

Evaluación de resultados de ensayos de compresión simple en mezclas de suelo cemento para su utilización en ladrillos ecológicos en Misiones, Argentina.

Bogado Gustavo. O.^{a,b*}, Reinert Hugo. O.^a, Drewes Mario^c, Rey Leyes Samira R.^c, Posnik Nahuel D.^c, Drewes Ingrid B.^c

^a Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

^b Consejo de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, CONICET

^c Integrante del Proyecto, Estudiante de Ingeniería Civil, Laboratorio de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de Misiones (UNaM), Oberá, Misiones, Argentina.

e-mails: gustavobogado@fio.unam.edu.ar, hugo.reinert@fio.unam.edu.ar, mariodrewes98@gmail.com, samisrlr3@gmail.com, nahuel.posnik22@gmail.com, ingrid.drewes@fio.unam.edu.ar

Resumen

En el presente artículo se evalúan las propiedades geomecánicas de muestras de suelo tropical con 2 % de cemento, sobre probetas de 49 milímetros de diámetro y 100 milímetros de altura, compactadas a densidad seca máxima y humedad óptima obtenida del ensayo Próctor. Se realizaron ensayos de compresión simple para la definición de resistencia, así como también la medición de Módulo de Elasticidad inicial y su variación en el tiempo, a fin de evaluar los resultados a 1, 7, 14, 21, y 28 días de curado. Los resultados obtenidos permiten establecer que bajo las condiciones propuestas no se alcanza la resistencia mínima de referencia para el empleo del material para la construcción de ladrillos ecológicos, por lo que se propone la continuidad de las investigaciones analizando el incremento del porcentaje de cemento a incorporar a los suelos tropicales en estudio, con la necesidad de ampliar los primeros resultados obtenidos.

Palabras Clave – Suelos tropicales, Suelo cemento, Resistencia a la Compresión Simple, Modulo de Elasticidad.

1 Introducción

Las viviendas sociales no formales en la provincia se realizan mediante autoconstrucción y el material comúnmente utilizado es la madera aserrada, las cuales poseen poca aislación térmica, acústica y no poseen un confort adecuado para el clima subtropical de la provincia. A ello se suma la degradación con la intemperie de sus propiedades dado que por lo general no se posee tratamientos económicos para ampliar su durabilidad.

El empleo de mampuestos de suelo cemento, todavía están en desarrollo y no se registra el uso frecuente del mismo en la región, principalmente con el suelo limo arcilloso colorado característico de la Provincia de Misiones.

La envolvente de un edificio tiene, entre otras, las funciones de actuar como elemento moderador de las condiciones ambientales externas y delimitar los espacios arquitectónicos en donde se desarrollan las distintas actividades humanas, con el fin de lograr un ambiente interior confortable, eficiente y saludable, en otras palabras, debe estar preparada para brindar a sus ocupantes protección contra las agresiones externas: lluvia, ruido, radiación solar, por nombrar solo algunas, Mas y Kirschbaum (2012) [1]. Por otro lado, los cerramientos de una edificación responden

lentamente a cambios en la temperatura exterior produciendo variaciones graduales de la temperatura ambiente del interior afectando el nivel de confort de los ocupantes. Debido a ello, resulta necesario acondicionar la temperatura interior al rango de confort para lo cual se requiere del consumo de energía [2]. Por estas razones la eficiencia térmica del material cobra fundamental significado para el ahorro de energía y aumento del confort en los ambientes.

Para la provincia de Misiones, Czajkowski y Brazzola (2007) [3] indicaron que las viviendas estatales que utilizan materiales de manufactura industrial, no satisfacen a las condiciones térmicas exigidas por normas IRAM en cuanto a la envolvente de coberturas. Sin embargo, estas viviendas no son accesibles para toda la población, de manera tal, que muchos se ven obligados a optar por el uso en algunos casos de envolventes de madera.

En cuanto a envolventes de madera no se cuentan con estudios de eficiencia energética, y es de suponerse que tales envolventes no cumplen con normas y el confort requerido.

En este sentido, tampoco se cuenta con estudios específicos del tema en relación al empleo de ladrillos ecológicos, por lo que tampoco se puede afirmar o garantizar que una vez resueltas las cuestiones relacionadas a la resistencia de los mismo, habrá que avanzar en los estudios de confort medioambiental edilicio.

El Laboratorio de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, ha iniciado recientemente el estudio del comportamiento geomecánicos de mezclas de suelo con cemento en diferentes proporciones, siendo parte de las actividades propuestas, el desarrollo de un mampuesto para envolventes edilicias.

El enfoque principal del mismo es elaborar un material sustentable, resistente, optimizando los materiales, y con el objeto de mejorar la eficiencia energética y otorgar una nueva opción para las viviendas sociales.

En el presente trabajo, se presentan los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión simple teniendo presente la variación en el tiempo de curado de las muestras de suelo cemento ensayado.

2 Materiales y metodología

Se realizaron diferentes ensayos de compresión simple en probetas de suelo cemento de 49 milímetros de diámetro y 100 milímetros de altura. La cantidad de cemento utilizada para el caso presentado resulta del 2%, relación asumida respecto del peso de suelo seco.

La metodología utilizada fue descrita ampliamente en Drewes *et. al.*, (2022) [4].

Las probetas moldeadas, fueron ensayadas a 1, 7, 14, 21 y 28 días haciendo uso de la prensa triaxial, la cual permite velocidad de avance de 1 milímetro por minuto, y la medición de carga mediante aro dinamométrico o bien la interposición de una celda de carga con adquisición directa en equipo informático.

En la Fig. 1 se detallan imágenes fotográficas de la prensa triaxial, y de una probeta ensayada, a fin de comprender de que se trata el equipo, y la muestra de suelo. La rotura observada en la probeta

en el caso de la imagen, corresponde a la instancia inicial de curado, con el aumento del tiempo la rotura tiende a ser más frágil.



Fig. 1. Izquierda: Prensa Triaxial equipada (Laboratorio de Ingeniería Civil Facultad de Ingeniería UNaM). Derecha: Probeta de suelo cemento compactada y ensayada.

3 Resultados

En la Fig. 2 se presentan las curvas carga versus deformación obtenidas para los 10 ensayos realizados, con las muestras de suelo moldeadas en relación del 2% de contenido de cemento.

El procesamiento de los resultados permite obtener mediante el trazado de las curvas los módulos de elasticidad al inicio del ensayo (E_0), y la respectiva resistencia a la compresión simple (RCS) para cada caso.

En líneas generales se observa que el módulo de elasticidad inicial en probetas duplicadas presenta una pequeña variación en sus resultados, sin embargo, la resistencia a la compresión simple es similar en probetas duplicadas, con tendencia al incremento de la resistencia con el aumento de los días desde el moldeo.

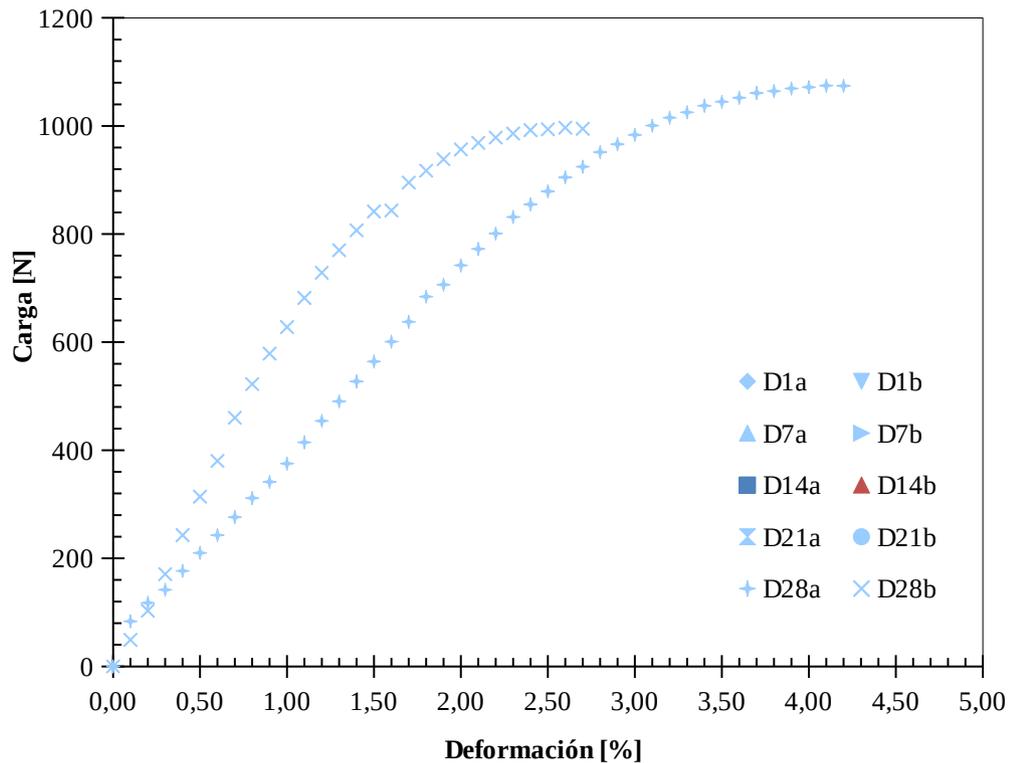


Fig. 2. Curva carga vs deformación de probetas ensayadas.

En la Tabla 1 se detallan a modo de resumen las propiedades y resultados de las probetas ensayadas, humedad, resistencia a la compresión simple y módulo de elasticidad. En la misma se interpreta como referencia D1A, día 1, probeta A; D1B, día 1, probeta B; y así con las demás probetas.

Tabla 1: Propiedades y resultados de probetas analizadas.

Página	Humedad [%]	RCS [N/cm ²]	E0 [MPa]
D1A	29,11%	42,27	30,40
D1B	29,41%	41,44	41,82
D7A	28,65%	43,16	41,94
D7B	28,54%	42,42	52,84
D14A	28,84%	41,41	76,34
D14B	28,74%	47,61	37,28
D21A	28,63%	51,35	47,06
D21B	28,61%	50,93	78,44
D28A	28,73%	55,84	30,74
D28B	28,49%	51,79	70,31

4 Análisis de los resultados

La Fig. 3 y Fig. 4 se muestra la variación del módulo de elasticidad inicial obtenidos de los ensayos de compresión simple, teniendo presente la influencia de la deformación acumulada en los resultados obtenidos.

Los resultados indican valores más elevados del módulo al inicio de las deformaciones hasta llegar ésta al 1%, a partir del cual el módulo muestra una disminución de consideración con una tendencia definida y razonable.

Respecto al aumento de la rigidez teniendo presente el tiempo de curado, se observa que no existe una clara relación entre el módulo de elasticidad y los días de curado, dado que las curvas se superponen sin un escalonamiento esperado. Esto se puede asociar a la sensibilidad de las mediciones conforme los dispositivos empleados, Capdevilla J. A. (2022) [5].

El análisis de los resultados de Tabla 1 indican considerando a modo general que la media entre probetas duplicadas para 1, 7, 14, 21, y 28 días, es claramente tendiente al aumento del módulo de elasticidad inicial conforme los días de curado, lo cual es esperable dado el aumento de la fragilidad del material por efectos de la acción del cemento en el suelo.

En cuanto a los valores de resistencia a la compresión simple (RCS) presentados en Tabla 1, se midieron valores de entre 42 y 56 N/cm², los cuales podrían considerarse como bajos, y a consecuencia no cumplen los requisitos de la Norma IRAM 11561-2 para bloques portantes y no portantes, donde se referencia como resistencia mínima de 1MPa (100 N/cm²).

Como alternativa a lo propuesto, y como continuidad de las investigaciones, se debiera de ampliar el número de ensayos realizados, evaluando la respuesta del suelo cemento con la incorporación de mayor contenido de cemento.

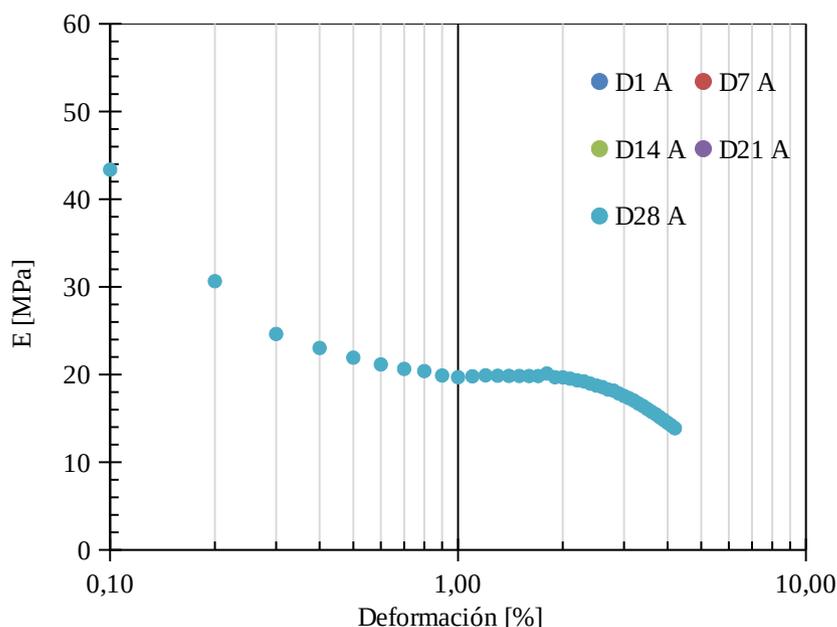


Fig. 3. Curva Módulo de Elasticidad Inicial vs deformación. Muestra "A".

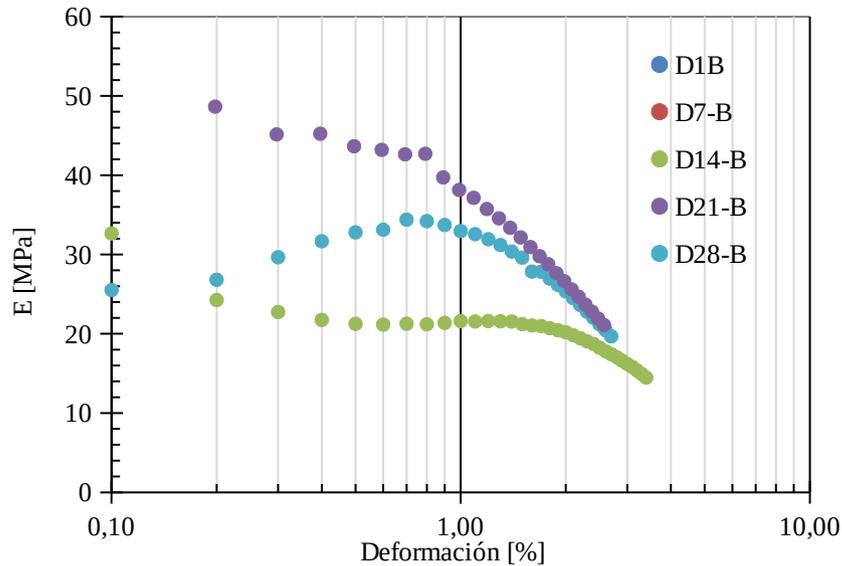


Fig. 4. Curva Módulo de Elasticidad Inicial vs deformación. Muestra "B".

5 Conclusiones

En este artículo se evaluaron las propiedades de muestra de suelo tropical estabilizado con 2% cemento, definiendo la resistencia a la compresión simple y la variación del módulo de elasticidad de probetas de suelo cemento a 1, 7, 14, 21, y 28 días de curado. Los resultados permitieron identificar el efecto de la mejora lograda en los guarismos de resistencia así como el aumento de la rigidez del suelo conforme el aumento de los días de curado.

La puesta a consideración de los valores de resistencia medidos y comparados con los requerimientos de la Norma IRAM 11561-2, indican que los mismos son muy bajos para su empleo en bloques portantes o no portantes de uso en cerramiento edilicio.

Se propone como alternativa incrementar el contenido de cemento y ampliar los ensayos de caracterización geomecánica de la mezcla suelo cemento.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al apoyo económico de la Universidad Nacional de Misiones, y a la colaboración de estudiantes de la carrera de Ingeniería Civil, integrantes de proyectos de investigación en desarrollo en el área.

Referencias

- [1] Mas, J. M., & Kirschbaum, C. F. (2012). Estudios de resistencia a la compresión en bloques de suelo-cemento. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 05-77.
- [2] Mas, J. M., & Kirschbaum, C. F. (2012). Estudios de resistencia a la compresión en bloques de suelo-cemento. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 16, 05-77.
- [3] Czajkowski J. C.; Brázzola R (2007). Vivienda económica sustentable. *Avances en energías renovables y medio ambiente*; Lugar: Salta; Año: 2007 vol. 11 p. 159 – 166
- [4] Drewes, Mario; Horn Jonatan; Bressan Daniel Antonio; Pintos Nicolás Agustín; Bogado Gustavo Orlando; Hugo Orlando Reinert. (2022). Variación De La Resistencia A La Compresión Simple En Muestras De Suelos Cemento. *Seminário de Iniciação Científica*. Ijuí, RS
- [5] Capdevila, J. A. (2008). Comportamiento tensión-deformación del loess del centro de Argentina en campo y laboratorio: Influencia de los parámetros estructurales. *Universidad Nacional de Córdoba*.