

# COMPORTAMIENTO REAL DE PASSIVHAUS EN EL MEDITERRÁNEO

**Wassouf, Micheel**

Energiehaus, Avda. Bogatell 21, 1-1, E-08005 Barcelona, email: [wassouf@energiehaus.es](mailto:wassouf@energiehaus.es)

## RESUMEN

Cómo funcionan las casas Passivhaus en un clima cálido como el del Mediterráneo? Cuál es la coincidencia real de estos edificios con los cálculos de la herramienta PHPP? Dos preguntas claves para convencer a la sociedad de la viabilidad del concepto Passivhaus, dos dudas con las que nos encontramos delante de los arquitectos y clientes. La intervención quiere dar unas primeras respuestas a estas preguntas, mediante el análisis de las monitorizaciones que se están haciendo en la casa MZ de los arquitectos Calderon-Folch-Sarsanedas y la casa AF-1 de la empresa Farhaus, ambos situados en la provincia de Barcelona.

Se hará una comparativa entre monitorización y cálculo teórico, tanto con los datos climáticos utilizados para la certificación cómo los reales medidos en el año de uso del edificio.

La intervención terminará con la crónica del usuario de la casa AF-1, en la que explicará las experiencias personales de una familia que vive desde más de un año en una Passivhaus en zona Mediterránea.

**PALABRAS CLAVE:** Passive House en climas cálidos, Monitorización, Comportamiento real, Experiencia usuario.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la costa del Mediterráneo Español existen con fecha de este artículo 2 casas construidos según el protocolo Passivhaus. La casa MZ de los arquitectos “Calderon Folch Sarsanedas” es una vivienda entre medianeras rehabilitada, situada en el barrio barcelonés de Sarriá. La casa AF1 del arquitecto Jordi Fargas está ubicada en Castellterçol, a 45 km de Barcelona, siendo esta casa la primera certificada con sello Passivhaus en Catalunya.

Ambas casas están ocupadas desde el año 2012. A principios del 2013 se ha empezado la monitorización de la calidad ambiental y de los consumos energéticos de ambos edificios, para comprobar con datos reales los valores excelentes de los cálculos con la herramienta PHPP. En este artículo se presentan los resultados medidos de la primera mitad del 2013. Para la conferencia en octubre del 2013 se presentarán también los resultados del verano 2013. La casa AF1 dispone además de registro de consumos energéticos de un año entero (febrero 2012-enero 2011).

A continuación se muestran los resultados principales de los PHPP's de ambos edificios: Figura 1 representa la casa MZ y Figura 2 la casa AF1.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area			
Treated Floor Area:		67,5 m <sup>2</sup>	
Applied:		monthly calculation	PH Certificate:
			Fulfilled?
Specific Space Heat Demand:	17 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	No
Pressurization Test Result:	2,3 h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>	No
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	109 kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	Yes
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	84 kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Specific Primary Energy Demand Energy Saving by Solar Electricity:	kWh/(m <sup>2</sup> a)		
Heating Load:	16 W/m <sup>2</sup>		
Frequency of Overheating:	9 %	over 26 °C	
Specific Useful Cooling Energy Demand:	kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Cooling Load:	12 W/m <sup>2</sup>		

Figura 1: resultados principales PHPP de la casa MZ de Barcelona

Specific building demands with reference to the treated floor area				
Treated floor area		124,5 m <sup>2</sup>	use: Monthly method	
			Requirements	
			Fulfilled?*	
Space heating	Annual heating demand	13 kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)	yes
	Heating load	12 W/m <sup>2</sup>	10 W/m <sup>2</sup>	-
Space cooling	Overall specific space cooling demand	kWh/(m <sup>2</sup> a)	-	-
	Cooling load	W/m <sup>2</sup>	-	-
	Frequency of overheating (> 25 °C)	7,1 %	-	-
Primary Energy	Space heating and cooling, dehumidification, household electricity	105 kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)	yes
	DHW, space heating and auxiliary electricity	72 kWh/(m <sup>2</sup> a)	-	-
	Specific primary energy reduction through solar electricity	kWh/(m <sup>2</sup> a)	-	-
Airtightness	Pressurization test result n <sub>50</sub>	0,6 1/h	0,6 1/h	yes

Figura 2: resultados principales PHPP de la casa AF1 de Castellterçol

## 2. EXPOSICIÓN Y DISCUSIÓN DE LOS VALORES MEDIDOS

### 2.1 Casa MZ en Barcelona

La casa MZ en Barcelona (ver figura 3) es fruto de una rehabilitación integral de una vivienda entre medianeras, llevada a cabo con criterios Passivhaus. La vivienda tiene una superficie útil de 67,5 m<sup>2</sup> y está actualmente ocupada por 4 personas.

Visto la gran complejidad de tal rehabilitación, no se ha llegado a cumplir con el valor exigente Passivhaus - caudal equivalente de infiltración  $n_{50} \leq 0,6/h$ . Por eso no ha sido posible certificar esta casa con estándar Passivhaus. No obstante, este edificio es la primera vivienda rehabilitada en Catalunya que ha llegado a los rangos de consumo Passivhaus, con una reducción de los consumos energéticos “factor 10” (reducción del 90%).



Figura 3: Casa MZ (fuente: Pol Viladoms)

En esta casa se están registrando temperaturas, humedad relativa y concentración de CO<sub>2</sub>. Se dispone de datos de enero hasta abril del 2013.

En la figura 4 se exponen los valores de temperaturas exterior (azul) e interior (rojo). La media temperatura interior es 19,8°C, cuando la media del exterior es 9,3°C. La temperatura interior es algo inferior respecto a las temperaturas registradas normalmente en Passivhaus (sobre los 21°C). Eso se explica debido a los reducidos aportes solares en invierno (la orientación de la fachada principal es a noreste) y la desocupación de la vivienda durante el día (de lunes a viernes).

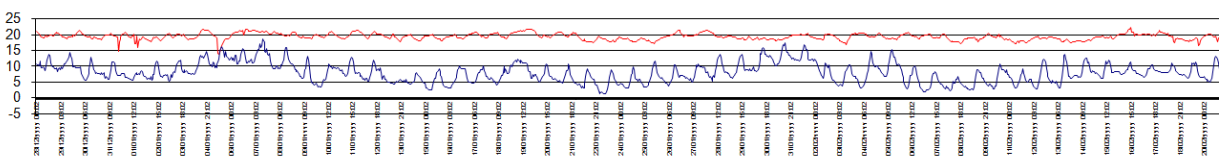


Figura 4: Registro de temperaturas interiores y exteriores

Los valores de la humedad relativa registrados (figura 5) dan un promedio de 47,2%, valor típico por ser una ciudad costera. Los valores registrados reflejan una calidad ambiental muy buena en cuanto al contenido de vapor de agua en el aire.

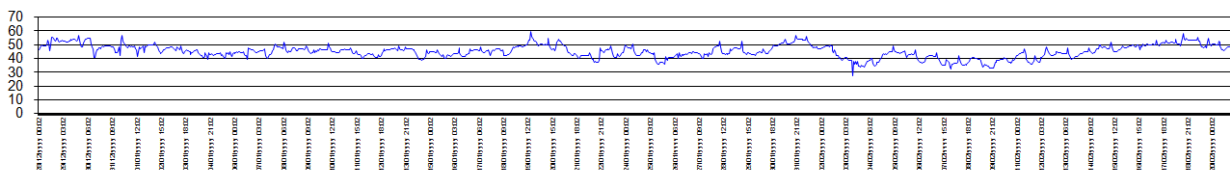


Figura 5: Registro de la humedad relativa

En los 4 meses de registro, la concentración media de CO<sub>2</sub> del aire interior ha sido de 725 ppm. Este valor es muy bueno y coincide según RITE con una calidad óptima IDA (calidad de referencia para hospitales, guarderías etc.). La figura 6 refleja de modo muy claro el uso rítmico de esta vivienda, con valores repetitivos muy constantes (400ppm por el medio día, con la vivienda desocupada, y 1000ppm por la noche, con 4 personas ocupando la casa).

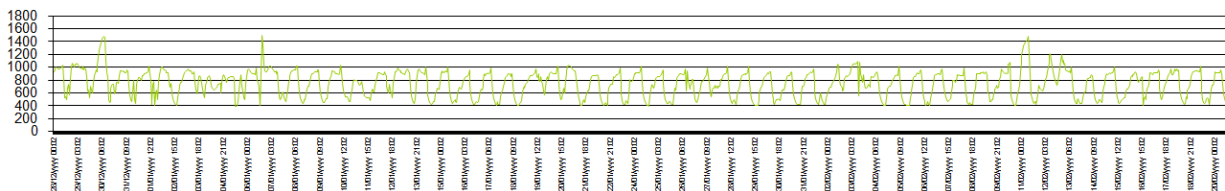


Figura 6: Registro de la concentración de CO2

### 2.2 Casa AF-1 en Castellterçol

La casa AF-1 en Castellterçol (ver Figura 7) tiene un sistema de calefacción y de ACS por bomba de calor Aire-Agua. Se trata de una vivienda unifamiliar aislada de planta baja y primera, con una superficie útil según método PHPP de 124,5 m2. Está actualmente ocupada por 3 personas.

El hecho de tener solo una única fuente energética (electricidad) facilita el análisis de los consumos energéticos. En la Figura 8 se ve el consumo total de este edificio para calefacción, ACS y energía auxiliar (bombas etc.), en el periodo registrado de febrero del 2012 hasta febrero del 2013.



Figura 7 – Casa AF1 en Castellterçol

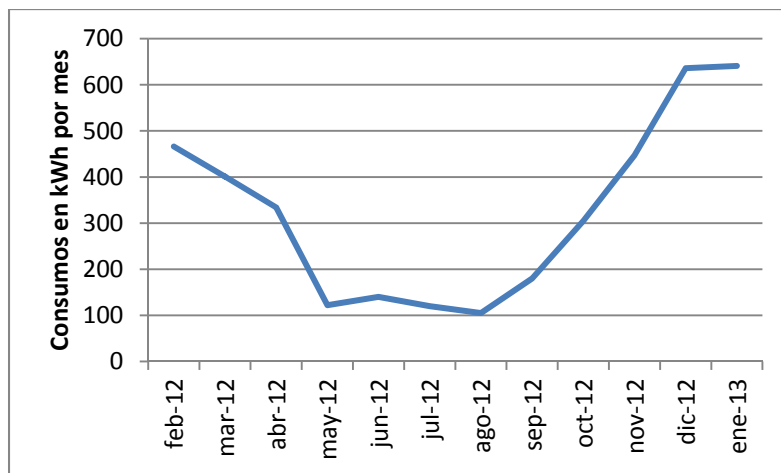


Figura 8 – Consumo energético para ACS, calefacción y energía auxiliar de la Casa AF1

El total de los consumos anuales de la casa AF-1 ascienden a 3.897 kWh anuales. Eso equivale a un consumo específico de 31,43 kWh por metro cuadrado de superficie útil. Según métrica del PHPP, el factor de energía primaria de la electricidad en España es 2,7 (valor a actualizar seguramente en el futuro). Multiplicando el consumo eléctrico por el factor de EP, se consigue el consumo en energía primaria. En nuestro caso sería 84,86 kWh/m2-aep.

Como se ve en la figura 2, el valor calculado para energía primaria en calefacción, ACS y energía auxiliar asciende a 72 kWh/m2a. Para realmente poder comparar entre el cálculo del PHPP y los valores reales, tenemos que actualizar los

datos climáticos del PHPP. Por eso se actualiza este cálculo con un set de datos clima de Caldes de Montbui, la estación oficial meteorológica más cercana de Castellterçol. Además se corrigen los valores reales debido a las diferencias de temperatura entre la estación Meteo y Castellterçol (ver figura 9).

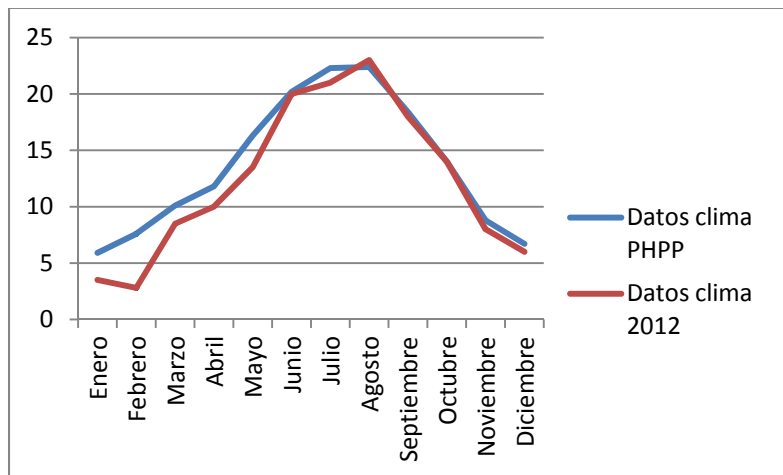


Figura 9 – Comparación entre los datos de clima reales y los del cálculo con PHPP (el invierno 2012 ha sido especialmente frío).

Con los datos clima del PHPP actualizados para 2012, el resultado para consumo de energía primaria en ACS, calefacción y energía auxiliar ascendería a 78 kWh/m2a-ep. Afinando algo más, se ha calculado el PHPP con una temperatura interior de 21°C (los valores de temperatura medidos in situ ascienden a un promedio de 21,2°C). En este caso, el consumo energético subiría de 78 a 80 kWh/m2a-ep. Comparado con el valor pagado real (84,86 kWh/m2a-ep), podemos constatar una coincidencia del 94% entre ambos resultados. Este valor confirma la exactitud del PHPP de entre un 5-10%, suponiendo un buen comportamiento del usuario.

Además de los registros de consumo energético, se están registrando temperaturas, humedad relativa y concentración de CO2 con un aparato Wöhler CDL210.

A continuación se exponen los resultados de esta monitorización, llevado a cabo en los meses febrero-mayo del 2013.

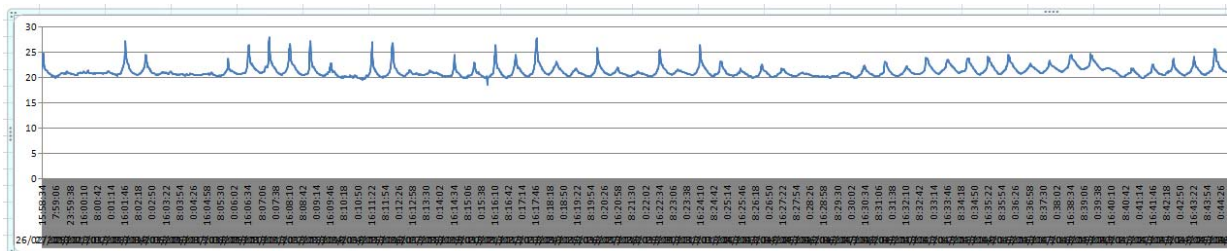


Figura 10 – Registro de temperaturas interiores (el promedio asciende a 21,2°C)

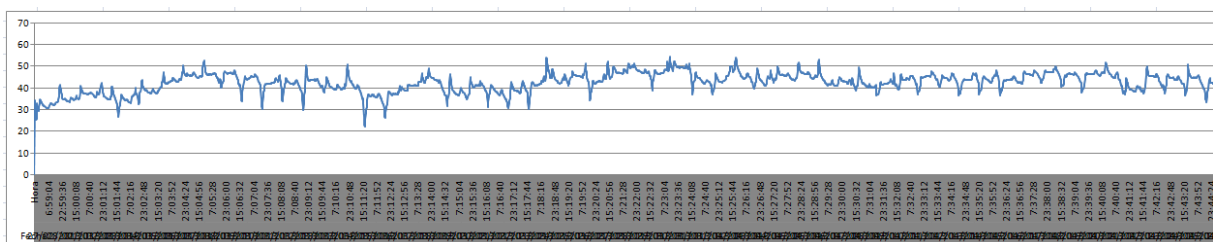


Figura 11 – Registro de la humedad relativa en el interior (el promedio asciende a 45%)

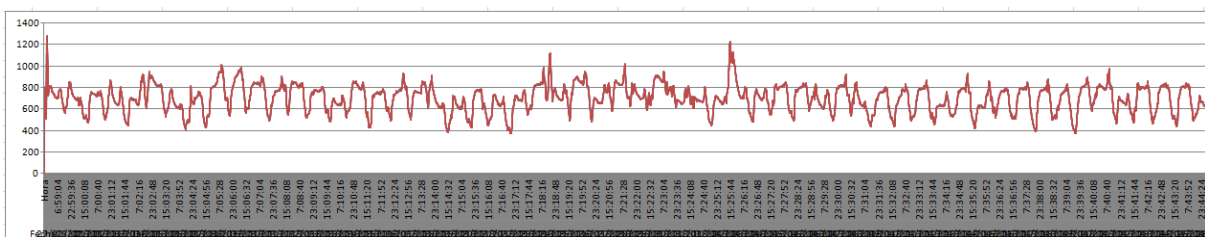


Figura 12 – Registro de la concentración de CO2 en el interior (el promedio asciende a 686ppm-CO2)

En cuanto a temperaturas, se constata una temperatura promedia de 21,1°C. Este valor coincide con la mayoría de monitorizaciones en edificios Passivhaus (21°C). Se nota unas temperaturas elevadas por las tardes de cada día, que llegan hasta por encima de los 25°C. En el chequeo de posibles explicaciones para este valor extraño, se ha detectado que el instrumento de medición estaba puesto en extremo de la encimera de la cocina (tocando con la ventana), y que recibe radiación solar directa por las tardes. Para el seguimiento de la monitorización se ha cambiado la posición del aparato medidor.

En cuanto a la humedad relativa, se han registrado valores que oscilan sobre los 40% (entre 30-50%). Este valor es bueno para un edificio situado en un clima más bien seco. Recordamos que el Passivhaus Institut define como límite inferior una humedad relativa del 30%. Para cuestiones de salud, es aconsejable mantener un valor entre los 40-50% (existen aún ciertas discrepancias en el mundo científico sobre los valores ideales).

La concentración de CO2 registrada casi nunca supera los 1.000ppm, siendo el promedio de 686ppm un valor muy bueno, que refleja una calidad de aire muy alta (la carretera nacional pasa a unos 20 metros del edificio!).

### 3. CONCLUSIONES

Ambos edificios demuestran un muy buen comportamiento invernal, relacionado con los consumos energéticos previstos y con el confort térmico exigido por ser Passivhaus. Esta conclusión es válida para el tipo de uso estudiado: vivienda unifamiliar, donde el usuario concienciado garantiza un muy buen comportamiento, y conoce bien el funcionamiento del edificio. Para otros usos, como por ejemplo el de vivienda de protección oficial, se ha de demostrar la viabilidad del concepto Passivhaus en el sur de Europa. Viendo las experiencias positivas de ciudades como Frankfurt o Viena al respecto, se sabe que un buen funcionamiento de edificios multiresidenciales Passivhaus es bien conseguible, siempre y cuando el promotor de tales proyectos haya formado y explicado a los usuarios el uso de este tipo de edificios.

En lo que es el verano mediterráneo, queda por ver cómo se comportan los edificios expuestos, visto que ambas viviendas tienen poca inercia térmica (Castellterçol: entramado de madera / Barcelona: aislamiento por el interior). Las monitorizaciones en curso nos darán primeras respuestas a esta pregunta en otoño del 2013.

Para reflejar la muy alta satisfacción del usuario respecto a su vivienda, y reflejar el confort climático, acústico y de confort, es difícil contenerse con los números expuestos en este artículo. Por eso proponemos como complemento a estas reflexiones dar en la conferencia de Gijón la palabra al usuario de la casa AF-1, para que nos explique su propio punto de vista.

### AGRADECIMIENTOS

Agradezco la colaboración de Marc Folch y de Albert Fargas en tomar y facilitar los datos presentados en este artículo.

### BIBLIOGRAFÍA

- Ankink, D.; Chiel y Mak, J. (1996). Handbook of Sustainable Building, Earthscan. Oxon, Nueva York.
- Bere, J. (2013). Building for the Future: An Introduction to Passive House. RIBA Publishing, Londres.
- Chiras, D. (2002). The Solar House: Passive Heating and Cooling. Chelsea Green Publishing, Vermont.
- Hegger, M. (2008). Energy Manual, Sustainable Architecture. Birkhäuser, Basilea.
- Hindrichs, D. U. y Daniels, K. (2007). Plusminus 20°/40° Latitude. Axel Menges, Fellbach.
- Ragonesi, Marco, et al. (2009). Minergie-P, Das Haus der 2000-Watt-Gesellschaft. Faktor Verlag, Zürich, 2009.
- Rudofsky, B. (1964). Architecture without Architects, an Introduction to Nonpedigreed Architecture. Museum of Modern Art, Nueva York.
- Schnittich, C. (2003). Solares Bauen im Detail. Birkhäuser, Basilea.
- Serra, R. (2000). Arquitectura y climas. Editorial Gustavo Gili, Barcelona.
- Sevilla, A. (2000). Arquitectura solar para climas cálidos. Geohabitat, Almería.
- Varios autores (2011). Guía del estándar Passivhaus. Fenercom, Madrid.
- Wagner, A. (2006). Bürogebäude mit Zukunft: Konzepte, Analysen, Erfahrungen. Solarpraxis, Berlín.
- Waltjen, T. (2008). Details for Passive Houses. Springer, Viena/Nueva York.
- Zimmermann, M. (2003). Handbuch der passive Kühlung. Fraunhofer IRB Verlag, Dübendorf.