

MATERIALES COMPUESTOS DE ALTAS PRESTACIONES ELABORADOS CON RECURSOS NATURALES

(High performance composites produced with natural resources)

Gabriel Pereiro López ^b

^b Gestor de Proyectos Innovadores. Contacto: pereiro.gabriel@gmail.com

Abstract

The current society demands more sustainable materials and enable energy savings. It thus appears an attractive niche market for manufacturers of materials that have been raised on how this can cover these needs. This article describes an R & D project that, starting from agroforestry biomass or exfoliated vermiculite has created new composites with thermal properties, flame retardant, acoustic, ... whose end use application is directed at building sector. It also details the importance of technical solutions generated from a technical and environmental perspective.

Keywords: Agroforestry biomass, exfoliated vermiculite, composites, noise pollution, isolation, VOCs.

Resumen

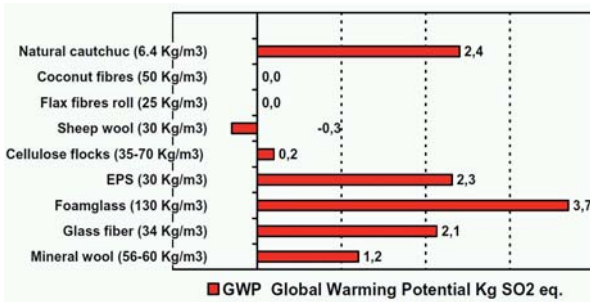
La Sociedad actual demanda cada vez más materiales sostenibles y que permitan el ahorro de energía. Surge así un atractivo nicho de mercado para los fabricantes de materiales que ha llevado a plantearse el cómo se puede conseguir cubrir dichas necesidades. El presente artículo describe un proyecto de I+D+i que, partiendo de biomasa agroforestal o vermiculita expandida ha permitido obtener nuevos composites con propiedades térmicas, ignífugas, acústicas, ... cuya aplicación final de uso se orienta al sector de la edificación. Así mismo, se detalla la importancia de las soluciones técnicas generadas desde un punto de vista técnico y medioambiental.

Palabras clave: Biomasa agroforestal, vermiculita expandida, composites, contaminación acústica, aislamiento, COVs.

1. INTRODUCCIÓN

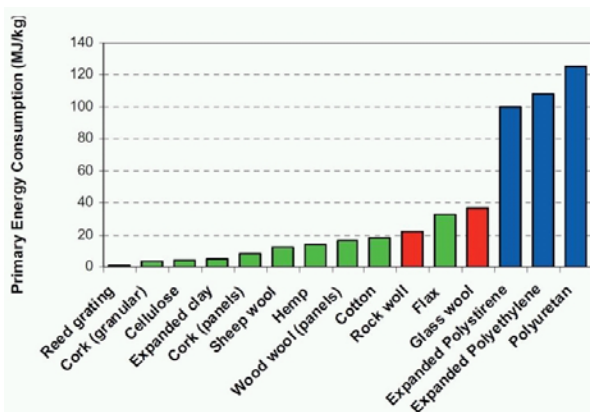
Hoy en día, a nivel de aislamiento, tan sólo tres tipos de materiales copan el 86% del mercado en Europa (Papadopoulos et al., 2002): lanas de roca (28%), lanas de vidrio (32%) y poli estireno expandido (26%). Sin embargo, muchos de estos materiales tienen un impacto negativo sobre el medio ambiente como se refleja en las Figuras 1 y 2, o bien, derivan de recursos fósiles (poli estirenos expandidos, poli estirenos extruidos, poliuretanos,...).

Figura 1: Comparación del impacto ambiental de materiales tradicionales y naturales.



Fuente: Asdrubali, F. (2006)

Figura 2: Ciclo de vida de algunos materiales aislantes del sonido.



Fuente: Asdrubali, F. (2006)

Las nuevas tecnologías permiten elaborar composites a partir de recursos naturales casi sin explotar; los cuales pueden constituir, no sólo un puente hacia la sostenibilidad, sino que además

pueden contribuir significativamente a la reducción de emisiones contaminantes que los seres humanos realizamos, directa o indirectamente, a la atmósfera (ruido, CO₂, COVs,...).

En el presente artículo se narra cómo a partir de diferentes recursos naturales y de la propia zona se pueden obtener nuevos materiales en la línea de los materiales naturales reseñados en la Figura 2. Por otro lado, se refleja como esos materiales novedosos nos permiten preservar el medio ambiente, cuidar el entorno y proteger a los Seres Vivos; fundamentalmente a través de la reducción de emisiones contaminantes asociadas a diferentes actividades humanas. Así, se muestra el modo en que nuevos procesos industriales permiten la obtención de materiales compuestos (composites) de altas prestaciones (productos livianos, aislantes,...) que permiten la reducción de contaminantes (Compuestos Orgánicos Volátiles -COVs-, ruido) y la regulación de la humedad ambiental.

En definitiva, la producción de materiales innovadores a partir de recursos naturales como la biomasa puede fomentar la preservación del medioambiente y la protección y el cuidado del entorno que nos rodea. Se ha de tener presente que, según EURIMA (*European Insulation Manufacturers Association*), el 40% de las emisiones de CO₂ proceden del consumo energético en los edificios. Este consumo se incrementa año tras año, así como el precio del gas y de la electricidad; por lo tanto, el diseño de los edificios y la selección de los materiales adecuados para ahorrar energía y aprovechar los recursos es primordial.

En esta línea se empezó a trabajar hace años, en primera instancia, en la búsqueda de materiales innovadores diseñados "a medida" para resolver problemas reales (de aislamiento, de

contaminación acústica,...); y, en segunda instancia, estudiando las soluciones técnicas más adecuadas a partir de cada material (ver Figura 3) y, en paralelo, el diseño e implementación del proceso industrial acorde a esta filosofía. Con ello, se ofrece un proceso alternativo que evita incrementar las emisiones de dióxido de carbono correspondientes al sector cementero (Baeza, 2008), al emplear ligantes diferentes al cemento Pórtland; evita el impacto asociado al transporte que actualmente es necesario para importar materiales similares (paneles de lana de madera) desde otros países europeos y evita las emisiones de CO y NOx que se originan al quemar, por ejemplo, las cortezas de pino (en aserraderos, centrales térmicas,...) y de posibles metales traza (Contreras et. al, 2010), ya que ahora las cortezas pasan a formar parte del producto final. De hecho, por cada 100 m² de composite de cortezas colocado en obra se han fijado más de 0,5 Tm de cortezas residuales (que dejan de ser quemadas).

Figura 3: Ejemplo de soluciones constructivas innovadoras a partir de composites de altas prestaciones.



Fuente: Pereiro, G. (2010a)

Para abarcar un proyecto de este tipo ha sido necesario establecer una fuerte interrelación entre los diferentes agentes implicados. Así se han establecido colaboraciones tecnológicas en el

denominado triángulo <<Empresa-Universidad-Centros Tecnológicos>>; en donde por encima de todo quien sale ganando es la Investigación (I), el Desarrollo (D) y en última instancia la innovación tecnológica (i), es decir, la I+D+i en el ámbito reseñado.

El germen del proyecto ha nacido en el Instituto de Cerámica de Galicia (ICG), un centro tecnológico de referencia en su sector, y se ha apoyado en: el CIS Madera (para la determinación según norma de las propiedades mecánicas de los productos obtenidos), en la Universidad de Santiago de Compostela (para el desarrollo del proyecto), en la Universidad de A Coruña, en la Universidad de Valladolid y en la Universidad Politécnica de Valencia (para obtener la característica acústica de los nuevos materiales y de las nuevas soluciones constructivas), en la Universidad de Vigo (para el asesoramiento en el escalado del proceso) y, finalmente, en el sector industrial para convertir el conocimiento generado en una innovación tecnológica.

2. OBJETIVOS

Los principales objetivos del proyecto han sido:

- Obtención en laboratorio de nuevos materiales de altas prestaciones, bajo criterios de eficiencia y sostenibilidad.
- Desarrollar nuevas tecnologías limpias para obtener a escala industrial los composites en cuestión y dar salida a los futuros residuos.
- Estudiar las soluciones técnicas más adecuadas a partir de cada material.
- Fomentar los valores medioambientales aportados por los nuevos materiales y por las soluciones que de ellos se derivasen.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materias primas

Se buscaron dos nuevos tipos de composites de altas prestaciones; unos totalmente inorgánicos, que se podrían denominar “composites minerales” y otros que permitiesen el aprovechamiento de residuos agroforestales, en adelante “composites vegetales”. Para su obtención se han utilizado diferentes recursos naturales en función del tipo de materiales compuestos ha fabricar.

Figura 4: Diferentes tipos de biomasa empleada para la obtención de composites vegetales.



Fuente: Pereiro, G. (2009b)

Las materias primas naturales empleadas para la obtención de los nuevos composites vegetales son diferentes tipos de biomasa mostrados en la Figura 4 (hierbas del campo del género *Lolium*, cortezas de aserraderos del género *Pinus* y cáscaras de pipas de girasol) y magnesitas como ligante.

En cuanto a los composites minerales, se usaron vermiculita expandida (un silicato de aluminio, hierro y magnesio) y vidrios solubles. A su vez dicha vermiculita expandida se ha empleado con varias granulometrías (0,2-1,0 mm y 1,0-4,0 mm) para obtener distintas prestaciones finales. Los tamaños de partícula empleados con este mineral se pueden apreciar en la Figura 5.

Figura 5: Vermiculita expandida de diferentes tamaños para la elaboración de composites minerales.



Fuente: Pereiro, G. (2004)

3.2. Ámbito de Aplicación e Ingeniería de Procesos

Los materiales se obtuvieron inicialmente a escala de laboratorio en tamaños de 75 mm x 150 mm con espesores entre uno y dos centímetros; empleándose dichas probetas para la caracterización físico-química, mecánica y térmica de los composites. Además, se elaboraron también probetas cilíndricas de 100 y 29 mm de diámetro para las determinaciones acústicas.

El siguiente paso fue elaborar muestras de 600 mm x 600 mm; con espesores de 10 a 25 mm para analizar la elasticidad, la influencia de ambientes húmedos y la conductividad térmica; así como, la mecanización (trabajabilidad) de los cantos.

Finalmente, se fabricaron industrialmente los nuevos materiales compuestos en formato de 1250 mm x 650 mm x 200 mm para su posterior mecanizado y puesta en el mercado.

La tecnología de fabricación, diseñada y optimizada en base a una ardua I+D, se puede definir en 4 etapas secuenciales:

- Acondicionado de las diferentes materias primas; dónde se regulan principalmente el tamaño de partícula y la humedad de las mismas.
- Mezclado y homogeneización con el ligante. En el caso de los composites minerales se emplean

vidrios solubles y en el caso de los composites vegetales cementos magnésicos.

c) Conformado con presión y baja temperatura. Se fabrican en moldes a temperaturas de curado siempre inferiores a 90 °C; buscando la eficiencia energética en la implementación de los nuevos procesos.

d) Estabilización y mecanizado de los composites. Una vez que los nuevos composites han superado el proceso de curado se mecanizan con herramientas de corte; de tal modo que se obtengan las dimensiones y el canto demandado.

Se trata de procesos que emplean equipos convencionales para cada una de las operaciones unitarias y criterios de eficiencia energética y aprovechamiento integral; pudiéndose considerar ecoeficientes y ecoinnovadores. Además, en la elaboración de los composites vegetales, se debe reseñar el empleo de magnésitas a modo de cementos naturales alternativos al Pórtland; ya que se evitan así las emisiones de CO₂ asociadas a dicho sector industrial (Baeza, 2008).

Ambos procesos permiten una fuerte interrelación entre criterios de innovación y criterios de sostenibilidad. Empleando la sostenibilidad como fuente de inspiración se ha logrado emplear fibras vegetales naturales, renovables y de la zona donde se desenvuelve la actividad; se emplean nuevos recursos minerales; aglomerantes naturales sin derivados del petróleo; un mínimo consumo energético en todo el proceso; una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero; y, en definitiva, se han creado nuevas técnicas de producción limpia.

Ahora bien, toda Industria, por muy sostenible que se considere, acaba generando algún que otro residuo o deshecho. En el Proceso Fabril que nos atañe, que recordemos... “ya aprovechaba residuos agroforestales como

materias primas”, se generan nuevos residuos; en concreto, aquellas fracciones de biomasa excesivamente finas que no son adecuadas para la obtención de los nuevos composites y los restos de los cortes que se llevan a cabo para mecanizar los tableros finalmente obtenidos.

Apoyándose nuevamente en varios de los colaboradores tecnológicos que han participado en el proyecto y llevando a cabo tareas de I+D+i en nuevos ámbitos (energía, biotecnología y fitotecnia) se ha conseguido plantear nuevas salidas a los deshechos del nuevo proceso industrial en diferentes sectores (Pereiro y Ortiz, 2009; Gullón et al., 2009; López-Mosquera et al., 2010).

3.3. Métodos de laboratorio

Para la elaboración de los materiales a escala de laboratorio se han empleado diferentes técnicas que se pueden apreciar en detalle en la literatura (Pereiro, 2004):

- Técnicas de Análisis: Fluorescencia de Rayos X (FRX) y Difracción de Rayos X (DRX).
- Técnicas de Caracterización: Picnómetro, porosímetro, columna de tamices, equipo Sedigraph y equipo de adsorción de gases (Gemini 2360).
- Técnicas de Ensayo: Resistencia a flexión, Análisis Térmico Diferencial (ATD) / Análisis Termo Gravimétrico (ATG).
- Técnicas de Procesado: Molienda, trituración, prensado y secado.
- Otros ensayos: Absorción de agua, Contracción lineal, ...

3.4. Estudio Ambiental y de Prestaciones

Una vez obtenidos en la industria, los nuevos materiales se certifican “a modo de

soluciones técnicas” y se amplía el estudio científico-técnico sobre los mismos realizando: determinaciones acústicas, térmicas, de comportamiento frente a cambios de humedad,... Para ello, se emplean los equipos necesarios en cada caso, lo que permite realizar una investigación aplicada y enfocada a mejorar las condiciones ambientales.

A nivel acústico se determina, según UNE EN ISO 10534-2: 2002 (AENOR, 2002b), el coeficiente de absorción acústico (α) que representa el porcentaje de energía acústica absorbido, esto es, eliminado por el material o solución técnica ensayada. Los resultados se expresan como curvas de absorción acústica en donde se representa el coeficiente de absorción acústico (α) frente a la frecuencia (en Hz). De un modo sencillo, se puede interpretar el área bajo cada una de las curvas como el equivalente al ruido eliminado en una estancia dada.

A nivel térmico se determinó, según UNE EN 12667: 2002 (AENOR, 2002a), la conductividad térmica de los nuevos composites, para conocer el aislamiento que podían proporcionar. Al mismo tiempo, se analizó el comportamiento de los materiales frente al fuego, según la normativa vigente, para su clasificación en Euroclases (AENOR, 2007).

Por otro lado, se estudió el comportamiento de los composites frente a ambientes húmedos (ver Figura 6); tanto en cámaras higroscópicas, como en situaciones reales de la edificación. Para ello se empleó la normativa relativa a tableros derivados de madera (UNE EN 318:2002 y UNE EN 1294:2000); desarrollando un complejo estudio técnico del comportamiento de los composites objeto de estudio y empleando como referencia diferentes tableros derivados de madera.

Figura 6: Estudio del comportamiento frente a cambios de humedad.



Fuente: González-Prieto, O. et al. (2008)

Así mismo, se determinó el comportamiento de los materiales bajo inmersión en agua 24 h, norma UNE EN 317: 1994 (AENOR, 1994), con el fin de analizar posibles problemas de hinchazón.

3.5. Difusión de Valores

A la vista del correspondiente estudio (detallado más adelante) y en lo referente a la protección y cuidado del entorno, se pueden reseñar como principales beneficios que aportan estos nuevos composites, los siguientes: la reducción de la contaminación acústica, el aislamiento térmico, la protección frente al fuego, la respiración activa (permeabilidad), y la eliminación de contaminantes ambientales. Además, se ha de mencionar, en el mismo ámbito, el tipo de proceso ingenieril empleado; un proceso ecoeficiente diseñado bajo criterios ambientales y de sostenibilidad.

Los resultados obtenidos en este ambicioso proyecto se han trasladado a diferentes foros científicos y técnicos para su presentación y discusión. Así, cabe destacar, *Ambientalia 2010* (Pereiro, 2010c), *KNX International Forum* (Pereiro, 2010a) y el XIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos (Pereiro, 2010b). Con

ello se ha pretendido no sólo dar a conocer los resultados del proyecto; sino también los valores que del mismo se derivan (a nivel medioambiental, social, económico y arquitectónico).

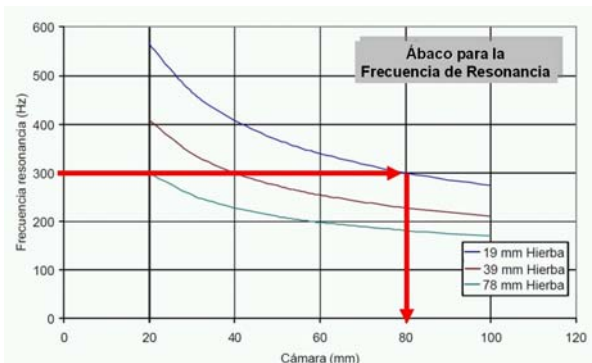
4. RESULTADOS

A continuación se muestran someramente las principales características obtenidas para los composites objeto de estudio.

4.1. Propiedades acústicas

Las curvas de absorción acústica obtenidas demuestran una buena absorción acústica, tanto para los composites estudiados, como para las soluciones constructivas generadas a partir de los mismos (falsos techos, trasdosados, soluciones sándwich,...). Dichos resultados han sido objeto de análisis en diferentes artículos y en congresos nacionales e internacionales (Lorenzana et al., 2004; Pereiro, 2004; Lorenzana et al., 2005a; Lorenzana et al., 2005b; Lorenzana and Machimbarrena, 2006).

Figura 7: Característica acústica para distintos espesores de uno de los composites vegetales.



Fuente: Lorenzana, T. et al. (2005b)

Ahondando en este tipo de estudios se ha logrado obtener, a través de cuantiosas mediciones acústicas y empleando modelos

matemáticos, el ábaco de la frecuencia de resonancia (Figura 7); lo que se podría considerar como la característica acústica del composite objeto de estudio.

A nivel práctico, una de las soluciones habituales en edificación consiste en separar ligeramente el material acústico de la pared o techo que han de revestir, como se ilustra en los ejemplos de la Figura 3. En esta línea, el ábaco reseñado nos permite solucionar problemas acústicos complejos; de tal modo que, si por ejemplo, el problema de ruido se da a 300 Hz, yendo a la curva característica (ver Figura 7) y seleccionando el espesor del composite que se va a colocar en obra, el ábaco para la frecuencia de resonancia facilitará al prescriptor (ingeniero, aparejador,...) el grosor de la cámara de aire que debe dejar tras el material (ya sea en un falso techo o en un trasdosado) para optimizar la solución acústica.

4.2. Propiedades térmicas

La conductividad térmica de los composites vegetales se encuentra entre 0,070 y 0,095 W/mK; lo que se traduce en un aislamiento térmico mayor que el alcanzado con otros tableros convencionales como los de aglomerado, *Medium-density fibreboard* (MDF) o cemento-madera.

Por otro lado, los composites minerales presentan una conductividad de 0,15 W/mK, mostrando, por tanto, un comportamiento mejor que otros materiales convencionalmente empleados en construcción como las escayolas o los morteros.

Una sencilla comparativa entre materiales se puede apreciar en mayor detalle en la Tabla 1; donde también se muestra el peso específico de los mismos.

Tabla 1: Conductividad térmica de diferentes materiales a nivel comparativo.

	Material	ρ (Kg/m ³)	K (W/mK)
Origen Vegetal	Placas de Corcho	> 400	0,07
	Composites Vegetales	475-650	0,07-0,10
	Tablero Aglomerado	270-640	0,13-0,15
	Tablero MDF	350-750	0,14-0,18
	Cemento-Madera	> 1000	0,23
	Material	ρ (Kg/m ³)	K (W/mK)
O.Mineral	Composites Minerales	550-700	0,15
	Escayolas y yesos	500-1000	0,18-0,25
	Morteros	> 1000	0,55-1,80

Fuente: Elaboración propia a partir del Catálogo de Elementos Constructivos (C.T.E.) y de Normativa Europea (2008)

4.3. Comportamiento frente al fuego.

Actualmente, el comportamiento al fuego de un material o solución constructiva se ilustra por medio de una letra de la A a la F; siendo la primera Euroclase el caso más favorable (materiales o soluciones ignífugas) y las Euroclases E y F los casos más desfavorables.

Realizados los ensayos correspondientes, en organismo acreditado, se obtuvo una clasificación para los composites vegetales de Euroclase B, la cual se puede considerar de excelente; ya que supera a los restantes materiales de base orgánica habitualmente empleados (corcho, poli estirenos,...) como se puede apreciar en la Tabla 2.

En cuanto a los composites minerales, decir que, dada su composición, son totalmente ignífugas coronando dicha tabla.

Este buen comportamiento al fuego se traduce, entre otros, en una mayor protección de las personas en caso de incendio en un recinto dado.

Tabla 2: Clasificación en Euroclases de diferentes materiales según su comportamiento frente al fuego.

Euroclase	Composición
A1	- Silicatos o Vermiculita
A2	- Paneles Minerales (lana mineral, perlita, yeso,...)
B	- Madera-Cemento - Composites Vegetales
....	
D	- Tableros derivados de madera - Tableros de madera maciza
E	- Madera para revestimientos - Paneles y mantas de cáñamo - Placas de corcho - Paneles de Kenaf - Paneles de Plásticos
F	- Materiales sin ensayar

Fuente: Pereiro, G. (2010a)

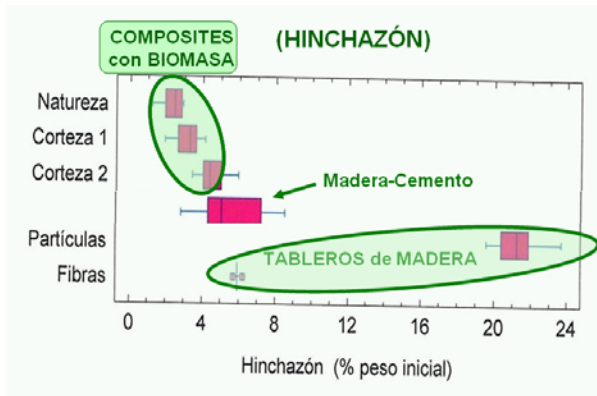
4.4. Comportamiento frente al agua.

Tras inmersión en agua 24 horas, la hinchazón en espesor de los composites vegetales es claramente inferior a la de otros tableros derivados de madera de uso habitual en España (como se aprecia en la Figura 8). En dicha figura, la denominación Naturaleza hace referencia a los composites elaborados con hierba; mientras que Corteza 2 y Corteza 1 representan composites a partir de cortezas de pino con mayor o menor densidad, respectivamente.

La elevada estabilidad dimensional que presentan permite el uso de estos materiales en ambientes húmedos como pueden ser, por ejemplo, el falso techo de un cuarto de baño o de una piscina climatizada.

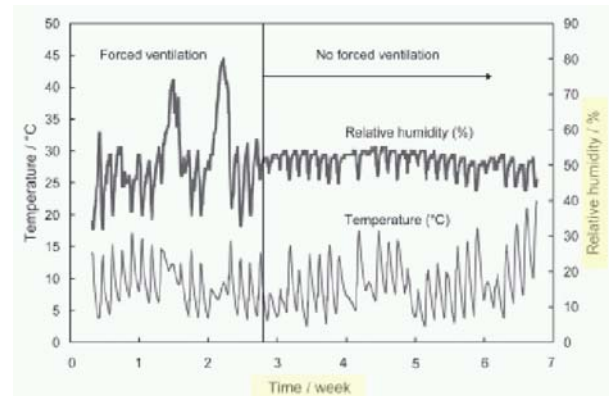
Por otro lado, reseñar que el valor medio de la hinchazón en los composites minerales, dada su naturaleza, no alcanza el 1,0 %.

Figura 8: Hinchazón de diferentes materiales elaborados con madera o biomasa.



Fuente: González-Prieto, O. et al. (2008)

Figura 9: Control de la humedad relativa con composites en una estancia dada.



Fuente: Akao, M. et al. (2006)

4.5. Comportamiento frente a cambios de humedad.

Otro aspecto ambiental que resulta fundamental para las personas a la hora de habitar o trabajar en una edificación dada es la humedad del aire que respiran. Un ejemplo de hasta que punto estos nuevos materiales pueden regular la humedad ambiental de una estancia se refleja en el *Journal of hard tissue biology* (Akao, M. et al., 2006), donde se describe la regulación de la humedad relativa de una estancia de 39,7 m³ en donde pared y techo estaban recubiertos con 44,2 m² de composites elaborados a partir de vermiculita y el suelo era de madera. La estabilidad de la humedad relativa que se alcanzó sin ventilación durante un mes se muestra (a partir de la tercera semana) en la Figura 9. Se mantiene en torno al 50 % de humedad relativa.

Este fenómeno se debe a la capacidad del composite de regular la humedad ambiental y, en la práctica, se traduce en lo que se denomina “respiración activa”. La permeabilidad de este tipo de materiales facilita una parcial renovación del aire interior; con lo que, se reducen las condensaciones indeseadas y se mejora la calidad del aire.

Un efecto similar se logra con los composites vegetales; en este caso debido a la elevada porosidad intersticial de los mismos.

4.6. Adsorción de COVs del ambiente.

Otro aspecto que refleja Akao para estos materiales a base de vermiculita expandida es su capacidad para adsorber compuestos orgánicos volátiles (COVs). Un ejemplo, es el formaldehído que en mayor o menor medida desprenden muchos de los mobiliarios habitualmente empleados. Con el empleo de estos composites se logra en pocas horas captar y, por ende, eliminar del ambiente la totalidad de dicho contaminante.

Otra experiencia interesante es el aumento de la temperatura del habitáculo de 25°C a 40°C. Ante dicho proceso térmico, el formaldehído no sufre problemas de desorción como puede apreciarse para las placas de yeso.

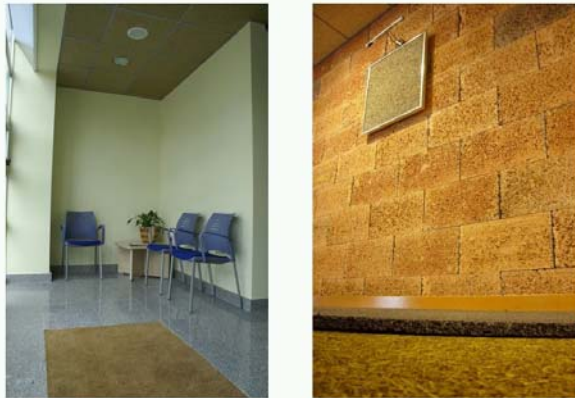
4.7. Aportación a la Sociedad.

En definitiva y a modo de resumen, se podría mencionar que, a la finalización del proyecto, se han obtenido productos con elevada absorción acústica (Lorenzana and Machimbarrena, 2006), aislamiento térmico

(Pereiro, 2009a) -lo que se traduce en eficiencia energética-, respiración activa, atrapamiento de componentes nocivos (Akao, M. et al., 2006), etc. En paralelo, para la obtención de estos productos, se ha logrado implementar procesos industriales sostenibles que optimizan los recursos naturales y que fomentan la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Pereiro, 2009b).

A título ilustrativo, en la Figura 10 se pueden apreciar los composites objeto de estudio en dos aplicaciones finales de uso.

Figura 10: Ejemplos de actuaciones con los nuevos composites minerales (izquierda) y vegetales (derecha).



Fuente: Pereiro, G. (2010c)

Aunque a veces visualmente no se observe gran diferencia de emplear un material a otro, la experiencia nos demuestra que unos son claramente más aconsejables que otros. Es por ello que la selección de materiales saludables y biocompatibles resulta primordial para un futuro más sostenible.

Así mismo, si ampliamos el ámbito de estudio al lugar o espacio que se debe acondicionar hay otro aspecto que cobra vital importancia; el empleo de estos materiales en la ubicación adecuada. Dicha ubicación quedará a la elección del técnico competente; el cual deberá seleccionar la colocación más idónea en cada caso.

5. CONCLUSIONES

- Se han obtenido nuevos composites de altas prestaciones valorizando recursos naturales. En concreto, materiales compuestos a partir de hierba, cortezas de pino, cáscaras de pipa y dos tamaños de vermiculita expandida.
- Se ha registrado patente de invención correspondiente a los nuevos procedimientos de fabricación.
- Se han desarrollado soluciones técnicas eficientes y sostenibles.
- Con el empleo de estos nuevos materiales se fomenta la reducción de la contaminación acústica de nuestro entorno, la adsorción de COVs y la regulación de la humedad ambiental; lo que, en definitiva, permite una mejora de la calidad de vida de la Sociedad.

AGRADECIMIENTOS

El autor quiere mostrar su agradecimiento, por el apoyo en la financiación de esta línea de trabajo, a la Xunta de Galicia (PGIDT02TMT06E, PGIDIT06TMT029E, PGIDIT07MRU034E, IN840E 2007/273-0) y al Ministerio de Educación y Ciencia (PTO04-1-0206); así como, a los colaboradores tecnológicos que han participado en las diferentes etapas del Proyecto por su dedicación y desinteresado apoyo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AENOR (1994); Norma UNE EN 317:1994. Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la hinchazón en espesor después de inmersión en agua. Asociación

Española de Certificación y Normalización, Madrid 2006.

AENOR (2002a); Norma UNE EN 12667:2002. Materiales de construcción. Determinación de la resistencia térmica por el método del medidor de flujo de calor. Productos de alta y media resistencia térmica. Asociación Española de Certificación y Normalización, Madrid, 2006.

AENOR (2002b); Norma UNE EN ISO 10534-2:2002. Acústica. Determinación del coeficiente de absorción acústica y de la impedancia acústica en tubos de impedancia, Parte 2: Método de la función de transferencia. Asociación Española de Certificación y Normalización, Madrid, 2004.

AENOR (2007); Norma UNE EN 13501-1:2007. Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para la edificación, Parte 1: Clasificación a partir de datos obtenidos en ensayos de reacción al fuego. Asociación Española de Certificación y Normalización, Madrid, 2008.

Akao, M.; Fukuda, Y.; Yamazaki A.; Inoue M.; Setsu K.; Takagi T.; Rui K.; Okauchi M. and Tamamura R. (2006): Preparation and Characterization of Calcium Silicate/Vermiculite Composite, en: *Journal of Hard Tissue Biology*, 15 [3], págs. 101-104.

Asdrubali, F. (2006): Survey on the acoustical properties of new sustainable materials for noise control, in: Proc. of EURONOISE 2006, Structured Session Sustainable Materials for Noise Control, Tampere (Finland).

Baeza, R. (2008): Impacto de la propuesta de Directiva ETS 2013-2020 en el sector cementero europeo. Conclusiones-Enfoque en España, en: Mesa Técnica: Calentamiento Global, I Congreso

Nacional de la Fundación Laboral del Cemento y el Medio Ambiente, Madrid (España).

Contreras, M. L.; Bahillo, A.; Arostegui, J. M. y Armesto, L. (2010): Aspectos ambientales del empleo de residuos biomásicos en procesos de co-combustión: Emisión de metales traza, en: CONAMA10, Congreso Nacional del Medio Ambiente, Madrid.

González-Prieto, O.; Touza Vázquez, M. C. y Pereiro, G. (2008): Determinación de las principales propiedades físicas y mecánicas de diversas composiciones de tableros, en: Memoria Informe Técnico PGIDIT06TMT029E, Lalín.

Gullón, P.; Pereiro, G.; Alonso, J. L.; Parajó, J. C. (2009): Aqueous pretreatment of agricultural wastes: characterization of soluble reaction products, en: *Bioresource Technol.* 100, págs. 5840–5845.

López-Mosquera, M. E.; Pereiro, G.; Gómez, R.; López-Fabal, A. (2010): Evaluation of the use of residual materials from bioconstruction manufacturing as soil substrate components, en: *Waste and Biomass Valorization*. DOI: 10.1007/s12649-010-9053-3

Lorenzana, T. and Machimbarrena, M. (2006): Acoustical research about ecological materials, in: Proc. of EURONOISE 2006, Structured Session Sustainable Materials for Noise Control, Tampere (Finland).

Lorenzana, T.; Alba, J. y González, J. (2005a): Comportamiento acústico de paneles sándwich con productos ecológicos, en: 36º Congreso Nacional de Acústica, TECNIACÚSTICA 2005, Terrassa (España).

Lorenzana, T.; Alba, J. y Ramis, J. (2005b): Modelos acústicos para caracterizar materiales obtenidos a partir de productos ecológicos, en: 36º Congreso Nacional de Acústica, TECNIACÚSTICA 2005, Terrassa (España).

Lorenzana, T.; García, D.; Álvarez, J. A.; Alonso, G., y González, J. (2004): Propiedades acústicas de materiales obtenidos de productos ecológicos, en: 35º Congreso Nacional de Acústica, TECNIACÚSTICA 2004, Guimarães (Portugal).

Papadopoulos, A. M.; Karamanos A., Avgelis, A. (2002): Environmental impact of insulating materials at the end of their useful lifetime, in: Proc. Int. Conf. Protection and restoration of the environment VI, pp. 1625-1632, Skiathos (Greece).

Pereiro, G. (2004); Obtención de nuevos materiales para construcción: Ph. D. Tesis Doctoral Universidad de Santiago de Compostela, Servicio de publicaciones e intercambio científico de la USC, Santiago de Compostela, 2004.

Pereiro, G. (2009a): La ingeniería de procesos al servicio del desarrollo sostenible, en: Más Que Energía, la revista de las energías alternativas de Galicia, nº 12, págs. 22-23, Grupo QualityNova, Vigo.

Pereiro, G. (2009b): Tecnología Biomasa-Cemento, en: I Congreso Internacional de Arquitectura Sostenible, págs. 148-153, Valladolid.

Pereiro, G. (2010a): Fomento de la eficiencia a través del empleo de materiales de nueva generación, en: Programa de Promoción Científica KNX International Forum 2010, págs. 6-15, KNX International Forum, Madrid.

Pereiro, G. (2010b): La ingeniería como intermediación entre la Naturaleza y la

Arquitectura Sostenible, en: XIV Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, págs. 1166-1177, Fundación General de la Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.

Pereiro, G. (2010c): Protección y cuidado del entorno a través de la ingeniería y los recursos naturales, en: Sesión III: "Evaluación y Gestión Ambiental en el S. XXI", I Congreso Estatal de Sostenibilidad, Ambientalia - 2010, págs. 92-93, Coordinadora Estatal de Ciencias Ambientales, Madrid.

Pereiro, G. y Ortiz, L. (2009): Biocombustibles sólidos de residuos de la bioconstrucción, en: Bioenergy Int. Esp. 3, pág. 22.