

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXVI Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

**VARIACIÓN DE PARAMETROS RESISTENTES DE SUELOS RESIDUALES  
LATERITICOS COMPACTADOS<sup>1</sup>  
VARIATION OF RESISTANT PARAMETERS OF COMPACTED LATERITIC  
RESIDUAL SOILS**

**Drewes Ingrid Beatriz<sup>2</sup>, Piñeyro Verónica Alejandra<sup>3</sup>, Semañuk Mario  
Alberto<sup>4</sup>, Drewes Mario<sup>5</sup>, Reinert Hugo Orlando<sup>6</sup>, Pintos Nicolás Agustín<sup>7</sup>**

<sup>1</sup> Proyecto de investigación. Código 16/I145. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Argentina.

<sup>2</sup> Becario de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. ingridbdrewes@gmail.com.ar

<sup>3</sup> Becario de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. veronica.alejandra.93@gmail.com.ar

<sup>4</sup> Becario de Grado. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. msem1994@gmail.com.ar

<sup>5</sup> Estudiante de la Carrera Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. mariodrewes98@gmail.com.ar

<sup>6</sup> Docente Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. reinert@fio.unam.edu.ar

<sup>7</sup> Docente Departamento de Ingeniería Civil. Facultad de Ingeniería. Universidad Nacional de Misiones. Argentina. nicolasagustinpintos@gmail.com.ar

### **Introducción**

Los suelos de la región que comprende a la Provincia de Misiones y parte de la Provincia de Corrientes, en el territorio Argentino, y zonas próximas de Brasil y Paraguay, son caracterizados como residuales lateríticos, dado que provienen de la meteorización in situ del basalto.

Las particularidades de estos suelos no están contempladas en las normativas vigentes en nuestro país, por su distribución específica. Además, las clasificaciones utilizadas para su análisis arrojan resultados que no se corresponden con el adecuado comportamiento que se observa en las obras en servicio, ni con los estudios de carácter privado que se han realizado, algunos de los cuales son citados al final de este documento (Bogado G. O. et al., 2017; De Salvo O. E., 1990; Drewes, I. B. et al., 2017).

Para todas las obras civiles es indispensable contar con los parámetros resistentes del suelo con el cual o sobre el cual se realizará el trabajo. La gran mayoría, requiere saber el comportamiento de estos como soporte de cargas, en estado compactado. Por lo tanto, surge la necesidad de contar con un registro de sus características.

En el presente trabajo se pueden observar los resultados y conclusiones de múltiples ensayos de laboratorio y el análisis de la variación de los parámetros resistentes del suelo, de acuerdo a la energía de compactación especificada. Esto permite conocer en una primera instancia los

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXVI Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

guarismos que se requieren para calcular la capacidad de carga del suelo y lograr así un tratamiento adecuado, de acuerdo a la finalidad de las obras a realizar.

### Metodología

El estudio se desarrolla sobre muestras de suelo entregadas por empresas externas al laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la localidad de Oberá, y en algunos casos, obtenidas del medio, por integrantes del equipo de investigación.

Se han realizado los ensayos correspondientes a una rutina completa sobre muestras de cinco sitios, cuya procedencia se detalla en la Tabla N°1.

Tabla N°1: Localización de los sitios de toma de muestra utilizadas.

Designación	Localidad	Tipo de Obra
FI001	Leandro N. Alem	Obra industrial
FI005	Oberá	Estación transformadora
FI007	Oberá	Obra edilicia
FI008	Oberá	Obra edilicia
FI009	Oberá	Obra vial

Cada rutina de ensayo envuelve la caracterización y clasificación de la muestra de suelo, compuesta por los ensayos degranulometría mediante tamizado por vía húmeda (IRAM 10507), límites de Atterberg (IRAM 10501) y Clasificación de Suelos (IRAM 10509 "SUCS"); sus ensayos Proctor normal y normal alternativa B (IRAM 10511) -ver Tabla N°2- donde se realizan 5 probetas por tipo de ensayo y se obtienen los valores de Densidad seca (Ds); y su posterior ensayo en cámara triaxial (IRAM 10529), incluyendo el remoldeo de puntos necesarios.

Tabla N°2: Requerimientos de ensayos de compactación realizados según norma IRAM 10511.

	Molde		Pisón		N.º de capas	N.º de golpes por capa	Energía de compactación [Kg cm/ cm³]
	Capacidad [dm³]	Diámetro [mm]	Diámetro [mm]	Masa [gr]			
Proctor normal	0,94	101+1	50	2500	3	25	70
Proctor normal, alternativa B	0,94	101+1	50	2500	3	35	100

Una vez obtenidos los parámetros resistentes de cada punto de una muestra, para cada tipo de ensayo proctor, se realizan curvas c-Ds vs humedad y  $\phi$ -Ds vs humedad. De estas se obtiene un valor de cohesión y un valor del ángulo de fricción interna correspondiente a la humedad óptima de cada suelo estudiado, con la energía de compactación analizada (Proctor normal y Proctor normal alternativa b). Estos últimos valores se representan en dos gráficas, una para cada guarismo (ver Figuras N°1 y N°2).

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXVI Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

### Resultado y Discusión

En la tabla N°2 se muestran los resultados de los límites de Atterberg, Granulometría y Clasificación, realizados a las muestras especificadas en el apartado anterior. Se obtuvieron pasantes tamiz 200 superiores al 50 %, constituyendo por lo tanto suelos finos.

Tabla N°3: Resultados de ensayos según Norma IRAM 10501 (Límites de Atterberg).

Designación	Límite líquido [%]	Límite plástico [%]	Índice de plasticidad [%]	Pasa Tamiz #200 [%]	Clasificación SUCS	
FI001	54,20	40,50	13,70	94,95	MH	Limo de Alta Plasticidad
FI005	50,80	38,10	12,70	93,81	MH	Limo de Alta Plasticidad
FI007	66,30	49,50	16,80	96,59	MH	Limo de Alta Plasticidad
FI008	57,30	45,80	11,60	94,23	MH	Limo de Alta Plasticidad
FI009	39,60	30,50	09,10	56,15	ML	Limo de Baja Plasticidad

Las Figuras N°1 y N°2 presentan las gráficas de Cohesión y Angulo de fricción interna, en función de la Humedad Óptima, de acuerdo a los resultados obtenidos:

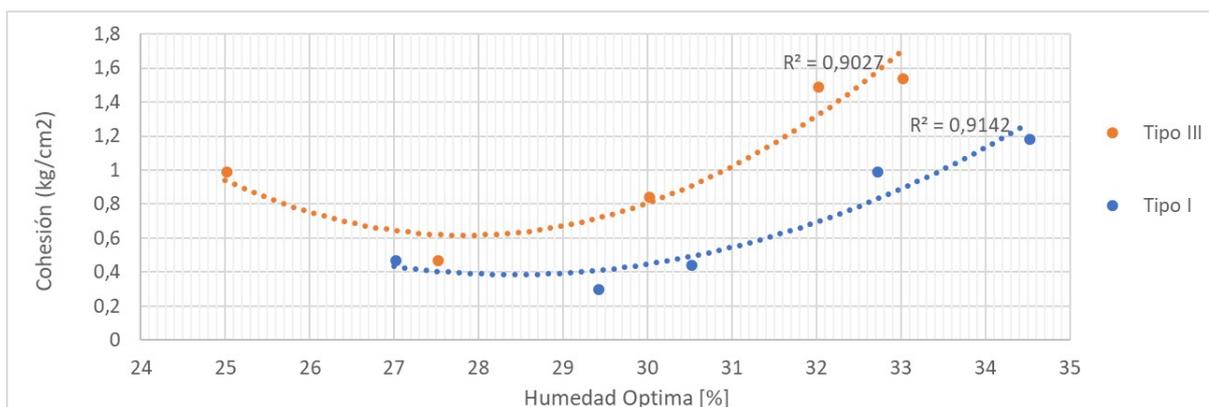


Figura N°1: Gráfica Cohesión vs Humedad Óptima.

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XXVI Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

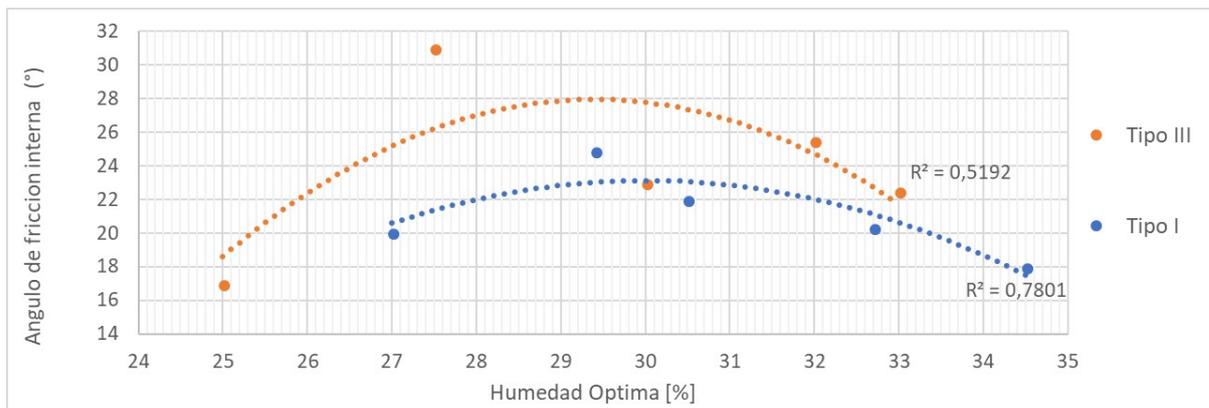


Figura N°2: Gráfica Ângulo de fricção interna vs Humedad Optima.

En la Tabla N° 3, se presentan los valores correspondientes a cada parámetro en función de la humedad optima y del tipo de ensayo proctor realizado a los suelos analizados.

Tabla N°4: Tabla resumen de valores característicos.

Muestra	Proctor Normal			Proctor Normal, Alternativa B		
	Humedad Optima [%]	Cohesión [Kg/cm²]	Angulo de fricción interna [°]	Humedad Optima [%]	Cohesión [Kg/cm²]	Angulo de fricción interna [°]
FI001	30,50	00,45	22,00	30,00	00,85	23,00
FI005	29,40	00,31	24,90	27,50	00,48	31,00
FI007	32,70	01,00	20,30	32,00	01,50	25,50
FI008	34,50	01,19	18,00	33,00	01,55	22,50
FI009	27,00	00,48	20,05	25,00	01,00	17,00

En las Figuras N°1 y N°2, se puede observar las variaciones que se presentan entre los parámetros de una misma muestra según la energía de compactación aplicada en cada ensayo proctor, es decir, el aumento de los valores estudiados. También es de notar, que las humedades optimas resultan menores a mayor energía de compactación.

En cuanto a los valores de cohesión, indican una tendencia al aumento de los mismos con el aumento del porcentaje de humedad que resulta óptimo, luego del 28%. El ángulo de fricción interna, por el contrario, muestra un aumento hasta una humedad de aproximadamente el 30% y luego decrece.

Estos resultados son muy útiles en el ámbito practico ya que con los gráficos obtenidos se pueden conocer, en función de la humedad optima, los parámetros necesarios para obtener la capacidad portante de un suelo antes de realizar una obra civil, lo cual sirve para formular criterios de pre diseño. Sin embargo, como puede verse también en las figuras, los ajustes de las funciones presentadas son aproximados, aún siendo los más representativos para los datos presentados, lo

01 a 04 de outubro de 2018

**Evento:** XXVI Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO

cual indica que es necesario realizar un mayor número de rutinas de ensayos para comprobar o modificar la tendencia mostrada.

### Consideraciones finales

En el presente trabajo se presentan resultados de variación de los guarismos de cohesión y ángulo de fricción interna, respecto de las humedades óptimas y la energía de compactación aplicada, de suelos colorados compactados de cinco sitios en los cuales se cuenta con la rutina de caracterización completa.

En cuanto a los parámetros resistentes de las muestras estudiadas, los resultados indican tendencias opuestas de comportamiento a medida que varía la humedad óptima. Mientras la cohesión decrece, el ángulo de fricción crece con el aumento de la humedad óptima, y viceversa.

Respecto de la variación que existe entre los puntos realizados según el procedimiento del ensayo proctor normal y el ensayo proctor normal alternativa B, se puede observar a modo general que los valores estudiados aumentan con la energía de compactación.

Sin embargo, estas observaciones deben ser confirmadas con el incremento del número de rutinas de ensayos a fin de fortalecer y/o modificar lo exhibido en el presente trabajo.

**Palabras Clave:** Energia de compactação; coesão; ângulo de atrito interno; umidade ideal.

**Keywords:** Compaction energy; cohesion; angle of internal friction; ideal humidity.

### Referencias Bibliográficas

Bogado, G. O., Reinert, H. O., & Francisca, F. M. (2017). Geotechnical properties of residual soils from the North-east of Argentina. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 2017.

De Salvo, O. E. (1990), 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.

Drewes I. B., Semañuk M. A., Reinehr M. T., Piñeyro A. V., Reinert H. O., Pintos N. A. Evaluación de cohesión y ángulo de fricción en rama seca y húmeda de ensayos proctor normal. XXV Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO. Salão do Conhecimento. UNIJUI 2017.

Norma IRAM 10501 " Método de determinación del límite líquido y del límite plástico de una muestra de suelo. Índice de fluidez e índice de plasticidad " - 2007.

Norma IRAM 10507 " Método de determinación de la granulometría por tamizado mediante vía húmeda " - 1986.

Norma IRAM 10509 "Clasificación de los suelos, con propósitos ingenieriles " - 1982.

Norma IRAM 10511 " Método de ensayo de compactación en laboratorio " - 1972.

Norma IRAM 10529 " Método de ensayo de compresión triaxil en suelos cohesivos sobre probetas no consolidadas ni drenadas " - 1985.