

## Correlaciones entre el valor N del ensayo de penetración estándar y propiedades geotécnicas de las arcillas plásticas de Bayamo

### Correlations between the N value of the standard penetration test and geotechnical properties of Bayamo plastic clays

Isabel Herrera Delfín [ihdelfin@eniahlg.cu](mailto:ihdelfin@eniahlg.cu) <sup>(1)</sup>

Yoima Ricardo Arias [yricardo@eniahlg.cu](mailto:yricardo@eniahlg.cu) <sup>(1)</sup>

Antonio Rodríguez Cáceres [arodriguez@eniahlg.cu](mailto:arodriguez@eniahlg.cu) <sup>(1)</sup>

<sup>(1)</sup> Empresa de Investigaciones para la Construcción Holguín, Cuba.

**Resumen:** Se actualizaron las correlaciones existentes entre el valor N del ensayo de penetración estándar (Nspt) y las propiedades geotécnicas C,  $\Phi$  y E de las arcillas plásticas del municipio Bayamo, en la provincia Granma. Se aplicaron el ensayo *in situ* de Penetración Estándar (SPT) y ensayos físicos-mecánicos a los suelos, y se utilizaron procesamiento estadístico matemático mediante el software SPSS. Para ello el trabajo se dividió en tres etapas diferenciadas, la primera encaminada a la búsqueda y revisión bibliográfica (repositorios académicos, revistas científicas, archivo técnico de la empresa), una segunda etapa enfocada al trabajo realizado (campo, laboratorio) y una tercera donde se recopiló y organizó la información obtenida para su posterior procesamiento estadístico. Se obtuvieron tres ecuaciones de correlación para este tipo de suelo en particular. Las arcillas presentan una alta confiabilidad por lo que se recomienda su uso para las obras de poca envergadura o en la etapa de ideas conceptuales de los proyectos a realizar en el municipio.

**Palabras clave:** estudio geotectónico, perforación, prueba de penetración dinámica, resistencia del suelo

**Abstract:** The existing correlations between the N value of the standard penetration test (Nspt) and the geotechnical properties C,  $\Phi$  and E of the plastic clays of the Bayamo municipality, in the Granma province, were updated. The *in situ* Standard Penetration Test (SPT), physical-mechanical tests were applied to the soils, and mathematical statistical processing was used using SPSS software. To this end, the work is divided into three different stages, the first aimed at the bibliographic search and review (academic repositories, scientific journals, the company's technical archive), a second stage focused on the work carried out (field, laboratory) and a third where the

information obtained was collected and organized for subsequent statistical processing. Three correlation equations were obtained for this particular soil type. It was concluded that clays have high reliability, which is why their use is recommended for small-scale works or in the conceptual ideas stage of projects to be carried out in the municipality.

**Keywords:** geotectonic study, drilling, dynamic penetration test, soil resistance

## Introducción

El Ensayo de Penetración Estándar (SPT) es extremadamente útil y versátil para determinar la resistencia de un suelo (Carmona & Ruge, 2015) diseñado para evaluar la capacidad portante de cimentaciones superficiales en suelos arenosos. Desde la invención del ensayo hasta hoy día, la prueba de campo ha sido foco de estudio para grandes investigadores de estudios geotécnicos como Terzaghi & Peck (1948), Seed & Idris (1986), Skempton (1986), entre otros, quienes se basaron en métodos diseñados desde el año 1927, dando como resultado correlaciones provenientes del parámetro SPT obtenido (NSPT o NF).

Es bien conocido en el ámbito geotécnico que el SPT no es igual de confiable para la evaluación de materiales arcillosos, ya que las presiones de poro generadas en suelos poco permeables, la adhesión muestreador-suelo y la perturbación causada por la naturaleza dinámica del ensayo, hacen que los resultados, por lo menos en la obtención de parámetros no drenados, no sea la más correcta; aunque la estimación tienda a ser conservadora. Sin embargo, cuando se tiene una experiencia local y conocimiento del suelo estudiado, se pueden avalar los resultados obtenidos mediante la comparación con los parámetros obtenidos del laboratorio. Al ser el Ensayo de Penetración Estándar el ensayo *in situ* más utilizado y con mayor historia en la determinación de los parámetros geotécnicos, existe una gran cantidad de relaciones empíricas entre dicho ensayo y cualquier parámetro del suelo, muchas de las cuales tienen un valor exclusivamente local por lo que debe realizarse siempre un examen crítico ante una correlación que parta de este ensayo, especialmente cuando se aplica a suelos coherentes.

En la etapa de ideas conceptuales de un proyecto, donde el área de investigación presente condiciones normales y favorables (Oficina Nacional de Normalización, 2019) en la base de cimentación, es considerable el uso de correlaciones geotécnicas que brinda la literatura las cuales, en muchas ocasiones, aunque presenten elevada similitud

y particularmente en materiales con comportamiento cohesivo, no corresponden a suelos de nuestro objeto de investigación e incluso no corresponden con suelos de nuestro país y aun así son usadas indistintamente de su origen, conllevando esto a que se den resultado erróneos del suelo que se esté estudiando, partiendo de esta situación nace la necesidad de desarrollar nuestras propias expresiones, que caractericen adecuadamente las propiedades ingenieriles de las arcillas plásticas del municipio Bayamo.

Este estudio tiene como premisa principal realizar la actualización de correlaciones entre el valor N del Ensayo de Penetración Estándar (NSPT) y ángulo de fricción interna, módulo de deformación y cohesión tomando como objeto de estudio las arcillas plásticas de la localidad de Bayamo.

A partir de este trabajo se obtendrá por primera vez tres ecuaciones de relación de las arcillas plásticas en estudio, permitiendo esto contar con una herramienta fiable en la caracterización geotécnica y diseño de cimentaciones superficiales en etapas de ideas conceptuales del proyecto en investigación.

### **Caracterización de las arcillas plásticas del municipio Bayamo**

Geológicamente están relacionados a suelos con un ambiente de sedimentación aluvial con influencia marina y en parte estuarina. Por su posición estratigráfica se le ha asignado la edad Plioceno Superior-Pleistoceno Inferior temprano, en esta etapa del desarrollo geológico, ocurrió la transgresión conocida en Cuba como Vedado. Su origen debió estar relacionado, entre otros factores, con una disminución de la intensidad de la actividad tectónica. Esta transgresión permitió la acumulación de depósitos, predominantemente carbonáticos, de origen marino, así como de depósitos terrígenos de origen marino con influencia fluvial, que componen las formaciones Guane, Dátil y Bayamo, esta última junto a la Formación cauto es donde se enmarca este trabajo.

Estos suelos arcillosos con contenidos de arena presentan una composición polimíctica. Predominan los granos de rocas volcánicas alteradas, granos de epidota, rocas silíceas, cuarzo, feldspatos, cloritas, zeolitas y granos y peletas bien redondeados, de composición carbonatada. Los sedimentos están débilmente cementados por cemento carbonatado. La componente carbonatada del cemento está representada por calcita y en la arcillosa predominan las esmectitas y subordinadamente aparecen clorita y probablemente, clorita-esmectita interestratificada (IGP, 2013).

Por su composición mineralógica son suelos potencialmente expansivos ya que las rocas que dieron origen a las mismas fueron las micas y los feldespatos donde aparecen minerales arcillosos representativos como las caolinitas, illitas, motmorillonitas siendo esta última la responsable del potencial expansivo.

La motmorillonita presenta un enlace débil de moléculas de agua adsorbida e iones metálicos lo que da lugar al ingreso de agua teniendo así una alta absorción y presentando entonces Alta susceptibilidad a la retracción y a la expansión, estas arcillas tienen forma laminar y una superficie específica de 80-300 m<sup>2</sup>/g por lo que tienen significado las fuerzas electromagnéticas desarrolladas en la superficie de los compuestos minerales (Murray, 2007).

Geotécnicamente estas arcillas presentan consistencia de firme a dura, se pueden encontrar con colores variados como marrón, carmelita, amarillento o rojizo, en ocasiones abigarrado, con fragmentos de grava de hasta 2 cm de diámetro y contenidos variables de hasta un 10% de arena. según NC 59 (2000) clasifica a estas arcillas plásticas como un suelo CH.

La tabla 1 muestra propiedades geotécnicas características de estas arcillas las cuales fueron recopiladas de investigaciones realizadas anteriormente. Se brindan en rango para su mejor uso e interpretación.

Tabla 1. Propiedades físicas y mecánicas de las arcillas plásticas

<b>Propiedades físicas</b>	
<b>Granulometría (%)</b>	
Fino (< tamiz 200)	70-95 %
Arena	5-20 %
Grava	0-10 %
<b>Límites de plasticidad (%)</b>	
Límite Líquido (LL)	50-70 %
Límite Plástico (LP)	30-50 %
Índice Plástico (IP)	35-50 %
<b>Otras</b>	
Peso específico de los sólidos (Gs)	20-28 kN/m <sup>3</sup>
Humedad Natural (W)	15-30 %
Peso Específico Húmedo (γf)	18-22 kN/m <sup>3</sup>
Peso Específico Seco (γd)	14-20 kN/m <sup>3</sup>
Índice de Poros (e)	0,56-0,90
Saturación (S)	60-90 %
<b>Propiedades mecánicas</b>	
Hinchamiento Libre (HL)	3-7 %
Presión de hinchamiento (HC)	100-250 KPa
Angulo de Fricción Interna (φ)	17-22°
Cohesión (C)	70-90 KPa
Módulo de deformación (E)	14 000-20 000KPa

## Métodos y materiales

Se elaboró y desarrolló una metodología (figura 2), dividida en tres etapas. Se utilizó como herramienta fundamental el procesamiento matemático estadístico utilizando el *software* SPSS, por su capacidad para usar grandes bases de datos y su fácil manejo.

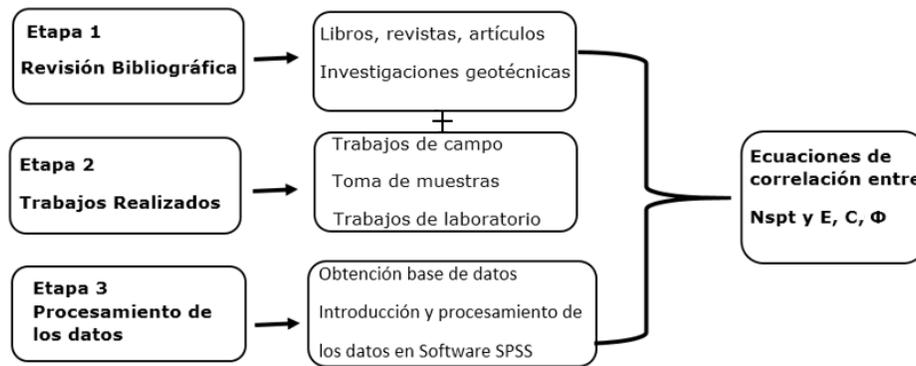


Figura 1. Organigrama de la metodología empleada.

Los trabajos de reconocimiento geológico se realizaron siguiendo las trochas abiertas y trillos existentes para los trabajos de perforación. Se aprovecharon estos itinerarios para corroborar la existencia de las litologías predefinidas por los mapas geológicos confeccionados a diferentes escalas, búsqueda de reservorios de agua para identificar el nivel freático de las mismas, localizar zonas bajas que sean propensas a inundaciones en tiempo de lluvia.

Para los trabajos de perforación se utilizaron dos máquinas perforadoras, una Stratadrill de fabricación inglesa utilizada en las investigaciones consultadas hasta el año 2015 y una ROLATEC RL-45 de fabricación española empleada en las investigaciones realizadas hasta la actualidad. En estas perforaciones se usó el método a percusión, el procedimiento del mismo se plasma en la NC 203 (2002).

## Trabajos de muestreo

La toma de muestras en sus diferentes estados naturales es imprescindible en toda investigación, en el transcurso de los laboreos de perforación se tomaron muestras de tubo de pared delgada (shelby), muestras cilíndricas de pomo, muestras de bolsas de nylon las que fueron remitidas al laboratorio para su pertinente ensayo.

## Ensayos de laboratorio

Los ensayos practicados a las muestras de suelo recolectadas se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Rocas de Holguín, cumpliendo con las especificaciones para su procesamiento.

### Etapa 3. Procesamiento de la información obtenida

La misma se encaminó a la recopilación y organización de los datos de las etapas anteriores para su posterior análisis y procesamiento en el software *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS). De esta recopilación se obtuvo que la capa de arcillas plásticas, no se encuentra a una profundidad mayor a los 3,50 metros, el Nspt no es mayor a 50. No se tuvo en cuenta el nivel de las aguas subterráneas.

Los promedios de las propiedades de interés se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Valores promedio y de cálculo obtenidos de la base de datos

Valores determinados	Nspt	Propiedades mecánicas		
		C (kN/m <sup>2</sup> )	Φ (°)	E (kN/m <sup>2</sup> )
Mínimo	11	50	13	120
Máximo	35	150	21	200
Promedio	23	83	17	152
Cálculo	25	93	18	160

Para el procesamiento estadístico de toda la base de datos elaborada con los resultados de las revisiones bibliográficas, los trabajos de campo y los resultados de ensayos de laboratorio se usó el software SPSS por sus capacidades para el procesamiento de datos (Sadridinovich, 2023).

Las herramientas que se usaron de este software fue la de correlación y regresión lineal y no lineal, así como la de elaboración de gráficos de dispersión.

La correlación y la regresión son dos conceptos que suelen ir unidos, ya que ambos sirven para analizar la relación entre dos variables. La correlación es una medida estadística que cuantifica la relación entre dos variables, en cambio, la regresión consiste en hacer una ecuación que permita relacionar las dos variables. De manera que la correlación simplemente proporciona un valor numérico a la relación entre variables, mientras que la regresión se puede utilizar para intentar predecir el valor de una variable a partir de la otra (Pérez, 2001).

Se analiza si las variables están correlacionadas calculando el coeficiente de correlación. Y si la correlación es significativa, entonces se procede a hacer una regresión del conjunto de datos.

### **Regresión lineal**

La regresión lineal es una técnica estadística ampliamente utilizada que permite modelar y analizar la relación entre una variable dependiente y una o más variables independientes. En su forma más simple, asume una relación lineal entre estas variables y busca encontrar la mejor línea recta que se ajuste a los datos observados. Sin embargo, su aplicabilidad va más allá de la simple relación lineal; es una herramienta poderosa en el análisis de datos y se aplica en diversos campos, desde la economía y las ciencias sociales hasta la medicina y la ingeniería.

La regresión lineal permite identificar y cuantificar la relación entre variables, lo que resulta fundamental para la toma de decisiones informadas en una amplia variedad de situaciones. Al comprender cómo se relacionan las variables, se puede predecir y estimar valores futuros, evaluar el impacto de los cambios en las variables independientes y analizar la significancia de las relaciones observadas.

### **Resultados e interpretación**

Los resultados obtenidos parten de la introducción de la base de datos obtenida en el software SPSS y utilizando las herramientas descritas 1. El gráfico de dispersión de las diferentes funciones y sus coeficientes de Pearson se muestran en la figura 2 y tabla 3 respectivamente.

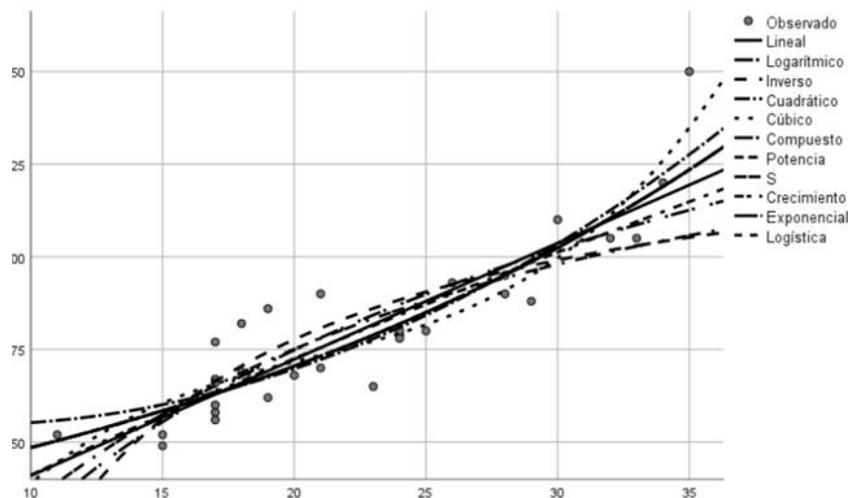


Figura 2. Gráficos de dispersión de las diferentes funciones.

Tabla 3. Coeficientes de Pearson de cada función

Funciones representadas	Coeficiente de Pearson		
	Nspt & C	Nspt & Φ	Nspt & E
Lineal	0.889	0.731	0.815
Logarítmica	0.858	0.722	0.784
Cuadrática	0.906	0.731	0.826
Cúbica	0.919	0.732	0.830
Exponencial	0.897	0.713	0.807

En la tabla 3 se observa que la función con mayor coeficiente de Pearson es la cúbica, que al ser comparada con la función lineal no presenta diferencia significativa, por lo que se desarrolla todo el proceso de regresión por la ecuación lineal ya que la misma es más simplificada y fácil de manejar.

### Correlaciones entre el NSPT y los diferentes parámetros (C, Φ, E)

Los cálculos de regresión se realizaron por la ecuación lineal y su expresión es:

$$Y = ax + b$$

Donde a, y b son coeficientes de cálculo que brinda el método de regresión para la resolución de la ecuación.

### Correlación entre el valor N del ensayo Spt y la Cohesión (C)

Ecuación de Correlación de Nspt y C

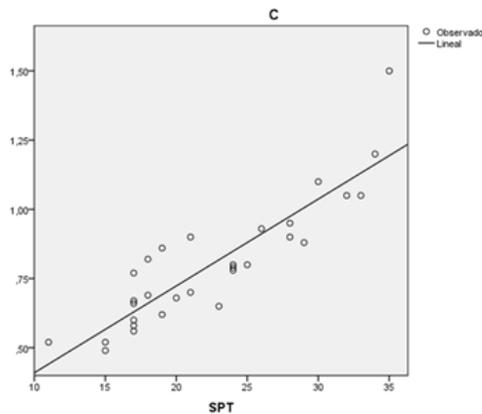
$$Y = ax + b$$

$$\text{Ecuación general: } C = aN_{\text{spt}} + b$$

Los coeficientes para la ecuación de regresión Nspt & C son:

$$a: 0,031$$

$$b: 0,096$$



$$C = 0,031N_{\text{spt}} + 0,096$$

Figura 3. Gráfico de Dispersión Nspt & C.

### Correlación entre el valor N del ensayo SPT y Angulo de fricción interna ( $\Phi$ )

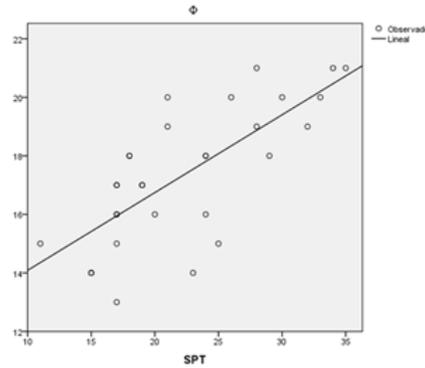
$$Y = ax + b$$

$$\text{Ecuación general: } \phi = aN_{\text{spt}} + b$$

Los coeficientes para la ecuación de regresión Nspt &  $\Phi$

$$a: 0,266$$

$$b: 11,429$$



$$\Phi = 0,266N_{spt} + 11,429$$

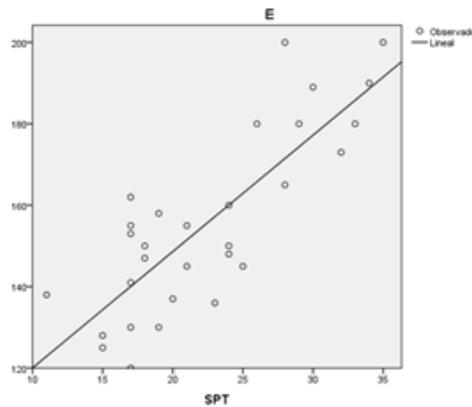
Figura 4. Gráfico de dispersión  $N_{spt}$  &  $\Phi$ .

### Correlación entre el valor N del ensayo SPT y Modulo de deformación (E)

Los coeficientes para la ecuación de

a: 2,858

b: 91,453



$$E = 2,858N_{spt} + 91,453$$

Figura 5. Gráfico de dispersión.

### Comparación de resultados con la literatura

Esta comparación se realizó a partir de los datos que brindó la resolución de las ecuaciones obtenidas, los  $N_{spt}$  empleados se tomaron a partir de los rangos usados de los mismos en la literatura (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros obtenidos de las ecuaciones propuestas

Nspt	Propiedades de suelos arcillosos				Norma de diseño de cimentaciones superficiales (Oficina Nacional de Normalización, 2004)					
	3	7	13	22	Nspt	$\Phi(^{\circ})$	E(kN/m <sup>2</sup> )	Nspt :(kN/m <sup>2</sup> )	E(kN/m <sup>2</sup> )	
<b>Ecuación C= 0,031Nspt + 0,096</b>					<b>Nspt</b>	<b><math>\Phi(^{\circ})</math></b>	<b>E(kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Nspt :(kN/m<sup>2</sup>)</b>	<b>E(kN/m<sup>2</sup>)</b>	
<b>C(kN/m<sup>2</sup>)</b>	19	31	49	77	<2	0	300	2-4	15-25	2000-5000
<b>Ecuación <math>\phi = 0,266Nspt + 11,429</math></b>					2-4	0-2	3000	4-8	25-50	5000-10000
<b><math>\Phi(^{\circ})</math></b>	12	13	15	17	4-8	2-4	4500-9000	8-15	50-100	10000-15000
<b>Ecuación E= 2,858Nspt + 91,453</b>					8-15	4-6	9000-20000	15-30	100-200	15000-30000
<b>E(kN/m<sup>2</sup>)</b>	10 000	11 100	12 800	15 400	15-30	6-12	>20000	>30	>200	>30000
					>30	>14				

Como se puede observar al realizar la comparación los resultados están en el entorno de los rangos propuestos por la literatura, cabe acotar que muchos de los resultados obtenidos son mayores que los declarados en la bibliografía lo que conlleva a un mejor diseño de la cimentación.

### Interpretación de los resultados

La selección de la ecuación lineal como aquella que, en cada caso, ilustra de manera más representativa del grado de asociación entre las variables estudiadas, responde al valor más alto del coeficiente de Pearson. Demuestra que existe una correlación positiva y fuerte. A partir de lo anterior queda establecido que cuando la variable independiente o descriptora. El valor N, aumenta, las variables dependientes asociadas C,  $\phi$  y E incrementan también su valor, mostrándose en los diagramas de dispersión y en cada ecuación específica obtenida en el análisis de regresión, por tanto, esta relación es proporcional, es decir tiene una pendiente única.

En el campo del diseño geotécnico de cimentaciones superficiales, las relaciones mostradas resultan de gran utilidad para la estimación previa del comportamiento de los suelos que sirven de base para dichas cimentaciones. Al aumento del valor N siempre le acompañará un incremento de los valores de C,  $\phi$  y E, de lo que se infiere que la medida que aumenta la resistencia a la penetración del suelo, resulta un índice del aumento de la resistencia al esfuerzo cortante y una disminución de la capacidad deformacional del suelo (relación proporcional). Aportan la información básica para los cálculos necesarios que permitan definir la geometría del elemento de sustentación de la estructura, entendiéndose la resistencia al esfuerzo cortante del suelo y el módulo de deformación general, ambos parámetros de conocimiento necesario para el chequeo de los 2 estados límites de trabajo que propone la norma cubana 1321 (Oficina Nacional de Normalización, 2019).

## Estado límite de estabilidad por capacidad de carga

$$Q_{bt}^* = b'l' \left( \frac{q_{br}^* - q^*}{\gamma_s} + q^* \right) > N^*$$

## Capacidad de carga

$$q_{br}^* = 0,5\gamma_2^* B N_{\gamma} s_{\gamma} i_{\gamma} d_{\gamma} g_{\gamma} + c^* N_c s_c i_c d_c g_c + q^* N_q s_q i_q d_q g_q$$

$N_{\gamma}$ ,  $N_c$ ,  $N_q$ : Factores de la capacidad de carga.

Donde:

$C^*$ : Cohesión.

Estado Límite de Deformación: Asiento Absoluto  $SC \leq \Sigma S_{lim}$  (Oficina Nacional de Normalización, 2019).

- Asentamiento absoluto (Deformación unitaria)

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{H_i}{6} (\varepsilon_{is} + \varepsilon_{ic} + \varepsilon_{il}) \quad \epsilon = \frac{\sigma_{ZP}}{E_o}$$

Donde

$E_o$ : módulo de deformación general.

Las relaciones propuestas son aplicables fundamentalmente en etapa de ideas conceptuales y en condiciones ingeniero geológica favorables y normales con respecto a la base de las cimentaciones.

## Conclusiones

Existe relación estadística entre el  $N_{spt}$  y los parámetros geotécnicos  $C$ ,  $\phi$  y  $E$ , y la misma es lineal.

De acuerdo al coeficiente de correlación esta relación es positiva y fuerte.

Con los parámetros geotécnicos obtenidos es posible predimensionar la base de las cimentaciones en la etapa de ideas conceptuales y chequear el estado límite por de Estabilidad por capacidad de carga y Estado Límite de Deformación expuesto en la NC 1321 (Oficina Nacional de Normalización, 2019).

A partir de la comparación realizada entre los resultados de las ecuaciones obtenidas y la literatura se pudo constatar que algunos se encuentran en el entorno de los rangos propuestos mientras la gran mayoría se encuentra por encima, permitiendo esto realizar un mejor diseño de la cimentación siendo más económica y presentando mayor resistencia al esfuerzo cortante.

### Referencias bibliográficas

- Carmona, J. & Ruge, J. (2015). Análisis de las correlaciones existentes del ángulo de fricción efectivo para suelos de piedemonte oriental de Bogotá usando ensayos in situ. *Tecno Lógicas*, 18(35), 93-104.
- Fletcher, G. F. (1965). Standard Penetration Test: Its uses and abuses. *Revista de la División de cimentaciones y mecánica de suelos*, 91(4), 67-75. <https://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/JSFEAQ.0000776>
- Instituto de Geología y Paleontología IGP. (2013). *Léxico estratigráfico de Cuba*. Centro Nacional de Información geológica. <https://www.igp.minen.cu>
- Mohr, H. A. (1962). *Exploration of soil conditions and sampling operations*. Harvard University.
- Murray, H. H. (2007). *Mineralogía arcillosa aplicada: ocurrencias, procesamiento y aplicaciones de caolines, bentonitas, paligorskitesepiolita y arcillas comunes*. Elsevier.
- Oficina Nacional de Normalización. (2000). NC 59. Geotecnia. Clasificación Geotécnica de los suelos. <https://ftp.isdi.co.cu>
- Oficina Nacional de Normalización. (2002). NC 203. Geotecnia. Método de Ensayo de penetración del muestreador dividido o cuchara. <https://ftp.isdi.co.cu>
- Oficina Nacional de Normalización. (2004). Norma para el diseño geotécnico de cimentaciones superficiales. <https://pdfcoffee.com/norma-cubana-norma-para-el-diseo-geotecnico-de-cimentaciones-superficiales-2-pdf.free.html>
- Oficina Nacional de Normalización. (2019). NC 1321. Diseño geotécnico de Cimentaciones Superficiales. <https://www.libreria/normas-cubanas-2019>

Pérez, C. (2001). *Técnicas estadísticas con SPSS*. Ed. Prentice Hall.

Sadriddinovich, J. T. (2023). Capacidades del software SPSS en pruebas de datos de gran volumen. *Revista estadounidense de diplomacia pública y estudios internacionales* (2993-2157), 1(9), 82-86.  
<http://grnjourn.us/index.php/AJPDIS/ARTICLE/view/1256>

Seed, H. B. & I. Idriss, M. (1986). Soil moduli and damping factors for dynamic response analysis. *Revista de ingeniería geotécnica*, 112(11), 1016-1032.  
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9410\(1986\)112:11\(1016\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9410(1986)112:11(1016))

Skempton, A. W. (1986). Standard penetration test procedures and the effects in sands of overburden pressure, relative density, particle size, ageing and over consolidation. *Géotechnique*, 36(3), 425-447.  
<https://www.icevirtuallibrary.com/doi/abs/10.1680/geot.1986.36.3.425>

Terzaghi, K., Peck, R. & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley and Sons.