

Fabricación de adobes utilizando residuos de la minería de arena en Río Negro, Argentina.

Manufacture of adobes using waste from sand mining in Río Negro, Argentina.

Lisandro Carreño

Grupo de Investigación y Desarrollo en Técnicas de Construcción con Tierra – Facultad Regional Santa Fe,
Universidad Tecnológica Nacional – Argentina
lcarreno@frsf.utn.edu.ar

Resumen

El objetivo de este trabajo es evaluar la factibilidad técnica de emplear el material de descarte de la minería de arena destinada a la industria del *oil and gas* en la provincia de Río Negro (Arg.) para la fabricación de adobes. Con los materiales provenientes de dicha industria, se confeccionaron distintas series de probetas sobre las cuales se realizaron ensayos físicos y mecánicos. Concretamente, se determinó: retracción por secado, resistencia a compresión y resistencia a erosión húmeda. El análisis de los resultados permite concluir que, combinando la tierra y arena reciclados de la minería de arena en Río Negro, es posible elaborar adobes que cumplan con los requerimientos estipulados por la normativa internacional de referencia y las recomendaciones nacionales para este tipo de elementos constructivos.

Palabras claves: adobe, residuos, reciclaje, resistencia

Abstract

The objective of this work is to evaluate the technical feasibility of using the waste material from sand mining destined for the oil and gas industry in the province of Río Negro (Arg.) for the manufacture of adobes. With the materials from said industry, different series of test samples were made on which physical and mechanical tests were carried out. Specifically, it was determined: shrinkage due to drying, dry density, compressive strength and resistance to wet erosion. The analysis of the results allows us to conclude that, by combining the earth and sand recycled from sand mining in Río Negro, it is possible to produce adobes that meet the requirements stipulated by international reference standards and national recommendations for this type of elements constructive.

Keywords: adobe, waste, recycling, strength

Introducción

En el ámbito de la ingeniería geotécnica, se estudian los diferentes suelos y sus competencias en el desarrollo de obras civiles. Cuando el suelo es empleado como material para la construcción de viviendas, se lo denomina “tierra”. Este material tiene propiedades higrotérmicas y ambientales que permiten reducir la contaminación, debido a la baja utilización de energía requerida durante su proceso de transformación y a la posibilidad de adquirir la materia prima en la región próxima a la obra (Hegyí et al., 2016; Yepes González & Bedoya-Montoya, 2023). Análisis bioclimáticos y estudios de sus propiedades térmicas indican que los edificios construidos con este material alcanzan un mayor confort térmico y un mejor comportamiento frente a la higroscopicidad del muro (Arrigoni et al., 2017; Cuitiño & Esteves, 2022) en comparación con muros construidos con materiales tradicionales como el hormigón o ladrillo cerámico macizo.

Existen numerosas técnicas y sistemas constructivos que utilizan tierra como materia prima, siendo las más utilizadas actualmente en Argentina aquellas técnicas de albañilería que emplean

componentes prefabricados de pequeñas dimensiones -denominados “mampuestos”-, producidos previamente a la construcción de la vivienda. Una de las principales tecnologías que exponen estas cuestiones en el país es la mampostería de adobe.

El adobe es un mampuesto que se fabrica mediante el moldeo manual o mecanizado de una mezcla de tierra en consistencia plástica (barro) dentro de moldes -generalmente de madera- que se retiran de manera inmediata. Luego, se dejan secar a la intemperie durante varios días, protegidos del sol directo y la lluvia, hasta que pueda ser utilizado, pudiendo contener paja u otro material que mejore su estabilidad y evite la aparición de fisuras durante este proceso.

Objetivos

El objetivo general de este trabajo consiste en evaluar la factibilidad técnica de emplear el material de descarte de la minería de arena destinada a la industria del *oil and gas* para fabricar adobes. Para ello se proponen los siguientes objetivos específicos:

1. Hallar las dosificaciones que minimicen la retracción de los elementos constructivos a fabricar y maximicen tanto su durabilidad y su resistencia a compresión.
2. Determinar las propiedades finales de los adobes producidos con las dosificaciones propuestas.
3. Contrastar los valores de resistencia y durabilidad obtenidos contra estándares internacionales de referencia, evaluando desde allí la viabilidad técnica de la fabricación de estos elementos constructivos.

Metodología

Origen de los materiales residuales

En la actualidad, se cuenta con una gran variedad de materiales sintéticos para la apertura y apuntalamiento de fracturas que nos permitan la extracción de hidrocarburos no convencionales; sin embargo, dada su gran disponibilidad y relativo bajo costo, la arena de sílice es el agente de sostén de mayor utilización en esta industria (Rodríguez Medina et al., 2019). Para que pueda utilizarse como material de soporte, la arena debe componerse de partículas limpias, esféricas, resistentes y de una granulometría específica, variable en función de cada pozo.

Para convertir el suelo arenoso en material apto para su utilización en la fractura hidráulica, es preciso lavarlo para eliminar las partículas de tamaño limo y arcilla ($< 75 \mu\text{m}$). Luego del lavado, la arena limpia es cribada en tamices con diferentes aperturas de malla y clasificada según el tamaño de sus partículas. Este proceso genera dos subproductos: arena limpia que no cumple con la distribución granulométrica requerida; y suelo sedimentario fino, obtenido tras el secado del agua remanente del lavado de las arenas. De ahora en adelante, y a los fines prácticos de este trabajo, se dominará a la arena cribada y al suelo fino con humedades por debajo del 12% obtenidos luego del procedimiento descrito, como *arena* y *arcilla*. Estos materiales residuales pueden apreciarse en la Figura 1, después de someterse a un proceso de secado.

Para la estabilización de las probetas de adobe realizadas con estos materiales se empleó, como fibra vegetal, paja de trigo adquirida en las proximidades de la ciudad de Santa Fe (Arg.), cortada en longitudes comprendidas entre los 3 cm y los 5 cm.



Figura 1 - En orden, arcilla, arena y paja cortada, empleados en la confección de las diferentes series de probetas.

	ID	Arcilla (%)	Arena (%)	Paja (%)	Agua (%)
Confección Uno de que rigen la contracción	A a	98.0	0.0	2.0	36.8
	A b	50.0	50.0	0.0	29.6
	A c	74.3	24.7	1.0	23.4

de probetas preliminares

los parámetros fundamentales fabricación de adobes es la ocurrida durante su proceso de secado que, de no controlarse adecuadamente, provoca la aparición de fisuras. Por este motivo, para evaluar la retracción de la arcilla y conocer el efecto de la presencia de arena y paja en ella, se realizó el ensayo de retracción estipulado por la norma neozelandesa NZS 4298:98. Para ello, se moldearon 6 series con diferentes contenidos de arena, paja y agua (la cantidad requerida para alcanzar el estado plástico), cuyas dosificaciones pueden apreciarse en la Figura 2, donde el porcentaje de agua se refiere al peso seco total de los materiales (arcilla + arena + paja). Los moldes empleados para la confección de estas probetas fueron de 285 x 38 x 38 mm.

ID	Arcilla (%)	Arena (%)	Paja (%)	Agua (%)
A 1	100.0	0	0	37.4
A 2	75.0	25.0	0	38.0
A 3	50.0	50.0	0	29.6
A 4	25.0	75.0	0	23.4
A 5	100.0	0	0	39.3
A 6	98.0	0	2.0	43.1
A 7	96.0	0	4.0	39.6



Figura 2 - Dosificaciones empleadas para evaluar la retracción lineal de las mezclas para adobes y probetas de las series A 50, estabilizadas con arena y paja.

Luego de permanecer 7 días en ambiente de laboratorio, para finalizar el proceso de secado las probetas se llevaron a estufa a 105°C durante 24 hs., tras lo cual se pesaron y midieron, determinando así la retracción lineal y densidad seca de cada serie.

Confección de adobes

Tras evaluar las dosificaciones cuya retracción fuese admisible, se confeccionaron 3 series de adobes empleando moldes de 30 x 14 x 10 cm, cada una de ellas comprendida por 4 unidades. Una de las series fue estabilizada con 50% de arena, otra con un 2% de paja y otra con una fracción de ambos. En la Figura 3 pueden apreciarse las dosificaciones empleadas para el moldeo de cada serie y los adobes inmediatamente luego de ser confeccionados.



Figura 3 - Dosificaciones empleadas en la confección de adobes.

Resistencia a compresión y resistencia a erosión húmeda

Una vez transcurrido el periodo de secado de los adobes, se efectuó el corte en mitades de cada mampuesto, determinándose luego la resistencia a compresión de cada medio adobe, siguiendo el protocolo estipulado por la norma española UNE-EN 41410:2008.

Para evaluar la resistencia a erosión húmeda de cada serie de adobes, se realizó el ensayo de caída de agua estipulado por la norma UNE-EN 41410:2008, para lo cual se introdujo cada probeta (medio adobe) dentro del equipo de ensayo, dejando una de sus caras expuesta a un chorro continuo de agua. El tiempo de exposición de las probetas fue de 2 minutos. Luego de la realización del ensayo, se midió la profundidad del patrón de erosión con una varilla metálica de 1 mm de diámetro.

Resultados y discusión

Respecto a las probetas preliminares, en la Figura 4 se resumen los resultados de los ensayos de retracción, indicando la retracción lineal, expresada en porcentaje de la longitud inicial, el porcentaje de agua y la densidad seca de cada probeta. Además, con estos valores se confeccionó la Figura 5, en la cual pueden apreciarse los efectos de la incorporación de arena y paja en las mezclas para adobes. En ella se observa como la cantidad de agua requerida para alcanzar una consistencia adecuada para el moldeo disminuye con el contenido de arena de la mezcla y se mantiene constante con el contenido de paja. Además, puede apreciarse como la densidad final de las probetas aumenta con el contenido de arena y disminuye con el contenido de paja. Finalmente, tanto la incorporación de arena como paja disminuyen de manera significativa la retracción por secado de las mezclas.

ID	Agua (%)	Retracción lineal (%)	Den. (g/cm ³)
A 1	37.4	6.4	1.50
A 2	38.0	4.3	1.58
A 3	29.6	2.9	1.73
A 4	23.4	0.6	1.79
A 5	39.3	7.0	1.41
A 6	43.1	2.6	1.29
A 7	39.6	0.9	1.27

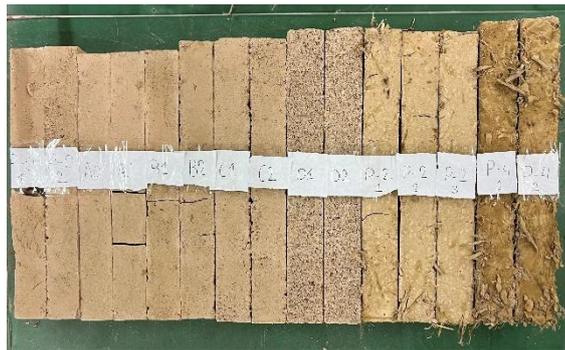
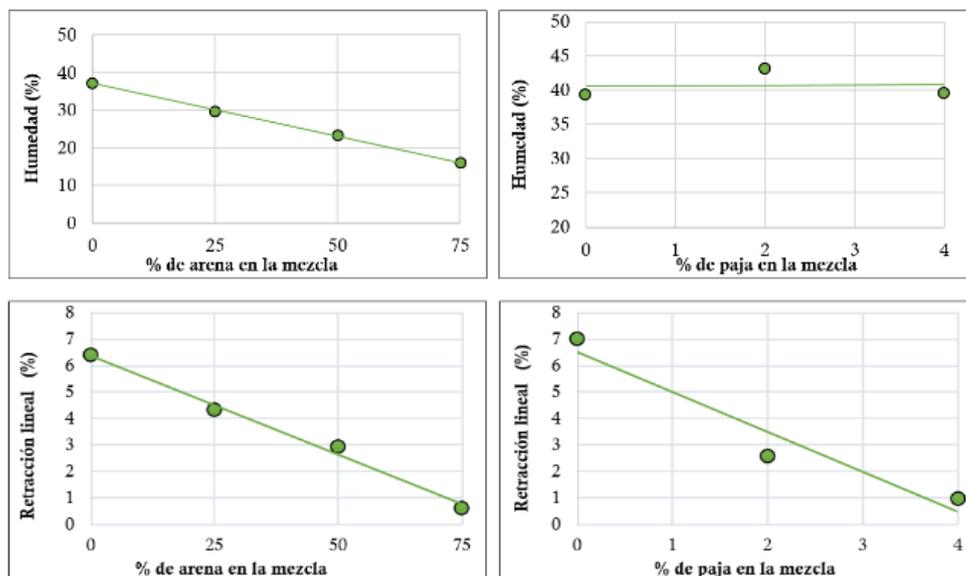


Figura 4 - Moldeo de las probetas para el ensayo de retracción.



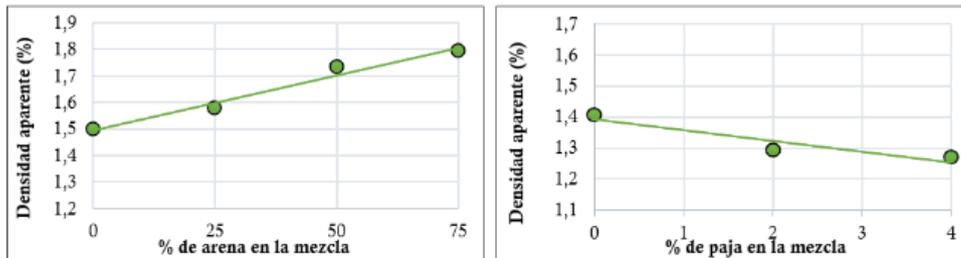


Figura 5: Variación del contenido de agua requerido para alcanzar la consistencia de moldeo, la densidad seca final y la retracción lineal de las dosificaciones propuestas en función del contenido de arena y paja.

La evaluación de las gráficas de la Figura 6 permite entender que, para evitar la aparición de fisuras por retracción en los adobes, es necesario estabilizar la arcilla con arena, paja o una mezcla de ambos. Sin embargo, contenidos de arena superiores al 50% generan un material que se desgrana con mayor facilidad, mientras que contenidos de paja superiores al 2% producen un material difícil de mezclar y moldear, con grandes heterogeneidades. Es por este motivo que las series de adobes producidas emplearon un 50% de arena (A a), un 2% de paja (A b) y una combinación de paja y arena (A c).

Por otro lado, en la Tabla 1 puede apreciarse la resistencia a compresión y densidad seca de cada mitad de adobe ensayado. Finalmente, en la Figura 6 se presenta la resistencia a erosión húmeda de los adobes.

Evaluando los resultados de la Tabla 1 puede apreciarse como, la resistencia media a compresión de las 3 es similar, encontrándose entre los 16.63 y 18.63 kgf/cm². Es importante indicar que estas resistencias superan el mínimo de 15 kgf/cm² requerido para adobes portantes por las normas brasileras (ABNT, 2020) y la Red Argentina de Construcción con Tierra (Red Protierra Argentina, 2020).

	ID	Densidad seca (g/cm ³)	Resistencia (kgf/cm ²)
Adobe	A a	1340	16.63
	A b	1707	17.93
	A c	1843	18.63

Tabla 1 - Densidad y resistencia media a compresión de las diferentes series de adobe.

	Adobes		
	A a	A c	A b
Serie			
Tiempo	2 min	2 min	2 min
Erosión	42 mm	24 mm	100 mm (*)

(*) Esta probeta fue completamente perforadas por el agua

Figura 6 - Resultados del ensayo de resistencia a la erosión húmeda por caída de agua sobre las diferentes series de adobes.

Finalmente, puede indicarse que, dado el elevado deterioro experimentado por las probetas ensayadas (Figura 5), ninguna de las series producidas es apta para utilizarse en muros exteriores sin revestimiento. Sin embargo, es importante indicar que las series estabilizadas con paja presentaron un mejor desempeño que las estabilizadas únicamente con arena.

Conclusiones

- Combinando la arcilla y arena generados como residuos de la minería de arena en la provincia de Río Negro (Argentina), es posible elaborar adobes que cumplan con los requerimientos estipulados por la normativa internacional y las recomendaciones nacionales.
- El suelo arcilloso estudiado presenta un elevado índice de retracción por secado, cercano el 7%, motivo por el cual es necesario estabilizarlo granulométricamente mediante la incorporación de arena, o fibras vegetales para disminuir su retracción por secado.
- A pesar de que las resistencias a compresión media de las 3 series de adobes confeccionados son muy similares, en función de los resultados de erosión húmeda, se recomienda producir adobes con una mezcla de arcilla (74.25%), arena (24.75%) y paja (1%). Estos porcentajes son referidos al peso seco de los materiales.

Referencias bibliográficas

- ABNT. (2020). NBR 16814. Adobe. Requisitos e métodos de ensaio.
- Arrigoni, A., Grillet, A. C., Pelosato, R., Dotelli, G., Beckett, C. T. S., Woloszyn, M., & Ciancio, D. (2017). Reduction of rammed earth's hygroscopic performance under stabilisation: an experimental investigation. *Building and Environment*, 115, 358–367. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.01.034>
- Hegyí, A., Dico, C., & Catalan, G. (2016). Construction sustainability with adobe bricks type elements. *Urbanism. Arhitectura. Constructii*, 7(2), 147.
- Rodríguez Medina, C. G., Chuk, O. D., Bertero, R., Luna, A., Nuñez, E., & Trigo, P. (2019). Segmentación de imágenes de partículas de arena utilizadas para fracking. XXI Workshop de Investigadores En Ciencias de La Computación, 6. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/77049>
- Red Protierra Argentina. (2020). Protocolo de ensayos sobre elementos constructivos para la construcción con tierra. <http://redprotierra.com.ar/2020/10/28/protocolos-de-ensayo-para-la-construccion-con-tierra/>