

## Evaluación del Valor Soporte y Potencial de Hinchamiento de Suelos Residuales Lateríticos Compactados

Ramírez Guido A. <sup>a,\*</sup>, Freiburger Marco R. <sup>a</sup>, Fernández Angel O. <sup>a</sup>, Guidura Nicolás I. <sup>a</sup>, Semañuk Mario A. <sup>a</sup>, Reinert Hugo O. <sup>b</sup>, Pintos Nicolás A. <sup>c</sup>, Bogado Gustavo O. <sup>c</sup>, Bressan Daniel A. <sup>d</sup>.

<sup>a</sup> *Integrante del Proyecto, Adscripto, Estudiante de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

<sup>b</sup> *Co-director del Proyecto, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

<sup>c</sup> *Integrante del Proyecto, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

<sup>d</sup> *Director del Proyecto, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.*

e-mails: guido.e3@gmail.com, marcofreiburger16@gmail.com, ang\_fer125@yahoo.com.ar  
nicolas.ivan.guidura@gmail.com, msem1994@gmail.com, reinert@fio.unam.edu.ar,  
nicolasagustinpintos@gmail.com.ar, gustavobogado@fio.unam.edu.ar, bressanobe@gmail.com

---

### Resumen

El presente artículo expone resultados obtenidos de ensayos de valor soporte relativo e hinchamiento de suelos residuales lateríticos compactados, en el marco del proyecto de investigación 016/1145, desarrollado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones. El análisis de estos parámetros geomecánicos busca refutar la idea de que los suelos analizados son “regulares a malos” para su uso en distintas obras de ingeniería en general, idea que surge de la clasificación del suelo en estudio con base en distintos sistemas internacionales de clasificación. El objetivo es generar una base de datos amplia, que permita utilizar el suelo más eficientemente, con parámetros más reales que los utilizados en el presente, logrando así rebatir la idea actual acerca del comportamiento de los suelos estudiados. Los parámetros determinados se obtienen del procesamiento de curvas y guarismos obtenidos tras la realización de diferentes ensayos de laboratorio, tomando de referencia a las normas IRAM. Puntualmente se dan los resultados de ensayos de clasificación, y de determinación de valor soporte e hinchamiento de suelos, conforme el moldeo de probetas a humedad óptima obtenida del ensayo de compactación Proctor Normal, y Normal Alternativa B. Los resultados han permitido generar un registro de valores obtenidos para 11 muestras estudiadas de diferentes sitios de la zona sur y centro de la Provincia de Misiones, una de Leandro N. Alem, una de Posadas, y nueve de la Ciudad de Oberá.

**Palabras Clave** –CBR, Potencial De Hinchamiento, Proctor, Valor Soporte Relativo.

### 1. Introducción

Los suelos presentes en la provincia de Misiones, en regiones al norte de Corrientes, departamentos orientales de Paraguay y regiones occidentales de los Estados de Río Grande do Sul, Santa Catarina y sureña de Paraná en Brasil, son suelos de origen residual.

\*Ramírez Guido A.

En la gran mayoría de los proyectos de ingeniería se emplean suelos compactados, para esto se debe contar con los parámetros geomecánicos del suelo, obteniéndose así información acerca de su comportamiento y resistencia.

Debido a la poca superficie que este tipo de suelo ocupa en la República Argentina las referencias normativas nacionales no contemplan la particularidad de estos suelos, ya que las mismas han sido desarrolladas para suelos de tipo sedimentarios o transportados, predominantes en el territorio nacional, además, según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.), y el Highway Research Board (H.R.B.), los suelos tropicales y en particular los suelos residuales de la zona se clasifican como suelos de alta plasticidad, definidos estos como malos para el empleo, por ejemplo, como sub-rasante de caminos. Es aquí donde vemos una contradicción ya que la experiencia muestra un buen comportamiento, respaldado esto por muchos estudios geotécnicos realizados por distintas entidades.

En el presente trabajo se llevan a cabo distintos ensayos de laboratorio, con el fin de crear un registro de las propiedades estudiadas del suelo, contando así con información sobre la optimización de su uso. Todos los ensayos son conforme a los procedimientos y especificaciones establecidas en las normas IRAM de referencia.

## 2. Metodología

Las muestras analizadas provienen de distintos puntos de la provincia de Misiones, mayormente de la zona centro y sur, y son provistas al laboratorio de la Facultad por empresas externas a la institución, o bien incorporadas por el equipo de investigación que busca en campo las muestras para su estudio.

Al día de la fecha se lograron completar las rutinas de once muestras, los datos de las mismas se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1: Procedencia de muestras.**

Muestra	Localidad	Coordenadas geográficas	
		Latitud decimal	Longitud decimal
FI001	Leandro N. Alem	-27,595180	-55,324773
FI007	Oberá	-27,482532	-55,123057
FI008	Oberá	-27,485849	-55,107659
FI009	Oberá	-27,483949	-55,102812
FI010	Oberá	-27,474952	-55,085938
FI011	Oberá	-27,476834	-55,090665
FI012	Oberá	-27,463124	-55,086487
FI013	Oberá	-27,495880	-55,109928
FI014	Posadas	-27,383747	-55,998778
FI016	Oberá	-27,469816	-55,106436
FI017	Oberá	-27,468979	-55,109719

El estudio comienza con el secado de las muestras, exponiéndolas al ambiente para que pierdan humedad de manera natural, y luego reducir el tamaño de los grumos con un mortero y cribar el material obtenido por el tamiz N°4 (4,75mm). Seguidamente se realizan los ensayos de caracterización, los cuales son, Límites de Atterberg (IRAM 10501[1]), Granulometría con Tamizado por Vía Húmeda (IRAM 10507[2]), Clasificación de Suelos (SUCS – IRAM 10509[3]), y para obtener el valor de humedad óptima de referencia, se lleva a cabo el correspondiente ensayo Proctor con el “Método Normal”, o bien el “Método Normal Alternativa B (IRAM 10511[4]).

Finalmente, se moldearon las probetas, para la determinación del valor soporte relativo y del potencial de hinchamiento, con base en la Norma IRAM 10520 [5].

Para moldear se utiliza un molde de 17.7 cm  $\pm$  0.15 cm de altura y 15.24 cm  $\pm$  0.2 cm de diámetro, un disco espaciador de 61.2 mm de espesor y 15.24 cm  $\pm$  0.2 de diámetro, además de un pisón de 4.54 kg y 47.5 cm de altura de caída, obteniéndose una terna de probetas compactadas por muestra, a 12, 25 y 56 golpes en cada una de las 5 capas compactadas.

Se sumergen las probetas durante 96 horas y luego se las ensaya a la penetración a velocidad constante de 1.27 mm/min con un cabezal de 49.5 mm de diámetro. Una vez finalizado el ensayo se procesan los datos y se traza una curva de valor soporte para cada grado de compactación del suelo y su correspondiente porcentaje de hinchamiento asociado, informándose además de estos valores, los parámetros de clasificación obtenidos de los demás ensayos de caracterización y clasificación de suelos.

### 3. Presentación y Análisis de Resultados

En la Tabla 2 se dan los resultados obtenidos de Límites de Consistencia (Atterberg), Granulometría (pasa tamiz 200), y la correspondiente clasificación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), para las once muestras estudiadas.

**Tabla 2. Límites de Atterberg, Pasante Tamiz #200 y Clasificación S.U.C.S.**

Muestra	Limite Líquido (%)	Limite Plástico (%)	Índice De Plasticidad (%)	Pasa Tamiz #200 (%)	Clasificación SUCS
FI001	54,20	40,50	13,70	94,95%	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI007	66,30	49,50	16,80	96,59%	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI008	57,30	45,80	11,50	94,23%	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI009	39,60	30,50	9,10	56,15%	ML - Limo de Baja Plasticidad
FI010	49,50	35,20	14,30	96,75%	ML - Limo de Baja Plasticidad
FI011	57,00	44,60	12,40	96,72%	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI012	79,20	51,90	27,20	99,25%	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI013	76,20	41,30	34,90	99,02%	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI014	47,50	35,60	11,90	88,28%	ML - Limo de Baja Plasticidad
FI016	63,10	44,20	18,80	97,00%	MH - Limo de Alta Plasticidad
FI017	55,20	38,40	16,80	96,76%	MH - Limo de Alta Plasticidad

La observación de los resultados obtenidos, indica que la variación en cuanto a granulometría y límites de Atterberg, son pequeñas, definiéndose según el SUCS como limos de alta plasticidad, no así las muestras FI009, FI010, FI014 las cuales presentan una disminución en los límites de consistencia y en el contenido de finos, correspondiendo éstas a un limo de baja plasticidad.

Observación adicional se da sobre la muestra FI009, la cual presentó una elevada cantidad de suelo saprolítico respecto a las demás muestras.

En la Tabla 3 se dan los resultados obtenidos de Valor Soporte Relativo y Potencial de Hinchamiento para las muestras trabajadas conforme humedad de moldeo de Proctor Normal (Tipo I), mientras que en la Fig. 1 y Fig. 2 se dan idénticos resultados en forma gráfica.

Al análisis de los mismos indica que en la mayoría de los casos hay una tendencia a que el valor soporte mayor en cada suelo se de en torno a la energía asociada a los 25 golpes, lo cual se relaciona al hecho de que la humedad de moldeo es la correspondiente al Proctor Tipo I.

Respecto al hinchamiento, en líneas generales el mismo es muy reducido en todos los casos, dado que son menores al 1 %. La tendencia es a menores valores cuanto más energía de moldeo se aplica.

En la Tabla 4 se dan los resultados obtenidos de Valor Soporte Relativo y Potencial de Hinchamiento para las muestras trabajadas conforme humedad de moldeo de Proctor Normal Alternativa B (Tipo III), mientras que en la Fig. 3 y Fig. 4 se dan idénticos resultados en forma gráfica.

Al análisis de los resultados para Proctor Tipo III indica que en la mayoría de los casos hay una tendencia a que el valor soporte mayor en cada suelo se de en torno a la energía asociada a los 12, es decir la menor energía de moldeo.

Respecto al hinchamiento, en líneas generales el mismo es muy reducido en todos los casos, dado que son menores al 0.50 %. La tendencia es a menores valores cuanto más energía de moldeo se aplica.

**Tabla 3: Valor Soporte Relativo y Potencial de Hinchamiento. (Proctor Tipo I)**

	Muestra	Golpes por capa				Muestra	Golpes por capa		
		12	25	56			12	25	56
Valor Soporte Relativo →	FI001	12,68%	13,42%	9,27%	Potencial de Hinchamiento →	FI001	0,18%	0,11%	0,05%
	FI007	7,64%	17,87%	11,86%		FI007	0,92%	0,43%	0,08%
	FI008	12,38%	13,79%	8,97%		FI008	0,24%	0,09%	0,04%
	FI009	5,71%	5,34%	3,41%		FI009	0,35%	0,22%	0,19%
	FI010	6,67%	6,15%	5,64%		FI010	0,05%	0,05%	0,03%
	FI011	14,83%	16,46%	8,16%		FI011	0,10%	0,09%	0,01%
	FI012	8,90%	10,45%	7,79%		FI012	0,16%	0,10%	0,11%
	FI013	8,90%	7,79%	7,04%		FI013	0,01%	0,08%	0,05%
	FI014	7,49%	6,67%	7,12%		FI014	0,05%	0,05%	0,03%
	FI016	3,41%	8,23%	6,38%		FI016	0,37%	0,29%	0,17%
	FI017	8,90%	4,89%	5,04%		FI017	0,61%	0,43%	0,35%

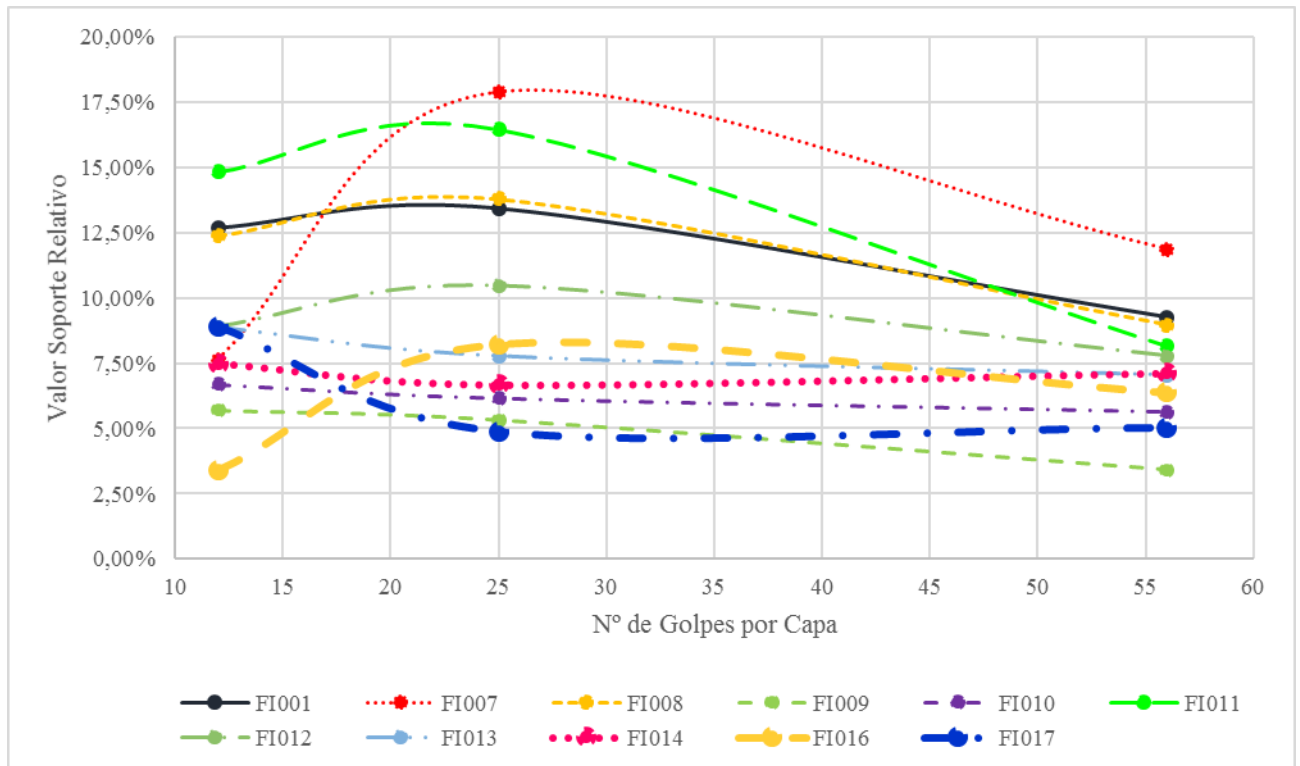


Fig. 1. Valor Soporte Relativo vs. Número de golpes por capa.

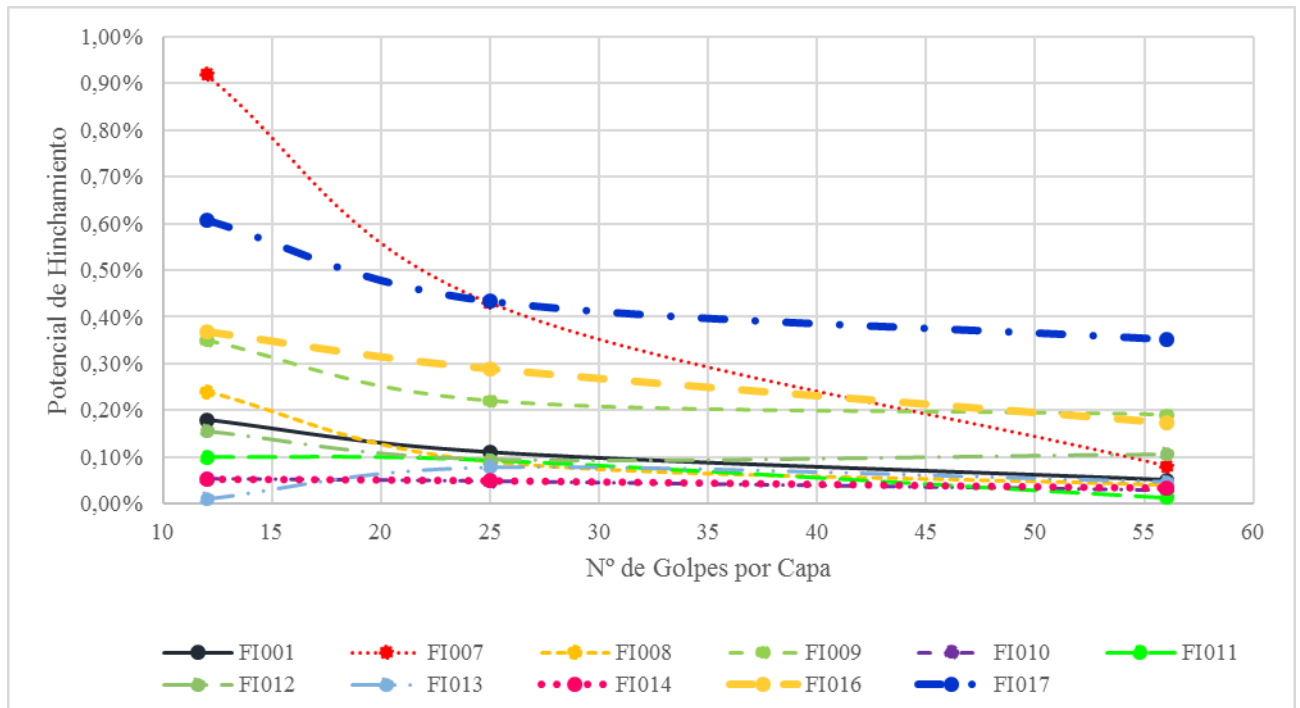
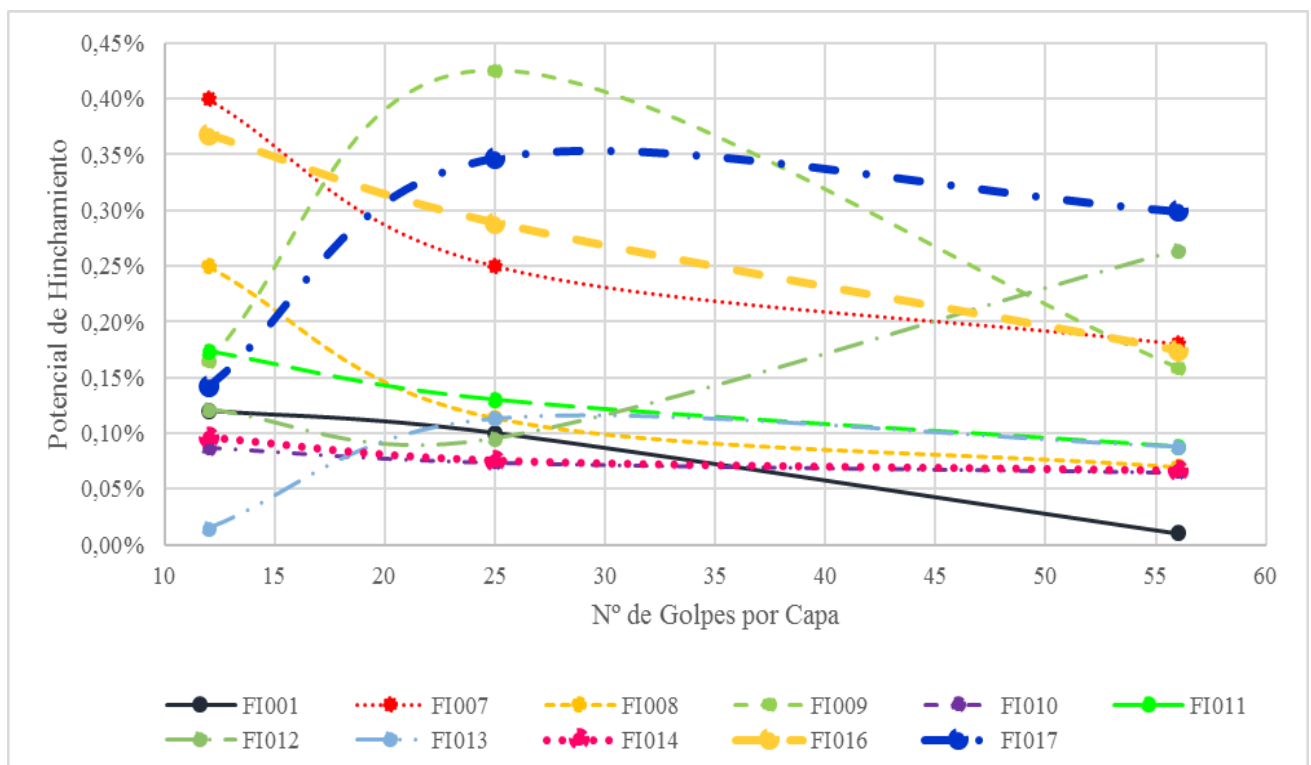


Fig. 2. Potencial de Hinchamiento vs. Número de golpes por capa.

**Tabla 4: Valor Soporte Relativo y Potencial de Hinchamiento. (Proctor Tipo III)**

	Muestra	Golpes por capa				Muestra	Golpes por capa		
		12	25	56			12	25	56
Valor Soporte Relativo →	FI001	14,53%	10,53%	8,45%	Potencial de Hinchamiento →	FI001	0,12%	0,10%	0,01%
	FI007	6,60%	14,31%	17,57%		FI007	0,40%	0,25%	0,18%
	FI008	9,43%	20,44%	25,10%		FI008	0,25%	0,11%	0,07%
	FI009	7,49%	7,86%	5,56%		FI009	0,16%	0,43%	0,16%
	FI010	16,13%	11,12%	8,71%		FI010	0,09%	0,07%	0,07%
	FI011	15,27%	11,86%	13,12%		FI011	0,17%	0,13%	0,09%
	FI012	8,82%	6,23%	6,67%		FI012	0,12%	0,10%	0,26%
	FI013	10,38%	6,30%	11,49%		FI013	0,01%	0,11%	0,09%
	FI014	9,42%	6,23%	4,75%		FI014	0,10%	0,08%	0,07%
	FI016	8,45%	8,45%	7,34%		FI016	0,37%	0,29%	0,17%
	FI017	9,05%	7,93%	5,78%		FI017	0,14%	0,35%	0,30%



**Fig. 3. Potencial de Hinchamiento vs. Número de golpes por capa.**

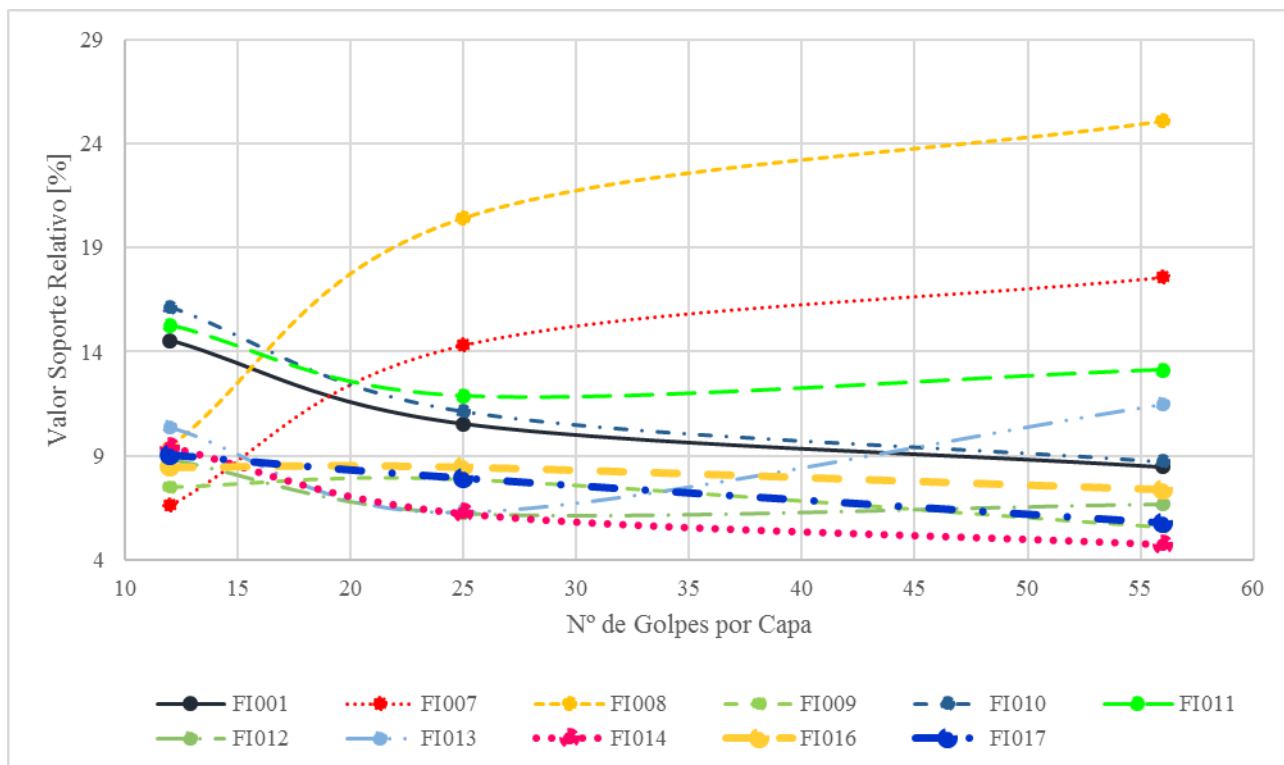


Fig. 4. Valor Soporte Relativo vs. Número de golpes por capa.

Como observación general se puede afirmar que la energía de compactación asociada a la humedad óptima analizada para ambos casos de moldeo se encuentra entre los 12 y los 25 golpes.

Respecto de la observación de laboratorio al realizar el moldeo de las probetas, es fácilmente identificable que, a partir de alrededor de los 30 golpes, el suelo comienza a “amasarse”, manifestando un exceso de energía aplicada para la correspondiente humedad de moldeo.

El hinchamiento relativo tiene un comportamiento aceptable a bueno, dado que los valores obtenidos son en todos los casos menores al 1%.

#### 4. Conclusiones

Tras realizar los ensayos correspondientes y analizar los resultados de once muestras obtenidas de diferentes sitios de la zona Sur y Centro de la Provincia de Misiones, se ha logrado cumplir con el objetivo de seguir generando un registro acerca del comportamiento del suelo presente en la región, cuando los mismos son empleados como material compactado, así como también registrar el desempeño de los mismos respecto del moldeo a diferente humedad óptima, según Proctor Normal, y Normal alternativa B.

Se ha logrado cuantificar el Valor Soporte Relativo de las muestras, observando una muy importante variación entre valores extremos, obteniéndose los registros mayores para el caso de humedad de Proctor Normal cuando se lo compacta en energía asociada a los 25 golpes, mientras

que, para el caso del Proctor Normal Alternativa B, cuando se lo compacta con energía propia de los 12 golpes del ensayo de Valor Soporte.

Respecto del potencial de hinchamiento, el mismo resulta decididamente bajo en todos los casos, con lo cual denota buen desempeño del suelo compactado, con el transcurso del tiempo y procesos naturales de aumento y disminución de humedad.

Todas las observaciones, van en línea con lo observado en las obras de ingeniería en general, que se encuentran en servicio algunas desde hace más de 40 años.

Se continuará aumentando el número de muestras a analizar, para así poder ampliar el registro, logrando resultados que abarquen y representen en mayor medida a la zona en estudio.

### **Agradecimientos**

Se agradece la colaboración en laboratorio de todos los integrantes adscriptos al proyecto de investigación “Estudio del Comportamiento Geomecánico de Suelos Residuales Lateríticos Compactados”, Código 016/I145 y a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones.

### **Referencias**

- [1] 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.
- [2] Norma IRAM 10507 "Método de determinación de la granulometría por tamizado mediante vía húmeda". 1986.
- [3] Norma IRAM 10509 "Clasificación de los suelos, con propósitos ingenieriles". 1982.
- [4] Norma IRAM 10511 "Método de ensayo de compactación en laboratorio". 1972.
- [5] Norma IRAM 10520 “Método de determinación del Valor Soporte Relativo e Hinchamiento de los Suelos”. 1971.