



REVISIÓN SISTEMÁTICA DE PRUEBAS PARA OBTENER LOS PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO: TENDENCIAS, ALCANCES Y LIMITACIONES

*Socrates Pedro Muñoz Pérez*¹✉, *Melchor Porras Alex Darwin*², *Juan de Dios Malpartida*³

¹ Maestro en ciencias de la Tierra con mención en Geotecnia. Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. ✉

msocrates@crece.uss.edu.pe
<https://orcid.org/0000-0003-3182-8735>

² Egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil. Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo.

<https://orcid.org/0000-0002-7297-9794>

³ <https://orcid.org/0000-0002-3643-712X>

PALABRAS CLAVES:

Ensayo DPL, Ensayo DPSH, Ensayo corte con veleta, laboratorio, exploración.

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo hacer una revisión de los ensayos que se realizan en in situ para obtener los parámetros geotécnicos de un terreno. En primer lugar, se inicia con la descripción de los ensayos exponiendo la problemática respecto a su aplicación en el tipo de suelo y luego se detalla cada uno de estos ensayos, tales como SPT, CPT, DPSH, DPL y Corte con Veleta, especificando desde el día que estos ensayos iniciaron en la aplicación geotécnica, como también a su utilización, y hasta la situación actual donde nos encontramos. Debido a que estos ensayos aplicados en in situ son muy importantes, pero es necesario conocer cada uno de ellas desde sus inicios, los cambios que han tenido en la aplicación geotécnica hasta la actualidad.

TESTS TO OBTAIN THE GEOTECHNICAL PARAMETERS OF THE SOIL: TRENDS, SCOPES AND LIMITATIONS

KEY WORDS:

DPL test, DPSH test, vane cut test, laboratory, exploration.

ABSTRACT

The present work aims to review the tests that are conducted in situ to obtain the geotechnical parameters of a terrain. First, it begins with the description of the tests giving an understanding of the problems regarding their application in the type of soil and then details each of these tests, such as SPT, CPT, DPSH, DPL and vane cut test, specifying from the day these tests began in the geotechnical application, as well as specifying regarding its use, and until the current situation where we are. Because these tests applied in situ are very important, but it is necessary to know each of them from the beginning, the changes that have had in the geotechnical application until today.

Rec : 25/08/2021

Acep : 02/10/2021



INTRODUCCIÓN

Existen diferentes maneras para obtener las muestras de un suelo mediante ensayos in situ, la cual hay una gran variedad que estas constituyen una serie de técnicas en su aplicación (Díaz-Curiel et al., 2017). En la época donde nos encontramos las construcciones de los diferentes tipos de obras civiles demanda realizar estudios geotécnicos, donde cuyos parámetros se pueden obtener mediante ensayos, lo cual existen varios métodos (Hipólito-Ojalvo et al., 2019).

Para Skempton (1986) especifica que, los ensayos realizados en el sitio de estudio denominados in situ y los ensayo que se realizan en laboratorios existe concordancia entre ellas, de la forma que en la prueba de laboratorio permiten la interpretación de una forma completa a los ensayos que son realizados en el lugar de estudio in situ, y, por otra parte, las pruebas de equipos in situ se basa en evaluar la calidad de las muestras que han sido obtenidas por los diferentes métodos que existen.

En este contexto es importante mencionar que las condiciones geológicas de un lugar donde hay complejidad, como por ejemplo las gravas en los suelos arcillosos el ensayo de penetración SPT es inaceptable, de la misma manera el ensayo de penetración de cono CPT, que son empleadas en suelos relativamente débiles que no contengan mezcla de grava y guijarros (Žaržojus et al., 2013). Como es en el caso de Lithuania contiene un suelo con bastante gravas y guijarros, y en algunos casos estratos completos, que no permiten la correcta aplicación de estos equipos.

La prueba de penetración estándar (SPT) es la prueba in situ comúnmente utilizada en Tanzania, pero se necesita mucha inversión de tiempo para aplicarla. Los ingenieros geotécnicos de Tanzania han hecho correlaciones de la prueba SPT con la prueba de penetración dinámica ligera (DPL) para aumentar la cantidad de información. Las investigaciones indicaron una correlación bastante buena a diferentes profundidades. En todo el mundo la prueba DPL es menos popular en comparación con la prueba SPT, sin embargo, la prueba DPL tiene varias ventajas sobre la prueba SPT. como simplicidad, continuidad, es una prueba rápida y de bajo costo de inversión. El principal inconveniente con la prueba DPL es el hecho de que en la mayoría de los casos no puede ser aplicable a profundidades superiores a 8 m (Lingwanda, Larsson y Nyaoro, 2015).

Reyes-Ortiz (2009) el ensayo dinámico DPSH, su ejecución es de forma continua, pero este tipo de ensayo tiene su límite de aplicación en el campo, para exploración geológica donde no pueden ser aplicados, como suelos que contengan rocas, de la misma manera no es recomendable en suelos cementados, entre gravas y arenas densas. (Khodaparast, Rajabi, & Mohammadi, 2015) en la Región Central y Sur de Iran aplicaron el ensayo de DPSH para suelos de arcilla limo y arena, para ver el comportamiento del sitio

Por otro lado, el ensayo de penetración dinámica ligero DPL, esta es un ensayo que permite determinar la capacidad potente del suelo, pero como todos los equipos que son aplicados en campo in situ no es recomendable para todo tipo de suelo (Lingwanda et al., 2015). Como es en Tanzania hicieron una investigación

geotécnica con el ensayo DPL para la estratificación del suelo.

Para medir la resistencia al corte no drenado en suelos cohesivos está el ensayo de corte con Veleta, este tipo de ensayo no puede ser aplicada en suelo que permiten el drenaje donde hay dilatación en el momento del ensayo y en los suelos que contengan piedras ya que esta puede afectar en los resultados como en las arenas y limos (Cabalar, Mukhlif y Isik, 2020). En Turquía realizaron el ensayo de corte con Veleta para determinar las características del sitio en suelos cohesivos no drenados.

Según Çoşkun, Sarıışık, y Sarıışık, (2017) especifican que, la Mecánica de Suelos de la forma como se conoce actualmente, se apoya sobre los ensayos de laboratorio como el de los ensayos in situ.

El objetivo de este artículo es contextualizar una revisión sistemática de las pruebas para obtener los parámetros geotécnicos del suelo: tendencias, alcances y limitaciones. Basándose en los ensayos in situ siendo estas las más reconocidas y usadas en la ingeniería geotécnica tales como: Ensayo de SPT, CPT, DPSH, DPL y de corte con Veleta.

ENSAYO IN SITU

En la década de los 70 por el problema de las cimentaciones que se presentaron en la obra civil, ya sea en poco o largo tiempo de haberse elaborado, entonces para dar solución a ello se hace una exploración geotécnica mediante los ensayos in situ que estas van de la mano con los del Laboratorio (Díaz-Curiel et al., 2017).

Ensayo SPT

El ensayo de penetración SPT, es uno de los ensayos más utilizados en todas partes

del mundo para investigaciones de subsuelos (DeJong et al., 2017). Este ensayo denominado en inglés Standard Penetration Test, dio inicio en la exploración del suelo en el año 1927 en los Estados Unidos cuando el sondista Raymond Concrete Pile hizo la propuesta a Terzaghi en realizar el conteo de la cantidad de golpes en el momento de hincar un pie de la toma muestra en terrenos no cohesivos (Abou-matar y Goble, 1997).

En un largo tiempo donde se han realizado una gran cantidad de ensayos Terzaghi y Peck en el año 1948, todos los resultados obtenidos mediante el equipo de penetración fueron publicados en uno de sus libros “Mecánica de suelos en la ingeniería práctica”. (Robertson, Campanella, y Wightman, 1983)

Para Sánchez-Ávila et al. (2018) por naturaleza el ensayo es muy simple y puede ser aplicada en cualquier parte con facilidad, pudiendo ser ejecutada casi en cualquier tipo de terreno.

Para hacer una exploración geológica con estate ensayo se ubica la broca hasta la altura esperada y dentro de ella en la base se coloca el toma muestra siendo esta de dimensiones variadas la cual está compuesta por tres elementos tales como: primero está la zapata, luego tenemos al tubo bipartido y por último cabeza de acoplamiento en el varillaje. (Changho et al., 2010)

Se llega a hincar la toma muestra sobre el terreno 60cm contando la cantidad de golpes que sea obligatorio para hincar en un intervalo de 15cm, este hinca es realizada mediante un equipo sólido pesado de 63.5 kilogramos cayendo desde una altura de 76.2 cm ante una parte plana llamado yunque, correspondiendo la caída



en un trabajo que es teórico de 0.5 KJ por golpe (Abou-matar y Goble, 2004). Por otra parte se especifica que este tipo de ensayos se recomienda la corrección del valor a la resistencia a penetración estándar siendo esta con una profundidad más de 20m (Daniel et al., 2006).

Según Odebrecht et al. (2005) especifica que, este ensayo indicado es especialmente para los terrenos que contengan una amplia fracción arenosa y por otra parte esta prueba es menos cuando hay existencia de una gran proporción de finos o de gravas. De tal forma que el SPT esta difundido por todo el mundo y existen variedades de estudios permitiendo esta relacionar con ecuaciones empíricas del N_{30SPT} ante las muestras que se han obtenido del terreno in situ (Dean y Mohammed, 2014).

La mayoría de las correlaciones pertenecen exactamente a la exploración geológica de terrenos arenosos, por lo que la apariencia de grava perturba los resultados o también esta puede impedir la realización del ensayo (Ghafghazi et al., 2014).

Respecto a las correlaciones en el número de golpes de N_{SPT} , Terzaghi y Peck en 1948 fueron los primeros en la publicación de correlación con la densidad relativa de las arenas cuarcíticas donde las muestras han sido obtenidas en terrenos in situ (SCHNAID et al., 2007).

En 1986 Skemtom, propone factores de corrección en la que estos valores están en función de la profundidad de prueba y del diámetro de pozo, pero dichas ratificaciones son empleadas para los suelos granulares, por lo que es despreciable para los suelos cohesivos (Ghafghaz et al., 2017).

Ensayo de CPT

El ensayo de penetración CPT, la evaluación geológica con este método se obtiene las muestras de manera rápida y precisa, para determinar las propiedades del suelo (Tomás et al., 2007). En 1932 en Holanda fue donde dio inicio con el primer cono para determinar las propiedades del suelo, por P. Berentsen del departamento de Obras Públicas (Fernández-Diéguéz et al., 2016).

T. K Huizinga, fue el primer Director de Mecánica de Suelos de Delft-Holanda, él fue quien construyó 10 toneladas para empujar el primer cono. En Europa de 1950 emplearon mucho la prueba CPT donde obtuvieron buenos resultados en estudios de los suelos finos (Mora, 2013). Y en el año 1975 Tortensson de Suecia y Wissa de Estados Unidos, ellos realizaron los piezómetros electrónicos que permite medir las presiones de poros durante la penetración y durante las pausas en la penetración (Fernández-Naranjo et al., 2014).

Después en el año 1981, en San Luis Missouri, se realizó una sesión sobre el ensayo CPT, donde este fue organizado por ASCE, ya que muchos investigadores presentaron sus resultados de dicho ensayo siendo esta medida por la resistencia de punta, la fricción y las presiones de poros de una forma simultánea (Vega-Posada et al., 2017).

El ensayo denominado en ingles Cone Penetration Test, este ensayo se realiza mediante el hinca a presión sobre el suelo con una velocidad constante, también mide el esfuerzo que sea necesario para la penetración del cono. Este ensayo por lo general se realiza en suelos finos, no es recomendable para suelos con grava, suelos cementados y rocas, estos pueden



malograra el equipo y el ensayo es rechazado (Ballesteros, 2018).

El ensayo está compuesto por una punta cónica con sección de 10 y 15 cm² en un ángulo de apertura de 60° y con una amplificación cilíndrico exterior de 35.7 mm de diámetro. En la parte superior de la punta cónica se sitúa el friction sleeve, su función es mensurar el rozamiento lateral específico (Pastor et al., 2018).

Ensayo DPSH

El ensayo de penetración dinámica DPSH (Dynamic Probing Super Heavy), es utilizado por la energía que proporciona, es más alto y puede reconocer una mayor profundidad de terrenos resistentes. Es un tipo de sondeos dinámicos, que se usa ampliamente para determinar la resistencia al soporte del suelo, de suelos arenosos o arcillosos (Wang et al., 2016)

También se utilizan perforaciones para la instalación de instrumentación de monitoreo. La Prueba DPSH (súper peso) Dividido en masa A de 63,5 kg, altura de caída 50 cm (muy similar a la antigua Borros, Suecia) y B, con un peso de 63,5 kg, La altura descendente es de 75 cm, en realidad equivalente al SPT, pero el conjunto del dispositivo de golpeo no puede superar 115 kg. El punto o cono de penetración muestra un ángulo de embate de 90° y está incorporado solamente al varillaje. La puntaza de penetración consigue ser rescatada o disipada (Grana y Tommasi, 2014).

El recuento de golpes DPSH se cuenta por encima de 300 mm y se denomina valor N_{30SB}. Se calcula el número de golpes necesarios para empujar con la puntaza en el terreno de 20 cm hacia el suelo, lo que se llama N₂₀. Cuando tres valores consecutivos son iguales o superiores a 75

golpes, un valor llega a los 100 golpes o más, o la fricción de la varilla es superior a 200 N.M, la prueba finaliza (MacRobert, 2017).

La acción de cementación entre las partículas del suelo está determinada principalmente por la temperatura del suelo por lo que los conteos de golpes de DPSH en el suelo de relleno aumentan rápidamente y la fuerza de cementación correspondiente es alta cuando el suelo se congela, pero los conteos de golpes disminuyen drásticamente. y la fuerza de cementación correspondiente es pequeña una vez que el suelo se descongela (Wang et al., 2016). Este ensayo se rige mediante la norma UNE 103-801

Ensayo DPL

El ensayo de Penetración Ligero consiste en determinar la resistencia del suelo, siendo un equipo liviano y de fácil uso que permite ver la capacidad de soporte in situ ante la realización de una estructura o de la ejecución de una obra civil (Žaržojus y Dundulis, 2010).

Scale en el año 1956 realizó este ensayo denominado DPL, donde los investigadores Livneh y Ishali de 1987 y Keleyn de 1975 realizaron estudios básicos en campo para la evaluación de pavimentos (Ampadu y Dzitse-Awuku, 2009). Se especifica que el Ensayo de Penetración Dinámica Ligero es utilizado en los lugares como Inglaterra, Australia, Canadá, Nueva Zelanda y Estados Unidos (Aral y Gunes, 2017).

El DPL está formado por una punta de cónica metálica de 60°, y para la aplicación de los golpes cuenta con un martillo de 10kg donde esta se deja caer desde una altura de 50cm (Ahmed, Agaiby y Abdel-Rahman, 2013). La prueba del



DPL es un equipo que se puede transportar con facilidad y evalúa la capacidad de resistencia de explanadas y las capas granulométricas de caminos, carreteras y pistas de aeropuertos (Khodaparast et al., 2019).

Esta prueba se denomina en inglés Dynamic Probing Light, permitiendo esta obtener muestras para luego evaluar la capacidad portante del subsuelo de una manera directa, siendo esta aplicada también para rocas (Tarawneh, 2016). De tal forma que la información obtenida es de manera continua, donde el proceso de las mediciones de la resistencia a la penetración se llega a realizar durante todo el proceso de hinca (Akca, 2003).

Para realizar este ensayo se coloca un espécimen de suelo, siendo esta sometida por una carga normal (Mehtab et al., 2018). De tal manera que esta prueba DPL indica acontecimientos de una falla sobre un plano de localización predeterminado en la dirección horizontal, donde esta va actuar dos fuerzas (Elton, 1987).

Para realizar correctamente este ensayo, se debe de verificar si se cuenta con un suelo cohesivo y con respecto los cálculos se realizan a las 24 h de haber saturado la muestra (Luján y Aguilar, 2018).

Ensayo Veleta

La incorporación del ensayo de corte de veleta como prueba de campo para estimar la resistencia sin drenaje del suelo fino se remontan a las décadas de 1940 a 1950. Sin embargo, observaron que la resistencia de las arcillas blandas medidas usando VST es significativamente mayor que la intensidad de campo y propusieron factores de corrección empíricos para la resistencia al corte de las paletas para tener en cuenta el efecto de la anisotropía y el

efecto de la velocidad del suelo en el campo (Gupta et al., 2016).

La ventaja de esta prueba es que nos permite determinar una resistencia de suelos cohesivos no drenadas, el equipo y la prueba son muy sencillos, además nos permite medir la sensibilidad in situ y se tiene mucha experiencia y conocimiento sobre el uso (Ng, Yuen, y Dong, 2016).

También Cabalar nos menciona que los resultados de las pruebas de corte de veleta demostraron que los valores de S_u obtenidos de las pruebas eran siempre más altos que los obtenidos de las pruebas de cono de caída (Cabalar, Mukhlif, y Isik, 2020).

ESTADO ACTUAL

La prueba de Penetración SPT, este es uno de los ensayos más usados y extendidos actualmente en la geotecnia por su sencillez, rapidez y bajo costo (Sil y Haloi, 2017). Pero se llega a valorar que un 85% a 90% de los diseños empleados en las cimentaciones convencionales del Norte y Sur América se basan en la medición del valor N de la prueba SPT. (Thokchom et al, 2017)

En cambio, el Ensayo de Penetración de Cono (CPT), es una de las técnicas de caracterización más utilizadas de suelos sensitivos, pero a diferencia del ensayo SPT el CPT brinda intervalos más cortos e información más confiable, donde posibilita instituir perfiles exactos y demostrar pequeños cambios que estas pueden suceder entre las capas de suelos, y también posee un costo elevado (Mola-Abasi et al., 2017).

Por otra parte, la prueba de penetración DPL es un ensayo de penetración dinámica ligero de operación manual, que permite



conocer profanidades menores a 10 m, siendo de uso muy fácil y manejable para determinar la resistencia del suelo y rocas. (Santos y Bicalho, 2017)

Pero la prueba de ensayo de corte con veleta solo se realiza en suelo cohesivo no perturbado y remoldados. El método de corte de veleta es adecuado para suelos arcillosos saturados, porque los resultados

serán diferentes si se realiza en otros suelos. (Olguín y Ortúzar, 2015)

No hay duda de que las pruebas de penetración dinámica súper pesada DPSH son las pruebas que más se utilizan, probablemente porque proporcionan mayor energía y pueden identificar mayores profundidades y terrenos más resistentes. (Khodaparast, Rajabi y Mohammadi, 2015)

Tabla 1: Comparación de las ventajas y limitaciones entre los distintos tipos de ensayos in situ.

	SPT	CPT	DPSH	DPL	Veleta
Tipos de suelos	La mayoría	Gravas no	La mayoría	La mayoría	Cohesivos no drenados
Continuidad /perfil	No	Si, datos cada 10 o 20 cm	Si, datos cada 20 cm	No	No
Toma de muestra	Si	No	No	Si	No
Repetitividad	Buena	Muy buena	Buena	Buena	Regular
Sensibilidad a cambios en el perfil estratigrafico	Regular/Buena	Buena/Muy buena	Buena	Regular/buena	Regular
Correlaciones empiricas para determinar propiedades del suelo	Si	Si	Si	-	-
Interpretacion teorica para determinar propiedades del suelo	No	Si	No	-	-
Posibilidad de otros captores o sensores	No	No	No	-	-

Fuente: (Devincenzi y Frank, 2004)

En la tabla 1, se muestran una comparación de los ensayos in sites mencionados, especificando el tipo de

suelo donde es aplicado, la continuidad al momento de tomar la muestra, la repetitividad, la sensibilidad a cambios en el perfil estratigráfico.



CONCLUSIONES

En el mundo de la ingeniería geotécnicas hay varias maneras para determinar las características de los suelos, siendo estas desde la utilización de equipos geotécnicos, así como pueden ser realizado a manos del hombre, desde el lugar del suelo a evaluar, hasta la manera como se obtienen las muestras mediante las pruebas in situ para luego ser llevadas a un laboratorio y ser evaluadas.

Los ensayos in situ son muy importantes en la forma de extraer la muestra del suelo, lo cual nos permite obtener resultados reales del sitio a evaluar, de tal manera que los equipos empleados deben ser manipulados por operadores especializados de dichos equipos, para evitar errores durante la ejecución in situ, como también evitar malograr el equipo, y de esta manera obtener los resultados que sea de gran éxito. Es muy importante la exploración de un suelo, ya que de esta manera permite evaluar el terreno y poder ejecutar una obra civil dependiendo el tipo de diseño que se va a realizar.

REFERENCIAS

- Fernández-Diéguéz, L., Guardado-Lacaba, R., Herrera-Delfín, I., Oliva-Álvarez, R., & Díaz-Santo, P. (2016). Escenarios susceptibles a la licuefacción inducida por sismos de gran magnitud en Santiago de Cuba. *Minería y Geología*, 53-69. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223545820004>
- Robertson, P., Campanella, R., & Wightman, A. (1983). SPT-CPT CORRELATIONS. *Journal of Geotechnical Engineering*, 1449-1459. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1983\)109:11\(1449\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1983)109:11(1449))
- Sil, A., & Haloi, J. (2017). Empirical Correlations with Standard Penetration Test (SPT)-N for Estimating Shear Wave Velocity Applicable to Any Region. *Int. J. of Geosynth. and Ground Eng.*, 1-13. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s40891-017-0099-1>
- Abou-matar, H., & Goble, G. (1997). SPT DYNAMIC ANALYSIS AND MEASUREMENTS. *JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 921-928. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(1997\)123:10\(921\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(1997)123:10(921))
- Abou-matar, H., & Goble, G. (2004). SPT Dynamic Analysis and Measurements. *American Society of Civil Engineers*, 441-462. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/40743\(142\)25](https://doi.org/10.1061/40743(142)25)
- Ahmed, S., Agaiby, S., & Abdel-Rahman, A. (2013). A unified CPT-SPT correlation for non-crushable and crushable cohesionless soils. *Ain Shams Engineering Journal*, 1-11. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.asej.2013.09.009>
- Akca, N. (2003). Correlation of SPT-CPT data from the United Arab Emirates. *Engineering Geology*, 219-231. Obtenido de

- [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(02\)00181-3](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(02)00181-3)
- Ampadu, S., & Dzitse-Awuku, D. (2009). Model tests for bearing capacity in a lateritic soil and implications for the use of the dynamic cone penetrometer. *International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 1076-1079. Obtenido de <http://ebooks.iospress.nl/publication/30146>
- Aral, F., & Gunes, E. (2017). Correlation of Standard and Cone Penetration Tests: Case Study from Tekirdag (Turkey). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-9. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/245/3/032028>
- Ballesteros, R. (2018). OBTENCIÓN DE PARÁMETROS DEL MODELO HARDENING SOIL MEDIANTE ENSAYO CPT_u EN SUELOS BLANDOS DE BOGOTÁ. *Revista Politécnica*, 89-97. Obtenido de <https://revistas.elpoli.edu.co/index.php/pol/article/view/999>
- Cabalar, A., Mukhlif, M., & Isik, H. (2020). A comparative study on the undrained shear strength results of fall cone and vane shear tests in sand-clay mixtures. *Arabian Journal of Geosciences*, 1-11. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05351-5>
- Changho, L., Jong-Sub, L., Shinwhan, A., & Woojin, L. (2010). Effect of Secondary Impacts on SPT Rod Energy and Sampler Penetration. *JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 522-526. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0000236](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0000236)
- Çoşkun, G., Sarıışık, G., & Sarıışık, A. (2017). Slip Safety Risk Analysis of Surface Properties Using the Coefficients of Friction of Rocks. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 1-25. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/10803548.2017.1395594>
- Daniel, C., Howie, J., Scott, R., & Walker, B. (2006). Discussion of “Review of Standard Penetration Test Short Rod Corrections” by Chris R. Daniel, John A. Howie, R. Scott Jackson, and Brian Walker. *JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 1637-1640. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2006\)132:12\(1637\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2006)132:12(1637))
- Dean, E., & Mohammed, R. (2014). Simplified Shockwave Analysis of the Standard Penetration Test. *International Journal of Geomechanics*, 1-13. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GM.1943-5622.0000379](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000379)
- DeJong, J., Ghafghazi, M., Sturm, A., Wilson, D., Dulk, J., Armstrong, R., . . . Davis, C. (2017). Instrumented Becker Penetration Test. I: Equipment, Operation, and Performance. *Journal of*



- Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 1-12. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001717](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001717)
- Devincenzi, M., & Frank, N. (2004). *Ensayos Geotecnicos In situ su ejecucion e interpretacion*. IGEOEST,S.L. Obtenido de <http://www.estudiosgeotecnicos.info/wp-content/uploads/2014/06/Devincenzi-Ensayos-in-situ.pdf>
- Díaz-Curiel, J., Rueda-Quintero, S., Biosca, B., & Doñate-Matilla, G. (2017). Advance in the penetrometer test formulation to estimate allowable pressure in granular soils. *Acta Geotechnica*, 1-9. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s11440-017-0565-x#article-info>
- Díaz-Curiel, J., Rueda-Quintero, S., Biosca, B., & Doñate-Matilla, G. (2017). Advance in the penetrometer test formulation to estimate allowable pressure in granular soils. *Acta Geotechnica*, 1-9. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11440-017-0565-x>
- Elton, D. (1987). Settlement of Footings on Sand by CPT Data. *American Society of Civil Engineers*, 99-113. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0887-3801\(1987\)1:2\(99\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0887-3801(1987)1:2(99))
- Fernández-Naranjo, F., Rodríguez, V., Rodríguez, R., Alberruche, M., Arranz, J., & Vadillo, L. (2014). Liquefaction susceptibility assessment and study of “La Luciana” tailings dam fault (Spain, 1960) based on historical documents. *DYNA*, 189-198. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6191295>
- Ghafghaz, M., DeJong, J., Sturm, A., & Temple, C. (2017). Instrumented Becker Penetration Test. II: iBPT-SPT Correlation for Characterization and Liquefaction Assessment of Gravelly Soils. *American Society of Civil Engineers*, 1-10. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)GT.1943-5606.0001718](https://doi.org/10.1061/(ASCE)GT.1943-5606.0001718)
- Ghafghazi, M., Thurairajah, A., DeJong, J., Wilson, D., & Armstrong, R. (2014). Instrumented Becker Penetration Test for Improved Characterization of Gravelly Deposits. *American Society of Civil Engineers*, 37-46. Obtenido de <https://doi.org/10.1061/9780784413272.004>
- Grana, V., & Tommasi, P. A. (2014). A deep-seated slow movement controlled by structural setting in marly formations of Central Italy. *Landslides*, 11, 195-212. doi:<https://doi.org/10.1007/s10346-013-0384-6>
- Gupta, T., Chakraborty, T., K., A.-R., & Achmus, M. (2016). Large Deformation Finite Element Analysis of Vane Shear. *Geotechnical and Geological Engineering*, 34, 1669-1676.



- doi:<https://doi.org/10.1007/s10706-016-0048-0>
- Hipólito-Ojalvo, F., Zamora-Polo, F., Luque, A., & Naharro-Saqueda, I. (2019). Evaluación de las propiedades del subsuelo de Badajoz (España) con fines constructivos mediante Sistemas de Información Geográfica. *Informes de la Construcción*, 71, 1-9. Obtenido de <http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdaconstruccion/article/view/5973>
- Khodaparast, M., Rajabi, A., & Derakhshan, M. (2019). Development of Practical Correlations Between Cone Penetration Resistance and SPT Values for Various Types of Soils. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Civil Engineering*, 1-11. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s40996-019-00319-2>
- Khodaparast, M., Rajabi, A., & Mohammadi, M. (2015). The new empirical formula based on dynamic probing test results in fine cohesive soils. *International Journal of Civil Engineering*, 105-113. Obtenido de <http://ijce.iust.ac.ir/article-1-1309-en.html>
- Lingwanda, M., Larsson, S., & Nyaoro, D. (2015). Correlations of SPT, CPT and DPL Data for Sandy Soil in Tanzania. *Geotech Geol Eng*, 1221-1233. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s10706-015-9897-1>
- Luján, E., & Aguilar, R. (2018). Utilización de Métodos Experimentales y de Simulación Numérica para el estudio de la Microzonificación Sísmica del distrito de Trujillo, provincia Trujillo, departamento La Libertad, Perú. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 37-49. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/PGM/article/view/2105>
- MacRobert, C. (2017). Interpreting DPSH penetration values in sand soils. *Journal of the South African*, 59(3), 11-15. doi:<http://dx.doi.org/10.17159/2309-8775/2017/v59n3a2>
- Mehtab, A., Muhammad, A., Shamsheer, S., Saeedullah, J., Muhammad, B., Maqsood-ur-Rehman, & Nawaz, A. (2018). Empirical SPT-CPT correlation for soils from Lahore, Pakistan. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1-7. Obtenido de <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/414/1/012015>
- Mola-Abasi, H., Kordtabar, B., & Kordnaei, A. (2017). Liquefaction prediction using CPT data by triangular chart identification. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 1-6. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/19386362.2017.1282399>
- Mora, R. (2013). USO DE MÉTODOS ESTADÍSTICOS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE CAPAS DE SUELOS VOLCÁNICOS



- CON EL ENSAYO DEL CONO DE PENETRACIÓN EN LOS TERRENOS DE LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA, MONTES DE OCA, SAN JOSÉ, COSTA RICA. *Revista Geológica de América Central*, 109-120. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/13107>
- Ng, I., Yuen, K., & Dong, L. (2016). Estimation of undrained shear strength in moderately OC clays based on field vane test data. *Acta Geotechnica*, 12, 145–156. doi:DOI 10.1007/s11440-016-0433-0
- Odebrecht, E., Schnaid, F., Maia, M., & Paula, G. (2005). Energy Efficiency for Standard Penetration Tests. *JOURNAL OF GEOTECHNICAL AND GEOENVIRONMENTAL ENGINEERING*, 1252-1263. Obtenido de [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-0241\(2005\)131:10\(1252\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-0241(2005)131:10(1252))
- Olguín, R., & Ortúzar, M. (2015). Desarrollo e implementación de una veleta de corte a alta revolución para sondajes. *Obras y Proyectos*, 89-95. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-28132015000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Pastor, J., Tomás, R., Cano, M., & Riquelme, A. (2018). Estudio comparativo del potencial de licuación de suelos usando las normas españolas y el Eurocódigo. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 761-778. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94358881009>
- Reyes-Ortiz, O. (2009). Cambios dinámicos y mecánicos de una mezcla asfáltica densa por las propiedades del asfalto y la energía de compactación. *Ingeniería & Desarrollo*, 139-155. Obtenido de <http://web.b.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=2&sid=8be5f669-fed2-41ba-8f03-358239bde597%40pdc-v-sessmgr02&bdata=Jmxhbmc9ZXMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#AN=52316454&db=zbh>
- Sánchez-Ávila, D., Barea, R., Martínez, E., Ramón, J., Portolés, L., & Carreño, F. (2018). Determination of the instantaneous strain rate during small punch testing of 316L stainless steel. *International Journal of Mechanical Sciences*, 3-25. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2018.09.042>
- Santos, M., & Bicalho, K. (2017). Proposals of SPT-CPT and DPL-CPT correlations for sandy soils in Brazil. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 1-7. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2017.08.001>
- SCHNAID, F., ODEBRECHT, E., & ROCHA, M. (2007). On the mechanics of dynamic penetration tests. *Geomechanics and Geoengineering: An International Journal*, 137-146. Obtenido de



- <https://doi.org/10.1080/17486020701383825>
- Skempton, A. (1986). Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and overconsolidation. *Géotechnique*, 425-447. Obtenido de <https://doi.org/10.1680/geot.1986.36.3.425>
- Tarawneh, B. (2016). Predicting standard penetration test N-value from cone penetration test data using artificial neural networks. *Geoscience Frontiers*, 1-6. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2016.02.003>
- Thokchom, S., Rastogi, B., Dogra, N., Pancholi, V., Sairam, B., Bhattacharya, F., & Patel, V. (2017). Empirical correlation of SPT blow counts versus shear wave velocity for different types of soils in Dholera, Western India. *Nat Hazards*, 1-16. Obtenido de <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2744-3>
- Tomás, R., Domenech, C., Mira, A., Cuenca, A., & Delgado, J. (2007). Preconsolidation stress in the Vega Baja and Media areas of the River Segura (SE Spain): Causes and relationship with piezometric level changes. *Engineering Geology*, 135-151. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2007.01.006>
- Vega-Posada, C., Ramos-Cañón, A., & García, E. (2017). Efecto del gas en la velocidad de onda de corte de suelos arenosos densificados con explosivos. *Tecnura*, 67-80. Obtenido de <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/11969>
- Wang, J., Jia, K., Rafique, R., Guo, L., Yu, Q., Yue, Y., & Yuan, C. (2016). Changes of backfill soil of tower foundation in the permafrost regions with warm ice-rich frozen soil on the Qinghai-Tibet Plateau. *Environmental Earth Sciences*, 75, 1-10. doi:<https://doi.org/10.1007/s12665-016-6223-z>
- Žaržojus, G., & Dundulis, K. (2010). PROBLEMS OF CORRELATION BETWEEN DYNAMIC PROBING TEST (DPSH) AND CONE PENETRATION TEST (CPT) FOR COHESIVE SOILS OF LITHUANIA. *THE BALTIC JOURNAL OF ROAD AND BRIDGE ENGINEERING*, 69-75. Obtenido de <https://bjrbe-journals.rtu.lv/article/view/bjrbe.2010.10>
- Žaržojus, G., Kelevišius, K., & Amšiejus, J. (2013). Energy Transfer Measuring in Dynamic Probing Test in Layered Geological Strata. *Procedia Engineering*, 57, 1302-1308. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705813008977?via%3Dihub>



