

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

**COMPORTAMIENTO DE LOS PARÁMETROS RESISTENTES DEL SUELO  
REGIONAL FRENTE AL FACTOR  $W/W^*$ <sup>1</sup>  
REGIONAL SOIL STRENGTH PARAMETERS BEHAVIOUR IN RELATION  
TO  $W/W^*$  FACTOR**

**Anahí Belén Burtnik<sup>2</sup>, Blech, Santiago R.<sup>3</sup>, Drewes, Mario<sup>4</sup>, Ebert, Carlos  
L. G.<sup>5</sup>, Reinert, Hugo O.<sup>6</sup>, Semañuk, Mario A.<sup>7</sup>**

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

<sup>2</sup> Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>3</sup> Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>4</sup> Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>5</sup> Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>6</sup> Co-director del Proyecto, Docente Departamento de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

<sup>7</sup> Integrante del Proyecto, Becario de Grado, Estudiante de Ingeniería Civil, FI-UNaM, Oberá, Misiones, Argentina.

## **1. INTRODUCCIÓN**

El suelo presente en las regiones del noreste de Argentina, específicamente en la provincia de Misiones y norte de Corrientes, y en zonas próximas de Brasil y Paraguay, proviene de la meteorización del basalto in situ, lo que lo hace particular. Las normativas vigentes lo caracterizan como "regular a malo", difiriendo de lo observado en obras civiles en servicio y de lo ya estudiado acerca de este suelo, cuyos resultados se han publicado en ensayos precedentes (Bogado, G. O. et al., 2017 [1]). De allí la importancia de caracterizar y llevar un registro de los parámetros resistentes característicos de este suelo colorado.

En el presente trabajo se muestran resultados de ensayos triaxiales no consolidados no drenados a humedad de moldeo, correspondientes a los puntos del ensayo Próctor Normal y Próctor Normal Alternativa B, de muestras de suelo provenientes de la provincia de Misiones. Luego, se relacionan mediante gráficas los parámetros resistentes del suelo (cohesión y ángulo de fricción interna) con un parámetro adimensional que tiene en cuenta la variación de la humedad del mismo.

## **2. METODOLOGÍA**

El estudio se desarrolla sobre muestras de suelo provistas por miembros del proyecto de investigación y empresas externas de la Facultad de Ingeniería de la ciudad de Oberá. Hasta ahora, se han realizado rutinas completas sobre dieciséis muestras, cuya información principal se indica en la Tabla N°1.

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

Tabla N°1. Procedencia y caracterización de resultados obtenidos de muestras ensayadas.

DESIGNACIÓN MUESTRA	PROCEDENCIA (MUNICIPIO)	L.L. [%]	L.P. [%]	I.P. [%]	CLASIFICACIÓN SUCS	PASANTE TAMIZ 200 [%]	PRÓCTOR	DENSIDAD SECA MÁXIMA [kN/m <sup>3</sup> ]	HUMEDAD ÓPTIMA [%]
FI001	Leandro N. Alem	54,20	40,52	13,69	MH	95,0	Normal	14,62	30,5
							N. Alt. B	15,15	30,0
FI003	Panambi	53,01	35,16	17,85	MH	92,72	Normal	14,80	28,4
							N. Alt. B	15,10	27,4
FI005	Oberá	50,80	38,10	12,70	MH	93,81	Normal	15,30	29,4
							N. Alt. B	15,76	27,5
FI006	Guarani	66,16	44,80	21,36	MH	-	Normal	15,40	25,3
							N. Alt. B	15,90	23,8
FI007	Oberá	66,28	49,51	16,76	MH	96,59	Normal	14,00	32,7
							N. Alt. B	14,50	32,0
FI008	Oberá	57,33	45,76	11,57	MH	94,23	Normal	13,72	34,5
							N. Alt. B	13,90	33,0
FI010	Oberá	49,45	35,15	14,30	ML	96,75	Normal	14,80	29,0
							N. Alt. B	15,10	28,0
FI011	Oberá	56,98	44,60	12,37	MH	96,72	Normal	13,90	32,5
							N. Alt. B	14,20	31,5
FI012	Oberá	79,15	51,90	27,24	MH	99,25	Normal	13,40	37,0
							N. Alt. B	13,80	35,0
FI013	Oberá	76,18	41,26	34,91	MH	99,02	Normal	14,30	31,5
							N. Alt. B	15,10	31,0
FI014	Posadas	47,46	35,54	11,92	ML	88,28	Normal	15,20	27,5
							N. Alt. B	15,50	26,0
FI015	Oberá	56,31	43,51	12,80	MH	96,25	Normal	14,20	32,0
							N. Alt. B	14,40	30,5
FI016	Oberá	63,06	44,22	18,84	MH	97,00	Normal	13,95	33,0
							N. Alt. B	14,59	31,23
FI017	Oberá	55,17	38,37	16,80	MH	96,76	Normal	14,05	31,7
							N. Alt. B	14,56	31,1
30193	Posadas	59,57	43,90	15,67	MH	88,40	Normal	14,39	32,9
							N. Alt. B	-	-
30298	Santa Ana	49,88	35,5	14,38	ML	87,90	Normal	15,06	26,6
							N. Alt. B	-	-

Cada rutina de ensayo comprende ensayos individuales normalizados (Normas IRAM) de: Granulometría por Tamizado por Vía Húmeda [4], Límites de Atterberg [3], Clasificación de Suelos "SUCS" [5], 5 moldeos Próctor Normal y Normal Alternativa B [6] por cada muestra de suelo, y el ensayo final en cámara triaxial [7], en el cual se incluyen remoldeos.

Buscando la preservación de la humedad de las muestras, las probetas resultantes de los ensayos Próctor son talladas e inmediatamente ensayadas en cámara triaxial. En caso de no ser posible, se almacenan envueltas en cámara húmeda hasta ser ensayadas. Luego del ensayo y procesamiento de datos, se obtienen de los valores de cohesión y ángulo de fricción interna correspondientes, y se determina el valor de humedad que posee la probeta.

Determinados los parámetros resistentes, se procede al trazado de las curvas que representen la variación de los mismos en función del cociente entre la humedad real de la muestra y la humedad óptima, que es característica de cada suelo y de la energía de compactación empleada. Figuras N°1, N°2, N°3 y N°4.

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

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como base para el análisis de los resultados obtenidos se toma al parámetro adimensional  $W/W^*$  (cociente entre la humedad real y la óptima), el cual se ha definido con un rango de variación de entre 0,79 a 1,22 para Próctor Normal, y de entre 0,81 a 1,17 para Próctor Normal Alternativa B.

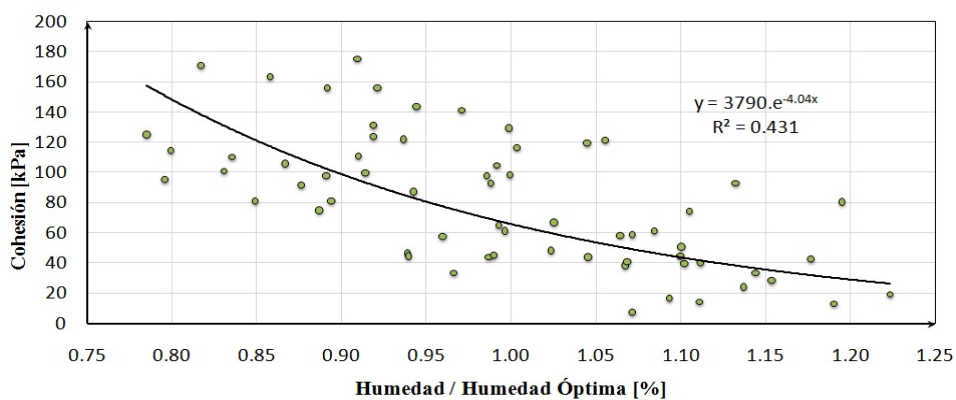


Figura N°1. Gráfica de Cohesión vs.  $W/W^*$  para Próctor Normal.

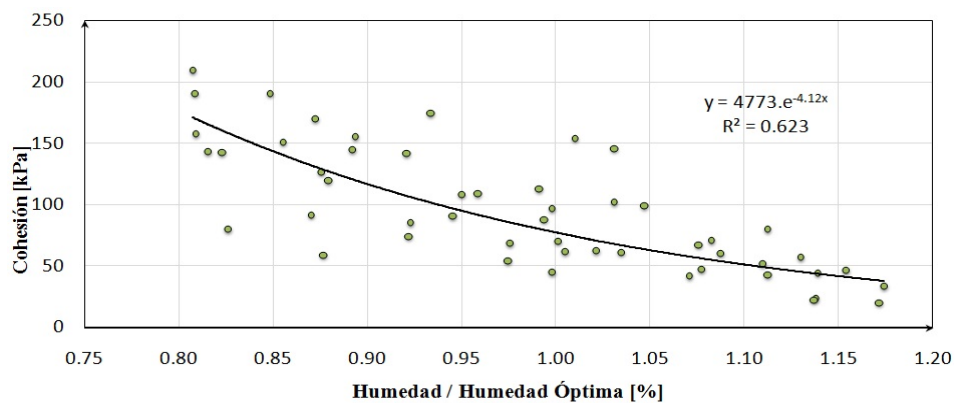


Figura N°2. Gráfica de Cohesión vs.  $W/W^*$  para Próctor normal alternativa B.

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

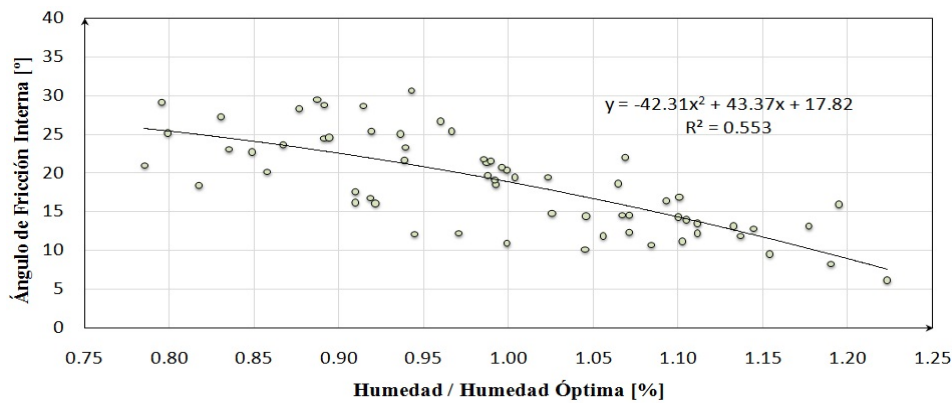


Figura N°3. Gráfica de Ângulo de Fricción Interna vs.  $W/W^*$  para Próctor Normal.

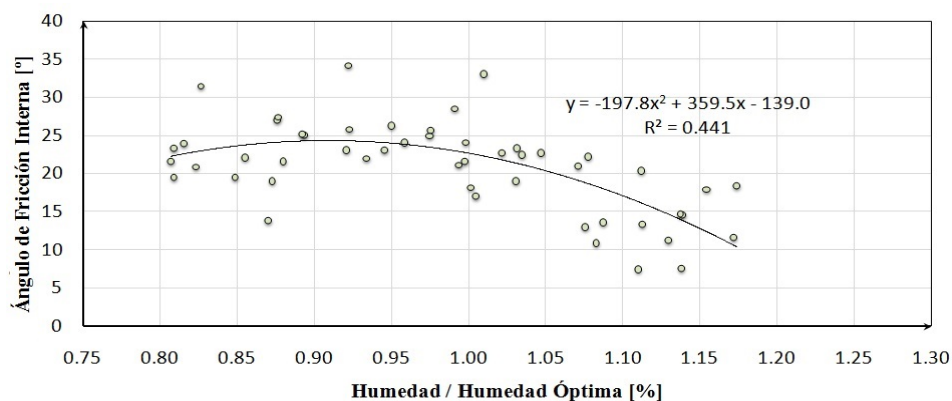


Figura N°4. Gráfica de Ângulo de Fricción Interna vs.  $W/W^*$  para Próctor normal alternativa B.

En las Figuras N°1 y N°2, curvas correspondientes a la variación entre la cohesión (c) y  $W/W^*$ , se observa una tendencia al decrecimiento exponencial del parámetro resistente a medida que aumenta la humedad de moldeo respecto de la óptima y que los valores de c son numéricamente mayores a medida que aumenta la energía de compactación. Consecuentemente, puede establecerse que para un ensayo Próctor Normal el valor de cohesión esperado a la humedad óptima tiene valores medios de 64,80 kPa, mientras que para el Próctor Normal Alternativa B éste es de 75,60 kPa.

En cuanto al ángulo de fricción interna ( $\phi$ ) en función de  $W/W^*$ , (Figuras N°3 y N°4) variación polinómica de grado 2, se observa un decrecimiento con el aumento de la humedad y un crecimiento de los valores de  $\phi$  frente al aumento de la energía de compactación. Así, para un Próctor Normal, el valor de ángulo de fricción interna esperado a la humedad óptima tiene valores medios de 18,88 grados, mientras que para el Próctor Normal Alternativa B son de esperarse valores medios de 22,70 grados.

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

#### 4. CONSIDERACIONES FINALES

Finalmente, se destaca el hecho de que los parámetros resistentes del suelo resultan superiores conforme se aumenta el nivel de energía de compactación empleada en el moldeo del suelo. Además, se observa la disminución en los valores de los mismos a medida que la humedad aumenta, lo que podría deberse a que el agua que ocupa los poros del material provoca una lubricación de las partículas, generando menor interacción entre éstas.

Estos resultados son útiles en el ámbito práctico ya que pueden determinarse de manera aproximada los valores de Cohesión y Ángulo de Fricción Interna para el suelo regional en función de la humedad óptima; y con criterio profesional pueden ser utilizados como estimativos para la verificación o anteproyecto de obra civil.

**5. PALABRAS CLAVE:** *coesão; ângulo de atrito interno; ensaio triaxial; ensaio Próctor*

**Keywords:** *cohesion; angle of internal friction; triaxial test; Próctor Soil Compaction test*

#### 6. REFERENCIAS

- [1] BOGADO, G. O., REINERT, H. O., & FRANCISCA, F. M. Geotechnical properties of residual soils from the North-East of Argentina. 2017 - International Journal of Geotechnical Engineering, 2017.
- [2] DREWES I. B., PIÑEYRO V. A., SEMAÑUK M. A., DREWES M., REINERT H. O., PINTOS N. A. Variación de Parámetros Resistentes de Suelos Residuales Lateríticos Compactados. 2018 - XXVI Seminário de Iniciação Científica - Participante ESTRANGEIRO, Salão do Conhecimento UNIJUI, 2018.
- [3] 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.
- [4] Norma IRAM 10507 - "Método de det. de la granulometría por tamizado mediante vía húmeda", 1986.
- [5] Norma IRAM 10509 - "Clasificación de los suelos, con propósitos ingenieriles", 1982.
- [6] Norma IRAM 10511 - "Método de ensayo de compactación en laboratorio", 1972.
- [7] Norma IRAM 10529 - "Método de ensayo de compresión triaxil en suelos cohesivos sobre probetas no consolidadas ni drenadas", 1985.