



Comparación de los métodos semiempíricos para determinar la capacidad admisible de suelos para cimentación de viviendas unifamiliares

Comparison of semi-empirical methods for determining the bearing capacity of foundation soils for single-family houses

De la Cruz Vega, Sleyther Arturo; Vega Neyra, Ccori Siello

De la Cruz Vega, Sleyther Arturo *

sdelacruzv@ucv.edu.pe

Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería y arquitectura. Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos 15314. Lima, Perú

Vega Neyra, Ccori Siello

Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería y arquitectura. Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos 15314. Lima, Perú

Journal of the Selva Andina Biosphere

Selva Andina Research Society, Bolivia

ISSN: 2308-3867

Periodicidad: Bianaual

vol. 11, núm. 2, 2023

directoreditorbiosphere@gmail.com

Recepción: 01 Abril 2023

Corregido: 01 Julio 2023

Aprobación: 01 Septiembre 2023

Publicación: 01 Octubre 2023

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/71/714769005/>

DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2023.110200142>

Selva Andina Research Society



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

Resumen: En la actualidad existen muchos métodos para determinar la capacidad admisible del suelo en el campo de la geotécnica, siendo todos ellos válidos. Sin embargo, existe muy poca información sobre las variaciones de los datos obtenidos. El propósito de esta investigación fue comparar los métodos semiempíricos para obtener la capacidad admisible del suelo. Los resultados obtenidos, por los métodos Terzaghi, Meyerhof, Hansen et al. y Vésic, obteniendo resultados de capacidad de carga 2.44, 2.85, 2.33 y 2.39 kg cm⁻² respectivamente y con ello se concluye que el método que se obtuvo menor capacidad de carga admisible fue de Hansen et al. (2.33 kg cm⁻²) mientras que el método que se obtuvo mayor de capacidad de carga admisible fue de Meyerhof (2.85 kg cm⁻²), se concluye que todos los métodos se encuentran en un rango aceptable de variación, pero el que debe ser utilizado para diseño de viviendas unifamiliares es el método de Hansen et al, que presenta capacidad menor por lo cual el diseño será más estructurado.

Palabras clave: Suelos, capacidad, admisible, viviendas, métodos, comparación.

Abstract: There are currently many methods for determining the allowable capacity of soil in the field of geotechnics, all of which are valid. However, there is very little information on the variations in the data obtained. The purpose of this research was to compare semi-empirical methods for obtaining the allowable capacity of soil. The results obtained, by the Terzaghi, Meyerhof, Hansen et al. and Vésic methods, yielded results of bearing capacity 2.44, 2.85, 2.33 and 2.39 kg cm⁻² respectively and it is concluded that the method that obtained the lowest allowable bearing capacity was Hansen et al. (2.33 kg cm⁻²) while the method that obtained the highest allowable load capacity was Meyerhof (2.85 kg cm⁻²), it is concluded that all the methods are in an acceptable range of variation, but the one that should be used for the design of single-family houses is the method of Hansen et al, which has a lower capacity and therefore the design will be more structured.

Keywords: Soils, capacity, admissible, housing, methods, comparison.

INTRODUCCIÓN

El suelo se considera un recurso de origen natural finito que no se puede renovar y que se puede utilizar para múltiples actividades¹.

La estructura de un suelo se compone de material sólido o granos que conforman su esqueleto mineralógico resistente y de vacíos entre sus partículas contienen aire, agua o una mezcla de estos².

Las obras del ámbito de ingeniería se apoyan sobre el suelo y también la pueden utilizar como material para construir (...), su capacidad estable, características funcionales y estéticas se encuentran determinadas por su desempeño en la profundidad de influencia de los esfuerzos provocados³.

La caracterización de un subsuelo y análisis geotécnico permite realizar la evaluación de sus factores naturales, antrópicos que tienen relevancia en su inestabilidad y los efectos que los fenómenos provocan⁴.

La capacidad de carga es un tema muy complejo, existiendo amplia información en las distintas referencias bibliográficas, para los cálculos realizados en su obtención de factores, existiendo gráficas, múltiples tablas y ecuaciones⁵.

Existen diversos métodos para determinar la capacidad portante del suelo dentro de los cuales destaca el Terzaghi⁶ que considera que si se aplica una carga en un área limitada sobre o debajo en la superficie del suelo, el área cargada se asienta, este método utiliza la fórmula $q_u = cN_c s_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$, el método de Meyerhof⁷ que determina la capacidad de carga de cimentaciones extendidas de diversas formas bajo una carga vertical central y describe los efectos de la profundidad de la cimentación, la excentricidad y la inclinación de la carga utilizando la fórmula $q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$, el método de Hansen et al.⁸ que adicionalmente al método anterior utiliza fórmulas generales con modificaciones para el calculado de la presión pasiva de la tierra y modificaciones para parámetros específicos del suelo y factores de seguridad con la fórmula $q_u = cN_c s_c d_c i_c b_c + qN_q s_q d_q i_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma b_\gamma$ y el método de Vésic⁹, que emplea perspectiva moderna como la incorporación, de la evaluación de los efectos de la compresibilidad del suelo utilizando la una fórmula que pueda considerar dichos factores de la siguiente manera $q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$

Los valores de los ensayos previos permiten obtener el Ángulo de Fricción interna y la Cohesión permitiendo determinar la profundidad de desplante, el ancho de cimentación y los parámetros geotécnico para obtener la capacidad portante del suelo¹⁰.

En las cimentaciones se define como capacidad portante a la característica del suelo para controlar las cargas a las que es sometido. De manera técnica la capacidad portante es la presión máxima media de contacto entre el terreno y la cimentación, con la finalidad de que no se observen fallas por cortante del suelo o un asentamiento diferencial en exceso¹¹.

La capacidad de soporte de un determinado suelo, refleja su comportamiento funcional, en otras palabras, interviene para reducir las deformaciones en la edificación, logrando su eficiencia dentro del comportamiento estructural, dependiendo las dimensiones de la construcción y sus cargas sometidas¹².

La falta de una metodología para la caracterización del suelo, ocasiona proyectos inconclusos, fallas en las construcciones y colapsos que ponen en riesgo la vida humana y ocasionan pérdidas económicas¹³.

NOTAS DE AUTOR

* Dirección de contacto: Sleyther Arturo De la Cruz Vega Universidad Cesar Vallejo. Facultad de Ingeniería y arquitectura. Av. Alfredo Mendiola 6232, Los Olivos 15314. Lima, Perú. E-mail: sdela.cruzv@ucv.edu.pe

El objetivo de esta investigación fue determinar cuál es la comparación de los métodos semiempíricos para determinar la capacidad admisible de suelos para cimentación de viviendas unifamiliares.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio un enfoque cuantitativo, debido a que está apoyada en procesos numéricos y utilizando la observación para su proceso de recolectar datos.

El tipo de investigación fue aplicada, sustentando que tiene por fin brindar soluciones a las problemáticas de un lugar, utilizando los conocimientos técnicos.

El diseño de investigación se caracteriza por ser no experimental, ello debido a que no existe manipulación deliberada de sus variables, solo observando sus fenómenos de forma natural, para estudiarlos.

Asimismo, se es importante señalar que el nivel de investigación es descriptivo ya que tiene por fin especificar características de la población, usuarios o los fenómenos de estudio.

En este sentido se ha tomado como población los suelos existentes en el distrito de San Martín de Porres, en la provincia y departamento de Lima.

Los procedimientos incluyen la realización del ensayo triaxial tiene por finalidad realizar la medición de la resistencia cortante de diferentes tipos de suelos tomando en consideración distintas condiciones de carga y drenaje. Permite obtener el valor de c y ϕ . El ensayo de análisis granulométrico, permite conocer el tamaño de las partículas del suelo para poder clasificarlo. El ensayo de límites de consistencia, sirve para determinar los límites de consistencia (LL y LP), expresados en porcentajes.

La diferencia de estos 2 valores se conoce como índice de plasticidad (IP). En la memoria de cálculo, fue posible calcular la capacidad portante del suelo por los métodos semiempíricos⁶⁻⁹, para elegir el método propicio para la cimentación de la vivienda en estudio.

Una vez obtenidos los valores iniciales de cohesión, ángulo de fricción interna, profundidad, inclinación y otros se pueden aplicar las fórmulas de Terzaghi, Meyerhof, Hansen et al. y Vésic para cada caso específico.

RESULTADOS

Como el terreno donde se construirá la vivienda unifamiliar es un terreno relativamente pequeño, se realizó sólo 1 calicata. Se pudo apreciar que el suelo está conformado por un material en su mayoría arenoso, clasificándose de acuerdo al sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS) como arena limosa. Presenta consistencia firme y buenas condiciones de valor de soporte. No se encontró nivel freático concordando con Rosales Paredes⁸ quien obtuvo resultados similares al obtener una cohesión de 0.05 kg cm^{-2} y ángulo de fricción interna de 35° para un suelo de tipo SM, afirmando que es necesario conocer estos 2 parámetros de resistencia para evaluar la capacidad portante del suelo por cualquiera de los métodos semiempíricos.

TABLA 1
Características del suelo de estudio

Contenido de humedad (%)	4.49
Límite líquido (LL) (%)	36.68
Límite plástico (LP) (%)	24.65
Índice plástico (LL-LP=IP) (%)	12.03
Clasificación (S.U.C.S.)	SP-SM
Cohesión c (kg cm^{-2})	.082
Ángulo de fricción interna ϕ	28.01
Peso específico natural γ (g cm^{-3})	1.873

TABLA 2
Resultados del método de Terzaghi⁶

Fórmula General: $q_u = cN_c s_c + qN_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma$

Factores de capacidad de carga:

$$N_c = \cot \phi \left[\frac{a^2}{2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} - 1 \right] = \cot \phi (N_q - 1) = 31.61$$

$$a = e^{\left(\frac{3\pi - \phi}{4} \right) \tan \phi} = 0.03$$

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)} = 17.81$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left(\frac{K_p * \gamma}{\cos^2 \phi} - 1 \right) = 13.70$$

Factores de forma de Terzaghi para cimentaciones superficiales:

	Continua	Circular	Cuadrada
s_c	1.0	1.3	1.3
s_γ	1.0	0.6	0.8

Cálculo de q_u :

$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma B N_\gamma$

(Zapata cuadrada, donde B=L)

$q_u = 1.3cN_c + qN_q + 0.3\gamma B N_\gamma$

(Zapata circular, donde B = diámetro)

$q_u = 7.32 \frac{kg}{cm^2}, \text{considerando } Fs = 3, \text{ entonces: } q_{adm} = 2.44 \frac{kg}{cm^2}$

TABLA 3
Resultados del método de Meyerhof⁷

Fórmula General:	$q_u = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma$		
Carga vertical:	$q_u = cN_c s_c d_c + qN_q s_q d_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma$		
Factores de diseño			
Factores de capacidad de carga:			
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi = 25.83$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi} = 14.74$	$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi) = 11.21$	
Factores de forma:			
Para: $\phi=0$	$s_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right)$	$s_q = s_\gamma = 1$	
Para: $\phi \geq 10^\circ$	$s_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = 1.55$	$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 \left(\frac{B}{L} \right) \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) = 1.28$	
Factores de profundidad:			
Para: $\phi=0$	$d_c = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{L} \right)$	$d_q = d_\gamma = 1$	
Para: $\phi \geq 10^\circ$	$d_c = 1 + 0.2 \left(\frac{D_f}{L} \right) = 1.33$	$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \left(\frac{D_f}{L} \right) \sqrt{\tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)} = 1.28$	
$q_u = 8.54 \frac{kg}{cm^2}$, considerando $Fs = 3$, entonces: $q_{adm} = 2.85 \frac{kg}{cm^2}$			

A partir de los resultados obtenidos, los cuales fueron un valor de la cohesión de 0.082 kg cm^{-2} y un ángulo de fricción interna de 28.01° , que se obtuvieron realizando ensayos triaxiales para 3 muestras del suelo afín de generar la envolvente de falla, fue posible utilizar correctamente los métodos semiempíricos⁶⁻⁹, puesto que los 4 métodos requieren necesariamente de los parámetros de cohesión y ángulo de fricción interna para utilizar correctamente sus respectivas formulaciones para el cálculo de capacidad portante del suelo.

De acuerdo a las características existentes en el terreno y a las solicitudes de la estructura a construirse, se optó por considerar una cimentación superficial de tipo zapata aislada para lo cual se empleó diversas metodologías⁶⁻⁹.

TABLA 4
Resultados del método de Hansen et al.⁸

Fórmula General:	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$	
Para: $\Phi=0$	$q_u = 5.14c_u(1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + q$	
Factores de diseño		
Factores de capacidad de carga:		
$N_c = (N_q - 1) \cot \emptyset$ $= 25.83$	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\emptyset}{2} \right) e^{\pi \tan \emptyset}$ $= 14.74$	$N_\gamma = 1.5(N_q - 1) \tan(\emptyset)$ $= 10.96$
Factores de forma:		
Para: $\Phi=0$	$s_c = 0.2 \left(\frac{B}{L} \right)$ $s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L} = 1.57$	
Para todo Φ	$s_q = 1$ $s_{qH} = 1 + \frac{B}{L} \tan \emptyset$ $s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6 = 0.6$	Para continua $s_{qV} = 1 + \frac{B}{L} \tan \emptyset = 1.47$
Factores de profundidad:		
Para: $Df/B \leq 1$	$d_c = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $d_q = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \tan \emptyset)^2 D_f/B$	$d_\gamma = 1$
Para: $Df/B > 1$	$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ $= 1.41$ $d_q = 1 + 2 \tan \emptyset (1 - \tan \emptyset)^2 \tan^{-1}(D_f/B) = 0.70$	$d_\gamma = 1$
$q_u = 7.00 \frac{kg}{cm^2}, \text{considerando } Fs = 3, \text{entonces: } q_{adm} = 2.33 \frac{kg}{cm^2}$		

TABLA 5
Resultados del método de Vésic⁹

Fórmula General:	$q_u = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$		
Factores de diseño			
Factores de capacidad de carga:			
$N_c = (N_q - 1) \cot \phi$ = 25.83	$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) e^{\pi \tan \phi}$ = 14.74	$N_\gamma = 2(N_q - 1) \tan(\phi)$ = 14.61	
Factores de forma:			
$s_c = 1 + \frac{N_q B}{N_c L} = 1.59$	$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi = 1.53$	$s_\gamma = 1 - 0.4 \frac{B}{L} \geq 0.6$ = 0.6	
$s_c = 1$ para continua			
Factores de profundidad:			
Para: $D_f/B \leq 1$	$d_c = 1 + 0.4 \left(\frac{D_f}{B} \right)$	$d_\gamma = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 D_f/B$
Para: $D_f/B > 1$	$d_c = 1 + 0.4 \tan^{-1} \left(\frac{D_f}{B} \right)$ = 1.41	$d_\gamma = 1$	$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 \tan^{-1} (D_f/B) = 0.70$
$q_u = 7.16 \frac{kg}{cm^2}$, considerando $F_s = 3$, entonces: $q_{adm} = 2.39 \frac{kg}{cm^2}$			

TABLA 6
Comparación de los resultados

Capacidad Portante	Terzaghi	Meyerhof	Hansen et al.	Vesic
Capacidad de carga última (kg cm ⁻²)	7.32	8.54	7.00	7.16
Capacidad de carga admisible (kg cm ⁻²)	2.44	2.85	2.33	2.39

DISCUSIÓN

La capacidad de carga admisible 2.44 kg cm⁻² Terzaghi, 2.85 kg cm⁻² por Meyerhof⁷ 2.33 kg cm⁻² por Hansen et al.⁸ 2.39 kg cm⁻² por Vesic⁹ se puede señalar que el método que obtuvo menor capacidad de carga admisible fue Hansen et al.⁸ (2.33 kg cm⁻²) mientras con el método que se obtuvo mayor capacidad de carga admisible fue Meyerhof⁷ (2.85 kg cm⁻²), se pudo elegir el método para la cimentación de la vivienda unifamiliar, Hansen et al.⁸ puesto que se optó por la menor capacidad portante obtenida para tener un diseño más conservador y brindar mayor seguridad a la cimentación. Concordando con García Loayza et al.¹³, quienes obtuvieron resultados similares al obtener mediante el método Hansen una capacidad de carga admisible de 1.04 kg cm⁻², siendo el método que dio el valor más conservador y concordando¹⁴, que indica que el ángulo de fricción ($\phi = 32.72^\circ$) y la cohesión ($c = 0.03$ kg cm⁻²) son los más relevantes que determinan la capacidad de carga del suelo. Asimismo, en la excavación manual se visualizó y palpó que en su mayoría los suelos están compuestos por arenas y finos (limos y arcillas).

A partir de los resultados, se eligieron parámetros comparativos para realizar el análisis, los factores de capacidad de carga (N_c, N_q, N_γ), factores de forma (s_c, s_q y s_γ) y factores de profundidad (d_c, d_q, d_γ). Fueron elegidos por ser considerados por los 4 métodos⁶⁻⁹ para determinar la capacidad portante. No se tomaron en cuenta los factores de inclinación de carga, de terreno o de base, puesto que estas inclinaciones no existen para el caso estudiado, además que algunos métodos no los consideran en sus formulaciones^{6,7}. Esto concuerda con

lo obtenido¹⁵, en resultados similares al obtener que los factores de diseño, se pueden comparar los 4 métodos semiempíricos⁶⁻⁹ factores de capacidad de carga, de forma y de profundidad, pero resaltando que, si se desea comparar solo los métodos^{8,9}, entonces se pueden añadir también al análisis los factores de inclinación de carga, de terreno y de base.

Las características del suelo reflejan que tiene un contenido de humedad de 4.49 %, límite líquido de 36.68 %, límite plástico de 24.65 %, índice de plasticidad de 12.03 %, la clasificación de suelos muestra que el suelo es una arena mal graduada-limosa, la cohesión es de 0.082 kg cm^{-2} , el ángulo de fricción interna es de 28.01° y el peso específico natural es de 1.873 g cm^{-3} .

Los parámetros geotécnicos de presión admisible y factor de seguridad de falla por corte, obteniéndose valores de presión admisible de 2.44, 2.85, 2.33 y 2.39 kg cm^{-2} para los métodos⁶⁻⁹ respectivamente, mientras que el factor de seguridad elegido fue un valor conservador ($FS = 3$).

La comparación de los resultados, obteniéndose de los 4 métodos estudiados⁶⁻⁹, el método con el cual se obtuvo menor capacidad de carga admisible fue de Hansen et al.⁸ (2.33 kg cm^{-2}) mientras que el método con el que se obtuvo mayor de capacidad de carga admisible fue de Meyerhof⁷ (2.85 kg cm^{-2}), para efectos del uso en la construcción de viviendas unifamiliares se recomienda utilizar el métodos menos favorable que serían el de Hansen con la finalidad de que el diseño pueda ser más estructurado y frente a cualquier evento sísmico pueda resistir tanto la vivienda y esta pueda proteger a las personas.

LITERATURA CITADA

1. Burbano-Orjuela H. The soil and its relationship with ecosystem services and food security. *Rev Cienc Agr* 2016;33(2) 106-16. DOI: <https://doi.org/10.22267/rcia.163302.58>
2. Olmos P. El terreno como material constructivo en la ingeniería civil desde la perspectiva de la arquitectura de tierra, arquitectura construida en tierra, tradición e innovación. En: Sáinz Guerra JL, Jové Sandoval F, editores. *La arquitectura construida en tierra, tradición e innovación* [Internet]. Valladolid: Universidad de Valladolid; 2010. p. 267-80. Recuperado a partir de: http://www5.uva.es/grupotierra/publicaciones/digital/libro2010/2010_9788469345542_p267-280_olmos.pdf
3. Luzón Cañarte AF, Moreira Intriago CA, Palma JC. Importancia de un estudio de suelo antes de construir una infraestructura [Internet]. Manabí: Universidad Técnica de Manabí; 2018 [citado 2 de mayo de 2023]. 8 p. Recuperado a partir de: https://www.researchgate.net/publication/328942822_La_importancia_de_un_estudio_de_suelo_antes_de_la_construccion
4. Niño Sana JL. Estudio de suelos y análisis geotécnico del sector ubicado en el K4+180 de la vía Puente Reyes-Gameza [tesis licenciatura]. [Sogamoso]: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia; 2015 [citado 16 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/1586>
5. Nij Patzán JEJ. Guía práctica para el cálculo de capacidad de carga en cimentaciones superficiales, losas de cimentación, pilotes y pilas perforadas [tesis licenciatura]. [Guatemala]: Universidad San Carlos de Guatemala; 2009 [citado 16 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3004_C.pdf
6. Terzaghi K. *Theoretical soil mechanics* [Internet]. New York: John Wiley & Sons, Inc; 1943. DOI: <http://doi.org/10.1002/9780470172766>
7. Meyerhof GC. Some recent research on the bearing capacity of foundations. *Can Geotech J* 1963;1(1):16-26. DOI: <https://doi.org/10.1139/t63-003>
8. Hansen JB, Brinch J, Bullet H, Nan S. Revised and extended formula for bearing capacity. *Bull* 1970;28:5-11.
9. Vésic AS. Análisis de la capacidad de carga de cimentaciones superficiales. *J Soil Mech Found Div* 1973;99(1):45-73. DOI: <https://doi.org/10.1061/JSFEAQ.000184>

10. Fernández Muñoz WR. Evaluación de la capacidad portante de los suelos de fundación de la Ciudad universitaria - Universidad Nacional de Cajamarca, 2014 [tesis doctoral]. [Cajamarca]: Universidad Nacional de Cajamarca; 2015 [citado 10 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1427>
11. Rosales Paredes LM. Determinación de la capacidad portante de los suelos para establecer la zonificación en la localidad de Juan Guerra - 2017 [tesis licenciatura]. [Trujillo]: Universidad Cesar Vallejo; 2017 [citado 6 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/31698>
12. Flores Perez CM, Coral Sinarahua J. Zonificación de la capacidad portante de los suelos de la localidad de Bernabé Guridi del distrito de Tarapoto, provincia de San Martín, Región San Martín [tesis licenciatura]. [Tarapoto]: Universidad Nacional de San Martín; 2016 [citado 11 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNSM_0ee2bded10607872010dfe4f5bcf7c28
13. García Loayza MR, Laura Huanca S, Hinojosa Mamani J, Flores Ortega HE. Evaluación de la capacidad predictiva de los métodos de estimación del comportamiento mecánico de los suelos lacustres de la Bahía de Puno, para cimentaciones superficiales. *Cienc Lat* 2023;7(4):7007-26. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i4.7461
14. Beltrán Cueva JR, Díaz Vargas DA. Análisis de la capacidad de carga admisible de los suelos de cimentación del complejo arqueológico Chan Chan debido al ascenso del nivel freático [tesis licenciatura]. [Lima]: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas; 2018 [citado 16 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: <https://repositorio academico.upc.edu.pe/handle/10757/625746>
15. Baque Parrales GA, Denny Augusto CL (dir). Caracterización físico - mecánicas del suelo para cimentación en edificaciones de categoría baja, sector By Pass - John F. Kennedy, ciudad Jipijapa [tesis licenciatura]. [Manabí]: Universidad Estatal del Sur de Manabí; 2017 [citado 12 de mayo de 2023]. Recuperado a partir de: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/1055?mode=full>

NOTAS

Fuente de financiamiento: La fuente de financiamiento es por los investigadores.

Conflictos de intereses: Este trabajo no tiene conflictos de interés.

Agradecimientos: Agradecemos a la Universidad Cesar Vallejo por permitir fortalecer la investigación de sus estudiantes.

Consideraciones éticas: Para la siguiente investigación se utilizaron las normas éticas de la Universidad Cesar Vallejo

Limitaciones en la investigación: Se tuvo dificultades el acceso de los equipos al lugar, por ser muy alejado.

Contribución de los autores: De La Cruz Vega Sleyther Arturo, aportó con la elaboración, redacción del artículo científico y la materialización. Ccori Siello Vega Neyra, realizó la metodología, citas y bibliografía.

ID del artículo: 132/JSAB/2023

Nota del Editor: *Journal of the Selva Andina Biosphere (JSAB)*. Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son únicamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, o las del editor, editores y los revisores. Cualquier producto que pueda ser evaluado en este artículo, o la afirmación que pueda hacer su fabricante, no está garantizado o respaldado por el editor.

ENLACE ALTERNATIVO

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?
script=sci_arttext&pid=S2308-38592023000200142&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-38592023000200142&lng=es&nrm=iso) (html)