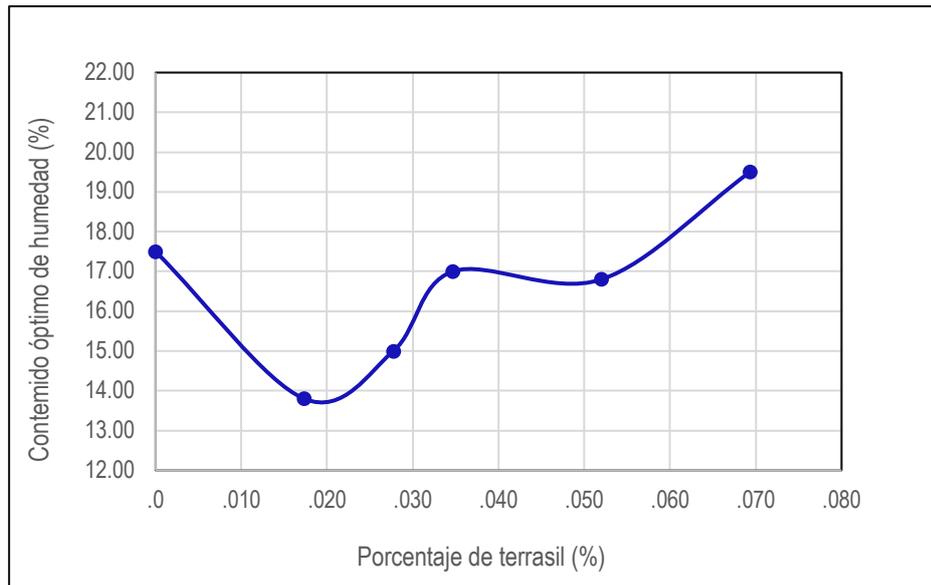


Figura 3. Contenidos óptimos de humedad según porcentajes de terrasil

De acuerdo a la Tabla 2 y Figura 3, existe relación definida entre el contenido óptimo de humedad y el porcentaje de adición de terrasil, se obtiene el menor valor de contenido óptimo de humedad con 0,020 % de adición de terrasil, a partir del cual el óptimo contenido de humedad se incrementa al aumentar el porcentaje de adición hasta 0,069 %, con el último porcentaje de adición el contenido de humedad tiene mayor valor que en el suelo sin terrasil.

Conclusiones

El suelo estudiado corresponde a un suelo arcilloso de alta plasticidad, clasificado como CH según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Se observó que existe una relación definida entre los parámetros de compactación y el porcentaje de adición de terrasil al suelo arcilloso de alta plasticidad. En particular, con la adición de 0,020 % de terrasil, se obtuvo el mayor valor de densidad seca máxima y el menor valor de contenido óptimo de humedad. Esto indica que pequeñas cantidades de terrasil tienen un efecto significativo en las propiedades de compactación del suelo.

Referencias

Alva Hurtado, J. E. (2011). Diseño de cimentaciones. ICG. https://www.jorgealvahurtado.com/files/Diseno_Cimentaciones.pdf

Ansu Thomas, R., K. Tripathi, L. K. Yadu, & S. Roy. (2016, junio). Soil stabilisation using Terrasil. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 9(3), 1049–1052. https://www.academia.edu/31007138/Soil_Stabilisation_Using_Terrasil

Aswari, S. B., & G. V. R. Prasada Raju. (2022). Stabilizing expansive soil with industrial waste of coir and Terrasil. *Earth and Environmental Science*, 1086(012020), 9. IOP Publishing.

Barrera, M., Garnica, P., & Martínez, F. (2004). Influencia de la succión en los cambios volumétricos de un suelo compactado. Instituto Mexicano del Transporte.

Braja, M. D. (2021). *Fundamentos de la ingeniería de cimentaciones* (7a ed.). CENGAGE Learning. <https://geocontacto.com/download/fundamentos-de-ingenieria-geotecnica-braja-m-das-ed/#page-content>

Braja, M. D. (2013). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4a ed.). CENGAGE Learning.

Crespo Villalaz, C. (2013). *Mecánica de suelos y cimentaciones* (6a ed.). Limusa. <https://libreriapensar.com/product/mecanica-de-suelos-y-cimentaciones-6a-edicion-limusa/>

Higuera Sandoval, C. (2016). *Fundamentos teóricos, ajuste granulométrico, estabilización con cal y aditivos químicos*. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. <https://es.scribd.com/document/477144049/LIBRO-ESTABILIZACION-DE-SUELOS-CARLOS-HIGUERA>

Karumanchi, M., Nerella, R., & Kodi, R. (2020). Stabilization of soft-clay using nanomaterial: Terrasil. *ScienceDirect*, 27, 1010–1037.

López González, P., Moreno Vázquez, O., Escobar Galván, J., Reyes González, D., & Cordero Martínez, M. (2023). Evaluación del mejoramiento de suelos arcillosos empleando cemento base pumicita en la localidad de dos Arroyos, Juchique de Ferrer. *Ciencia Latina Internacional*, 7(6), 8361–8373.

Nallamothu, M. D., & Aravindan, A. (2023). Stabilization of expansive soil with Terrasil and coir fiber as a subgrade for pavements. *E3S Web of Conferences*, 391, 01019. EDP Sciences.

Optimasoil. (2016, octubre 4). *Optimasoil.com*. <https://www.optimasoil.com/>