



JIDeTEV

Jornadas de Investigación y Desarrollo Tecnológico
Extensión, Vinculación y Muestra de la Producción



JIDeTEV- Año 2022 -ISSN 2591-4219

Variación de la Plasticidad de Suelos Residuales mediante la Incorporación de Cemento

Carballo Angela R. ^{a*}, Silva Alejandro. ^a, Zarate Rocio. ^a, Bogado Gustavo O. ^b, Reinert Hugo O. ^b, Pintos Nicolás A. ^c, Bressan Daniel A. ^c

^a Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC), Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM), Oberá, Misiones, Argentina

^b Director del Proyecto, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC), Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^c Integrante del Proyecto, Docente Departamento de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Civil (LIC), Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Misiones (FI-UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: rociocarballo23@gmail.com , as247448@gmail.com , rociodelalbaz17@gmail.com , gustavobogado@fio.unam.edu.ar , reinert@fio.unam.edu.ar , nicolasagustinpintos@gmail.com , bressanobe@gmail.com

Resumen

En conocimiento del comportamiento de los suelos residuales de la provincia de Misiones es de vital importancia para el desarrollo de diversas infraestructuras, principalmente en la rama vial. El principal enfoque a evaluar para ello, es la obtención de una mejora o modificación de las características del mismo, a fin de validar el adecuado desempeño en obras, sean estas temporales o permanentes. Se llevaron a cabo 6 ensayos de Límites de Atterberg, utilizando suelo con humedad natural y suelo secado a horno, en el cual se variaron los porcentajes de cemento. Los ensayos indican que, tanto en el límite líquido como en el plástico, los valores para los suelos en estado natural, son mayores que en los suelos secados a horno. En cuanto a los índices de plasticidad, los mismos no presentan variaciones significativas entre los diferentes estados del suelo. Los resultados obtenidos, permiten contar con los primeros registros del desempeño suelo-cemento de los suelos residuales de la región.

Palabras Clave – Cascador de Casagrande, Límites de Atterberg, Suelo Cemento.

1. Introducción

Las mezclas de suelo cemento son utilizadas ampliamente en la estabilización de suelos y básicamente la premisa fundamental es que su utilización sea en menor cantidad posible básicamente por una cuestión de costos asociados. La incorporación de cemento permite aportar propiedades ligantes y mejorar el comportamiento tenso-deformacional a largo plazo. Estas propiedades son necesarias para que las obras de ingeniería como por ejemplo obras viales posean una alta performance y mayor durabilidad. En este artículo, se trabaja la variación de la plasticidad en la incorporación de cemento a los suelos residuales de la región. El objetivo fundamental es determinar el cambio en la plasticidad y si la incorporación de cemento mejora la trabajabilidad.

2. Metodología

Para la caracterización de los suelos se tuvieron en cuenta las normas IRAM 10501 “Métodos de determinación del límite líquido e índice de fluidez” [1] e IRAM 10502 “Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad” [2], en el marco del proyecto de investigación

“Estabilización de suelos mediante la incorporación de cemento y residuos de la industria misionera”.

La muestra utilizada para la realización de los ensayos fue extraída de la ciudad de Oberá Misiones, de las coordenadas 27°29'41.6"S y 55°08'11.6"W. En la figura (1) se expone una porción de dicha muestra.

Las muestras se tamizaron a través de la malla N°4 dejándolas airearse; posteriormente se procedió a utilizar un mortero para desintegrar los grumos de suelo, y en función de eso se tamizó por la malla N°40. Se trabajó con suelo a humedad natural (previo secado a aire) y suelo secado a horno, a modo de obtener una comparación entre el comportamiento de ambos suelos.

El procedimiento seguido en ambos casos es el mismo, esto se hizo con la finalidad de ver si existen variaciones significativas en los resultados obtenidos, tal como lo indican diversos autores.

Límite Líquido:

El límite líquido se define como el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico, y por encima del cual su comportamiento sería el de un fluido viscoso. Para poder establecer valores comparables y reproducibles de estos límites, Casagrande propuso que el límite líquido se definiera arbitrariamente como el contenido de humedad al cual una masa de suelo húmedo colocada en un recipiente en forma de cazuela de bronce, separada en dos por la acción de una herramienta que efectúa una ranura patrón, y dejada caer 25 veces desde una altura de 10 milímetros, provoque un cierre de la ranura en una longitud de 12.7 a 13 milímetros (Fig. 2 y 3)

Para realizar el ensayo del límite líquido, se coloca una muestra de 200 gr aproximadamente en un recipiente y se agrega el porcentaje de cemento correspondiente al ensayo (2, 4, 5, 6 y 8 %); se añade una pequeña cantidad de agua y se mezcla cuidadosamente, lo más rápido posible para evitar que el cemento inicie su fragüe. Se coloca parte de la muestra en la cazuela del aparato de Casagrande, y mediante el uso de la herramienta ranuradora, se corta una ranura que separe la masa de suelo en dos partes. Se da vuelta la manivela a razón de dos golpes por segundo, hasta que las paredes del surco se unan en su base en una longitud de media pulgada. Cuando el número de golpes es válido (entre 10 y 40), se toma una muestra de suelo de la zona en donde cerró la ranura para determinar el contenido de humedad, colocando en un pesafiltro a la misma y pesando.

Para cada porcentaje de cemento se determina entre 3 o 4 puntos con diferentes números de golpes. Después de dejar secar la muestra por 24 hs, se vuelve a pesar, se determinan los pesos secos y se calculan las humedades. Se vuelcan los datos correspondientes a cada ensayo en una planilla de cálculo, generando gráficas en la que figure en las abscisas la humedad, y en ordenadas el número de golpes. Se traza la línea de tendencia de los puntos, y donde corta la abscisa correspondiente a 25 golpes, se lee la humedad respectiva al límite líquido.



Fig. 1. Muestras de Suelo y Cemento.



Fig. 2. Cascador de Casagrande con muestra de suelo.



Fig. 3. Cascador de Casagrande con muestra de suelo.

Límite plástico:

El límite plástico se ha definido arbitrariamente como el contenido de humedad del suelo al cual un cilindro o bastoncito se rompe o resquebraja cuando se lo enrolla en un diámetro de 3 milímetros (Fig. 4 y 5). Esta prueba es más subjetiva que el ensayo de límite líquido, pues la definición del resquebrajamiento del cilindro de suelo, así como del diámetro de 3 milímetros, está sujeta a la interpretación del operador.

Se procedió a la determinación del límite plástico, tomando una muestra de suelo de 20 gr con el porcentaje correspondiente de cemento. Se incorpora agua y se amasa la mezcla, luego se moldean cilindros de máximo 3 o 4 cm de largo. Llegando a un diámetro próximo a los 3 mm, el cilindro debe presentar fisuras. Se colocan los mismos en un pesafiltro, continuando con el procedimiento hasta obtener una cantidad suficiente de bastoncitos. Se pesa el pesafiltro y se lo lleva a horno por 24 hs, luego de esto se pesa nuevamente. Estos datos son cargados a una planilla de cálculo y procesados.



Fig. 4. Muestra de suelo-cemento



Fig. 5. Confección de cilindros para ensayo de LP.

3. Resultados

En las figuras mostradas a continuación, para cada ensayo, se puede apreciar la variación entre el número de golpes y el porcentaje de humedad; en la mayor parte de los ensayos, a medida que se incrementa la cantidad de agua en la muestra analizada, la cantidad de golpes disminuye. Trazando una línea de tendencia entre los puntos de cada ensayo e ingresando con el número de golpes igual a 25, se determina el límite líquido correspondiente a esa muestra.

A medida que se va incrementando el porcentaje de cemento utilizado, tanto en suelo seco a horno como en estado natural, se percibe las variaciones en los límites líquidos para 25 golpes como se ve en las gráficas siguientes:

Suelo secado a horno:

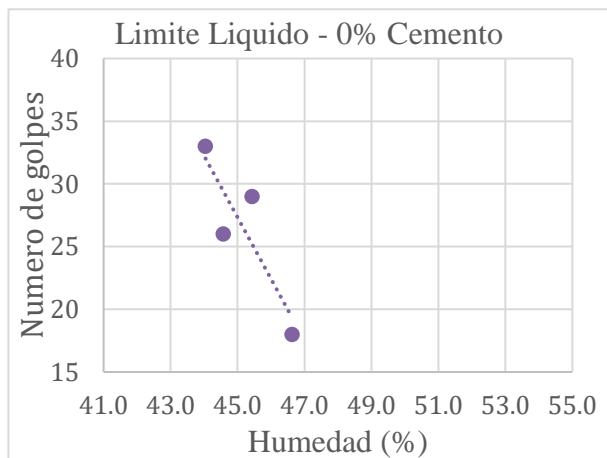


Fig. 6. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 0% de cemento

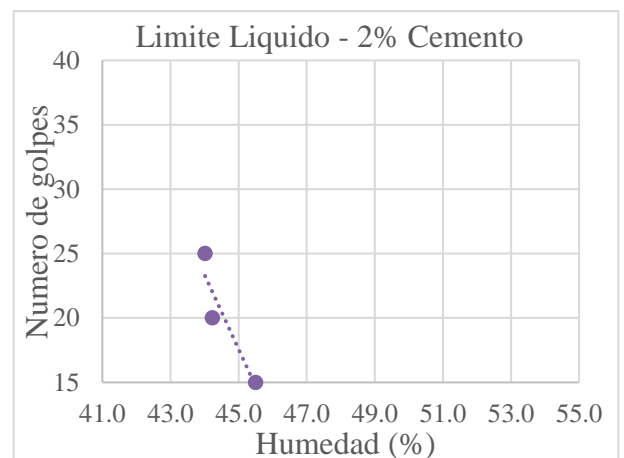


Fig. 7. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 2% de cemento.

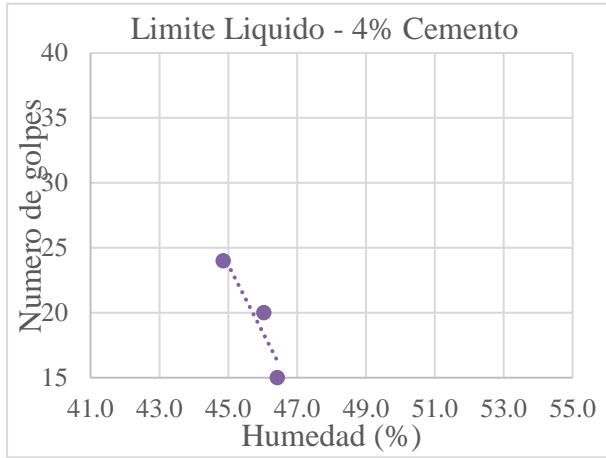


Fig. 8. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 4% de cemento.

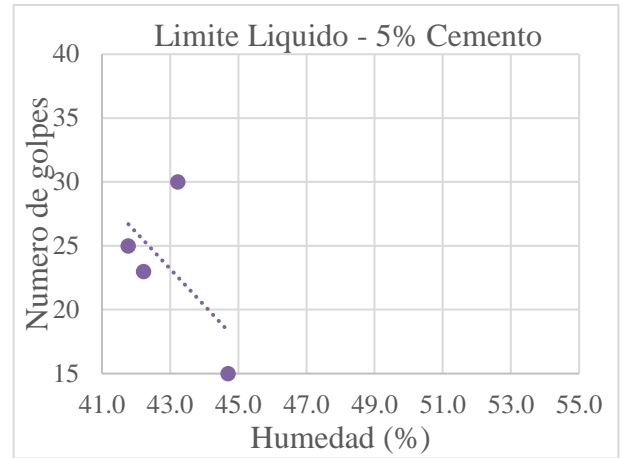


Fig. 9. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 5% de cemento.

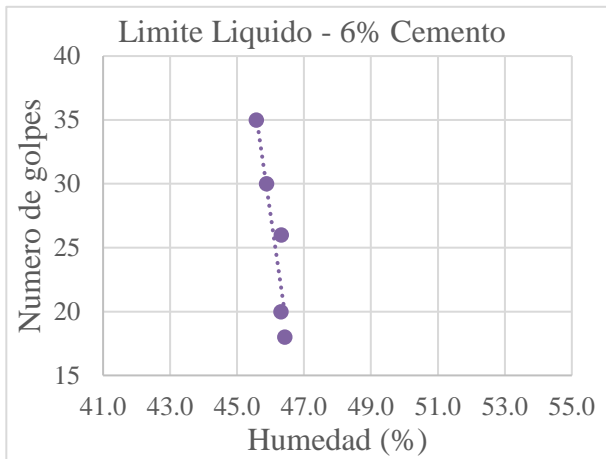


Fig. 10. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 6% de cemento.

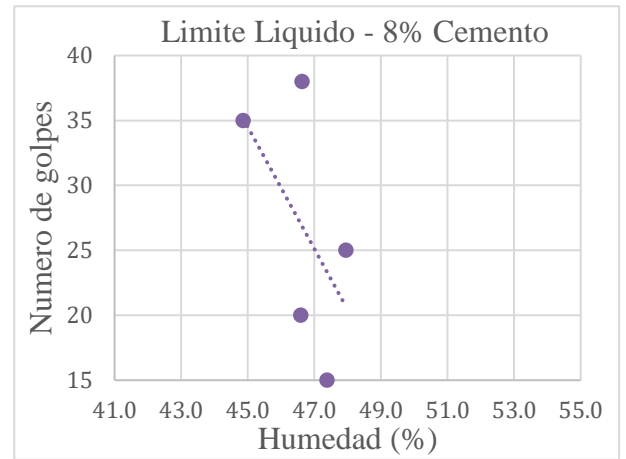


Fig. 11. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 8% de cemento.

Suelo en estado natural:

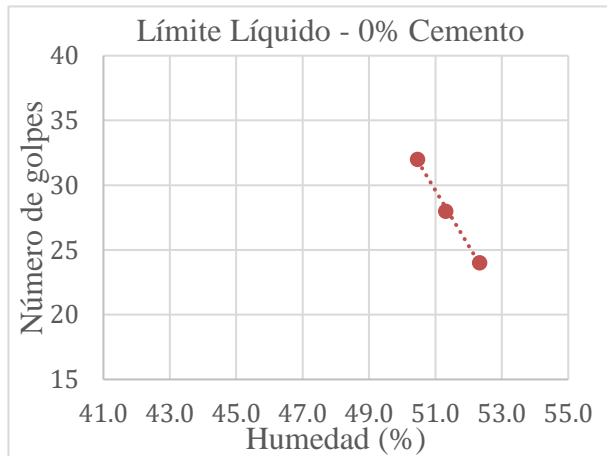


Fig. 12. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 0% de cemento.

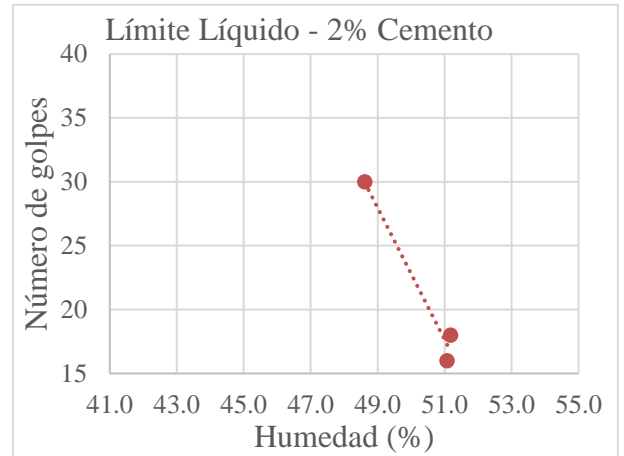


Fig. 13. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 2% de cemento.

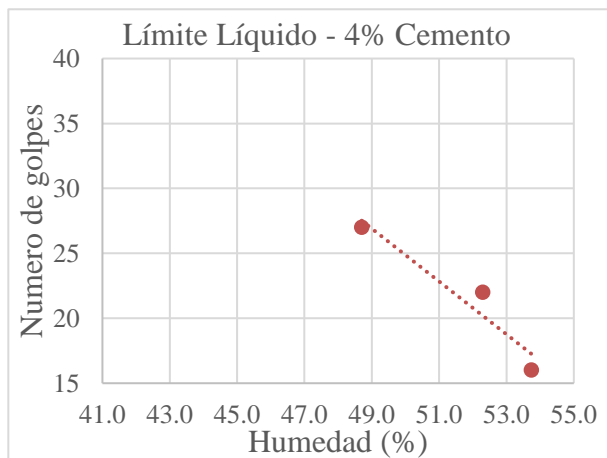


Fig. 14. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 4% de cemento

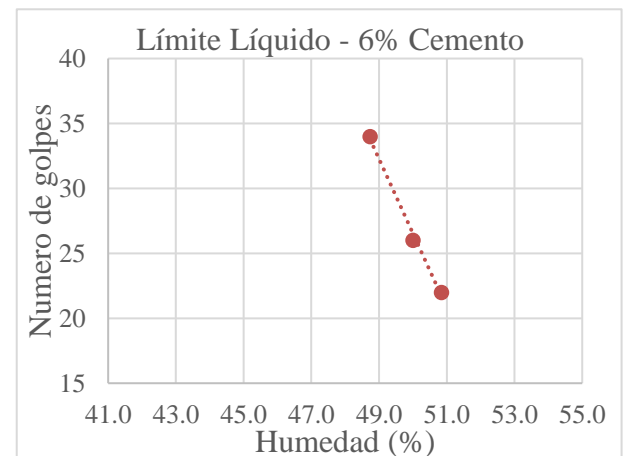


Fig. 15. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 6% de cemento

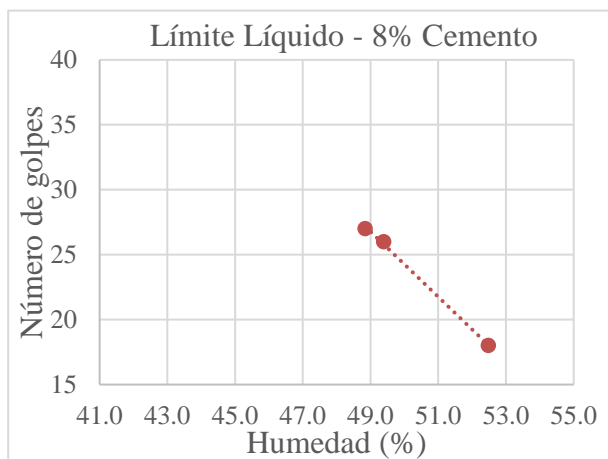


Fig. 16. Relación entre N° de golpes y % de humedad con 8% de cemento.

Se puede apreciar que, en los gráficos correspondientes al suelo secado a horno, las rectas se encuentran desplazadas hacia la izquierda, representando un límite líquido menor que en el caso del suelo a humedad natural, siendo esto un resultado esperable.

Seguidamente, en la Tabla 1, se detallan los valores resultantes de los límites líquido, plástico e índice de plasticidad de los ensayos realizados con suelo en estado seco y natural con los porcentajes de cemento antes mencionados, los mismos se representan en las gráficas (18), (19) y (20).

Tabla 1. Valores de LL, LP e IP, en condiciones seco y natural.

| SUELO SECADO A HORNO | | | | SUELO EN ESTADO NATURAL | | | |
|----------------------|----------|--------|--------|-------------------------|----------|--------|--------|
| % cemento | Cascador | | | % cemento | Cascador | | |
| | LL (%) | LP (%) | IP (%) | | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| 0 | 45.40 | 36.00 | 9.30 | 0 | 51.60 | 36.00 | 15.50 |
| 8 | 46.70 | 32.84 | 13.9 | 8 | 49.80 | 38.74 | 11.00 |
| 6 | 46.10 | 35.85 | 10.27 | 6 | 50.30 | 36.42 | 13.90 |
| 5 | 49.40 | 35.10 | 14.2 | 5 | 49.40 | 37.93 | 11.40 |
| 4 | 44.40 | 36.00 | 8.30 | 4 | 50.50 | 40.94 | 9.60 |
| 2 | 43.30 | 34.03 | 9.20 | 2 | 49.10 | 36.80 | 12.30 |

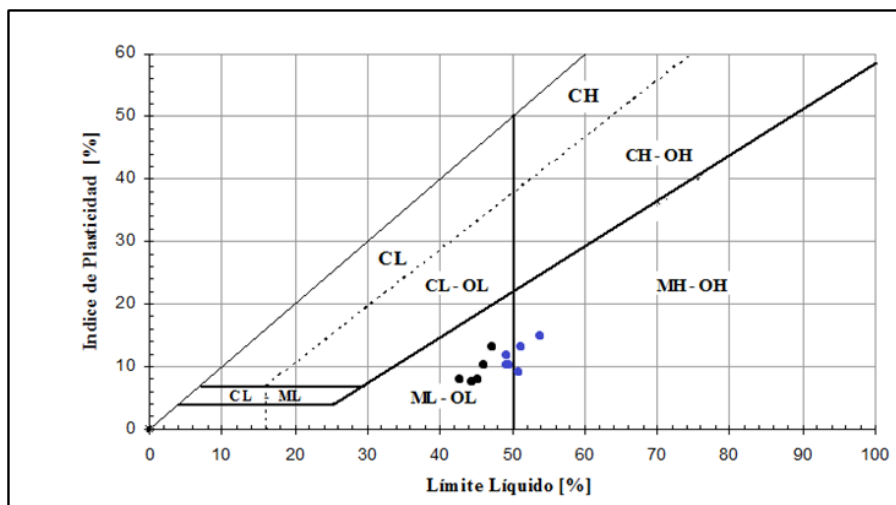


Fig. 17. • SN; • SH

Carta de plasticidad

Referencia: SN (Suelo natural), SH (Suelo horno)

Utilizando la carta de plasticidad para clasificación de suelos de partículas finas en el laboratorio, se obtuvo que, para suelos secados a horno, los puntos se encuentran en la zona de limos de baja plasticidad, mientras que pocos puntos correspondientes a suelos con humedad natural se encuentran en la zona de limos de alta plasticidad.

El efecto del secado del suelo no posee una influencia relevante en la Carta de Plasticidad, ya que no logra un cambio significativo en la clasificación del suelo estudiado.

En Figuras (18) y (19) se pueden apreciar las variaciones de los Límites de Consistencia para los estados seco y natural con los diversos porcentajes de cemento, en las mismas se percibe que para el caso de estado seco, los puntos están desplazados hacia abajo con valores menores que en el caso del estado natural, esto se debe a que, para este último, al comenzar con los ensayos el suelo ya posee una cierta humedad haciendo que los límites se vuelvan mayores. En Figura (20) están superpuestas los dos gráficos anteriores.

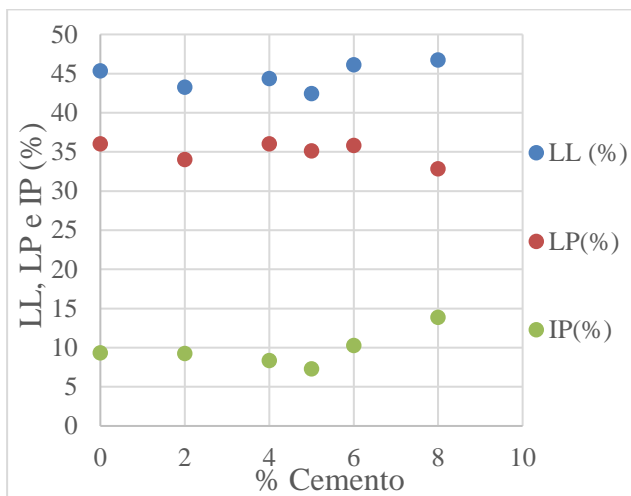


Fig. 18. Variación de los Límites de Atterberg con diferentes % de cemento (estado seco).

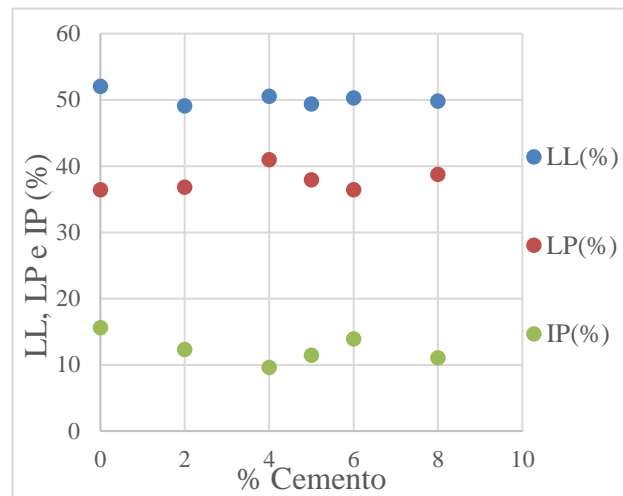


Fig. 19. Variación de los Límites de Atterberg con diferentes % de cemento (estado natural).

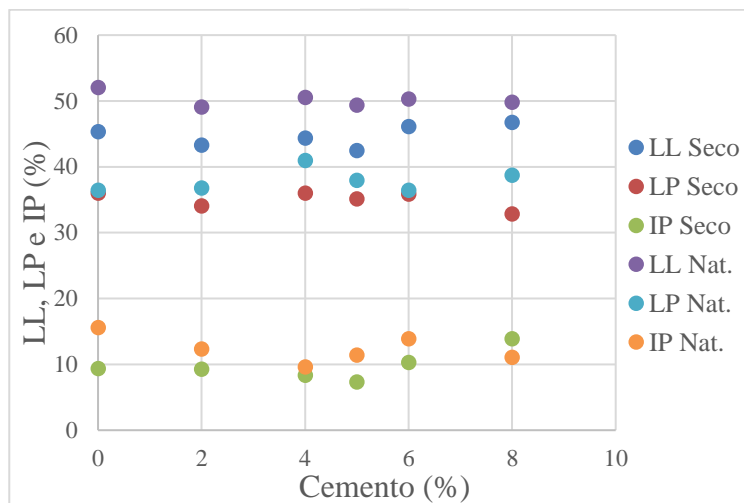


Fig. 20. Superposición los Límites de Atterberg.

4. Conclusión

En el presente trabajo se dan resultados parciales de ensayos de laboratorio llevados a cabo por el equipo de investigación del área de suelos del Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Misiones.

Cabe destacar que, debido a la incorporación de cemento, no fue posible implementar en los ensayos el tiempo de maceración de la muestra, debido a que esto produciría el fragüe prematuro del cemento; esto pudo haber provocado modificaciones en los valores obtenidos del límite líquido, con respecto a los valores obtenidos si se dejase macerar la muestra.

Otro de los factores influyentes en los resultados de los ensayos de los límites, es el secado previo al que fue sometida la muestra. Al comparar los resultados obtenidos sobre los distintos ensayos de suelos en estado natural y secados al horno, se observó que todas las muestras con distinto contenido de cemento no reaccionaron de la misma manera frente al secado.

Si bien el número de los resultados son reducidos en esta instancia, el registro de una cantidad como la detallada de rutinas de ensayo en los suelos, resulta una importante referencia de base para la continuidad de los estudios. Por ende, se debe seguir estudiando los parámetros en cuestión, mediante el aumento del número de muestras y ensayos con los distintos suelos regionales.

Finalmente, superponiendo los resultados de los ensayos, se percibe que tanto el límite líquido como el plástico, para los suelos en estado natural arrojan valores mayores que los suelos secos. Ahora bien, los índices de plasticidad no presentan variaciones significativas entre los diferentes estados del suelo.

5. Agradecimiento

Este trabajo forma parte del proyecto de investigación 16/I1359-PI “Estabilización de suelos mediante la incorporación de cemento y residuos de la industria misionera”.

Se agradece la colaboración en laboratorio al Ing. Neudeck, Néstor Hugo, responsable asistente técnico del laboratorio de ingeniería civil (LIC).

6. Referencia

[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 "

[2] IRAM 10502 “Método de determinación del límite plástico e índice de plasticidad”

[3] Mengue, E., Mroueh, H., Lancelot, L., &MedjoEko, R. (2018). Evaluation of the compressibility and compressive strength of a compacted cement treated laterite soil for road application. *Geotechnical and Geological Engineering*, 36(6), 3831-3856.

[4] Portelinha, F. H. M., Lima, D. C., Fontes, M. P. F., &Carvalho, C. A. B. (2012). Modification of a lateritic soil with lime and cement: an economical alternative for flexible pavement layers. *Soils and Rocks*, São Paulo, 35(1), 51-63.

[5] Bahmani, S. H., Huat, B. B., Asadi, A., &Farzadnia, N. (2014). Stabilization of residual soil using SiO₂ nanoparticles and cement. *Construction and BuildingMaterials*, 64, 350-359.