

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXI Jornada de Pesquisa

CORRESPONDENCIA ENTRE ENSAYO SPT Y CAPACIDAD DE CARGA DE SUELOS TROPICALES DE MISIONES, ARGENTINA¹

Hugo Orlando Reinert², Andrés Raul Ayala³, Osvaldo Mazal⁴.

¹ Proyecto de Investigación. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Argentina

² Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Juan Manuel de Rosas N°325, CP: 3360, Oberá, Misiones, Argentina. reinert@fio.unam.edu.ar

³ Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones, Juan Manuel de Rosas N°325, CP: 3360, Oberá, Misiones, Argentina. andresraulayala@gmail.com

⁴ Electricidad de Misiones S.A., Posadas, Misiones, Argentina.

1. Introducción

El ensayo de penetración estándar SPT (Standard Penetration Test) constituye el ensayo de campo más conocido y usado en la exploración de suelos en la Provincia de Misiones, debido básicamente a su sencillez y economía. Sin embargo, debido a las características geotécnicas particulares que presentan los suelos residuales de nuestro medio, no existe una ecuación o gráfico que nos permita correlacionar directamente los guarismos de número de golpes obtenidos en un ensayo, con la resistencia del suelo o la obtención de sus principales parámetros.

Una de las razones de ello es la falta de divulgación de registros de un número de ensayos importante por parte de las consultoras que operan en nuestro medio, lo que permitiría evaluar en mejor medida las correlaciones en caso de que las mismas sean factibles, dado que la importante heterogeneidad de los suelos residuales (producto de su propio proceso de formación) hacen dificultosa la tarea de obtener algún índice o propiedad mecánica que denote una correlación sencilla, al menos con los registros con que se cuenta.

El objetivo principal del trabajo es definir una correlación entre los datos obtenidos de los registros de ensayo SPT de campo y los resultados de estudios en laboratorio, fundamentalmente el ensayo triaxial que nos permite obtener la cohesión y el ángulo de fricción del suelo, a través de los cuales haciendo uso de una ecuación de aplicación general, determinar la capacidad de carga admisible del suelo.

2. Metodología

El estudio de los parámetros resistentes del suelo se desarrolló en base a ciento dieciséis registros de ensayos SPT y sus correspondientes ensayos en laboratorio, todos ellos realizados en diferentes puntos de la provincia de Misiones.

Para la obtención de muestras se realizó conjuntamente ensayos SPT en el lugar, y calicatas para la extracción de muestras de suelo inalteradas, las cuales fueron posteriormente analizadas en laboratorio con diferentes ensayos de determinación de propiedades índice, y geomecánicas.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

Particularmente, los parámetros resistentes del suelo (cohesión y ángulo de fricción interna) se obtuvieron con ensayo en cámara triaxial en condición no consolidada no drenada a carga escalonada y humedad natural.

Estudios previos realizados (Dos Santos Aires, M. et. al., 2015), demostraron que el ángulo de fricción interna tiene menor incidencia en la capacidad de carga de los suelos de Misiones, respecto de la cohesión, por lo que se enfoca el estudio en determinar la relación entre el número de golpes del ensayo SPT y la cohesión del suelo.

En el análisis de datos se identificaron valores de cohesión muy elevados que podrían llevar a conclusiones erróneas, sobreestimando la cohesión real de los suelos. Para nuestro análisis se decidió descartar los valores superiores a la media más una vez la desviación estándar, de manera de obtener resultados más conservadores, lo cual se detalla en la Figura 1.

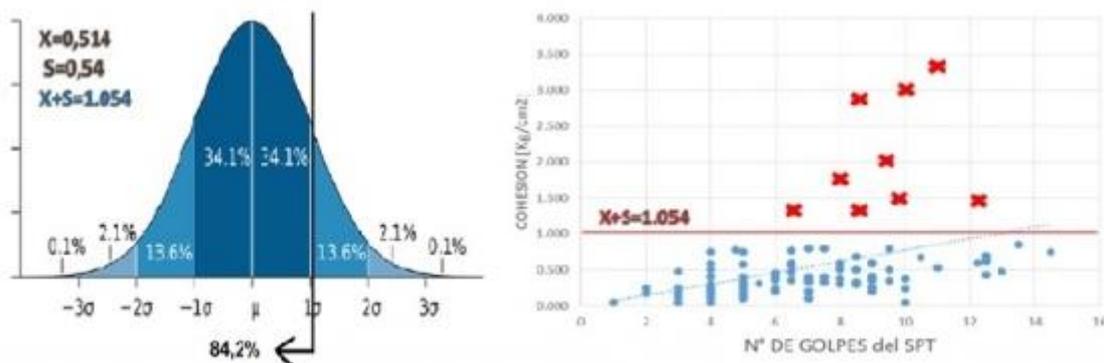


Figura 1: Detalle de valores extremos descartados en el análisis

3.Resultado y Discusión

En la Figura 2 se detalla la grafica cohesión en función de los números de golpes del ensayo SPT, conforme las relaciones propuestas por diferentes autores (Leoni (2005), Decour (1989), Kulhawy y Maine (1990), Mayne (2010), McCarthy, Terzaghi y Peck (1948)).

Atendiendo a que las relaciones detalladas resultan en la mayoría de los casos de tipo lineal, ello genera un distanciamiento importante en las predicciones respecto del par de valores medido realmente, sobre todo mas allá de los 10 golpes del SPT.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

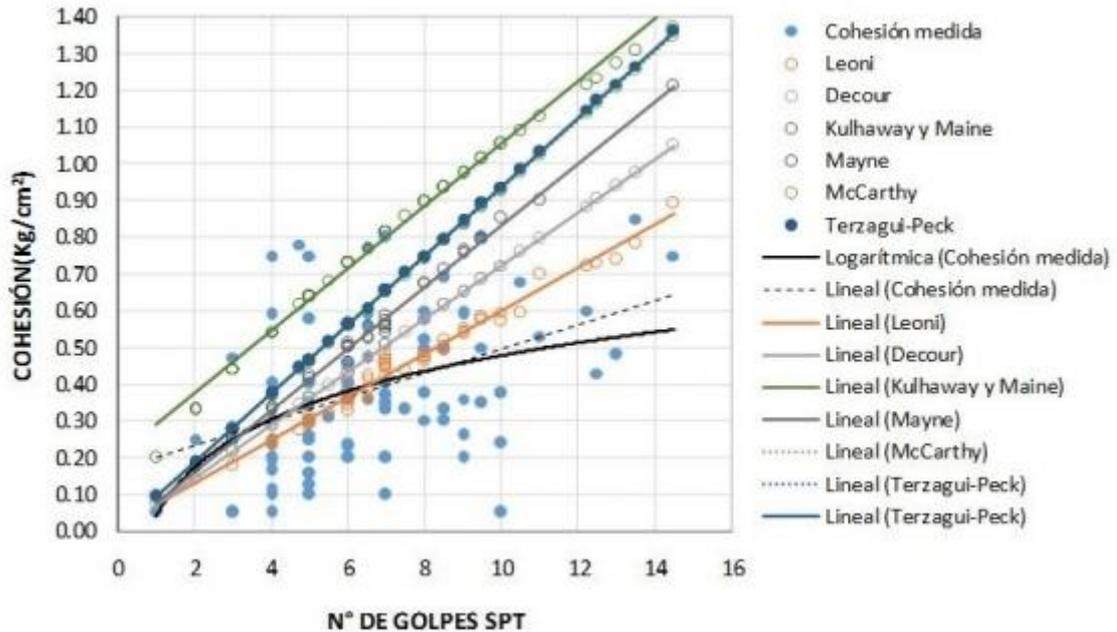


Figura 2: Relación cohesión en función del número de golpes SPT

Por lo expuesto, se probaron diferentes tipos de tendencias a emplear entre lineal y logarítmica, resultando esta última la que mejores resultados arroja, desde el punto de vista de que los mismos son más próximos a los empleados en la experiencia profesional, y tienden a ser más conservadores. Para la determinación de la capacidad de carga última del suelo se hace uso de la ecuación general propuesta por Meyerhof (1963), que tiene en cuenta los aspectos relacionados a la forma (F_{cs} , F_{qs} , $F_{\gamma s}$) y profundidad (F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$) de la fundación, además de la inclinación de la carga (F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i}$).

$$q_u = c \cdot N_c \cdot F_{cs} \cdot F_{cd} \cdot F_{ci} + q \cdot N_q \cdot F_{qs} \cdot F_{qd} \cdot F_{qi} + \frac{1}{2} \cdot \gamma \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot F_{\gamma s} \cdot F_{\gamma d} \cdot F_{\gamma i}$$

F_{cs} , F_{qs} , $F_{\gamma s}$

→ Factores de Forma.

F_{cd} , F_{qd} , $F_{\gamma d}$

→ Factores de Profundidad.

F_{ci} , F_{qi} , $F_{\gamma i}$

→ Factores de Inclinación de la Carga.

N_c , N_q , N_{γ}

→ Factores de Capacidad de la Carga.

Ello permitió obtener la nube de puntos presentada en la Figura 3, donde se detalla la grafica de Capacidad de carga Admisible en función de los números de golpes del ensayo SPT.

Seguidamente se analizaron diferentes criterios de consideración de la cohesión y la fricción, conforme las relaciones propuestas precedentemente por varios autores.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

Para el análisis de los efectos de la cohesión se emplearon tendencias lineales y logarítmicas, mientras que para el ángulo de fricción se consideraron valores constantes en 10° y 15°, además de su variación por el empleo de formulas propuestas por McCarthy, y por aproximación potencial de los valores reales medidos.

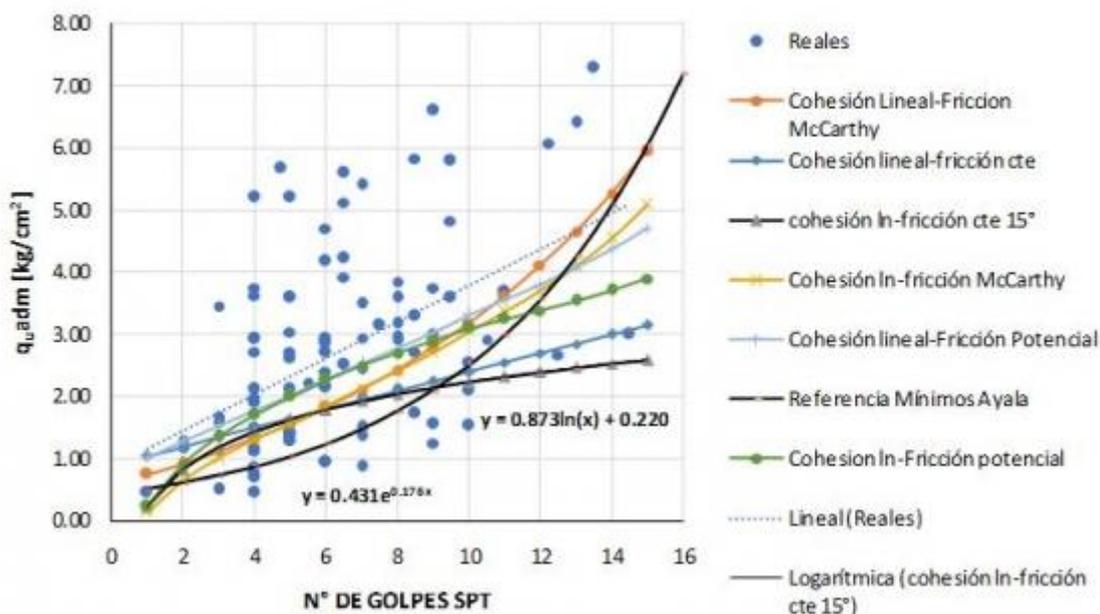


Figura 3: Relación Capacidad de Carga en función del número de golpes SPT

Se ha incorporado además la relación propuesta por Ayala (2002) que con base en un número importante de ensayos de campo realizados como parte de los estudios de suelo de una Línea de Transmisión de Energía Eléctrica, definió una Ecuación de tipo potencial de mínimos valores obtenidos establecida como $Q_{adm} = 0.431e^{0.176(N_{spt})}$.

Como se puede apreciar en la Figura 3 existen dos ecuaciones de aplicación que resultan conservadoras conforme el rango de numero de golpes SPT.

Para valores menores de 9 golpes, la ecuación $Q_{adm} = 0.431e^{0.176(N_{spt})}$ propuesta por Ayala (2002).

Para valores mayores a 9 golpes, la ecuación más conservadora es aquella que se obtuvo por la aplicación de la fórmula de Brinch Hanssen con una cohesión estimada por ajuste logarítmico y un ángulo de fricción interna supuesta constante en 15° que resulta $Q_{adm} = 0.873 \ln(N_{spt}) + 0.2209$

Por debajo de la curva obtenida de dicha ecuación se encuentra el 10% de los datos analizados, resultando aceptable la misma, sobre todo por el hecho de que las predicciones de capacidad de carga admisible para valores superiores a 9 golpes del SPT, indican guarismos más conservadores, cosa que no ocurre con la mayor parte de los autores detallados en la bibliografía.

La capacidad de carga definida a partir de la conjunción en cada rango de aplicación de las ecuaciones propuestas, resultan consistentes con los valores empleados en el medio, dado que en el

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: XXI Jornada de Pesquisa

análisis presentado se realizan comparaciones con valores de carga ultima considerando un factor de seguridad de 3.

En tales ecuaciones no se considera el efecto de las deformaciones potenciales del suelo, y en consecuencia, de las situación de servicio de las estructuras ante efectos de deformaciones diferenciales, las cuales deben ser consideradas junto a las condiciones de rotura del suelo, para la definición de un valor de referencia de la capacidad de carga admisible del suelo.

4. Conclusiones

Se analizó la correlacion entre datos del ensayo SPT y la resistencia al corte de suelos residuales de la provincia de Misiones, con base en ciento dieciseis ensayos de campo y sus respectivo ensayos de laboratorio, lo que permitió analizar comparaciones empiricas porpuestas por siete autores, y ajustes de diferente tipo (lineal y logaritmica) conforme los datos reales de parametros de campo y laboratorio.

Se definieron dos ecuaciones de aplicación, una de tipo potencial para el rango de numero de golpes SPT entre 1 y 9, y otra ecuación de tipo logarítmica (cohesión logaritmica y coeficiente de fricción constante en 15°), para el rango de 9 a 16 golpes.

Si bien el 10% de los registros queda por debajo de las predicciones de las ecuaciones presentadas, se ha logrado un ajuste muy superior a los valores sugeridos por varios autores, y aunque esto aun supone un riesgo en el analisis, se puede considerar que las relaciones son aplicables, al menos dentro del rango de valores analizados, ya que la diferencia alcanzada con esta ecuación es suplida por el factor de seguridad.

Se logró avanzar en los registros de estudio de correlaciones de la tematica propuesta, buscando validar una relacion de aplicacion al territorio en estudio, conformado basicamente por la Provincia de Misiones donde se presentan los suelos residuales lateriticos definidos como limos arcillosos o arcillas limosas de alta o baja plasticidad según el caso.

5. Palabras Clave:

Correlación SPT, Cohesión, Suelos tropicales, Capacidad de Carga.

6. Referencias Bibliográficas

Gonzales, A. J. G. (1999) Estimativos de parámetros efectivos con el SPT- X Jornadas geotécnicas de la ingeniería colombiana - SCI – SCG.

Ayala, A. R. (2002). IGG - Ingeniería Geotecnia Geología. Informe Geotécnico Línea 132 Kv Puerto Mineral - San Vicente. Electricidad de Misiones S.A.

De Salvo, O. E., El Perfil de Meteorización de las Rocas Basálticas y su Importancia en la Ingeniería de Fundaciones, Revista Técnica de las Asociaciones Paraguayas de Estructuras y Geotecnia (APE y APG), Ediciones y Arte SRL. Año 1, Nro 1, Octubre 1990, Asunción, Paraguay, p. 33-46, 1990.

Dos Santos Aires, M. et. al. (2015) Evaluación del Efecto de la Cohesión y la Fricción de Suelos Residuales de Misiones en la Respuesta Carga-Deformación de un Sistema de Placas Ancladas. XX Jornada de Pesquisa (UNIJUÍ), Santa Rosa, Brasil.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: XXI Jornada de Pesquisa

Leoni, A. (2005). Parametrización de Suelos. Argentina.

Sigüenza, A., Vásquez Huamaní, O. (1992) Seminario taller de Mecánica de suelos y exploración Geotécnica.

Terzaghi , K.; Peck, R. (1948) Soil Mechanics in Engineering Practice.- Estados Unidos. John Wiley and Sons.