



Received: 17-10-2020
Accepted: 10-11-2020

Anales de Edificación
Vol. 6, Nº3, 1-5 (2020)
ISSN: 2444-1309
Doi: 10.20868/ade.2020.4608

ISOBIO: rendimiento higrotérmico medido de un panel aislante estructural con materiales de origen biológico. ISOBIO: dynamic hygrothermal modelling and validation of a structural insulated panel with bio-based materials.

O. Style & B. Clavero

Praxis Resilient Buildings, Barcelona, España (oliver@praxis-rb.com)

Resumen— El impacto ambiental del sector de la construcción, responsable del 40% del consumo total de energía primaria de la Unión Europea, requiere la reducción tanto de la energía incorporada de los materiales de construcción como de la energía operativa que consume un edificio durante su vida útil. La madera y los residuos agrícolas pueden proporcionar materiales renovables de origen biológico de origen local que ayudan a construir una economía circular y a reducir el impacto ambiental del sector de la construcción. Este artículo muestra un ejemplo de un panel aislante estructural prefabricado, hecho con materiales de base biológica, diseñado para su uso en edificios de energía casi nula.

Palabras Clave— Rendimiento higrotérmico; Panel aislante; Biomaterial.

Abstract— The environmental impact of the construction sector - responsible for 40% of the total primary energy consumption of the European Union - requires the reduction of both the embodied energy of building materials as well as operational energy consumed by a building during its lifetime. Timber and agricultural residues can provide locally sourced bio-based renewable materials that help build a circular economy and reduce the environmental impact of the construction sector. This article shows an example of a prefabricated structural insulating panel, made with bio-based materials, designed for use in nearly-zero energy buildings.

Index Terms— Hygrothermal performance; Insulating panel; Biomaterial.

I. INTRODUCCIÓN

Frente al impacto ambiental del sector de la construcción-responsable de un 40 % del consumo total de energía primaria de la Unión Europea reducir tanto la energía embebida de los materiales en la fase de fabricación, como el

consumo energético de los edificios en su fase de uso son tareas urgentes. La madera, los residuos agrícolas, y los materiales lignocelulósicos, son recursos renovables locales que se pueden aprovechar para fomentar la economía circular y reducir el impacto ambiental del sector. El presente artículo muestra un ejemplo de un panel prefabricado estructural

aislante, hecho con materiales de origen biológico, para edificios de nueva construcción de consumo casi nulo.

II. PANEL ISOBIO PARA EDIFICIOS DE NUEVA CONSTRUCCIÓN

El prototipo del panel que se monitorizó mide 1,95m x 1,95m, con un espesor total de 33,2cm en 8 capas con 9 materiales diferentes (Figura 1). Se compone de un revoco exterior compuesto de cal y cáñamo de 25mm de espesor, aplicado sobre un aislamiento térmico rígido de cáñamo de 50mm, fijado mecánicamente a la estructura de madera de pino rojo de 145mm de espesor. Entre la estructura hay

SATE, indicaron una resistencia al cizallamiento de $\tau k = 0,08$ MPa, y un módulo de cizalla de $Gm = 6$ MPa ($\tau k \geq 0,02$ MPa, y $Gm \geq 6$ MPa para aislamientos de EPS). Por tanto, los resultados indican una alta resistencia mecánica. Los ensayos de resistencia al fuego del panel ISOBIO de 180 minutos conforme EN 1363-1. El aislamiento térmico rígido de cáñamo de 50mm alcanzó la clase M1 (según NF P 92 501) o clase B conforme EN 13 501-1. No se realizaron ensayos de comportamiento acústico.

La figura 2 y la figura 3 muestran la instalación de los paneles en los demostradores en Wroughton y Sevilla. Se

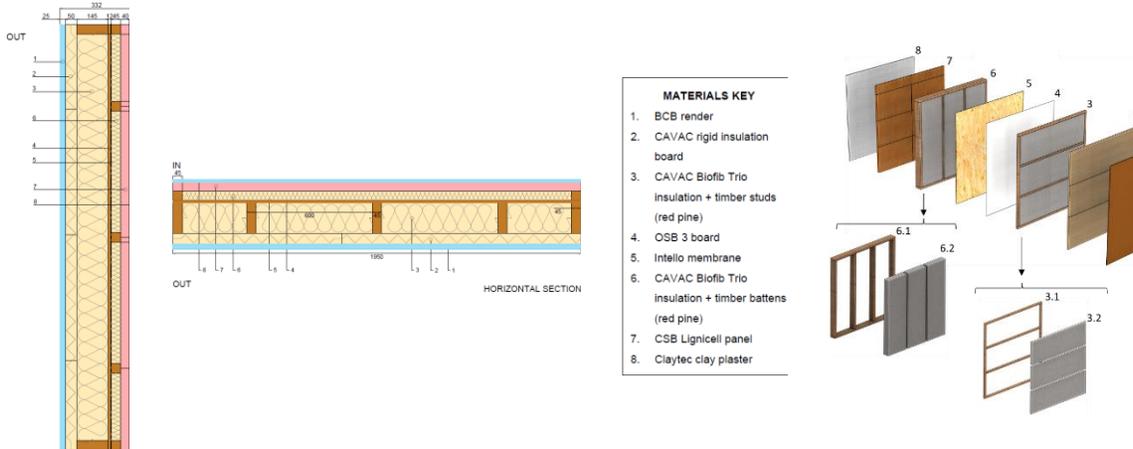


Fig. 1. Secciones y composición del panel ISOBIO.

aislamiento de cáñamo, algodón, y lino, seguido por un tablero de OSB 3 de 12 mm. Sobre el OSB se ha fijado una membrana hermética y de control de vapor dinámico, seguido por una cámara de instalaciones de 45mm de espesor con aislamiento térmico de cáñamo, algodón, y lino, entre rastreles de madera, girados a 90° en relación a la estructura para reducir el puente térmico a través de los elementos de madera. La cámara se cierra con un tablero de paja termo-comprimida de 40mm de espesor, revocado al interior con un compuesto de arcilla y cáñamo aplicado en 3 capas, de 15mm de espesor.

Los ensayos mecánicos del aislamiento térmico rígido de cáñamo de 50mm, conforme la ETAG 004 para aislamiento

instaló un sistema de monitorización con una estación meteorológica registrando las condiciones exteriores, una sonda de temperatura en la cara exterior del panel, un sensor de flujo de calor y una sonda de temperatura en la cara interior, conforme la ISO 9869 (ISO 9869-1, 2014). Adicionalmente, se instalaron sondas de temperatura y humedad relativa en 3 puntos intersticiales (Fig. 44), para medir el comportamiento higrótérmico dinámico al interior del panel y comparar los resultados con el modelo WUFI, según la EN 15026 (UNE-EN 15026, 2007). Los datos se midieron a un intervalo de 5 minutos. La temperatura interior se mantuvo



Fig. 2. Instalación de los paneles en el demostrador HIVE, Wroughton, Reino Unido.



Fig. 3. Instalación de los paneles en el demostrador Test Cell, Sevilla, España

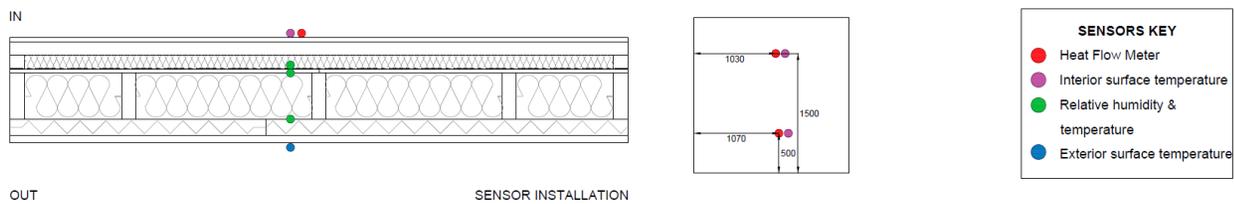


Fig. 4. Ubicación y tipo de sensores instalados en el panel.

TABLA I
 CÁLCULO DE LA U DEL PANEL ISOBIO DE NUEVA CONSTRUCCIÓN, CONFORME LA ISO 6946

Resistencia superficial Int. [m ² K/W]	0,13
Resistencia superficial Ext. [m ² K/W]	0,04

Material [Sección 1]	Espe- sor r [mm]	λ , HR=50% [W/m·K]	Materi- al [Sección 2]	λ , HR=50% [W/m·K]	Materi- al [Sección 3]	λ , HR=50% [W/m·K]
Revoco de cal y cáñamo	25	0,141				
Aislamiento rígido de cáñamo	50	0,077				
Aislamiento de cáñamo, algodón y lino	145	0,039	Madera	0,127		
Tablero de OSB 3	12	0,143				
Membrana hermética-control de vapor	0,25	2,413				
Aislamiento de cáñamo, algodón y lino	45	0,039			Madera	0,127
Tablero de paja comprimida	40	0,113				
Revoco de arcilla y cáñamo	15	0,628				
Espesor total [mm]	332	% Sec. 1:		% Sec. 2:		% Sec. 3:
		100,0%		0,0%		0,0%

Resistencia térmica, límite superior R'_T [m ² K/W]	6,277
Resistencia térmica, límite inferior R''_T [m ² K/W]	6,277
Resistencia térmica, R_T [m ² K/W]	6,277
Estimación de error	0%
U calculado ISO 6946 [W/m²·K]	0,159

a una temperatura media de 25,5°C durante todo el periodo con un calentador eléctrico de aire.

III. RESULTADOS DE MONITORIZACIÓN Y VALIDACIÓN DE LOS MODELOS DE CÁLCULO

La Tabla 1 muestra los resultados de cálculo de la U del panel ISOBIO conforme la ISO 6946 (UNE-EN ISO 6946, 2012) en régimen estacionario. Para las conductividades térmicas de los materiales, se tomaron los valores medidos en

laboratorio (para el material seco a 10°C, con un contenido de agua w=0), y se recalcularon con un modelo desarrollado por la Universidad de Rennes 1, para el material a una humedad relativa del 50%, siendo un contenido de agua más realista. Para la comparativa con los datos experimentales se despreció el efecto térmico de los elementos estructurales de madera, ya que su incidencia en las mediciones de flujo de calor, temperatura y humedad relativa se consideraron despreciables.

Se presentan los resultados del periodo 24/02/2018 a 14/03/2018 en el demostrador HIVE, Reino Unido, durante un

TABLA II
CÁLCULO DE LA U DEL PANEL ISOBIO DE NUEVA CONSTRUCCIÓN,
CONFORME LA ISO 6946

Promedio, flujo de calor [W/m ²]	3,9
Promedio, Temp. Aire [°C]	25,6
Promedio, Temp. Sup. Int. [°C]	24,6
Promedio, Temp. Sup. Ext. [°C]	3,0
Promedio, Temp. Aire Ext. [°C]	2,4
Valor-U [W/m ² ·K]	0,17
Conductancia [W/m ² ·K]	0,18
R _T [m ² ·K/W]	5,49
R _T corregido [m ² ·K/W]	5,90
U corregido, medido in-situ [W/m²·K]	0,169
U calculado [W/m²·K]	0,159

total de 432 horas, o 18 días, con 5.184 puntos de datos. La Tabla 2 y la Figura 5 muestran los resultados de la transmitancia térmica medida in-situ conforme la ISO 9869, y su comparación con el valor calculado en régimen estacionario, conforme la ISO 6946.

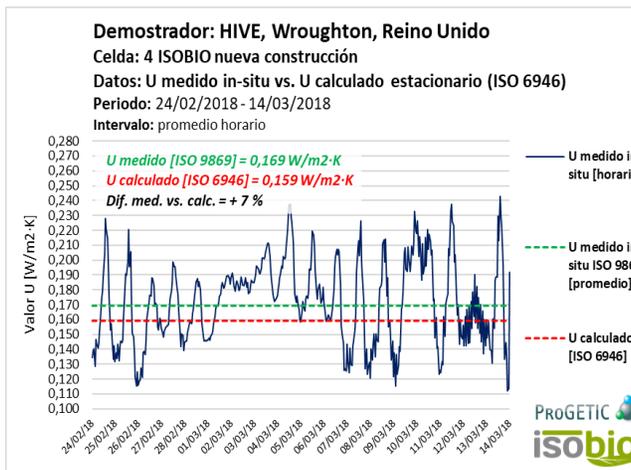


Fig. 5. U medido in-situ vs. U calculado estacionario (ISO 6946).

La Figura 6 muestra la transmitancia térmica medida in-situ, comparado con el valor dinámico calculado con la herramienta WUFI. La Figura 7, Figura 8 y Figura 9, muestran la temperatura y humedad relativa medida y calculada con WUFI, al interior del panel, en 3 posiciones diferentes.

IV. CONCLUSIONES

El resultado de la transmitancia térmica media medida in-situ (Figura 5), es un 7 % más alto que el valor calculado en régimen estacionario, siendo una diferencia mínima, dentro del margen de incertidumbre de la medición. Los resultados indican un comportamiento fiable y una estrecha correlación entre lo calculado y medido. Pone de relieve la importancia de tomar en cuenta un contenido de humedad realista en los

materiales, al momento de realizar un cálculo simplificado de transmitancia térmica, en donde el único parámetro es la conductividad térmica.

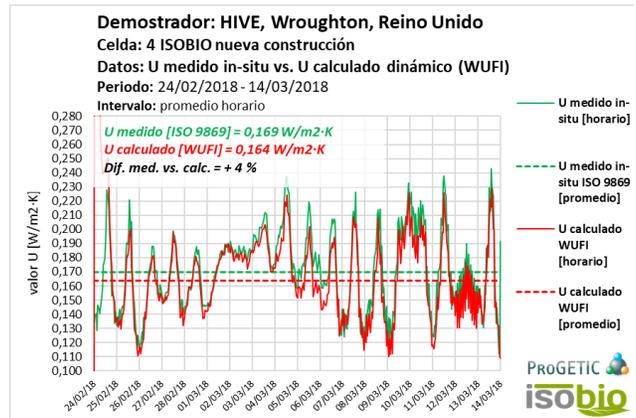


Fig. 6. U medido in-situ vs. U calculado dinámico (WUFI).

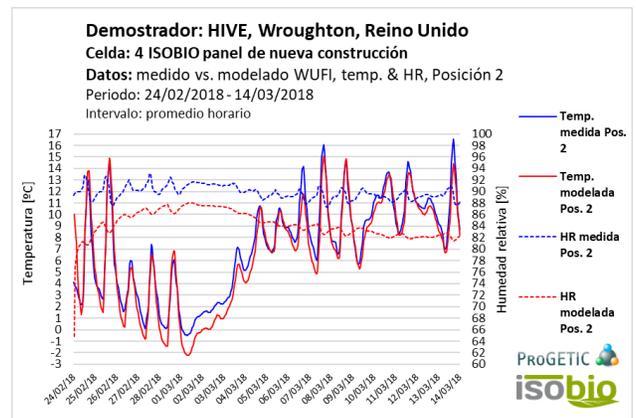


Fig. 7. Temperatura & humedad relativa medida vs. modelada con WUFI, Posición 2.

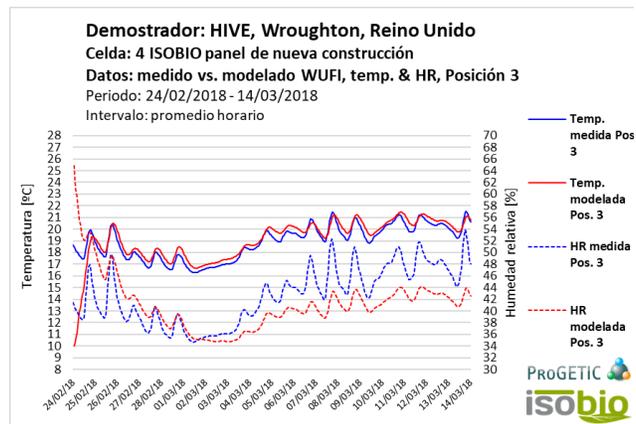


Fig. 8. Temperatura & humedad relativa medida vs. modelada con WUFI, Posición 3.

La transmitancia térmica horaria medida in-situ y los valores calculados dinámicamente con la herramienta WUFI (Figura 6), muestran una correlación aún mejor, con una

diferencia del 4 % entre el promedio de la U medida in-situ y la U calculada con WUFI. Indica que el cálculo acoplado de transferencia de calor y humedad de la herramienta WUFI refleja con precisión la transmitancia térmica dinámica para un elemento constructivo de este tipo, con materiales de origen biológico.

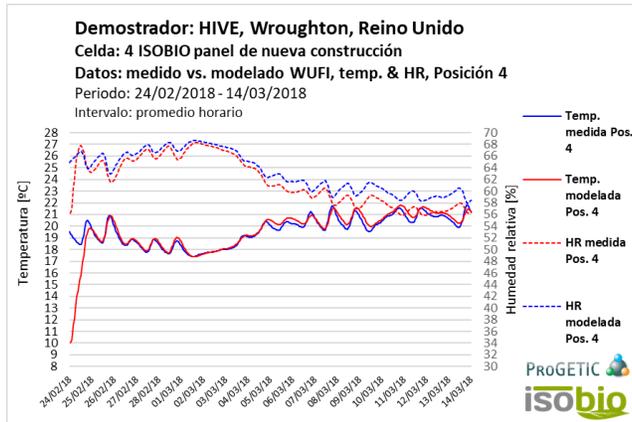


Fig. 9. Temperatura & humedad relativa medida vs. modelada con WUFI, Posición 4.

Por último, los resultados de la temperatura y HR medida y modelada con WUFI en las posiciones 2, 3 y 4 (Figura 7, Figura 8 y Figura 9), muestran que las variaciones dinámicas de temperatura están muy bien reflejadas en el modelo. Las variaciones a corto plazo de la humedad relativa no se reflejan con la misma precisión en el modelo, posiblemente por la suposición que el contenido de agua en equilibrio en los materiales es instantáneo, cuando en realidad, hay una histéresis (Reuge et al., 2019). No obstante, los resultados muestran una muy buena correlación entre lo medido y lo calculado, demostrando que los materiales de origen biológico en un panel compuesto de este tipo, pueden contribuir a la reducción de los consumos de energía de un edificio en su fase de operación, con una mínima cantidad de energía embebida de los materiales en la fase de su fabricación.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto ISOBIO se realizó gracias a la subvención N° 636835 otorgada por la Unión Europea.

REFERENCIAS

ISO 9869-1:2014 Thermal Insulation – Building elements – in-situ measurement of thermal resistance and thermal transmittance (Aislamiento térmico – elementos constructivos – medición in-situ de la resistencia térmica y transmitancia térmica).

Reuge, N.; Collet, F.; Pretot, S.; Moissette, S.; Bart, M.; Style, O.; Shea, A.; Lanos, C. (2019), Hygrothermal transfers through a bio-based multilayered ISOBIO wall – Part I: Validation of a local kinetics model of sorption and simulations of the HIVE demonstrator. Laboratoire de Génie Civil et Génie Mécanique, Axe Ecomatériaux pour la construction, Université de Rennes, 3 rue du Clos Courtel, BP 90422, 35704 Rennes, France.

UNE-EN 15026:2007, Comportamiento higrotérmico de componentes de edificios y elementos constructivos. Evaluación de la transferencia de humedad mediante simulación numérica. (Ratificada por AENOR en junio de 2010.)

UNE-EN ISO 6946:2012, Componentes y elementos para la edificación. Resistencia térmica y transmitancia térmica. Método de cálculo. (ISO 6946:2007)



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.