



Received: 14/11/2021

Accepted: 27/11/2021

Anales de Edificación

Vol. 7, Nº3, 45-48 (2021)

ISSN: 2444-1309

Doi: 10.20868/ade.2021.4974

Comportamiento térmico de placas ecológicas de yeso con escorias blancas de acería. Thermal behavior of ecological gypsum boards with white steel slag.

Álvaro Alonso Díez^a; Verónica Calderón Carpintero^a; Ángel Rodríguez Sáiz^a

^a Dpto. de Construcciones Arquitectónicas e Ingenierías de la Construcción y del Terreno. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos.

Resumen-- El presente estudio analiza el comportamiento térmico de placas de yeso fabricadas con adición de escorias blancas de Horno Cuchara LF, con sustituciones progresivas de yeso por escoria del 20%, 40%, 60%, 80%. Se estudia la reacción al fuego, la termogravimetría y la conductividad térmica en placas de yeso de (300 × 400 × 15) mm³. La adición de escorias blancas produce en las placas una variación significativa en los valores de conductividad térmica y del coeficiente de transferencia de calor por convección pared-aire, provocado por el aumento de la densidad y una mayor compactación del material y, por lo tanto, un menor aislamiento térmico. Asimismo, la respuesta frente al fuego y al incremento del calor mejora sustancialmente a medida que se incorpora mayor cantidad de escoria blanca, lo que produce una reducción en los valores de pérdida de masa muy relevante. Esto supone una ventaja para el uso en tabiques o protección en áreas industriales o con ambientes térmicos agresivos.

Palabras clave— Placas de yeso; Escorias blancas; Comportamiento térmico; Reacción al fuego.

Abstract— This study analyzes the thermal behavior of gypsum boards made with the addition of white slag from Horno Cuchara LF, with progressive substitutions of gypsum for slag of 20%, 40%, 60%, 80%. The reaction to fire, thermogravimetry and thermal conductivity in (300 × 400 × 15) mm³ plasterboard are studied. The addition of white slag produces in the plates a significant variation in the values of thermal conductivity and the coefficient of heat transfer by wall-air convection, caused by the increase in density and greater compaction of the material and, therefore, less thermal insulation. Likewise, the response to fire and to the increase in heat improves substantially as more white slag is incorporated, which produces a very relevant reduction in mass loss values. This is an advantage for use in partition walls or protection in industrial areas or with aggressive thermal environments.

Index Terms— Plasterboard; White slag; Thermal behavior; Reaction to fire.

I. INTRODUCCIÓN

Las placas de yeso laminado son elementos que se emplean normalmente como productos de revestimiento de muros interiores o techos, debido a que presentan buenas propiedades térmicas y mecánicas, pero sobre todo por su buen comportamiento frente al fuego, ya que su composición química y los procesos de deshidratación endotérmica a elevadas temperaturas (Kontogeorgos, 2015) favorecen su resistencia.

La inclusión de escorias blancas de Horno Cuchara LF en sustitución de parte del conglomerante favorece sus

propiedades a largo plazo, una vez que se inactiva su potencial comportamiento expansivo inicial (Rodríguez, 2015).

En primer lugar, se comprueba que todas las placas de yeso fabricadas con dosificaciones en las que se sustituye parte del yeso por la escoria cumplen con los requisitos físicos y mecánicos exigidos por la normativa de aplicación (Alonso, 2019). También se estudia el comportamiento del material a nivel micro y macroscópico mediante su análisis termogravimétrico, el estudio de reacción al fuego y la conductividad térmica, con el objetivo de conocer la influencia de la escoria en las mezclas diseñadas.

A.A., V.C. and A.R. are full professors Dpto. de Construcciones Arquitectónicas e Ingenierías de la Construcción y del Terreno. Escuela Politécnica Superior. Universidad de Burgos.

II. METODOLOGÍA

A la hora de obtener los resultados relativos a este estudio, se realizan una serie de ensayos para el conocimiento de las propiedades de estos materiales con adición de escorias blancas LF.

Mediante el Análisis Termogravimétrico TGA se mide el cambio en la masa de una muestra de mortero de yeso de 15 mg conforme se calienta progresivamente a una velocidad constante en una atmósfera de nitrógeno. Para ello se utiliza un equipo Mettler-Toledo TGA/SBTA851, con una velocidad de barrido de 10°C/min de 100°C a 800°C.



Fig. 1. Ensayo comportamiento térmico en dos caras de placa.

Para conocer el comportamiento térmico de las placas de yeso con escoria blanca LF diseñadas, se determina el Coeficiente Total de Transmisión Térmica y el Coeficiente de Convección, sobre probetas de 15 mm de espesor y 0,04 m² mediante el Método del Estado Estacionario, midiendo la caída de temperaturas en función de la resistencia térmica (Fig. 1). Para ello se conecta una lámpara que calienta el recinto interior del equipo de ensayo al que están adosadas las placas, hasta que se alcanza el estado estacionario y mediante una serie de sensores dispuestos se obtienen los diferentes valores.



Fig. 2. Equipo ensayo de no combustibilidad.

El ensayo de Calor Bruto de Combustión (Fig. 2) sigue las indicaciones de la norma UNE EN ISO 1716, determinando el valor absoluto del calor de combustión utilizando un calorímetro IKA C5000, calibrado previamente para garantizar la precisión de los valores, y calculando los resultados obtenidos según los requisitos establecidos por la norma para productos homogéneos y no homogéneos. Se tomará una muestra de masa específica para quemarla por combustión de

ácido benzoico, en condiciones estandarizadas, a volumen constante, en una atmósfera de oxígeno y con un calorímetro de bomba calibrado certificado. El calor de combustión surgido en estas condiciones se calculará sobre la base del aumento de temperatura observado, teniendo en cuenta la pérdida de calor y el calor latente por la vaporización del agua. Se deberá medir el poder calorífico de la muestra más desfavorable, al menos cinco veces, en una cantidad mínima de muestra molida de 50 g cada vez. Al utilizar un equipo automático, se obtendrá el poder calorífico superior directamente como resultado del ensayo, expresado en MJ/kg.

Para realizar el Ensayo de No Combustibilidad se ha seguido en el procedimiento de análisis establecido en la norma UNE EN ISO 1182. Por ello se utilizará un equipo de ensayo formado por un horno vertical, con el objetivo de evaluar el comportamiento de las muestras a altas temperaturas. El horno vertical empleado tiene un espacio cilíndrico interior de 75 mm de diámetro y 150 mm de altura, en el que se introducen y disponen las muestras a ensayar. Su temperatura interior se medirá mediante un par termoelectrónico colocado a media altura y a 10 mm de la pared, calibrando previamente el horno.

III. RESULTADOS

Los resultados obtenidos en los ensayos muestran que los conglomerados de yeso diseñados con cantidades variables de escoria blanca LF en sustitución del conglomerante, cumplen con los valores mínimos exigidos por la normativa de aplicación. No obstante, se observa que la presencia de escoria reduce alguna de las prestaciones analizadas.

Para realizar el análisis de investigación comparativa metodológica, se establece una estrategia que permita determinar la relación entre las variables, es decir las propiedades observables y descubrir sus relaciones o estimar sus diferencias y semejanzas cualitativas que constituyen la investigación comparativa.

TABLA II
PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS PLACAS DE YESO CON ADICIÓN DE ESCORIA BLANCA LF.

	Ref.	PB+ Escoria				
		PB0	PBS20	PBS40	PBS60	PBS80
Resist. a Flexión	(N)	447	340	260	120	92
Absorción de Agua	(%)	27,4	19,6	20,1	22,0	30,0
Resist. a Flexión Absorción Agua (N)	(N)	406	303	210	77	67
Resist. al Impacto	(mm)	11,0	12,3	14,4	20,2	1,1
Dureza Shore	(C)	94	92	90	87	35

Los registros obtenidos en el Análisis Termogravimétrico (Fig. 3.) muestran que a medida que aumenta el contenido de escoria blanca LF en las mezclas, la pérdida de masa disminuye al aumentar la temperatura.

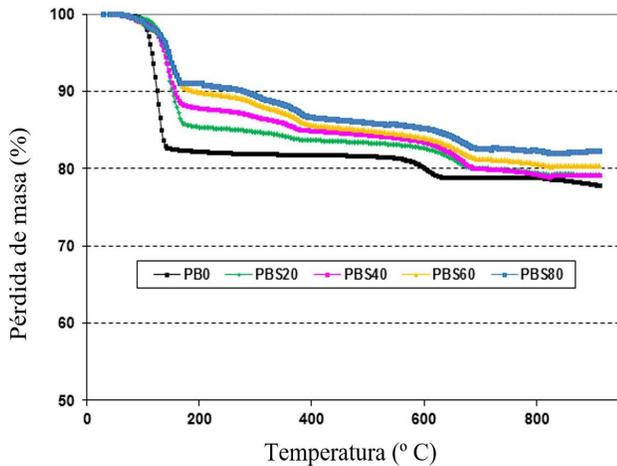


Fig. 1. TGA de las líneas de degradación de las muestras.

TABLA II
RESULTADOS DEL ENSAYO DE REACCIÓN FRENTE AL FUEGO DE LAS PLACAS
CON ADICIÓN DE ESCORIA

Resultados Reacción Frente al Fuego					
Muestra	PB0	PBS20	PBS40	PBS60	PBS80
J = Flujo de Calor (W)	1,35	2,75	3,05	3,22	3,43
λ=Conductividad Térmica (W/m°C)	49,2	144,4	175,9	162,8	195,0
Coef.	2,76	8,79	9,07	11,24	12,01
Transferencia de Calor por Convección Pared-Aire (W/m²°C)					
U = Coef. de Transmisión Térmica	1,26	2,95	3,10	3,25	3,51

En los ensayos de reacción frente al fuego (Tabla II) las muestras con escoria blanca LF presentan una mayor conductividad térmica (λ) en comparación con las muestras de referencia, comportamiento coherente con la naturaleza de esta adición.

Los resultados obtenidos en el ensayo de Calor Bruto de Combustión (PCS)(Tabla III), indican que la muestra con peor comportamiento, la PBS80, registró un valor medio de PCS = -0,538 MJ/kg, siendo un resultado correcto, ya que los valores negativos indican que se produjo una reacción endotérmica durante la combustión de la muestra. De acuerdo con la normativa de aplicación, los materiales con PCS negativos se referenciarán con un valor igual a cero, siendo esto clasificados como Clase A1.

Además de realizar este estudio, se completa la clasificación frente al fuego de los materiales aplicando el procedimiento de análisis descrito en la norma UNE EN ISO 1182, que está especialmente desarrollado para su aplicación a los materiales de construcción.

TABLA III
RESULTADOS DEL ENSAYO DE REACCIÓN FRENTE AL FUEGO DE LAS PLACAS
CON ADICIÓN DE ESCORIA

Resultados Propiedades Físicas					
	Nom,	Δ Temperatura en Horno (°C)	Persistencia a la Inflamación (s)	Pérdida de Masa (%)	
Ref.	PB0	4,1	<5	25,1	
	PBS20	3,8	<5	21,4	
	PB + Escoria	PBS40	3,4	<5	19,2
		PBS60	2,4	<5	17,5
		PBS80	2,2	<5	12,3

IV. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos realizados, la utilización de escoria blancas de Horno Cuchara LF como adición en el diseño de morteros de yeso, muestra ventajas competitivas respecto de los conglomerados de yeso tradicionales, pudiéndose utilizar con garantía como material base para la fabricación de placas de yeso para construcción.

La incorporación de la escoria produce un aumento de la densidad y una mayor compactación, circunstancia que determina un buen comportamiento frente al fuego de las placas diseñadas. No obstante, conforme se incrementa la cantidad de escoria añadida a las mezclas, su conductividad térmica es mayor, siendo significativa también la variación del Coeficiente de Transferencia de Calor por Convección Pared-aire en comparación con las muestras de referencia fabricadas solo con yeso. De acuerdo con este comportamiento se puede afirmar que las placas diseñadas pueden utilizarse con garantía en zonas del edificio que requieran una protección frente al fuego.

Por otra parte, a respuesta al fuego y al incremento del calor de este tipo de dosificaciones mejora sustancialmente a medida que se incorpora mayor cantidad de escoria blanca con respecto a la muestra de referencia, produciendo una reducción en los valores de pérdida de masa muy relevante.

Existe una correlación ente los valores obtenidos en el TGA y los conseguidos en la reacción al fuego, lo que indica que se pueden utilizar técnicas complementarias para analizar las propiedades térmicas, y el rendimiento de los materiales de construcción frente a los incendios.

Los resultados obtenidos en los ensayos estandarizados de las normas UNE EN ISO1716 y UNE EN ISO 1182, indicaron que la composición de este compuesto correspondía con la clasificación Euroclass A1 (incombustible).

REFERENCES

- A. Alonso, A. Rodríguez, J. Gadea, S. Gutiérrez-González, V. Calderón. (2019) Impact of Plasterboard with Ladle Furnace Slag on Fire Reaction and Thermal Behavior. *Fire Technology* 55, 1733–1751. AENOR, "Yesos de construcción y conglomerantes a base de yeso para la construcción. Parte 2: Métodos de ensayo. UNE-EN 13279-2:2014." Madrid: AENOR: 2014.
- D. A. Kontogeorgos, I. D. Mandilaras, M. A. Founti. Fire behavior of regular and latent heat storage gypsum boards. *Fire Mater.* 2015; 39:507–517. DOI: 10.1002/fam.2246
- A. Rodríguez, S. Gutierrez-Gonzalez, M.I Prieto, A. Cobo, V. Calderón. Analysis of long-term corrosion behavior in mortars containing recycled ladle furnace slag using computerized tomography and SEM. *Materials Corrosion*. Volume 66, Issue 3, pages 199–205, 2015. doi: 10.1002/maco.201407697
- G. Thomas. (2002) Thermal properties of gypsum plasterboard at high temperatures. *Fire Materials*, 26, 37–45.
- H. Uysal, R. Demirboğa, R. Şahin, R. Gül. (2004) The effects of different cement dosages, slumps, and pumice aggregate ratios on the thermal conductivity and density of concrete, *Cement and Concrete Research*, 34, 845–848.



Reconocimiento – NoComercial (by-nc): Se permite la generación de obras derivadas siempre que no se haga un uso comercial. Tampoco se puede utilizar la obra original con finalidades comerciales.