

ESTADO DE LA CUESTIÓN SOBRE COMPUESTOS DE YESO. LA IMPORTANCIA ACTUAL DE LOS RESIDUOS

¹San-Antonio González, A.; ²Del Río Merino, M.; ³Viñas Arrebola, C.; ²Villoria Sáez, P.

^{1Y2}Departamento de Construcciones Arquitectónicas y su Control. EU Arquitectura Técnica. UPM. Avda. de Juan de Herrera 6, 28040 Madrid. España

³Departamento de Tecnología de la Edificación. EU Arquitectura Técnica. UPM. Avda. de Juan de Herrera 6, 28040 Madrid. España
e-mail: ¹alicia.sanantonio@upm.es

RESUMEN

El interés de los investigadores por mejorar las propiedades de los materiales tradicionales de construcción ha dado lugar a una gran cantidad de publicaciones durante las últimas décadas. El yeso es un material natural comúnmente utilizado en la construcción de edificios en forma de enlucidos y placas de yeso prefabricadas. En este estudio se estudian las líneas de investigación llevadas a cabo sobre los compuestos que tienen una matriz de yeso, mediante el análisis de los artículos científicos publicados desde 2002 hasta 2012 en el "Journal Citation Report". Para ello, se han analizado alrededor de 1200 publicaciones sobre yeso o escayola en base a tres factores: materiales de construcción, compuestos de yeso con aditivos y que el yeso sea el material predominante en el compuesto, dando como resultado 147 artículos que se pueden organizar en las siguientes ocho categorías: densidad, resistencia, comportamiento térmico, comportamiento acústico, fraguado, resistencia al agua, resistencia al fuego y calidad del aire.

En este estudio se han analizado el número de artículos publicados cada año, las contribuciones de los autores principales, los métodos de investigación y sus objetivos principales. Los resultados muestran que el número de publicaciones anuales sobre compuestos de yeso con aditivos han aumentado considerablemente desde 2010 y que los objetivos que más se han estudiado son la resistencia y el fraguado. Sin embargo, las publicaciones que estudian el comportamiento térmico y los materiales, procedentes de residuos, se han visto considerablemente aumentadas.

La información presentada en este estudio ayudará a los investigadores a conocer las líneas de investigación en esta área de conocimiento, que sugieren la actual importancia de mejorar el comportamiento térmico y la necesidad de continuar estudiando los residuos como posibles aditivos en los compuestos de yeso.

Keywords: yeso, compuestos de yeso, matriz de yeso, residuos

1.- Introducción.

La construcción es un sector que evoluciona muy lentamente en comparación con otros sectores como la tecnología, pero eso carece de importancia, ya que la construcción siempre será un área de creciente interés. La mayoría de los proyectos sobre innovación en construcción tratan sobre sostenibilidad y gestión de la energía en el medio ambiente, mejora de la seguridad y de la productividad. Dentro de la industria de la construcción, los materiales son unos de los factores que más interesan a los investigadores, porque el desarrollo de la construcción depende en gran medida de ellos y de sus propiedades. Para facilitar el desarrollo del sector de la construcción es imprescindible conocer el estado de la cuestión. Para ello, revisar la bibliografía existente hasta el momento se considera la clave de la metodología, ya que sirve como vehículo para inspirar las futuras líneas de investigación [1].

El objetivo de este estudio es analizar las últimas líneas de investigación en una parte muy específica de la disciplina de materiales de construcción, como son los compuestos con una matriz de yeso (CMY).

Mediante este estudio se consigue evaluar los autores que más han contribuido y los principales temas tratados del área de los compuestos con una matriz de yeso, mediante el análisis de artículos científicos acerca de este tema, publicados durante el periodo de 2002 a 2012.

Este estudio se divide en cuatro partes principalmente. El siguiente apartado describe los compuestos de yeso, seguido de una introducción a la metodología utilizada para seleccionar las publicaciones de interés para el estudio y el análisis de los datos. Por último, se presenta el análisis y discusión de los resultados, seguido de un apartado de conclusiones finales.

2.- Compuestos con una matriz de yeso.

El yeso se obtiene de la deshidratación térmica del sulfato de calcio dihidratado y ha sido utilizado como material de construcción desde la antigüedad. Las primeras aplicaciones del yeso o la escayola, que se conocen, fueron datadas por los arqueólogos cerca de los 7000 años A.C. [2]. A partir del s. XVIII comienza el conocimiento científico del yeso desarrollándose el proceso de industrialización, mediante el cual se controla el proceso de fabricación y se uniforman los productos, que ya incorporan algunos aditivos, principalmente los aditivos retardadores del fraguado [3]. Pero no es hasta finales del s. XX cuando se comienzan a estudiar en mayor profundidad las modificaciones producidas en las características del yeso mediante el empleo de aditivos y adiciones [4] y el uso de yesos procedentes de residuos obtenidos de diversas fuentes, como el fosfoyeso, el yeso rojo y el yeso procedente de la desulfuración de gases de combustión.

Actualmente los aditivos reconocidos para el uso en morteros, hormigones y pastas son los reductores o retenedores de agua, los inclusores de aire, los aceleradores o retardadores de fraguado, los aceleradores de endurecimiento, y los que reducen la absorción capilar (hidrófugos) [5]. Sin embargo, siempre ha habido una línea de investigación abierta para crear nuevos compuestos de yeso mediante la incorporación de aditivos. Con la incorporación de aditivos se consigue modificar algunas propiedades del compuesto como la resistencia al fuego, el comportamiento acústico o térmico, la densidad, el tiempo de fraguado o la resistencia mecánica.

También, en muchos países, debido al incremento de precio de las materias primas y la continua reducción de los recursos naturales, se está tendiendo a utilizar materiales procedentes de los residuos como una alternativa potencial en la industria de la construcción. Los materiales procedentes de residuos, después de ser procesados, han demostrado ser materiales de construcción efectivos y que cumplen fácilmente con las especificaciones de diseño [6]. Es el objetivo de este

estudio el facilitar una visión de los resultados obtenido hasta ahora y del futuro desarrollo de materiales compuestos con una matriz de yeso.

3.- Metodología.

3.1.- Selección de artículos.

Como el objetivo de este estudio es facilitar una visión de los resultados obtenido hasta ahora y del futuro desarrollo de materiales compuestos con una matriz de yeso, ha sido necesario encontrar los principales autores que han contribuido a este tema, así como las principales categorías tratadas. Para obtener esta información, ha sido imprescindible seleccionar los artículos sobre compuestos con una matriz de yeso. Para realizar la selección de artículos publicados sobre materiales compuestos con una matriz de yeso se analizaron las revistas que han sido publicadas en el periodo desde 2002 hasta 2012 y que están incluidas en la base de datos de Thomson-Reuters, ya que, actualmente es la principal plataforma de información sobre ciencias naturales, sociales, arte y humanidades [7].

La metodología mediante la cual se evalúan las publicaciones que se recogen dentro de esta base de datos se basa en su puntuación dentro del ranking del Journal Citation Reports (JCR), que se elabora en función de un índice de impacto. Este índice de impacto fue creado en 1960 como método para calificar una revista y se obtiene calculando la media del número de citas por artículo en un tiempo determinado [8].

Para obtener y filtrar los artículos sobre compuestos con una matriz de yeso dentro de la base de datos de Thomson-Reuters, se utilizaron tres palabras clave: yeso, sulfato de calcio hemihidratado y escayola, dos dominios de interés: ciencia de la tecnología y ciencias sociales, y siete áreas de investigación: “materials science”, “engineering”, “building construction technology”, “mechanics”, “rehabilitation”, “mineralogy”, “other topics science technology”, “library science information science”, “acoustics”, “architecture and polymer science”.

Finalmente se obtuvieron 1200 artículos, que fueron analizados uno a uno por los autores en función de tres factores: (1) materiales de construcción, (2) compuestos con aditivos que modifiquen alguna de sus propiedades y (3) que el yeso sea el principal material del compuesto. Como resultado se filtraron un total de 147 artículos acerca de los compuestos con una matriz de yeso y que fueron publicados entre 2002 y 2012.

3.2.- Autores que más han contribuido.

Muchos autores han contribuido a desarrollar la investigación acerca de los compuestos con una matriz de yeso. Para conocer las líneas de investigación sobre este tema es necesario identificar a estos autores, permitiendo así a los investigadores conocer los nichos en los trabajos desarrollados por estos autores para poder continuarlos.

La metodología utilizada para medir tanto la productividad como el factor de impacto de un artículo científico se basa actualmente en la evaluación de las citas recibidas. En términos de citación, [9] examina los patrones de producción creativa de científicos de renombre, mientras que [10] y [11] evalúan los h-index de cada autor. El h-index se define como el mayor número (h) de documentos que han sido citados h veces o más [12]. Varios estudios, incluyendo [13, 14, 15], también utilizaron los h-index en sus estudios.

Como el presente estudio analiza un tema muy específico, para evaluar los autores que más han contribuido se pueden seguir dos métodos. El primero consiste en asignar una puntuación a cada autor considerando su contribución a cada artículo que haya publicado [16, 17]. Su puntuación total consistiría entonces en la suma de

las puntuaciones obtenidas para cada una de sus publicaciones que analicen el tema de los compuestos con una matriz de yeso. El otro método consiste en calcular el número total de citas obtenidas para cada artículo. Cuantas más citas, más importante es el artículo. Se considera además que cuantas más citas se obtienen en un artículo mayor es la contribución hecha por los autores al tema que traten. Ambos métodos se utilizan en este estudio para evaluar la contribución de cada autor. La metodología de puntuación propuesta por Howard et al. (1987), que ha sido ampliamente adoptada por otros investigadores [18, 19, 1], se empleó en este estudio para evaluar la contribución individual de cada autor. La contribución de cada autor en un artículo se mide mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Puntuación} = \frac{1,5^{n-i}}{\sum_{i=1}^n 1,5^{n-i}} \quad (1)$$

Donde n es el número total de autores en el artículo e i es el puesto del autor en la firma del artículo [16] y se considera que cada artículo tiene una puntuación de 1 (Tabla 1).

Número de autores	Posición del autor					
	1	2	3	4	5	6
1	1,00					
2	0,60	0,40				
3	0,47	0,32	0,21			
4	0,42	0,28	0,18	0,12		
5	0,38	0,26	0,17	0,11	0,08	
6	0,37	0,24	0,16	0,11	0,07	0,05

Tabla 1 Puntuación de contribución del autor para artículos con varios autores

3.3.- Principales categorías en los artículos seleccionados.

Los trabajos de investigación sobre materiales de construcción se pueden organizar teniendo en cuenta diferentes aspectos: físico y químico, comportamiento y propiedades de sus componentes, durabilidad y deterioro, restauración y conservación, uso de residuos industriales, producción y propiedades, aplicación, tecnología, localización, etc.

Como el presente estudio trata sobre un tema muy específico, se decidió clasificar los artículos de acuerdo con las propiedades principales sobre las que tratara la publicación, dando como resultado ocho categorías:

1. Densidad: principalmente reducción de peso para disminuir el consumo de materia prima y facilitar la instalación [20].
2. Resistencia: las principales desventajas asociadas al yeso son su fragilidad y poca resistencia, por tanto es interesante reforzarlo para mejorar sus propiedades mecánicas [21].
3. Comportamiento térmico: grandes cantidades de energía se pueden ahorrar si se disminuyen la carga calorífica y frigorífica, además de influir positivamente en el cambio climático [22].
4. Comportamiento acústico: para limitar el riesgo de molestia o enfermedad, en el interior de edificios y en condiciones normales de uso, causados por el ruido de los usuarios debido a las características de su diseño, construcción, uso y mantenimiento [23].

5. Fraguado y endurecimiento: el yeso se obtiene por deshidratación térmica en hornos rotatorios. El aglutinante resultante se endurece rápidamente cuando se mezcla con agua. Sin embargo, el tiempo de fraguado puede controlarse mediante la adición de aditivos [24].
6. Resistencia al agua: todo tipo de productos de yeso se utilizan ampliamente en el sector de la construcción. Sin embargo, tienen baja resistencia y mal comportamiento ante el agua y la humedad. La tasa de absorción de agua de los productos de yeso normales es generalmente del 50%, y el coeficiente de ablandamiento es de 0,2-0,3, por lo que los productos se deforman fácilmente después de ser humedecidos, llegando a pudrirse en condiciones extremas de humedad [25].
7. Resistencia al fuego: hay un creciente interés en el sector de la construcción por la protección contra incendios, principalmente por dos razones. Por un lado, las normas contra incendios son cada vez más restrictivas y por otra parte, existe una conciencia social más alta al riesgo de incendios. Como consecuencia, el comportamiento ante el fuego de los materiales de construcción debe ser mejorado [26].
8. Calidad del aire interior: se refiere a la calidad del aire dentro y alrededor de los edificios y estructuras, especialmente en lo relacionado con la salud y el confort de los ocupantes del edificio. Es interesante hacer productos que pueden reducir significativamente la concentración de ciertas sustancias nocivas en el aire interior [27].

4.- Resultados, análisis y discusión.

4.1.- Revistas principales que contribuyen al tema.

Como se puede ver en la tabla 2, el número de artículos sobre compuestos con una matriz de yeso (CMY), publicados desde 2002 a 2012, se ha incrementado considerablemente. Se puede ver también que las revistas que más han contribuido en este tema (más de cuatro artículos) son Advanced Materials Research (AMR) con 17 artículos, Construction and Building Materials (CBM) con 15 artículos, Cement and Concrete Research (CCR) con 6 artículos, Journal of Materials in Civil Engineering (JMCE) con 6 artículos, ZKG International (ZKGI) con 6 artículos y Materiales de Construcción (MC) con 5 artículos.

Tal como se puede ver en la tabla 2, las revistas que más han contribuido a la publicación de artículos sobre compuestos con una matriz de yeso son AMR y CBM. Sin embargo, AMR es una publicación que incluye presentaciones en congresos, así que su número de publicaciones por año es muy alto en comparación con los datos de las otras revistas. Estos datos se representan mediante el ratio que relaciona el número total de artículos publicados en una de las revistas con el número de artículos, sobre compuestos con una matriz de yeso, publicados en la misma revista. Como resultado se puede ver que AMR tiene el ratio más bajo (0,03 %), mientras que MC tiene el valor más alto (1,36%).

Nombre de la revista		2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total
AMR	Total	-	-	-	101	291	814	1505	1573	5116	27974	25533	62,907
	CMY	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	5	17
	Ratio (%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,04	0,02	0,03
CBM	Total	56	64	86	93	118	244	277	442	332	538	941	3,191
	CMY	1	0	0	1	0	0	1	4	0	3	5	15
	Ratio (%)	1,79	0	0	1,08	0	0	0,36	0,90	0	0,56	0,53	0,47
CCR	Total	259	276	276	302	250	179	156	144	199	145	147	2,333
	CMY	2	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	6
	Ratio (%)	0,77	0,36	0	0,66	0	0	0	0	0,50	0	0	0,26
JMCE	Total	66	75	82	89	105	139	90	107	160	213	90	1,216
	CMY	0	1	0	0	1	0	0	0	2	1	1	6
	Ratio (%)	0	1,33	0	0	0,95	0	0	0	1,25	0,47	1,11	0,49
ZKGI	Total	179	97	104	98	97	99	69	54	55	22	0	874
	CMY	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	6
	Ratio (%)	0	1,03	0,96	1,02	1,03	1,01	0	1,85	0	0	0	0,69
MC	Total	27	36	28	31	33	32	39	33	48	41	21	369
	CMY	1	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	5
	Ratio (%)	3,70	0	7,14	0	0	0	0	3,03	0	2,44	0	1,36

Tabla 2 Principales revistas que han contribuido con más de cuatro artículos sobre compuestos con una matriz de yeso publicados entre 2002 y 2012

4.2.- Autores que más han contribuido.

En la tabla 3 se muestran los 14 autores que han contribuido con más de tres artículos relaciones con el tema de compuestos con una matriz de yeso, publicados desde 2002 a 2012. Las mayores contribuciones las hicieron Li, G con 14 artículos y Deng con 7 artículos, pero si se analizan sus puntuaciones, obtenidas aplicando la fórmula (ec. 1), se puede ver que Wu y Oliver son los que mejor puntuación tienen debido al menor número de coautores de sus publicaciones y su posición en la firma, junto con Li, G, que es el que más publicaciones tiene. Además, el análisis de las citas demuestra que Wu de Hong Kong y Lancia y Musmarra de Italia son los investigadores con H-index más alto.

Una investigación más amplia de la afiliación de los autores indica que China, con una puntuación total de 13,32 y España, con una puntuación total de 8,3 son los máximos contribuidores al tema. Además, ambos, China y España, tienen el mayor número de autores trabajando en este tema.

Autor	Afiliación	H-index	Artículos	Puntuación
Li, G	University of Jinan, China	14	14	5,46
Deng, YH	Nanjing Forestry University, China	4	7	2,09
del Rio, M	Polytechnic University of Madrid, Spain	2	5	2,55
Garcia, A	Polytechnic University of Madrid, Spain	1	5	2,74
Li, J	University of Jinan, Jinan, China	-	5	1,59
Oliver, A	Polytechnic University of Madrid, Spain	1	5	3,01
Wu, Y	University of Hong Kong, China	18	5	3,52
Xuan, L	Nanjing Forestry Univ., China	1	5	0,66
Eve, S	University of Caen, France	9	4	1,41
Gomina, M	University of Caen, France	4	4	0,83
Hummel, HU	Knauf Gips KG, Germany	2	4	2,55
Lancia, A	University of Naples, Italy	16	4	0,72
Musmarra, D	University of Naples, Italy	16	4	0,48
Prisciandaro, M	University of Aquila, Italy	13	4	1,68

Tabla 3 Autores con una contribución de más de tres artículos

4.3.- Categorías de investigación.

4.3.1.- Número de artículos en las diferentes categorías.

Los 147 artículos fueron organizados de acuerdo con las ocho categorías descritas en el apartado de metodología. Algunos artículos se pueden clasificar en más de una categoría. En la tabla 4 se muestra el número de artículos en cada una de las categorías y se ve claramente como la categoría de "resistencia" con un 26,82% y "fraguado y endurecimiento" con un 23,46% son las categorías con más artículos, mientras que "comportamiento térmico" con un 0,56%, "resistencia al fuego" con un 1,68% y "calidad del aire interior" con un 1,68%, a penas han sido estudiadas.

Las investigaciones realizadas en la categoría de "resistencia" tratan el hecho de que el yeso se utiliza para fabricar productos prefabricados alargados como molduras o paneles y que al ser un material frágil y de poca resistencia ha sido muy importante su refuerzo para mantener los productos de yeso en el mercado. La segunda categoría más estudiada es la de "fraguado y endurecimiento" que mantiene su importancia debido al hecho de que el yeso es un material natural y en la medida de lo posible es necesario tener un control total de su proceso de fraguado.

Un estudio más detallado de los trabajos de investigación en todos los temas, de acuerdo con el año de publicación, indica que las categorías de "densidad", "resistencia", "fraguado y endurecimiento" y "resistencia al agua" han tenido una línea de investigación continua durante todo el período de 2002 a 2012. Por otra parte, "el comportamiento térmico" es un tema más innovador y ha sido objeto de un interés constante de los investigadores a partir de 2006. En las últimas tres décadas, la conservación de la energía ha sido un tema importante. Mientras que en la década de 1970 la crisis del petróleo y la escasez de energía fue el motivo principal para promover la conservación de la energía, desde la década de 1980 las consecuencias negativas del consumo de energía fósil para el medio ambiente y el calentamiento global, se convirtieron en las razones principales para el estudio de la eficiencia energética. Una gran cantidad de estudios han dado información sobre los factores que más influyen en el consumo y conservación de energía [28]

Categoría	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Total	%
Categoría 1: Densidad	1	0	1	1	0	0	1	2	0	2	4	12	6,70
Categoría 2: Resistencia	4	1	5	2	5	6	3	5	1	10	6	48	26,82
Categoría 3: Comportamiento térmico	0	0	0	0	1	2	1	2	3	10	10	29	16,20
Categoría 4: Comportamiento acústico	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,56
Categoría 5: Fraguado y endurecimiento	1	3	6	4	3	4	2	4	4	7	4	42	23,46
Categoría 6: Resistencia al agua	2	1	0	0	1	3	1	1	2	5	1	17	9,50
Categoría 7: Resistencia al fuego	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3	1,68
Categoría 8: Calidad del aire interior	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	3	1,68

Tabla 4 Número de artículos clasificados por categorías y publicados desde 2002 a 2012

Del estudio de los 147 artículos se observó la utilización de al menos 90 aditivos diferentes. La Tabla 5 muestra una clasificación de los aditivos incorporados en la matriz de yeso en al menos tres de los 147 artículos analizados. En esta tabla se puede ver que los materiales de cambio de fase (PCM), el ácido cítrico y la madera son los aditivos más frecuentemente utilizados por los autores en sus trabajos de investigación. Los PCM son materiales innovadores con un elevado calor de fusión que, fundiéndose y solidificándose a una cierta temperatura, son capaces de almacenar y liberar grandes cantidades de energía. Por lo tanto, estos materiales, por ejemplo la Parafina [29], se utilizan para mejorar "el comportamiento térmico", una categoría de creciente interés. El ácido cítrico [30], ácido fosfórico [31] y ácido tartárico [32] se utilizan para controlar el tiempo de fraguado, mientras que las fibras tales como la fibra de vidrio [33], la fibra de poliamida [34], la fibra de polipropileno [35] y la fibra procedente de paja [36] se utilizan como refuerzo en los productos de yeso.

Cabe destacar también la importancia que los autores están dando actualmente a los materiales procedentes de residuos en sus trabajos de investigación, tales como los residuos de celulosa [37] o los residuos de neumáticos [38].

Material	Artículos
PCM	17
Ácido cítrico	13
Madera	12
Fibra de vidrio	8
Residuo de celulosa	6
Cemento	6
Látex	4
Fibra de poliamida	4
Cenizas volantes	3
Ácido fosfórico	3
Fibra de polipropileno	3
Fibra de paja	3
Ácido tartárico	3
Residuo de neumático	3

Tabla 5 Aditivos incorporados al yeso en más de dos artículos.

4.3.2.- Futuras líneas de investigación

Como se ha visto en el apartado anterior, la categoría que se está desarrollando en mayor medida actualmente y que se prevé continúe siendo una importante línea de tendencia en la investigación sobre compuestos de yeso es la categoría de "comportamiento térmico". Así mismo las categorías de "comportamiento acústico", "resistencia al agua", "resistencia al fuego" y "calidad del aire anterior", se han estudiado de manera muy limitada, por tanto su línea de investigación continuará siendo una posible vía de estudio de estos materiales.

En cuanto a los aditivos, se observa una alta tendencia a emplear materiales procedentes de residuos de industria o de construcción y demolición (RCD). Cada año en Europa se generan 890 millones de toneladas de RCD, de los cuales un promedio del 50% se recicla. Esta cifra está muy lejos de los objetivos fijados por la Directiva de Fuentes de Energías Renovables. Por otra parte, en 2006, la industria de la construcción generó el mayor volumen de residuos procedentes de todos los sectores, por lo que los RCD se identificaron como una prioridad actual para la Unión Europea (UE) [39]. Para mejorar la tasa de reciclaje en el sector de la construcción, las principales vías de aplicación de los residuos son la fabricación de morteros, hormigón, ladrillos o agregados ligeros mediante la sustitución de materias primas por los residuos, tales como fibras de desecho para reforzar o residuos celulares para aligerar.

5.- Conclusiones

Este estudio ofrece una visión actual sobre los trabajos de investigación científica sobre materiales compuestos de yeso mediante el análisis de 147 artículos publicados desde 2002 hasta 2012. El número anual de trabajos muestra el interés creciente de los investigadores en el análisis y la actualización de yeso como material de construcción actual. Se ha encontrado que la principal contribución para la publicación de trabajos relacionados con materiales compuestos con una matriz de yeso ha sido hecha por la revista *Advanced Materials Research (AMR)* y *Construction and Building Materials (CBM)*. Sin embargo, AMR es una publicación que incluye ponencias de congresos, por lo que su número de publicaciones por año es muy alto, en contraste con los registros de las otras revistas. En cifras, esto está representado por ratio que relaciona el número total de artículos publicados en cada revista con el número de artículos sobre materiales compuestos con una matriz de yeso publicados en la misma revista. Como resultado, AMR tiene el menor ratio (0,03%), mientras que *Materiales de Construcción (MC)*, una revista científica española especializada en materiales de construcción, tiene el mayor ratio (1,36%).

Mediante la identificación de los autores que más han contribuido, se ha establecido que China y España son los que más contribuyen a la publicación de artículos sobre materiales compuestos con una matriz de yeso. Además, ambos, China y España, tienen el mayor número de investigadores trabajando en este tema.

Los hallazgos de este estudio sugieren que las categorías "resistencia" y "fraguado y endurecimiento" son los temas que contienen la mayor parte de los trabajos de investigación, mientras que el "rendimiento acústico", "resistencia al fuego" y "calidad del aire interior" no han sido prácticamente estudiados. Por otra parte, "el comportamiento térmico" es un tema más innovador y ha sido objeto de un interés constante por parte de los investigadores desde 2006. En cuanto a los aditivos, los materiales de cambio de fase (PCM), el ácido cítrico y la madera son los aditivos más frecuentemente utilizados por los investigadores, pero también es destacable la importancia que los autores están dando a los residuos actualmente.

Como futuras líneas de investigación se puede destacar la categoría de "comportamiento térmico" por ser un tema en alza actualmente y las categorías de

“comportamiento acústico”, “resistencia al agua”, “resistencia al fuego” y “calidad del aire anterior”, se han estudiado de manera muy limitada hasta ahora. En cuanto a los aditivos, se observa una alta tendencia a emplear materiales procedentes de residuos de industria o de construcción y demolición (RCD).

Las publicaciones analizadas en este estudio no contienen toda la información relacionada con los compuestos de yeso, sin embargo, se considera que los datos obtenidos son representativos y reflejan la tendencia general de la investigación sobre este tipo de materiales.

REFERENCIAS

- [1] Yuan H, Shen L. Trend of the research on construction and demolition waste management. *Waste Management*; 2011;31:670-679.
- [2] Gawlicki M. Gypsum – another approach. *Cement Wapno Beton* 2009; 14:86–96.
- [3] Villanueva L. Historic evolution of the gypsum construction 2004; 56: Sept-Oct.
- [4] Arredondo F. *Materiales de construcción: II. El yeso*. Instituto Eduardo Torroja: Madrid; 1961.
- [5] UNE-EN 934-2:2010. Admixtures for concrete, mortar and grout. Part 2: Concrete admixtures. Definitions, requirement, conformity, marking and labeling; 2010.
- [6] Kan A, Demirboga R. A novel material for lightweight concrete production. *Cement & Concrete Composites*; 2009;31:489-495.
- [7] ThomsomReuters. < <http://thomsonreuters.com/>> [Marz 2013].
- [8] Garfield E. Agony and the ecstasy of the Internet: Experiences of an information scientist qua publisher. In proceedings 1997-19th International Essen Symposium on Towards a Worldwide Library- A Ten Year Forecast, 21:202-222.
- [9] Cronin B, Meho L. Timelines of creativity: A study of intellectual innovators in information science. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*; 2007;58(13):1–12.
- [10] Cronin B, Meho L. Using the h-index to rank influential information scientists. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*; 2007;57(9):1275–1278.
- [11] Oppenheim C. Using the h-index to rank influential British researchers in information science and librarianship. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*; 2007;58(2):297–301.
- [12] Hirsch JE. An index to quantify an individual's scientific research output. In proceedings 2005-National Academy of Sciences of the United States of America, 102(46):16569–16572.
- [13] Batista PD, Campiteli MG, Kinouchi O. Is it possible to compare researchers with different scientific interests? *Scientometrics*; 2006;68(1):179–189.
- [14] Braun T, Glänzel W, Schubert A. A Hirsch-type index for journals. *Scientometrics*; 2006;69(1):169–173.
- [15] Van Raan AFJ. Comparison of the Hirsch-index with standard bibliometric indicators and with peer judgment for 147 chemistry research groups. *Scientometrics*; 2006;67(3):491–502.
- [16] Howard GS, Cole DA, Maxwell SE. Research productivity in psychology based on publication in the journals of the American Psychology Association. *American Psychologist*; 1987;42(11):975-986.
- [17] Trueba FJ, Guerrero H. A robust formula to credit authors for their publications. *Scientometrics*; 2004;60(2):181-204.
- [18] Tsai CC, Wen MCL. Research and trend in science education from 1999 to 2002: a content analysis of publication in selected journals. *International Journal of Science Education*; 2005;27(1):3–14.
- [19] Roberts GA, et al. Top contributors to the school psychology literature: 1996–2005. *Psychology in the Schools*; 2006;43(6):737–743.
- [20] Del Río M, Hernández F. Lightened plaster: alternative solutions to cellular solids addition. *Materiales de Construcción*; 2004;54:65-76.
- [21] Dalmay P, et al. Properties of cellulosic fibre reinforced plaster: influence of hemp or flax fibres on the properties of set gypsum. *Journal of Materials Science*; 2010;45: 793-803

- [22] Lai CM, Chen RH, Lin CY. Heat transfer and thermal storage behaviour of gypsum boards incorporating micro-encapsulated PCM. *Energy and Building*; 2010;42:1259-1266.
- [23] Ramezani H, Shandab S, Nouri A. Study on Effects of Wood Fiber Content on Physical, Mechanical, and Acoustical Properties of Wood-fiber-filled Gypsum Composites. *Materials Research-Ibero-American Journal of Materials*; 2012;15:236-241.
- [24] Arikan M, Sobolev K. The optimization of a gypsum-based composite material. *Cement and Concrete Research*; 2002;32:1725-1728.
- [25] Li G, Li J, Yu Y. The influences of gypsum water-proofing additive on gypsum crystal growth. *Materials Letters*; 2007;61: 872-876.
- [26] Huang KT, Liang HH, Hung MJ. Improvement in fire prevention performance of cork-gypsum decorative materials by applying porous waste. *International Journal of the Physical Sciences*; 2010;5: 2038-2044.
- [27] Hummel HU, et al. Examination of the exposure- and odour-reducing characteristics of gypsum-based building materials containing zeolite. *Bauphysik*; 2007;29:430-435.
- [28] Poortinga W, et al. Household preferences for energy-saving measures: A conjoint analysis. *Journal of Economic Psychology*; 2003;24:49-64.
- [29] Su JF, et al. Fabrication and Properties of Microencapsulated-paraffin/ gypsum-matrix Building Materials for Thermal Energy Storage. *Energy Conversion and Management*; 2012;55:101-107.
- [30] Jindong Qu, Jiahui P, Baizhan L. Effect of Citric Acid on the Crystal Morphology of Gypsum and Its Action Mechanism. *Advanced Materials Research*; 2011;250-253:321-326.
- [31] Rashad MM, et al. Crystallization of calcium sulphate dihydrate under simulated conditions of phosphoric acid production in the presence of aluminum and magnesium ions. *Journal of Crystal Growth*; 2004;267:372-379.
- [32] Schneider J, Freyer D, Voigt W. e effect of retarders on the setting process in industrially relevant hemihydrate gypsum plasters. *ZKG International*; 2007;60:68-76.
- [33] Del Rio M, Comino P. Analysis of the strengthenings of mixed glass fibers E and fibers AR in plaster, as an alternative to monofiber (homogeneous) strengthenings. *Materiales de Construcción*; 2002;52:33-42.
- [34] Eve S. Microstructure characterization of polyamide fibre/latex-filled plaster composites. *Journal of the European Ceramic Society*; 2007;27: 3517-3525.
- [35] Mohandesi JA, et al. Analytical modeling of strength in randomly oriented PP and PPTA short fiber reinforced gypsum composites. *Computational Materials Science*; 2011;50:1619-1624.
- [36] Kim YJ, Reberg A, Hossain M. Bio-Building Materials for Load-Bearing Applications: Conceptual Development of Reinforced Plastered Straw Bale Composite Sandwich Walls. *Journal of Performance of Constructed Facilites*; 2012;26:38-45.
- [37] Carvalho MA, et al. Microstructure and Mechanical Properties of Gypsum Composites Reinforced with Recycled Cellulose Pulp. *Materials Research-Ibero-American of Materials*; 2008;11:391-397.
- [38] Serna A, et al. Improvement of gypsum plaster strain capacity by the addition of rubber particles from recycled tyres. *Construction and Building Materials*; 2012;35:633-641.
- [39] Villoria P, Del Rio M, Porrás-Amores C. Estimation of construction and demolition waste volume generation in new residential buildings in Spain. *Waste Management & Research*; 2012;30:137-146.