

CORRELACIÓN ENTRE LOS ENSAYOS PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO Y RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA PARA SUELOS LIMOSOS

CORRELATION BETWEEN DYNAMIC CONE PENETROMETER TESTS AND CALIFORNIA SUPPORT RATIO FOR SILTY SOILS

FARFÁN SEVERICHE, A., LÓPEZ MEJÍA, E. E.

RESUMEN

La correlación que existe entre el ensayo Penetrómetro Dinámico de Cono, D.C.P y Relación de Soporte de California in situ, C.B.R., obtenida mediante recopilación de índices D.C.P en campo y los resultados obtenidos mediante C.B.R. in situ, realizado para proyectos de obras civiles en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra para suelos limosos. Los ensayos granulométricos son necesarios para la clasificación de suelo, ya que el trabajo y la correlación obtenida se realiza para el tipo de suelo limosos. Los ensayos de caracterización son primordiales para reconocer el tipo de suelo con el que se trabajara en el tramo y así poder aplicar la metodología de la ecuación obtenida por medio de este análisis estadístico. Los ensayos D.C.P. y C.B.R. in situ nos permitirá obtener el esfuerzo cortante del suelo mediante diferentes metodologías y parámetros considerado en campo, la correlación establecida nos permitirá establecer una comparación y ampliar el criterio de diseño de pavimentos. Con el análisis de los resultados sería posible determinar las características del suelo con una ecuación que tome en cuenta parámetros y características del tipo de suelo limosos en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra. Los resultados obtenidos de la correlación son datos confiables con un valor que nos indica una correlación alta demostrando la correlación entre ambos ensayos, cumpliendo con los parámetros que nos indican las normas ASTM en referencia a la obtención del esfuerzo cortante del suelo. Para efectos de este trabajo, se considera que es viable aplicar la ecuación obtenida por medio del análisis estadístico para suelos limosos, ya que los resultados obtenidos nos muestran el valor de una correlación entre ambas metodologías.

ABSTRACT

The correlation that exists between the Dynamic Cone Penetrometer, D.C.P and California Support Ratio test in situ, C.B.R., obtained by collecting D.C.P indices in the field and the results obtained by C.B.R. in situ, carried out for civil works projects in the city of Santa Cruz de la Sierra for silty soils. The granulometric tests are necessary for the classification of soil, since the work and the correlation obtained are carried out for the type of silty soil. The characterization tests are essential to recognize the type of soil with which the section will be worked and thus be able to apply the methodology of the equation obtained through this statistical analysis. The D.C.P. and C.B.R. in situ will allow us to obtain the shear stress of the soil through different methodologies and parameters considered in the field, the established correlation will allow us to establish a comparison and broaden the criteria for pavement design. With the analysis of the results, it would be possible to determine the characteristics of the soil with an equation that takes into account parameters and characteristics of the type of silty soil in the city of Santa Cruz de Sierra. The results obtained from the correlation are reliable data with a value that indicates a high correlation, demonstrating the correlation between both tests, complying with the parameters indicated by the ASTM standards in reference to obtaining the shear stress of the soil. For purposes of this work, it is considered feasible to apply the equation obtained through statistical analysis for silty soils, since the results obtained show us the value of a correlation between both methodologies.

PALABRAS CLAVE

Penetrómetro Dinámico de Cono
Relación de Soporte de California in situ
Granulometría
Correlación
Suelos limosos

KEYWORDS

Dynamic Cone Penetrometer
On-Site California Support
Relationship
Granulometry
Correlation
Silty soils

INTRODUCCIÓN

El ingeniero civil ha de enfrentarse con diversos problemas planteados por el terreno. Prácticamente todas las estructuras de ingeniería civil deben cimentarse sobre la superficie de la tierra o dentro de ella.

Para que una estructura se comporte satisfactoriamente debe poseer una cierta cimentación en donde se pueda transmitir las cargas de una forma viable y que la estructura se mantenga estable.

Un estudio previo de suelos es necesario e imprescindible, porque, permite conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Con respecto a las comparaciones realizadas entre los ensayos obtenidos por parte de los ensayos de campo y los resultados arrojados por el laboratorio, entre la relación de soporte californiana, C.B.R. y el penetrómetro dinámico de cono, D.C.P., se ha concluido que existen grandes variables entre un ensayo y otro, puesto que en Bolivia las normas vigentes para los ensayos de suelos están regidas por normas internacionales.

La correlación entre C.B.R. y D.C.P. permitirán establecer comparaciones y ampliar el criterio de diseño de estructuras de pavimentos para su diseño. Se presenta la correlación entre D.C.P y C.B.R. obtenida mediante la realización, recolección de datos y ensayos para D.C.P y los resultados obtenidos de laboratorio C.B.R. y para poder evaluar la calidad del suelo, de tal manera que estos resultados puedan ser comparados con las normas internacionales. Las características mecánicas del suelo se obtendrán a partir del valor relativo de soporte correlacionado con el índice de penetración del cono dinámico.

Stanton T.E. y Porter O.J. determinaron una relación entre la resistencia de penetración de un suelo y su capacidad portante como una base de sustentación. Con el paso de los tiempos, la ingeniería geotécnica se ha vuelto primordial para la elaboración de proyectos de ingeniería civil. Instituciones encargadas de realizar investigaciones sobre el comportamiento físico y mecánico de los suelos llegaron a incluir ensayos in situ con resultados que nos brindan limitaciones en su empleo.

Las correlaciones entre los valores del ensayo de D.C.P. y los valores C.B.R. in situ se realizaron bajo una misma metodología ya que ambos ensayos buscan conocer la capacidad portante del suelo. Esta investigación se ha realizado en suelos existentes, en diferentes carreteras, siguiendo los modelos matemáticos y proporcionando relaciones aplicables a otros países para determinar valores de C.B.R. in situ en base a los ensayos D.C.P., independientemente del lugar o la magnitud de la estructura. Con este estudio se pueden determinar muchos factores tales como las propiedades física y mecánica de suelos y su clasificación, entre otras.

La ingeniería civil requiere conocer todas las propiedades elementales de los suelos y correlacionarlas con las características tales como resistencia, compresibilidad, permeabilidad.

Los trabajos realizados por investigadores en la mecánica de suelos, como Casagrande y Atterberg, han permitido manejar

características de los suelos finos trabajando con muestras pequeñas, económicas y equipos simples. La practicidad y su utilidad radican en que ha sido posible establecer correlaciones confiables entre sus valores y las propiedades fundamentales o ingenieriles, cuando la identificación de suelos y clasificación de los mismo son importantes.

El penetrómetro dinámico de cono fue desarrollado por Van Vuuren (1969) y fue empleado durante una extensiva investigación del comportamiento de los pavimentos a cargo del departamento de caminos del "Transvaal Provincial Administración" de Sudáfrica durante 1973, en un esfuerzo por estimar de forma simple la resistencia in situ de los materiales subrasantes y capas que conforman el pavimento. El D.C.P. es utilizado para evaluar la resistencia de suelos, tanto no disturbados como compactados y estimar un valor C.B.R. en campo.

El penetrómetro presenta ventajas como su simplicidad y economía de uso. Implícitamente, el D.C.P. estima la capacidad estructural de las diferentes capas que conforman un suelo, detecta simultáneamente el grado de heterogeneidad que puede encontrarse en una sección y la uniformidad de compactación del material, de una manera rápida, continua y bastante precisa.

Se pretende lograr una correlación entre los ensayos de D.C.P. y C.B.R. in situ mediante cálculos estadísticos para suelos limosos.

DESARROLLO

La exploración geotécnica se realizó con la finalidad de determinar las condiciones del suelo y sus propiedades físicas y mecánicas.

La zona de estudio está ubicada en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra en la carretera a La Guardia en el km 10, (17°51'19.4"S 63°15'12.8"W).

Tomando en cuenta los criterios para la obtención de muestras mediante sondeo se realizó la toma de muestras de 10 puntos diferentes del tramo para, previamente, realizar el perfil estratigráfico según las estimaciones del tipo de suelo y la facilidad de obtención de muestras.

Los suelos limosos tienen gránulos de tamaño intermedio, son fértiles y fáciles de trabajar. Forman terrones fáciles de desagregar cuando están secos. Los suelos limosos, al ser un material de baja plasticidad, no presentan un índice de plasticidad, por lo tanto, se lo reconoce como no plásticos.

El análisis granulométrico por tamizado permite, mediante la serie de tamices, determinar tamaños de partículas mayores que 0,075mm (tamiz N°200) de una muestra de suelo al tratarse de muestras de suelo de material fino. Se realizó el proceso de tamizado que ayuda a predecir proporciones relativas de los diferentes tamaños de partículas presentes en las muestras de suelo. Para lograrlo se obtuvo la cantidad de material que pasa a través de cada tamiz, pero que es retenido en un siguiente tamiz cuya malla tiene diámetro ligeramente menor a los anteriores y se relaciona esta cantidad retenida con el total de las muestras.

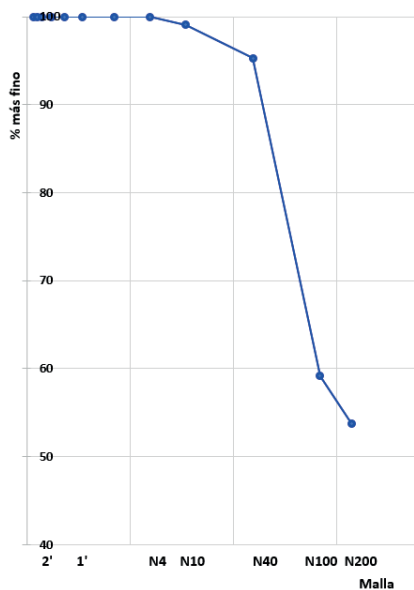


Figura 1. Granulometría de la zona en estudio

Una vez reconocido que el material del tramo es limo, se emplazó el penetrómetro dinámico de cono para poder realizar el ensayo en campo tomando en cuenta todas las especificaciones según la norma ASTM 6951, y poder recopilar las lecturas de número de golpes y obtener los índices D.C.P. primordiales al realizar el análisis de correlación.

Se utilizó todo lo establecido en la norma ASTM D4429, desde la adecuación de un vehículo que cumpla el peso establecido mayor a 2000 kg, para obtener los puntos donde se realizó el ensayo de penetración dinámica de cono y así, realizar la penetración milimétrica por medio del pistón, y recolectar las lecturas en cada uno de los puntos.

Tabla 1. Valores promedio en los treinta puntos para los índices D.C.P. y C.B.R. in situ

D.C.P	C.B.R. in situ	D.C.P	C.B.R. in situ
48,37	3,89	36,41	4,81
48,03	3,55	45,79	3,86
47,81	3,38	46,51	3,55
52,47	3,27	42,68	4,04
47,26	3,46	47,9	3,6
54,88	3,38	44,9	3,89
47,27	3,53	41,01	4,3
54,88	4,5	42,77	4,04
39,17	4,3	51,02	3,78
42,42	4,75	46,2	3,53
59,25	3,38	40,93	4,3
51,15	3,27	44,9	4,06
43,85	3,78	50,77	4,92
43,04	4,04	38,81	5,07
46,72	3,91	46,62	4,06

Teniendo los índices D.C.P. y los C.B.R. obtenidos en campo se procede a realizar un análisis estadístico que consta de 2 partes: la parte de estadística descriptiva para ver el comportamiento de los datos, tabla 2, y la parte de la estadística inferencial para

la obtención una correlación viable.

Tabla 2. Estadística descriptivas de los datos obtenidos

	D.C.P	C.B.R. in situ
Promedio	46,33	3,94
Mediana	46,20	3,89
Varianza	24,30	0,25
Desviación	4,93	0,50
Max	59,25	5,07
Min	36,41	3,27

El valor de la correlación fluctúa entre -1 y 1, donde valores cercanos a -1 indican una fuerte correlación negativa, mientras que valores cercanos a 1 indican una fuerte relación positiva. Si el valor de la correlación es cercano a cero, se puede decir que el grado de relación lineal entre las variables es cero o muy débil.

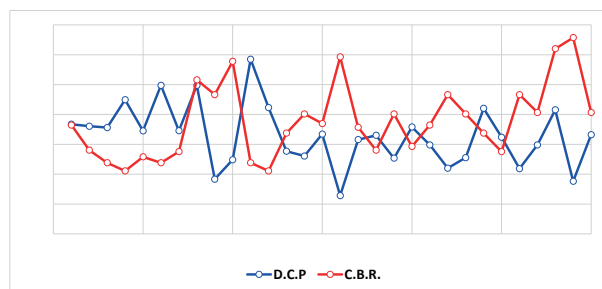


Figura 2. Comparación de forma de los resultados de los índices D.C.P. y los % C.B.R.

Si bien es criterio del investigador el determinar qué tan fuerte es la correlación de las variables, se dejan rangos de valores que a menudo se utilizan para determinar la fuerza de la relación entre las variables.

Tabla 3. Análisis de Correlación.

			INDICE D.C.P.	C.B.R.
Rho de Pearson	INDICE D.C.P.	Coeficiente de correlación	1,000	-0,625
		Sig. (bilateral)	--	0,000
	C.B.R.	Coeficiente de correlación	-0,625	1,000
		Sig. (bilateral)	--	0,000

El valor de la correlación es de -0,625, lo que significa que existe una correlación negativa que indica que a medida que aumenta una variable disminuye la otra, por lo que se podría decir que si existe una correlación entre los índices D.C.P. y los porcentajes C.B.R. obtenidos, ver tabla 4.

Comparando los resultados de ambos ensayos se puede afirmar que existe una correlación entre ambos, que a menudo, se utilizan para determinar la fuerza de la relación entre las variables. En la figura 4 se muestra la correlación entre los índices D.C.P. y los % C.B.R.

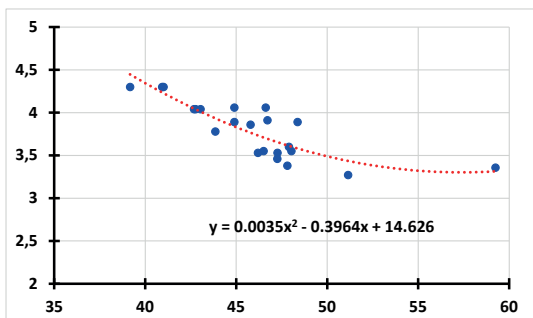


Figura 4. correlación entre los índices D.C.P. y los % C.B.R

La ecuación 1 muestra la correlación entre los índices D.C.P. y los % C.B.R

$$\%CBR = 0,0035DCP^2 - 0,3964DCP + 14,626$$

Ecuación 1

CONCLUSIONES

Por medio de pruebas se realizó el ensayo D.C.P. para encontrar un índice que permita poder realizar análisis estadísticos descriptivos para determinar la existencia de una correlación.

Para obtener datos reales se realizó la penetración dinámica de cono en los 30 diferentes puntos de estudio, establecidos cumpliendo con los parámetros de la norma ASTM D6951.

En el proceso de estudio de C.B.R. in situ, el ensayo se realizó en los 30 puntos de estudio, tomando en cuenta las especificaciones de la norma ASTM D4429 y obtener los diferentes % C.B.R. y poder compararlos con los obtenidos en el ensayo de penetración y poder comparar con aquellos obtenidos bajo otra metodología y otros parámetros.

Los análisis estadísticos inferenciales determinaron la correlación entre los índices D.C.P. y los % C.B.R. Estos datos obtenidos en campo indican una correlación alta negativa, dando a entender que el aumento en una variable disminuirá en la otra.

La correlación establecida tiene un impacto técnico para suelos limosos. Para la validación de esta ecuación se hicieron análisis estadísticos que cumplan con ciertas pruebas paramétricas para poder determinar el nivel de confianza de este análisis.

REFERENCIAS

- E. BOWLES. J. (1981). MANUAL DE LABORATORIO DE SUELOS EN INGENIERÍA CIVIL, MÉXICO; MCGRAW-HILL.
E. BOWLES. J. (1997). FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN, MCGRAW-HILL BOOK CO - SINGAPORE, FOR MANUFACTURE AND EXPORT.
HARRISON J. A. (1987). CORRELATION BETWEEN CALIFORNIA RATIO AND DYNAMIC CONE PENETROMETER STRENGTH MEASUREMENT OF SOILS. [WEBSTER S. L. (2013). DESCRIPTION AND APPLICATION OF DUAL MASS DYNAMIC CONE PENETROMETER U.S. ARMY ENGINEER'S WATERWAYS
ASTM 6951. (2018). MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO EN ESTRUCTURAS DE PAVIMENTO
ASTM D442. (2018). MÉTODO DE ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA C.B.R. IN SITU.
BRAJA. D. M. (2012). FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA, MÉXICO; CENGAGE LEARNING.
ALCIBÍADES SOSA (2019). PRUEBAS PARAMÉTRICAS Y NO PARAMÉTRICAS
LUIS RINCÓN. (2019) INTRODUCCIÓN A LA ESTADÍSTICA INFERENCIAL.
BADILLO. E. J. (2005). MECÁNICA DE SUELOS; MÉXICO; EDITORIAL LIMUSA, S.A.

CITA

