

Actas del I Congreso Internacional de Construcción Sostenible y Soluciones Eco-eficientes

ESCAYOLA ADITIVADA CON RESIDUOS AGRÍCOLAS: CÁSCARA DE ARROZ Y CÁSCARA TRITURADA

**¹Leiva Aguilera, M.J.; Del Río Merino, M.
Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica de Madrid.
Av. Juan de Herrera nº 6 - 28040 Madrid
e-mail: ¹majleiva@gmail.com**

RESUMEN

El crecimiento agrícola e industrial en el mundo genera abundantes residuos, cuyo tratamiento y destino final es difícil, costoso y en algunos casos ambientalmente poco sostenible.

La cáscara de arroz es un residuo agrícola resultante de la producción de este cereal. Este trabajo expone la posibilidad de emplearse en la fabricación de materiales de construcción como alternativa a los que se comercializan actualmente. El objetivo fundamental es el estudio de un nuevo material de escayola aditivada con cáscara de arroz y cáscara de arroz triturada. Para ello se realizan probetas de escayola en laboratorio con distintos porcentajes de residuo, y se ensayan para analizar su comportamiento, por comparación con la matriz de escayola.

Las conclusiones de estos ensayos son:

- La adición de cáscara de arroz en sus dos formatos reduce la densidad de la escayola aunque conlleva pérdidas de valor en la resistencia a flexotracción y a compresión.
- Este nuevo material se puede utilizar para la fabricación de elementos prefabricados y otros elementos constructivos que requieran poco peso.
- Aplicado a la fabricación de elementos constructivos, reduce el residuo, y el empleo de materia prima, contribuyendo, por tanto, a la mejora del impacto medioambiental.

Keywords: cáscara de arroz, escayola, dureza, resistencia a flexotracción, resistencia a compresión.

1.- Introducción.

La cáscara de arroz es el mayor residuo resultante de la producción agrícola de granos de este cereal, y su destino final es uno de los mayores problemas que tienen los países productores de arroz. Cada cuatro toneladas de arroz producidas generan una tonelada de cáscara. En la Unión Europea el tercer país productor de arroz es España con una producción de 929.900 Tn en 2011 (FAOSTAT) [1].

En la producción de arroz se emplean fertilizantes, herbicidas, insecticidas y fungicidas, transformando la cáscara en un residuo altamente contaminado, debiendo evitar la quema indiscriminada de éste, ya que libera tóxicos que provocan afecciones respiratorias.

La cantidad de residuo generado y las características que tiene esta fibra, hacen que el estudio de su aprovechamiento y reutilización en la fabricación de otros elementos, constructivos o de otra índole, sea importante para dar salida a este subproducto y así colaborar a la mejora del impacto medioambiental.

1.1.- Antecedentes yeso-escayola aligerada.

La incorporación de materiales a la escayola es una práctica habitual en la construcción en búsqueda de la mejora de sus propiedades. La mayoría de las investigaciones y estudios realizados se basan en la reducción de la densidad, en la mejora del aislamiento térmico-acústico y de la resistencia mecánica del compuesto.

Para aligerar la escayola se han utilizado diversos procedimientos:

- Oclusión de aire en masa: aumentando la relación A/E, con agua carbonatada, aireantes, espumantes.
- Incorporación de cargas ligeras: arcilla expandida, perlita, vermiculita, poliestireno expandido, residuos EPS, corcho natural, vidrio celular, etc.

Diversos investigadores han incorporado áridos ligeros en la escayola para reducir su densidad. De estos trabajos destaca el de Oteiza San José I. [2] que en su estudio incorpora **cáscara de arroz** con relaciones agua/escayola de 0,6 y adiciones de 1% y 2% de fibra sobre el peso seco de la escayola. Los resultados y conclusiones del autor sobre la incorporación de esta fibra son: buena trabajabilidad, disminución de la resistencia a flexotracción en un 25% con respecto a la referencia, densidades similares a las de la escayola sin adiciones y un aumento de la resistencia a compresión en un 12% con respecto a la referencia. Por tanto concluye que esta fibra con los porcentajes empleados en su estudio no aporta mejoras significativas en relación con la escayola sin adiciones.

Río Merino M. [3] realiza un estudio para aligerar la escayola basado en la oclusión de aire en masa y en la incorporación de cargas ligeras como arcilla expandida, perlita expandida, vermiculita, poliestireno expandido, vidrio celular y desechos de corcho granulados [4]. Sus conclusiones admiten los composites formados por escayola-corcho y escayola-EPS.

González Madariaga F.J. [5] busca una forma de reciclar los residuos EPS. A través de su parte experimental confirma la posibilidad de utilizar estos residuos, y afirma que las placas y los paneles con estos residuos pueden cumplir con los usos de

placa de yeso laminada y paneles de EPS comerciales para la construcción pero con solicitudes menores para algunas de sus características [6].

Jobbins F. [7] presenta una patente en la que propone un material alternativo a la adición de vermiculita expandida, perlita y más recientemente partículas termoplásticas, incorporando un látex natural o sintético a la masa del yeso en combinación de un tensioactivo no iónico.

Sumin Kim [8] realiza un estudio con tableros de yeso fabricados con incorporación de cáscara de arroz de hasta un 40% sobre el peso del yeso. Del estudio concluye que la cáscara de arroz es buen material de refuerzo, con un ligero efecto resistente sobre la absorción de agua y humedad.

De toda la bibliografía consultada se puede concluir que son numerosos los investigadores que han trabajado incorporando al yeso/escayola diferentes adiciones para mejorar alguna de sus características (reducción de densidad, mejora de la tenacidad, etc.) o simplemente para ahorrar materia prima y reducir el vertido de residuos (caucho, EPS procedente de reciclaje, etc.) pero salvo las investigaciones del profesor Oteiza sobre la adición de cáscara de arroz, y los estudios realizados por Sumin Kim, no se han encontrado más referencias en la bibliografía a la adición de este residuo en ningún conglomerante. Por tanto, se decide continuar con dicho estudio (1% y 2% y A/E=0,6) para contrastar resultados y para estudiar la viabilidad de incorporar dicho residuo en mayor cantidad.

2.- Metodología.

- Estudio y análisis de los materiales utilizados en la investigación.
- Plan experimental: materiales, normativa y ensayos.
- Análisis de resultados.
- Conclusiones.

3.- Materiales empleados.

Yeso-escayola: Material fácilmente explotable y que requiere poco consumo energético. Se caracteriza por su trabajabilidad (excelente plasticidad), buen aislamiento térmico, capacidad higrotérmica y resistencia al fuego. Por todo esto hace que sea un material muy versátil, pues, empleando en su confección distintas proporciones y tipo de adiciones, se pueden obtener múltiples productos finales. La escayola utilizada en la parte experimental es Iberplaco E-35.

Cáscara de arroz (CA): La cáscara de arroz es una fibra corta que recubre naturalmente el grano para protegerlo del ambiente. Aparece en el proceso de molienda de este cultivo. Su longitud varía entre 5 y 11 mm según la especie considerada, es de estructura ondulada y apariencia superficial irregular [9]. Tiene propiedades altamente abrasivas y 6 en la escala Mohs en estado natural. Su estructura presenta un volumen poroso del 54%, cavidades que permanecerán cerradas en tanto no se someta a un proceso de combustión [10].

Cáscara triturada (CT): obtenida de la molienda de la cáscara de arroz.

La cáscara de arroz utilizada procede del Molino de arroz que pertenece a *Herba Ricemills. S.L.U (Grupo Ebro Puleva)* situado en San Juan de Aznalfarache. Sevilla (España).

4.- Plan experimental.

Los ensayos se han realizado en el Laboratorio de Materiales de la Escuela de Arquitectura Técnica de Madrid.

La temperatura del laboratorio es aproximadamente de 23 °C y la humedad relativa es de 26,4%.

Se realizan probetas de referencia de 40x40x160 mm según normativa UNE-EN 13279-2 con escayola E-35 y relación A/E=0,6 y A/E=0,8. Posteriormente se va incorporando CA y CT en porcentaje sobre el peso de la escayola incrementando de forma gradual.

La metodología empleada en la confección de probetas y ensayos de laboratorio se realiza según la norma UNE EN 13279-2 Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Métodos de ensayo.

5.- Resultados y discusiones.

5.1.- Trabajabilidad.

En la relación A/E=0,6 la trabajabilidad es buena en porcentajes de cáscara de arroz que no superan el 6% y con A/E=0,8 la trabajabilidad de la pasta es buena con incorporaciones de CA y CT superiores a 8%.

5.2.- Densidad.

En la tabla 1 se muestran los resultados del peso de todas las probetas con porcentajes de CA y CT del 8% y 10% en relación A/E=0,6 y A/E=0,8. Se observa que la densidad de las probetas con incorporación de cáscara no sufre una variación significativa, pero todos los resultados con incorporación de residuo están por debajo de la densidad de referencia.

Peso (g)	Referencia	CA8	CA10	CT8	CT10
A/E=0,6	326.8	317.6	—	320.2	321.1
A/E=0,8	261	—	248.3	—	258.8

Tabla 1. Pesos promedio

5.3.- Dureza Shore C.

La tabla 2 muestra los resultados en los ensayos de dureza Shore C. En relación A/E=0,6 y A/E=0,8 las incorporaciones del 8% y superiores de CA y CT obtienen durezas con valores por encima de los de referencia.

Dureza Shore C	Referencia	CA8	CA10	CT8	CT10
A/E=0,6	92	93	—	93	93
A/E=0,8	80	—	81	—	82

Tabla 2. Dureza promedio.

5.4.- Resistencia a flexotracción.

La tabla 3 muestra los resultados promedio obtenidos en el ensayo a flexotracción. Con incorporaciones de CA las probetas con relación A/E=0,6 disminuye hasta un 43% con respecto a la serie de referencia (7,6 MPa). En relación A/E=0,8 la resistencia a flexotracción, disminuye en un 41% con el 8% de adición, con respecto a la serie de referencia 4,5 (MPa).

Con incorporaciones de CT las resistencias disminuyen un 14% en ambos casos.

Resistencia flexotracción (MPa)	Referencia	CA8	CA10	CT8	CT10
A/E=0,6	7.58	4.75	—	6.5	6.2
A/E=0,8	4.5	—	2.8	—	3.9

Tabla 3. Resistencia promedio a flexotracción

5.5.- Resistencia a compresión.

La tabla 4 muestra los resultados en el ensayo a compresión. En relación A/E=0,6 para el 8% de adición de CA y CT, la resistencia es un 43% menor que la serie de referencia (21,3 MPa).

En relación A/E=0,8 el descenso de la resistencia a compresión es para el 10% de adición de un 51% con respecto a la serie de referencia 11,0 (MPa).

Resistencia compresión (MPa)	Referencia	CA8	CA10	CT8	CT10
A/E=0,6	21.3	12.21	—	12.9	11.6
A/E=0,8	11.0	—	5.3	—	6.8

Tabla 4. Resistencia promedio a compresión

6.- Conclusiones.

El residuo cáscara de arroz es abundante y renovable. Según el estudio realizado, España se encuentra dentro de la Unión Europea, en el tercer puesto de los países productores de arroz. Si la producción de arroz en el año 2011 fue de 929.900 Tn, el residuo generado sería alrededor de 232.475 Tn.

La cantidad de residuo generado y las características que tiene esta fibra, hacen que el estudio de su aprovechamiento y reutilización en la fabricación de otros

elementos, constructivos o de otra índole, sea importante para dar salida a este subproducto y así colaborar a la mejora medioambiental.

En el gráfico 1 se muestran los resultados obtenidos en “peso-dureza” de los compuestos formados con CA y CT. Las dos líneas perpendiculares marcan la referencia. Los compuestos que quedan a la izquierda de la línea tienen menores densidades y los que quedan por encima de la línea horizontal mejores durezas.

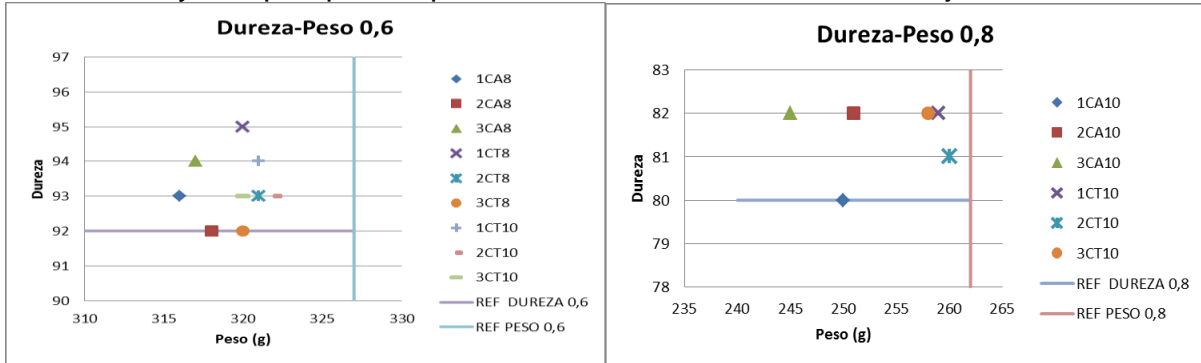


Gráfico 1. Relación dureza-peso de las series A/E=0,6 y A/E=0,8

Una vez analizado el compuesto “escayola-cáscara de arroz”, la disminución de peso (gráfico 1) no es significativa. Sin embargo se consigue disminuir el peso en todas ellas. Para que este efecto se produjera en proporciones mayores, habría que aumentar más la adición de CA y CT, condicionada por la trabajabilidad del compuesto y las pérdidas de resistencias mecánicas, y así estudiar la posibilidad de utilizar el compuesto en la fabricación de materiales de construcción que necesiten poco peso.

En el estudio realizado con relación A/E=0,6 se incorporó residuo CA hasta un 8% sobre el peso de la escayola, agotando la trabajabilidad del compuesto, sin embargo con la relación A/E=0,8 se tendría que seguir incorporando más porcentaje de carga para comprobar el comportamiento del material.

En cuanto a la dureza en ambas relaciones y con los dos tipos de subproductos utilizados se observan valores superiores a los de referencia.

En el gráfico 2 se muestran los resultados obtenidos en resistencia a flexión-peso, los compuestos que quedan a la izquierda de la línea vertical tienen menos densidad, y los que quedan por encima de la línea horizontal tienen mejores resistencias.

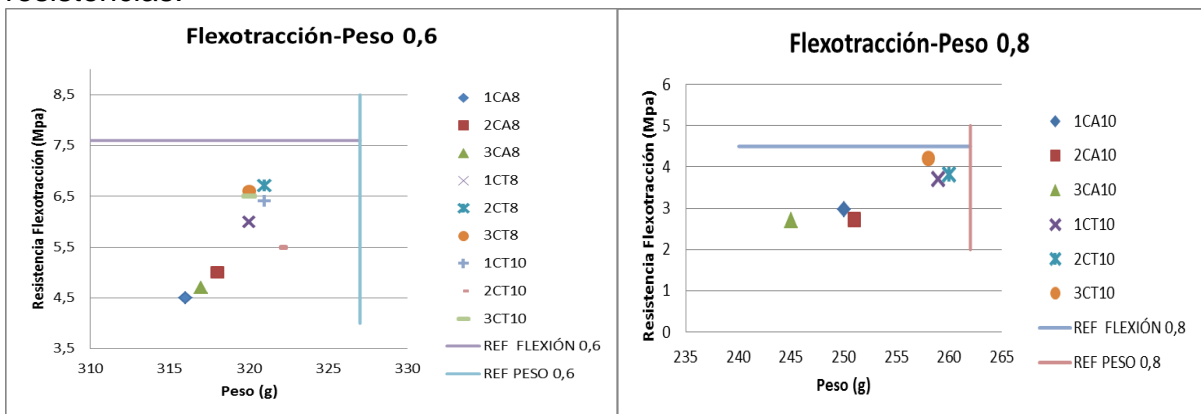


Gráfico 2. Relación resistencia a flexotracción-peso de las series A/E= 0,6 y A/E=0,8

Se observa un incremento en la resistencia a flexotracción en los compuestos con adición de CT respecto al mismo porcentaje de adición en formato CA. La cáscara triturada consigue un reparto totalmente homogéneo en la masa del compuesto y el descenso de la resistencia es un 14% con CT frente a un 38% en CA.

En el gráfico 3 se muestran los resultados obtenidos en resistencia a compresión-peso, los compuestos que quedan a la izquierda de la línea vertical tienen menos densidad, y los que quedan por encima de la línea horizontal tienen mejores resistencias.

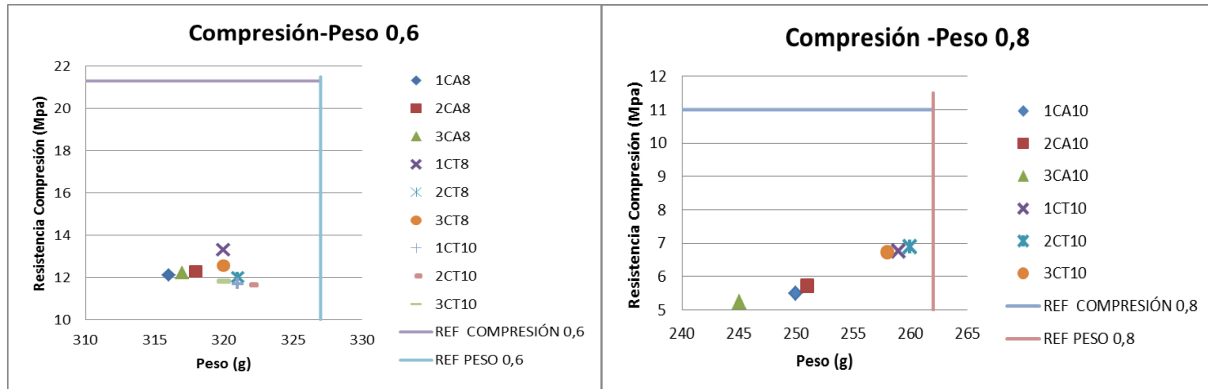


Gráfico 3. Relación resistencia a compresión-peso de las series A/E=0,6 y A/E=0,8

La resistencia a compresión va decreciendo en proporción al aumento del residuo en la escayola.

Se observa un incremento en la resistencia a compresión en CT con respecto al mismo porcentaje de adición en formato CA. Sin embargo este incremento es más acusado en la relación A/E=0,8.

7. Conclusiones finales.

El compuesto escayola-cáscara de arroz estudiado y ensayado en este trabajo ha resultado ser un material bastante competitivo en cuanto a reducción de peso con respecto al material original. Se consiguen reducciones de densidad significativas, con respecto a otros materiales investigados, se puede considerar un compuesto ligero, y se podría utilizar en la fabricación de materiales de construcción que necesiten poco peso.

Las resistencias mecánicas del material con respecto a las de la escayola sin aditar, disminuyen bastante, siendo este un punto desfavorable que habría que solucionar, si las pérdidas de resistencias hacen que el material no reúna las condiciones necesarias exigidas.

En estos casos habría que estudiar la posibilidad de refuerzo del compuesto obtenido, incorporando algunos de los materiales utilizados ya en este campo por otros investigadores y que ya están comercializados.

Por las características de la cáscara de arroz, el material CA se ha utilizado en el trabajo experimental sin ningún tratamiento especial, es decir, se recibe procedente del molino, envasado en plástico, en este caso, y se utiliza. El proceso de fabricación de este compuesto no requiere de ninguna técnica especial.

Esto contribuye al abaratamiento del producto final y por supuesto al ahorro energético, por no tener que someterse a ningún proceso añadido.

Sin embargo, el producto final cuando el porcentaje de CA añadido es elevado, presenta un aspecto totalmente rugoso en la cara que no está en contacto con el molde. Si el producto final se aplicara en revestimientos, esta rugosidad mejoraría la adherencia, pero habría que estudiar qué tipo de revestimientos son adecuados en estos casos.

El compuesto “escayola-cáscara de arroz” puede ser una alternativa viable a la escayola aligerada con otros productos utilizados en la actualidad.

El compuesto estudiado tiene posibilidades dentro del mercado de la construcción en prefabricados para realizar particiones interiores, por su ligereza, para ser transportado y porque aporta pocas cargas a los forjados. Por la incorporación de una fibra a la escayola se consigue también que el material no tenga una rotura frágil haciendo que el compuesto obtenido sea más seguro en su transporte y colocación en obra.

8. Futuras líneas de investigación.

El residuo estudiado presenta los siguientes aspectos no tratados en este trabajo:

- Estudio con otros residuos agrícolas como agregados ligeros.
- Estudio con otros tipos de escayolas-yesos y otros conglomerados.

Agradecimientos:

A Juan Caro Ramos, persona de contacto en la empresa Herba Ricemills, por su amable y constante colaboración.

REFERENCIAS

- [1] Base de datos de FAOSTAT, 2011. Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO).
- [2] Oteiza San José I. Estudio del comportamiento de la escayola reforzada con fibras de sisal, para componentes en viviendas de bajo coste. Tesis doctoral 1993.
- [3] Río Merino M. Elaboración y aplicaciones constructivas de paneles prefabricados de escayola aligerada y reforzada con fibras de vidrio E y otros aditivos. Tesis doctoral. 1999.
- [4] Río Merino, M., Domínguez, J.D. (1998) Escayola aligerada con sólidos celulares. *Informes de la construcción*, 458, 43-60.
- [5] González Madariaga F.J. Caracterización de mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola. Su uso en la construcción. Tesis doctoral 2007.
- [6] González Madariaga F.J., Lloveras Macía, J. (2008) Mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola para su uso en construcción. *Informes de la construcción*, 509, 35-43.
- [7] Jobbins R. Composiciones de yeso de bajo peso. España, patente de invención ES 2 178 407 T3. 2001-01-03
- [8] Sumin Kim.(2009), Incombustibility, physic-mechanical properties and TVOC emission behavior of the gypsum-rice husk boards for wall and ceiling materials for construction. *Industrial Crops and Products*, 29, 381-387.

[9] Cadena C., Bula A. (2002), Estudio de la variación en la conductividad térmica de la cascarilla de arroz aglomerada con fibras vegetales. Ingeniería y desarrollo. *Revista de la División de Ingeniería de la Universidad del Norte*, 12, 1-9.

[10] www.asocem.org.pe/SCMRoot/bva/.../MGC30_morteros_arroz.pdf. Visitada 10/03/13