

Comportamiento mecánico de adobes fabricados con diferentes residuos vegetales

Mechanical behavior of adobe bricks made from different plant residues

Delgadillo-Ruiz E.¹, Arias-Hernández L. A.², Méndez-Jaramillo J. A.¹, Villafañá-Vallejo L. I.¹, Ruiz-Vázquez E. B.¹, Rodríguez-Aguilera A. S.¹, Maldonado-Santoyo M.³, Delgadillo-Ruiz L.⁴, Berumen-Cervantes A.⁵

¹ Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. Av. Juárez No.77, Col. Centro, Guanajuato, Guanajuato, México.

² Departamento de Ingeniería en Geomática e Hidráulica, División de Ingenierías, Campus Guanajuato, Universidad de Guanajuato. Av. Juárez No. 77, Col. Centro, Guanajuato, Guanajuato, México.

³ Centro de Innovación Aplicada en Tecnologías Competitivas, Omega no. 201, Col. Industrial Delta, León, Guanajuato, México.

⁴ Unidad Académica de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Zacatecas "Francisco García Salinas". Av. Preparatoria S/N, Col. Agronómica, Zacatecas, Zacatecas, México.

⁵ Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato, Carretera Guanajuato-Puentecillas km. 10.5, Puentecillas, Guanajuato, Guanajuato, México. e.delgadillo@ugto.mx

Resumen

La elaboración de adobes se considera una técnica constructiva capaz de satisfacer la necesidad de vivienda en las zonas poblacionales de bajos recursos económicos, debido a que es un material de construcción con alta disponibilidad y con un costo bajo de adquisición, el objetivo de este trabajo fue la determinación de la resistencia mecánica en especímenes de adobes elaborados con suelo de la localidad de Yerbabuena en el municipio de Guanajuato y utilizando tres residuos vegetales, la metodología siguió las siguientes etapas: en primer lugar, se realizó un análisis granulométrico por tamizado, después, se determinó el porcentaje de humedad, el volumen de aire y la plasticidad mediante la prueba de límites de Atterberg, como tercer etapa se elaboraron los especímenes utilizados en el experimento con una dimensión de 10x10x7 cm con incorporación de material vegetal en un 5% y 10% del peso total de suelo, las fibras vegetales utilizadas fueron bagazo de maguey, trigo molido y residuos de hojas de palma del semidesierto, las cuales fueron lavadas, secadas y trituradas hasta obtener diámetros de partícula de 6.35 y 19.05 mm, luego, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión simple con base a la norma técnica NMX-C-083-ONNCCE-2014, se sabe que la norma citada es para concreto, sin embargo, se utilizó debido a la ausencia de normativa para materiales de este tipo, por tanto, se aplicó el mismo procedimiento para los adobes a una edad del ensayo de 7, 14, 21 y 28 días de secado. Dentro de los resultados se observa que el suelo presenta un contenido de arenas del 38.84% y 61.16% de finos. Además, los valores de compresión muestran que la mejor combinación de suelo y de residuo vegetal es la del suelo con bagazo de maguey a cualquier edad de ensayo. Los análisis estadísticos indican que no existen diferencias significativas entre los tratamientos de palma y bagazo de maguey, pero si entre los de paja de trigo. Se concluye que la mejor combinación aumenta la compresión (kg/cm²) por lo que puede ser utilizado como material de rehabilitación en monumentos o casas antiguas. Como discusión podemos analizar en futuros trabajos distintos tipos de suelo y verificar si el bagazo de maguey sigue siendo el mejor residuo vegetal de los tres propuestos.

Palabras clave: bagazo; suelo, trigo, palma.

Introducción

El uso de materiales tradicionales a base de tierra y disponibles en una región forman parte de los elementos constructivos de la arquitectura conservadora y reconstructiva, la utilización del adobe como parte fundamental de un sistema de construcción que incluye en su proceso la humidificación, la transformación y la exposición al sol para lograr el secado sigue siendo vigente en muchas regiones del mundo y, específicamente en México, es una alternativa factible para la construcción de viviendas en las zonas de bajo nivel económico (Danso *et al.*, 2017) o en comunidades rurales, debido al bajo costo en su elaboración y a la alta disponibilidad de materiales con los que tradicionalmente se elabora, suelo, agua, residuos vegetales, estiércol, entre otros. El término de adobe generalmente es sinónimo de bloque de tierra o bloque de tierra prensada (Muñoz *et al.*, 2020) y representa un elemento primordial en la arquitectura tradicional con un

enfoque sustentable y ecológico, además Ouedraogo *et al.* (2019) lo define como ladrillos de tierra sin cocer moldeados a mano a partir de una plasta plástica de suelo sin presión mezclada con fibras vegetales o estiércol producto de animales.

El método constructivo representado por la utilización de tierra prensada y que generalmente se presenta en forma de bloques rectangulares con alto peso y alta compresión, pero con baja resistencia al corte y susceptibles a la erosión, utiliza materiales respetuosos con el medio ambiente y el proceso crea productos de construcción sostenibles (Bock-Hyeng *et al.*, 2016), reduciendo significativamente la huella ecológica. Dentro de los beneficios en el uso de tierra en la construcción se incluye una alta resistencia al fuego, así como el alto aislamiento térmico (Mostafa & Uddin, 2016) que se presenta durante todo el año, brindando según lo reportado en muchas investigaciones calor en el invierno y otoño y manteniendo fresco el interior de las viviendas en primavera y verano (Ramakrishnan *et al.*, 2021).

Dentro de los materiales de refuerzo utilizados para reducir la presencia de fisuras del adobe se han reportado en diversos estudios la utilización de fibras vegetales como fibra de coco, palma aceitera, sisal, bagazo de caña de azúcar, fonio, pajas de maíz, kenaf, paja de frijol, cebada, trigo, fibras de banana, residuos de papel, pulpas, fibras de lino (Sujatha *et al.*, 2023), entre muchos más elementos, sin embargo, al incorporar este tipo de fibras se reduce considerablemente la conductividad térmica del elemento estructural elaborado con tierra. La inclusión de fibras naturales en los bloques de tierra modifica de manera positiva las propiedades físicas y mecánicas, ya que permiten el aumento de la resistencia contra el desgaste y la erosión de las caras del adobe (Danso *et al.*, 2015).

Uno de los materiales que se han utilizado poco en el proceso de elaboración de adobes es el bagazo de maguey, el cual es producto de la destilación del mezcal, y cuyas propiedades mecánicas permiten sea utilizado como refuerzo en la elaboración de diversos materiales como bioplásticos (Arias-Hernández *et al.*, 2025) o como acolchados orgánicos en la agricultura reduciendo la humedad del suelo (Delgadillo-Ruiz *et al.*, 2022), su estructura fibrosa permite una alta resistencia al corte y sirve como reforzantes al corte, asimismo, el residuo vegetal proveniente de la planta de trigo, presenta características mecánicas óptimas para la elaboración de bloques de tierra, su uso es más popular que el bagazo debido a su ligereza al ser mezclado con otros materiales terrosos, sin embargo como residuo vegetal presenta menos resistencia al corte comparándolo con otras fibras como la de coco, palma y el propio bagazo, sin embargo, al igual que muchos residuos agrícolas es eficaz como acolchado orgánico reduciendo la temperatura del suelo (Delgadillo-Ruiz *et al.*, 2023). Finalmente, la hoja de la palma del semidesierto utilizada como fibra de refuerzo, la ventaja que presenta es la abundancia en México de este residuo, tiene características mecánicas similares a las del bagazo y su resistencia al corte es alta en comparación de varios materiales similares.

En general, el uso de elementos de tierra en la construcción se ha considerado una técnica sustentable debido a que implica la elección de suelos nativos y de materiales disponibles en la zona, reduciendo con ello los costos de traslados y el uso de materiales prefabricados (Donkor & Obonyo, 2016), de igual forma, el uso de bloques de barro sin coser incorporando fibras vegetales naturales sostenibles para los sistemas de elementos de mampostería rígida representa un potencial significativo para la reducción del consumo de materiales y recursos energéticos y las emisiones de contaminantes, por lo que su uso se considera sostenible y de bajo impacto ambiental (Jesudass *et al.*, 2021). Además, la incorporación de residuos vegetales en los nuevos materiales de construcción puede ser una alternativa de bajo costo y segura para la utilización en la construcción de vivienda, por tal motivo el objetivo planteado dentro de este trabajo fue la determinación de los valores de compresión de especímenes de adobe elaborados con 3 diferentes fibras vegetales: bagazo de maguey, yuca (palma del semidesierto) y paja de trigo.

Materiales y métodos

Descripción de materiales

El suelo propuesto dentro del proyecto corresponde a un sitio recolectado específicamente en la localidad de Yerbabuena en el municipio de Guanajuato a simple vista contiene una cantidad considerable de material fino de color café claro con presencia de partículas granulares en menor cantidad, este suelo en particular, se tomó la decisión de utilizarlo debido a que es el que comúnmente se utiliza en la elaboración de adobes comerciales en la zona de recolección. En la Figura 1 se muestra el tipo de suelo utilizado para el análisis.



Figura 1. Muestras de suelo utilizadas para la elaboración de adobes.
Fuente: Elaboración propia.

En el caso de los residuos vegetales se utilizaron algunos productos de procesos agroindustriales de la región de Zacatecas, los cuales son descritos como: bagazo de maguey (B) recolectado de la zona mezcalera de la localidad de la Pendencia en el municipio de Pinos estado de Zacatecas el cual presenta un color café oscuro debido a la exposición del proceso de destilación del mezcal, el segundo de los residuos es el trigo (T) sin grano que se recolectó en la zona de la localidad de Pozo Hondo del Municipio de Villa de Cos del estado de Zacatecas y el cual presenta un color amarillo dorado y finalmente, la yuca palma del semidesierto (Y) que fue recolectada en la zona norte del estado de Zacatecas en el municipio de Mazapil y la cual presenta un color amarillo claro. La figura 2 muestra los residuos vegetales empleados para la elaboración de los adobes.

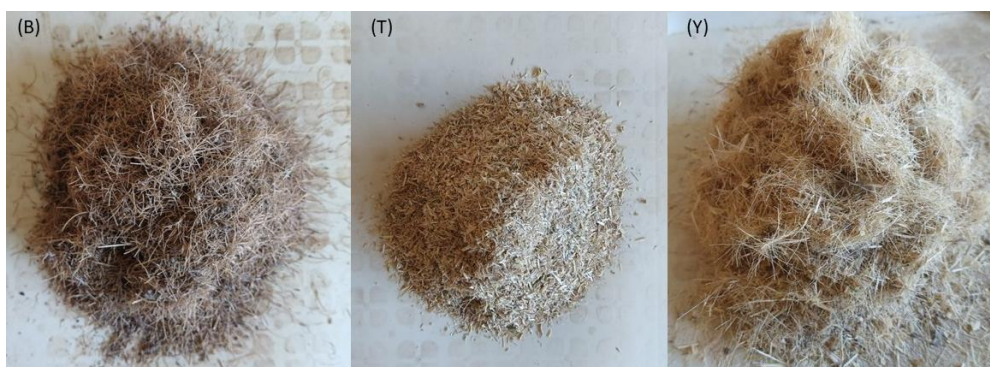


Figura 2. Residuos vegetales de bagazo (B), trigo (T) y yuca (Y) utilizados para la elaboración de adobes.
Fuente: Elaboración propia.

Tratamiento del residuo vegetal

Para el caso de las fibras vegetales se requiere llevar a cabo un proceso de lavado para eliminar las partículas de suelo o basuras que se encuentren incrustadas en el material, luego se procede al secado por 24 horas en el horno a 40°C para eliminar el excedente de humedad para, finalmente, llevar a cabo un proceso de trituración mediante un molino mecánico marca Azteca obteniendo diámetros de partícula de 19.05 y 6.35 mm para cada uno de los vegetales, en el caso específico del bagazo de maguey el proceso de trituración es realizado por un tiempo mayor en comparación con los otros dos residuos, debido a que la fibra presenta mayor resistencia al corte, una vez triturada la cantidad deseada de las muestras vegetales se procede a almacenarlas en recipientes libres de basuras o partículas ajenas al material hasta la hora de su utilización.

Análisis granulométrico del suelo

Para realizar la clasificación del suelo se lleva a cabo el análisis granulométrico basado en la propuesta realizada por Gutiérrez (2023) y en la cual la finalidad es obtener información relacionada con la distribución de tamaños de las partículas y sus propiedades mecánicas específicas para las muestras de suelo recolectadas para este estudio y permitiendo obtener además el comportamiento del suelo en diversas aplicaciones como cimentaciones, pavimentos y terraplenes. Los resultados de este análisis permitirán comparar la cantidad de arenas y finos del suelo seleccionado en relación con el beneficio de incorporar la fibra vegetal y reducir la presencia de fisuras.

Elaboración de los especímenes de adobe.

Se crearon moldes de madera con dimensiones internas de 10x10x7 cm la Figura 3 muestra las dimensiones mencionadas de los moldes secos (a) fabricados para elaborar los especímenes de adobe, además, se sumergen en agua (b) antes de la colocación de la mezcla del adobe para que no absorban la humedad del adobe y se facilite el desmolde con mayor facilidad.

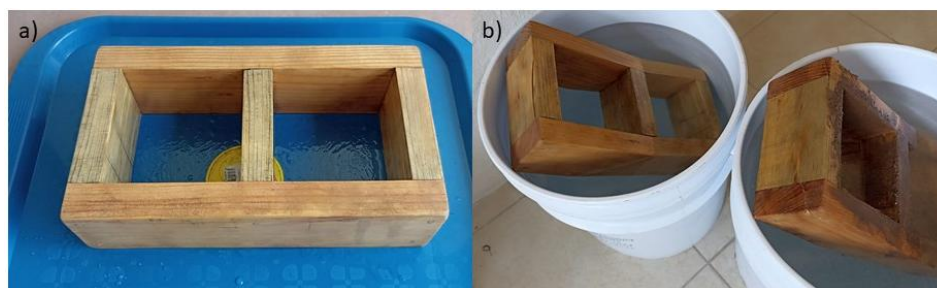


Figura 3. Moldes secos y sumergidos en agua fabricados para la elaboración de adobes.
Fuente: Elaboración propia.

Para la elaboración de los especímenes se llevaron a cabo mezclas de aproximadamente 2 kilogramos de muestra de suelo incorporando el 5 y 10% del peso de suelo de cada uno de los residuos vegetales y agregando la cantidad necesaria de agua para lograr obtener una mezcla plástica homogénea en este caso la cantidad de agua fue calculada aplicando la relación:

$$\%Agua = \frac{w_L + w_P}{2}$$

En donde w_L representa el valor promedio de la liquidez de Atterberg y w_P el límite plástico, después del amasado realizado durante 20 minutos continuos y hasta obtener una consistencia plastificada, la mezcla se coloca dentro de los moldes de madera sin llegar a presionar la masa de manera que se logre tener un adobe como tradicionalmente se realiza con la fuerza hecha por el brazo del usuario, se desmoldan los especímenes sobre una charola plástica para poder ser trasladados a un lugar en donde puedan ser ventilados y secados de manera natural bajo los rayos de sol. La temperatura promedio que se tuvo en la zona de secado varió de entre los 25-30°C durante el tiempo de curado, estudios recientes mencionan que esta temperatura ha dado buenas propiedades físicas y mecánicas a los adobes.

Análisis de compresión

Se realizaron pruebas de resistencia a la compresión simple con base a la norma técnica NMX-C-083-ONNCCE-2014, se sabe que la norma citada está elaborada para muestras de concreto, sin embargo, se utilizó debido a la ausencia de normativa para materiales de este tipo, por tanto, se aplicó el mismo procedimiento para los adobes a una edad del ensayo de 7, 14, 21 y 28 días de secado basados en los estudios realizados por López *et al.*, (2022).

Resultados

Análisis granulométrico

Los resultados del análisis granulométrico indican que el suelo seleccionado contiene 38.84% de arenas y 61.16% de finos, la Tabla 1 muestra las cantidades y porcentajes que pasa el material en cada una de las mallas que integran la prueba de granulometría. Se observa que con la cantidad de finos podría realizarse una siguiente etapa de pruebas para determinar las características asociadas a la cantidad de limos y arcillas.

Tabla 1. Resultados obtenidos con el análisis granulométrico realizado en el laboratorio de suelos.

Malla	Diámetros (mm)	Peso del material retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Que pasa	% Que pasa acumulado
Ret 2"	50	0	0.00	0.00	100.00	38.84
Ret 1 1/2 "	37.5	0	0.00	0.00	100.00	38.84
Ret 1 "	25	0	0.00	0.00	100.00	38.84
Ret 3/4"	19	0	0.00	0.00	100.00	38.84
Ret 3/8"	9.5	0	0.00	0.00	100.00	38.84
Ret #4	4.5	0	0.00	0.00	100.00	38.84
Pasa #4		290.1	99.90			
		% de gravas	0.00			
Ret #10	2	3.1	1.07	1.07	98.93	37.78
Ret #20	0.85	13.5	4.65	5.72	94.28	33.13
Ret #40	0.425	22.5	7.75	13.46	86.54	25.38
Ret #60	0.25	16.3	5.61	19.08	80.92	19.77
Ret #100	0.15	19.5	6.71	25.79	74.21	13.05
Ret #200	0.075	37.9	13.05	38.84	61.16	0.00
Pasa #200		177.3				

En la Figura 4 se observa el desarrollo de la curva granulométrica del suelo seleccionado, hasta la parte de las arenas y de finos se puede concluir que tiene una distribución equilibrada de partículas específicamente en las arenas, si se continuara desarrollando los análisis para partículas finas se esperaría que su distribución continuara de forma constante para dar una buena clasificación del material. Asimismo, se muestra en la Figura 5 el proceso de tamizado realizado en el laboratorio de mecánica de suelos de la sede la Perlita.

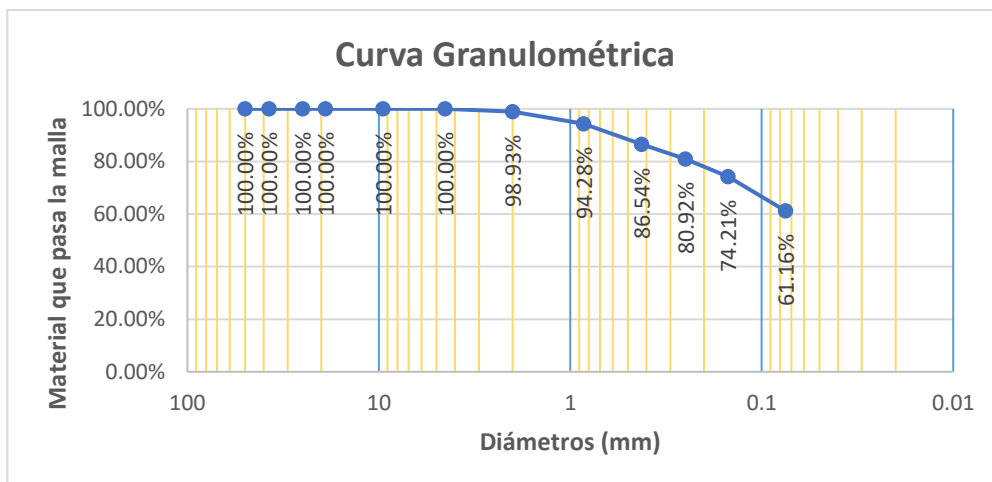


Figura 4. Curva granulométrica de la distribución de partículas del suelo seleccionado.
Fuente: Elaboración propia.



Figura 5. Representación del proceso de granulometría hecho en el laboratorio la Perlita.
Fuente: Elaboración propia.

Elaboración de especímenes

Para la elaboración de especímenes se utilizaron los pasos descritos anteriormente, la Figura 6 muestra el proceso de obtención de cada una de las combinaciones de material vegetal y el suelo seleccionado. Se pesan las muestras del suelo y de cada uno de los diferentes residuos vegetales (1,2), se mezclan manualmente hasta lograr la unificación de los componentes de la masa (3,4), se va agregando agua de forma gradual hasta obtener la consistencia de mezcla moldeable y plástica (5,6), generalmente corresponde al 35% del peso total de la mezcla seca, se extraen del agua las adoberas de madera de tamaño (10x10x7) (7) y se preparan agregando aceite de motor en su interior(8,9,10) (nota: las adoberas previamente se dejaron en agua 5 minutos) para posteriormente agregar la mezcla y, finalmente se levantan los moldes de las adoberas obteniendo los bloques (11,12) y se dejan secando a temperatura ambiente (25-30°C).



Figura 6. Proceso de elaboración de los especímenes de adobe propuestos.
Fuente: Elaboración propia.

Análisis de compresión

En la Tabla 2 se muestran los diferentes valores de compresión simple obtenidos para cada uno de los especímenes de adobe realizados y secados a 7, 14, 21 y 28 días respectivamente, la descripción de la primera columna de la tabla corresponde a lo siguiente: A al tipo de suelo tomado de Yerbabuena, P, T y B corresponde al tipo de residuo vegetal, yuca palma del semidesierto, trigo y bagazo de maguey respectivamente, y el primer número después del residuo corresponde al tamaño de partícula 1 para el diámetro de 1/4" y 2 para el diámetro de partícula de 3/4", finalmente el segundo número corresponde al porcentaje de residuo incorporado 1 para el 10% y 2 para el 5%, así por ejemplo, AP11 representa a una mezcla de suelo de Yerbabuena con residuo vegetal de yuca palma del semidesierto de 1/4" de diámetro y que se le ha agregado el 10% del peso total de vegetal.

Tabla 2. Resultados de compresión σ (Kg/cm²) de los especímenes de adobes a una edad de 7, 14, 21 y 28 días.

Muestra	7 días	14 días	21 días	28 días
AP11 (1)	6.61	7.96	9.79	9.70
AP12 (2)	11.41	15.92	16.63	23.58
AP21 (3)	8.28	10.50	10.78	11.03
AP22 (4)	14.52	16.76	16.59	16.74
AT11 (5)	8.73	10.90	10.93	9.59
AT12 (6)	15.01	17.89	18.20	17.73
AT21 (7)	11.98	14.93	14.47	15.18
AT22 (8)	15.62	16.44	16.74	18.82
AB11 (9)	11.38	15.35	16.18	19.18
AB12 (10)	20.71	19.00	21.81	21.23
AB21 (11)	14.88	14.80	15.85	15.98
AB22 (12)	15.12	16.43	15.33	14.97

En la Figura 7 se muestra el gráfico comparativo de todas las mezclas realizadas con el suelo de yerbabuena con los tres tipos de residuos vegetales, variando el diámetro de partícula y la cantidad en porcentaje incorporada a la mezcla, se observa que, en primer lugar, las muestras que contienen el 5% de cantidad de residuo vegetal sin importar el diámetro de partícula ni el tiempo de secado presentan los valores más altos de compresión en kg/cm², en caso contrario, las muestras que contienen el 10% del total de materia vegetal sin importar el tipo de residuo ni el diámetro de partícula presentan los valores de menor compresión a cualquier tiempo de secado.

En general la combinación del suelo de Yerbabuena con el bagazo de maguey con diámetro de partícula de 1/4" al 5% del peso total de la muestra presenta los valores más altos de compresión sin importar el tiempo de secado llegando a obtener valores máximos de 21.81 kg/cm², a excepción del dato de suelo de yerbabuena con residuo de yuca palma del semidesierto con diámetro de partícula de 1/4" y agregado el 5% del peso total a un tiempo de secado de 28 días que presenta un valor de compresión de 23.58 kg/cm².

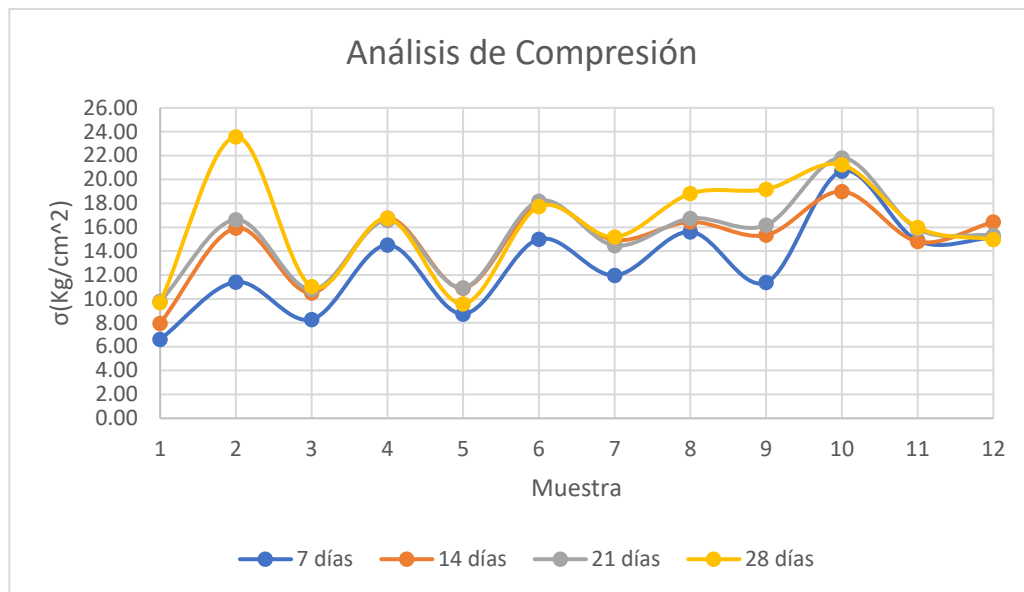


Figura 7. Gráfica comparativa de los valores de compresión simple realizada a cada una de las combinaciones de residuos vegetales y suelo.
Fuente: Elaboración propia.

En la mayoría de los casos, los valores de compresión resultan ascendentes con base al aumento de los días de secado, sin embargo, en la transición de los 21 a los 28 días existen algunas muestras que registran el mismo valor de compresión o muy cercanos entre ellos, lo que lleva a suponer que no existen diferencias significativas en los valores de compresión entre los días mencionados de secado, lo que concuerda con lo publicado en 2019 por Ouedraogo y que menciona que después de los 21 días de secado las muestras de adobes incorporando paja de fonio se mantienen constantes o relativamente iguales en los días subsiguientes. La figura 8 representa el proceso de ejecución de la prueba de compresión simple.



Figura 8. Imagen de la realización de la prueba de compresión en el laboratorio de suelos.
Fuente: Elaboración propia.

Conclusiones

El uso de residuos vegetales en la elaboración de adobes tradicionales generalmente mejora la resistencia a la compresión de especímenes que los incluyen en cierta proporción en comparación de otros elementos de tierra prensada que se elaboran con estiércol de animal y en donde la presencia de residuos vegetales es complicada de identificar el tipo de planta o composición que tiene en su contenido. Tradicionalmente los adobes se elaboran en dimensiones mayores a las que se propusieron en este trabajo, sin embargo, la principal particularidad que tenemos que tomar en cuenta es el peso que se genera por el elemento total seco y la cantidad de elementos necesario para elaborar cada cm^2 de superficie, es por ello que al reducir el volumen total de nuestra propuesta de adobe la intención fue identificar la fuerza de compresión por cm^2 y con ello reducir significativamente el tiempo de batido de la mezcla y con ello lograr una mejor integración de cada elemento.

El bagazo de maguey producto de la destilación del mezcal, es un residuo agroindustrial que generalmente es desechado por las mezcaleras, o en el mejor de los casos y bajo un cierto tratamiento, se utiliza como alimento para rumiantes, por lo que su utilización en la elaboración de estos elementos de tierra puede ser una estrategia significativamente buena para reducir la contaminación que produce al ser colocado como basura en lugares a cielo abierto. Asimismo, el residuo de trigo se obtiene después de que se ha extraído la semilla o fruto de la planta y generalmente se utiliza como alimento para ganado, en este caso se utilizó este residuo por ser un elemento con alta disponibilidad y que simula las características que otorga en los adobes tradicionales el uso de caña de maíz o rastrojo. Finalmente, el residuo de las hojas de yuca (palma del semidesierto) es un elemento poco utilizado en la ganadería, resulta ser una posibilidad tangible para la utilización como material de adobes debido a su alta disponibilidad.

La mezcla que mejor resultados tuvo respecto a la prueba de compresión realizada es la que se integra por suelo de la localidad de Yerbabuena en el municipio de Guanajuato con residuos vegetales de bagazo de maguey en cualquiera de sus proporciones y con base a los dos diámetros de partícula seleccionado, esta combinación resulta ser de gran interés para la disminución de contaminantes del suelo producidos por la acumulación de bagazo en las zonas mezcaleras del país, su implementación forma parte de una economía circular del producto, además la elaboración de adobes en su simpleza aguarda la razón de una mínima contaminación debido al proceso de elaboración y resulta ser un aislante natural en las viviendas ya que las mantiene por debajo de la temperatura ambiente exterior en la primavera y verano y conserva el calor en las estaciones de otoño e invierno.

Bibliografía

- Arias Hernández, L. A., Maldonado Santoyo, M., Delgadillo Ruiz, L., Solís Silván, R., Calderón Vega, F., Aguilera, G. C., Reducindo Ruiz, S. M., González Trinidad, J., Berumen Cervantes, A., Hernández, A. A. O., & Delgadillo Ruiz, E. (2025). The Effect of the Addition of Maguey Bagasse in the Production of Bioplastics Based on Corn and Potato Starch. *Journal of Composites Science*, 9(5), 213. <https://doi.org/10.3390/jcs9050213>
- Bock-Hyeng, C., Ofori-Boadu, A. N., Yamb-Bell, E., & Shofoluwe, M. A. (2016). Mechanical properties of sustainable adobe bricks stabilized with recycled sugarcane fiber waste. *Int. J. Eng. Res. Appl*, 6(9), 50-59.
- Danso, H., Martinson, D. B., Ali, M., & Williams, J. B. (2015). Physical, mechanical and durability properties of soil building blocks reinforced with natural fibres. *Construction and Building Materials*, 101, 797-809. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.10.069>.
- Danso, H., Martinson, D. B., Ali, M., & Williams, J. B. (2017). Mechanisms by which the inclusion of natural fibres enhance the properties of soil blocks for construction. *Journal of Composite Materials*, 51(27), 3835-3845. <https://doi.org/10.1177/0021998317693293>
- Delgadillo Ruiz, E., Castorena Padilla, C., Peña Vázquez, F., Exiga Soria, Álvaro R., Ramírez Siorda, G. Y., Arias Hernández, L. A. & Delgadillo Ruiz, L. (2022). Clasificación de acolchados y su implementación en la retención de humedad del suelo. *Jóvenes en la Ciencia*, 16, 1-9. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3838>

- Delgadillo-Ruiz, E., Tirado-Torres, D., Ramírez-García, R. A., Delgado-Escobedo, M. N., Arias-Hernández, L. A., Luna-Gutiérrez, J. F., Gonzalez-Evaristo, A., Contreras-Cisneros, J. & Barrientos-Hernández, Y. (2023). Variación de la temperatura del suelo utilizando residuos vegetales. *Jóvenes en la Ciencia*, 21, 1–8. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/4092>.
- Donkor, P., & Obonyo, E. (2016). Compressed soil blocks: Influence of fibers on flexural properties and failure mechanism. *Construction and Building Materials*, 121, 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.05.151>.
- Gutiérrez Rodríguez, W. Á. (2023). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(2), 6908-6927.
- Jesudass, A., Gayathri, V., Geethan, R., Gobirajan, M., & Venkatesh, M. (2021). Earthen blocks with natural fibres-A review. *Materials Today: Proceedings*, 45, 6979-6986. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.434>
- López González, P. J., Moreno Vázquez, O., Reyes González, D., & Noel, K. (2022). Evaluación del comportamiento mecánico de concreto de baja resistencia modificado pumicita como sustituto de cemento. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 6(6), 5866-5877. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3847
- Mostafa, M., & Uddin, N. (2016). Experimental analysis of Compressed Earth Block (CEB) with banana fibers resisting flexural and compression forces. *Case Studies in Construction Materials*, 5, 53-63. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2016.07.001>.
- Muñoz, P., Letelier, V., Muñoz, L., & Bustamante, M. A. (2020). Adobe bricks reinforced with paper & pulp wastes improving thermal and mechanical properties. *Construction and Building Materials*, 254. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119314>.
- Ouedraogo, M., Dao, K., Millogo, Y., Aubert, J. E., Messan, A., Seynou, M., ... & Gomina, M. (2019). Physical, thermal and mechanical properties of adobes stabilized with fonio (*Digitaria exilis*) straw. *Journal of Building Engineering*, 23, 250-258. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2019.02.005>.
- Ramakrishnan, S., Loganayagan, S., Kowshika, G., Ramprakash, C., & Aruneshwaran, M. (2021). Adobe blocks reinforced with natural fibres: A review. *Materials Today: Proceedings*, 45, 6493-6499. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.377>.
- Sujatha, E. R., Mahalakshmi, S., & Kannan, G. (2023). Potential of fibre reinforced and cement stabilized fibre reinforced soil blocks as sustainable building units. *Journal of Building Engineering*, 78, 107733. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.107733>