

Determinación de las propiedades de las cenizas bagaceras para su uso en la construcción

Norma G. Barnes, Nicolás Cisterna, Patricia M. Albarracín y Daniel Borkosky
Departamento de Ingeniería de Procesos e Industrial, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología (FACET),
Universidad Nacional de Tucumán (UNT), Avenida Independencia 1800, 4000 S.M. de Tucumán, Argentina.
nbarnes@herrera.unt.edu.ar

RESUMEN

La confección de ladrillo cerámico a partir de arcillas cocidas, la producción de eco-ladrillos, fabricados con residuos sólidos industriales, es una alternativa para solucionar la problemática ambiental generada por la producción de cenizas en calderas bagaceras. Para este trabajo, se determinaron en laboratorio las propiedades físicas, químicas y mineralógicas de la ceniza de bagazo. Se determinó la resistencia mecánica en una máquina de compresión simple marca SOILTEST. Se construyeron probetas por duplicado, con proporciones de ceniza del 10 al 60 %, activadas con 20 % de cal hidratada y se completó con arena. Estos ensayos mostraron una resistencia muy por debajo de la desarrollada por ladrillos cocidos. Se concluyó que la ceniza, por sí sola, no posee resistencia mecánica; sin embargo, puede ser utilizada como un soporte mecánico similar a la arena para la elaboración de unidades de construcción pre moldeadas, con pequeñas adiciones de cemento.

Palabras clave: cenizas bagaceras, resistencia mecánica, eco-ladrillos.

ABSTRACT

Due to the environmental problems generated by the production of ash in bagasse boilers and, on the other hand, the manufacture of ceramic bricks from cooked clays, the production of *eco-bricks* manufactured with industrial solid waste, is an alternative solution. In this work, the physical, chemical and mineralogical properties of the bagasse ash were determined in the laboratory. The mechanical strength was determined in a simple compression machine brand SOILTEST. Test tubes were constructed in duplicate, with ash proportions from 10 % to 60 %, activated with 20 % hydrated lime and completed with sand. These tests showed a much lower resistance than that developed by fired bricks. It was concluded that the ash itself does not have mechanical strength. However it can be used as a mechanical support similar to sand for the preparation of pre-molded construction units with small additions of cement.

Key words: bagasses ashes, mechanical strength, eco-bricks.

INTRODUCCIÓN

Producir materiales para la construcción requiere de grandes cantidades de energía y recursos, además de altos costos de producción. Por la estrecha relación que existe entre materiales, energía y medioambiente, es necesario recurrir a la producción y uso de nuevos materiales sustentables. Según la ONU, (Organización de las Naciones Unidas), es "...la capacidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones." (1).

Actualmente, la industria azucarera en Argentina utiliza como principal combustible, para la generación de vapor en calderas, una biomasa de origen celulósico, obtenida como residuo de la mecanización de la caña de azúcar, su combustión genera sólidos finos volátiles. El filtro húmedo de gases denominado *scrubbers* es eficiente para el cumplimiento de las normativas vigentes para

efluentes gaseosos, requiere de un tratamiento posterior del agua efluente, que es la disposición de la cantidad de sólidos y cenizas bagaceras, obtenidas en la recuperación del agua.

El ladrillo cerámico, confeccionado a partir de arcillas cocidas a temperaturas de entre 800 y 1050 °C, es uno de los materiales de construcción más empleado en el mundo; sin embargo, para su obtención se requiere de un gran gasto energético que genera una importante cantidad de CO₂. Además, es evidente la creciente escasez de suelos-arcilla y limos aptos para la elaboración de ladrillos de óptimo desempeño y el negativo impacto ambiental en las zonas de donde se extraen esas materias primas.

En la industria de la construcción continuamente se consiguen avances en los materiales utilizados que ofrecen mejores prestaciones, mayor seguridad y preservan el medio ambiente. Ejemplo de esto son materiales puzolánicos que mejoran el comportamiento de los conglomerantes que los incorporan. El término puzolana incluye a todos los materiales inorgánicos, tanto naturales como artificiales, capaces de combinarse directamente con la cal o con el Ca(OH)₂, procedente de la hidratación de los cementos, a temperatura ambiente y en presencia de agua, para formar compuestos similares a los originados en la hidratación de los componentes principales del cemento Portland.

Es objeto de múltiples investigaciones el alto contenido de sílice en las cenizas procedentes de la combustión de residuos agrícolas (biomasa), dependiendo del proceso de combustión, puede tener carácter puzolánico; tal es el caso de materiales como la ceniza de cascarilla de arroz, la ceniza de hojas de bambú y el bagazo de caña de azúcar (2).

En este trabajo se propuso determinar el carácter puzolánico de las cenizas de bagazo. Para ello, se evaluaron sus propiedades físicas, químicas y mineralógicas y su resistencia mecánica.

MATERIALES Y MÉTODOS

Determinación experimental de composición química de la ceniza

Las muestras fueron secadas en una estufa durante 24 h, a temperatura controlada de 90 °C, posteriormente sobre una base de 50 g fueron calcinadas en una mufla a 700 °C, con el fin de eliminar cualquier resto de materia orgánica no combustionada. La composición química de las cenizas resultantes fue determinada en el Laboratorio de Metales de la Estación Experimental Agro-Industrial Obispo Colombres (EEAOC), Tucumán, Argentina.

Determinación experimental del tamaño de las partículas

Se pesaron 150 g de la muestra húmeda y se secaron 24 horas a temperatura controlada de 90 °C. De la muestra seca se pesaron 100 g, que fueron directamente tamizados en una serie de 8 tamaños de mallas (tamiz N°6, 10, 20, 40, 60, 100, 140, 230 y el fondo), y se obtuvo, directamente, el porcentaje de partículas retenidas en cada malla.

Morfología de las cenizas

Se utilizó un microscopio de barrido electrónico (SEM), a fin de determinar las estructuras en la ceniza. El estado predominante solo podrá ser determinado mediante ensayos de resistencia mecánica de probetas elaboradas con la muestra.

Características mecánicas de la ceniza

Se construyeron probetas de ensayos, constituidas por ceniza-cal-arena, variando las proporciones y fueron al esfuerzo de compresión. Se construyeron por duplicado, con las siguientes proporciones de ceniza: 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % y 60 %, todas ellas activadas con un 20 % de cal hidratada y se completaron con arena. Se utilizó un molde de 3 pulgadas (7.62 cm) de diámetro

interior y una altura 15 cm, con fondo fijo, provisto de un collarín de desarme para el desmolde y un dispositivo de compactación constituido por un enrasador y pistón martillo de 2.5 kg. Se utilizó el método de compactación de Proctor (3, 4) para definir el número de golpes de martillo.

Las probetas, curadas durante 28 días, fueron ensayadas en la máquina de compresión simple de marca Soiltest modelo U-160-A, con una celda de carga modelo Tedeo N° 616.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La composición química de las cenizas mostró altos porcentajes de SiO_2 y Al_2O_3 , lo que indica un buen comienzo para su potencial utilización como compuesto cementante Puzolánico (tabla 1).

Tabla 1. Composición química de las cenizas bagaceras, (% masa/masa, m/m)

Compuesto	% (m/m)
SiO_2	58
Al_2O_3	26
Fe_2O_3	5.5
CaO	4.6
MgO	1.2
K_2O	3.2
Na_2O	1.5

En la figura 1 se observa que la distribución de los tamaños de las partículas oscila entre 0.25 mm y 0.001 mm, siendo los valores predominantes 0.149 mm (21.84 %), 0.105 mm (18.55 %), 0.063 mm (38.28 %). Según los valores óptimos fijados por las nomas IRAM 35 -75 μm , se puede concluir que, aproximadamente, solo el 40 % de las partículas posee un tamaño aceptable.

La figura 2 muestra una imagen de la ceniza ampliada a través del microscopio de barrido electrónico (SEM). Se pueden diferenciar a simple vista 2 estructuras predominantes, una porosa (estado amorfo), que es la principal responsable de la actividad cementante puzolánica y otras estructuras compactas (estado cristalino) de los aluminosilicatos, que por su dureza semejante a la arena, son un gran soporte mecánico.

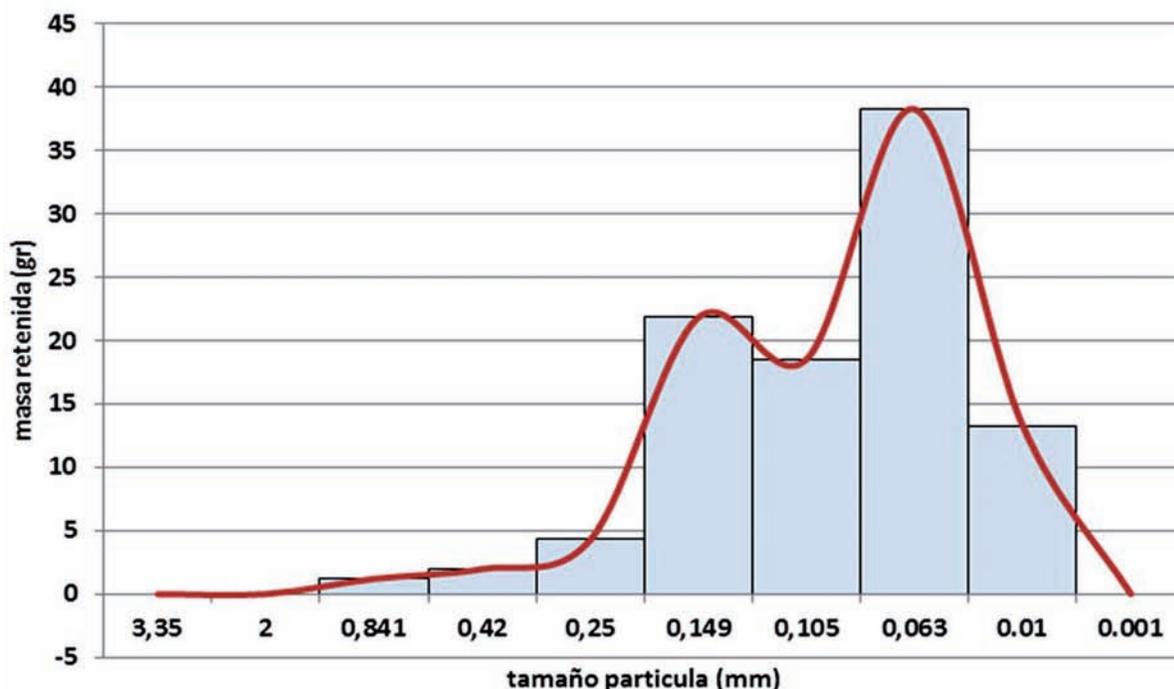


Figura 1. Histograma de distribución de tamaños de partículas de las cenizas bagaceras.

La tabla 2 muestra los valores promedio del esfuerzo de compresión tolerado por cada juego de 2 probetas, con las proporciones de ceniza de 10 %, 20 %, 30 %, 40 %, 50 % y 60 % antes mencionadas. Se observa que los morteros ensayados no desarrollaron una gran resistencia mecánica ni presentaron una tendencia a aumentar, cuando fueron sometidos a un esfuerzo de compresión simple, independientemente del incremento de ceniza.

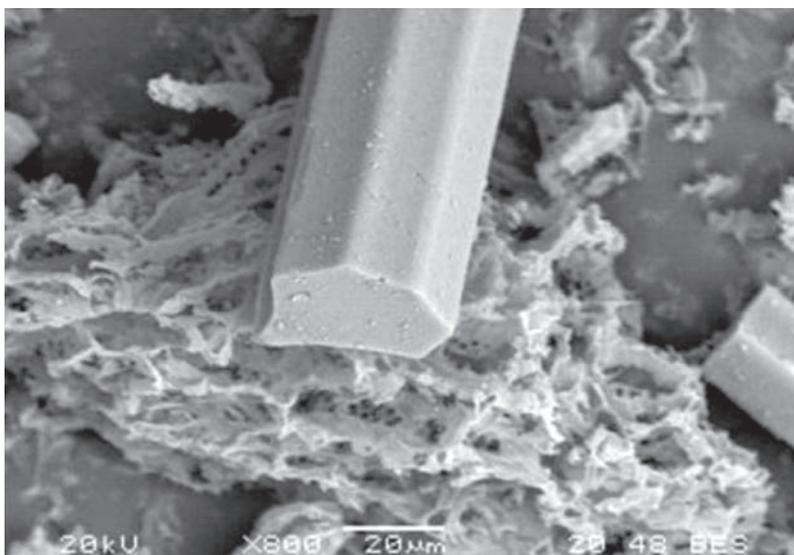


Figura 2. Imagen de la ceniza con microscopio de barrido electrónico (SEM).

Tabla 2. Resistencia mecánica de las cenizas bagaceras: dosificación vs esfuerzo de compresión

Dosificación (%)	Esfuerzo (kg/cm ²)
10	0.85
20	1.06
30	1.28
40	1.57
50	1.89
60	2.13

CONCLUSIONES

La ceniza posee un alto contenido de silicatos y aluminatos y una granulometría moderadamente aceptable, presenta baja actividad puzolánica debido al predominio de la fase cristalina sobre la fase amorfa. Esto queda corroborado mediante los ensayos mecánicos a distintas proporciones cenizas que desarrollaron una resistencia apenas superior a 2 kg/cm², muy por debajo de la resistencia desarrollada por otros elementos de construcción utilizados frecuentemente como ladrillos cocidos, que está en el orden de 22 kg/m².

El hecho que las cenizas posean una baja actividad puzolánica con los elevados porcentajes de aluminatos y silicatos presentes en ellas, se puede atribuir a que el bagazo es quemado a temperaturas muy elevadas en los hogares de las calderas, por encima de los 800 °C, pasando la mayor parte de los aluminatos y silicatos del estado amorfo al cristalino.

La ceniza, por sí sola, como agente cementante no posee muy buen desempeño en cuanto a resistencia mecánica. Sin embargo, dado su gran volumen disponible como residuo de la industria azucarera y sus altos contenidos de silicatos y aluminatos en estado cristalino y en menor medida estado amorfo, continua siendo una fuente importante de materia prima, ya que puede ser utilizada como un soporte mecánico similar a los denominados áridos (arena) para la elaboración de unidades de construcción pre-moldeadas con pequeñas adiciones de cemento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Declaración de Río sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo, Río de Janeiro, 3 al 14 de junio de 1992
2. Fuentes Molina, Natalia; Fragozo Tarifa, Oscar Iván; Vizcaino Mendoza, Lissette (2015) Residuos agroindustriales como adiciones en la elaboración de bloques de concreto no estructural, Revista Universidad Militar Nueva Granada Bogotá, Colombia, 25, (2): 99-116 <https://www.redalyc.org/pdf/911/91142868006.pdf>
3. William Lambe T. y Whitman Robert V. Mecánica de Suelos, Editorial Limusa, S.A. de C.V. grupo Noriega Editores, México. Capítulo 14, 2014, pag. 154-155, ISBN 968-18-1894-6
4. Normas de Ensayos de la Dirección Nacional de Vialidad. 1º Distrito Buenos Aires. VN -E6-84, pág. 33 a 55