

Autosuficiencia energética en la vivienda

D. Guinea ¹, P. Peña ¹, O. Hernández ¹, D.M. Guinea ¹, L. Izco ¹, E. Villanueva ¹, M.C. García-Alegre ¹

¹ Instituto de Automática Industrial CSIC Ctra. campo Real Km 0,2 Arganda 28500 Madrid domingo@iai.csic.es

Resumen

Los edificios, junto al transporte suponen más de la mitad del consumo energético actual de combustible y de la contaminación a este asociada, de difícil solución por la dispersión de los procesos de combustión en poblaciones o carreteras. Esta distribución en la edificación de la demanda favorece el uso de energía solar, el recurso renovable más abundante y de fácil acceso sobre la superficie terrestre, especialmente adecuado en nuestro clima. El uso de tecnología solar requiere procesos de acumulación que garanticen la disponibilidad del calor excesivo del verano durante las frías noches de invierno así como la iluminación o las comunicaciones durante la noche en base a la radiación recibida en las horas de radiación solar. El trabajo describe la posibilidad de captura térmica en la cubierta con almacenamiento selectivo en el subsuelo capaz de satisfacer la demanda de energía para climatización de la vivienda a lo largo del año a un coste muy bajo. La energía eléctrica de "alta calidad" se genera y acumula localmente en forma de hidrógeno para alimentar según demanda mediante una pila de combustible. Con la tecnología actual, aún en pleno desarrollo, el balance es claramente positivo lo que significa la posibilidad de autosuficiencia energética para una parte considerable de las viviendas.

Palabras clave: edificación de consumo cero, eficiencia energética, edificios verdes, acumulación geotérmica, integración térmica-fotovoltaica.

1 INTRODUCCIÓN

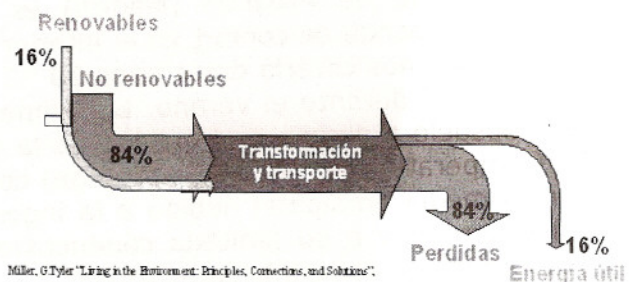
La generación de energía en los esquemas actuales está ligada en gran medida a la combustión de combustibles fósiles y la consecuente emisión de gases de efecto invernadero, en particular el dióxido de carbono. La energía consumida hoy en las sociedades industrializadas es en un 84% de procedencia fósil, que se complementa con pequeños porcentajes de otras fuentes.

De esta ingente cantidad de recursos, sólo alcanza la aplicación final, bien como uso directo de la energía o como materiales de alto contenido energético, un 16%, perdiéndose el 84% restante en la transformación y transporte de la energía. Se considera que con la tecnología actual, una parte de estas pérdidas son inevitables (41%), mientras que otras sí se pueden evitar (43%), cantidad que supone casi tres veces el total de energía aprovechada.

Desde esta perspectiva se puede considerar que una drástica y urgente reforma de los esquemas energéticos actuales supone el recurso energético más inmediato para nuestra sociedad, considerando el ahorro como fuente directa de energía con prioridad a cualquier otra procedencia. Así, la demanda de una unidad en consumo real, por ejemplo para la industrialización de los países de economía emergente, requiere según este esquema, el recurso de seis unidades, renovables o no. Por el contrario, el ahorro de una unidad en pérdidas evitables supone seis no consumidas de la fuente, evitando la contaminación a ellas asociada.

A diferencia de los que sucede en el sector del transporte, en la mayor parte de las aplicaciones estacionarias, el almacenamiento de hidrógeno como hidruros metálicos, o incluso en depósitos a presión, ofrece unas prestaciones adecuadas. En el sector residencial el concepto de eficiencia energética queda relegado respecto a la

Fuentes de energía



Miller, G Tyler "Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions"
Brooks/Cole Pub. Co., September 14 ed. (2006) ISBN: 0495015989

Sumideros de energía

Figura 1. Esquema energético actual

industria e incluso al transporte, sectores en que las aportaciones tecnológicas de las últimas décadas han contribuido de forma notable para mejorar su rendimiento. Este hecho hace del sector de la edificación, especialmente la construcción residencial, un campo susceptible de notables mejoras. Ahora bien, si el mejor uso mediante el ahorro de las fuentes no renovables supone una necesidad urgente, es necesario prever el progresivo agotamiento de las reservas en un plazo no lejano. En este futuro la autosuficiencia o equilibrio entre la entrada y el consumo de la energía será una necesidad insalvable que es preciso preparar desde el momento actual.

Objetivo

El presente trabajo tiene como objetivo el estudio de un futuro energético de suma cero como principio imprescindible para una edificación sostenible. El estudio de las necesidades de un edificio de carácter residencial frente a los recursos disponibles, especialmente aquellos accesibles localmente, puede orientar sobre las posibilidades reales y las tecnologías necesarias para alcanzar la autosuficiencia energética en la edificación.

2 ENERGÍA RESIDENCIAL

Considerando las necesidades energéticas promedio de una vivienda de nuestro país son de poco más de 100 kWh/m² año y se reparten, según el IDAE, en un 70% del consumo es térmico (calefacción, refrigeración y ACS) y un 30% eléctrico (iluminación, electrodomésticos, comunicaciones).

Por otro lado, la radiación media en nuestro clima es de unos 1.600 kWh/m² año, hasta 2000 en el sur y unos 1200 en el norte de la península. Esto significa que la mayor parte de los edificios de nuestro país reciben en su envolvente, cubierta y muros, una cantidad de energía muy superior a sus necesidades reales, cifradas en promedio en unos 75 kWh/m² año. El problema no reside, por tanto, en la disponibilidad de global energía sino en su adecuada gestión para su captura, almacenamiento y uso.

En este balance térmico no consideramos fuentes ajenas al entorno del propio edificio, aunque sean de carácter renovable como la eólica, la geotérmica de alta temperatura, la hidráulica o la gravitacional de las mareas. La razón es que todas ellas están condicionadas de forma sustancial por la ubicación geográfica y la disponibilidad u ocasión de un recurso dado, mientras que la distribución de radiación solar es, con ventaja, la más abundante, predecible y mejor distribuida de todas las fuentes de energía en la superficie de nuestro planeta.

El promedio de temperatura ambiente en el Campus del CSIC de Arganda (Madrid) es de unos 16 °C y la banda de confort en el interior de la vivienda podemos cificarla entre unos 20 °C en invierno y 26 °C durante el verano. La temperatura del subsuelo a escasa profundidad de la superficie (temperatura de pozo o de bodega) coincide con la media ambiental debido a la ingente masa del terreno y a su limitada conductividad térmica, lo que convierte a la corteza terrestre en un inmenso acumulador de calor siempre disponible y gratuito.

El agua ofrece un soporte ideal para la acumulación térmica por su elevado calor específico pero su densidad es notablemente inferior a la del te-

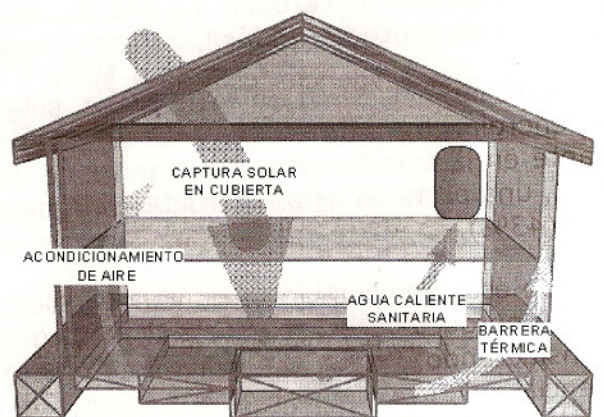


Figura 2. Flujo térmico y almacenamiento subterráneo.

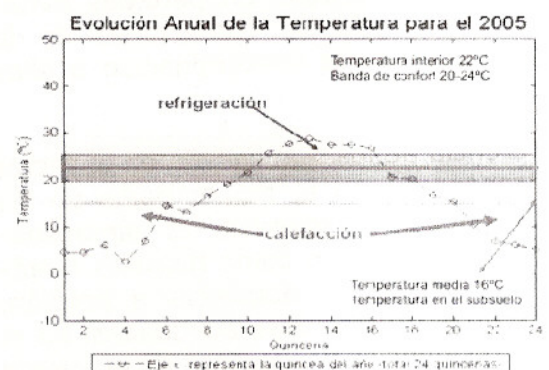


Figura 3. La temperatura en IAI-CSIC.

rreno. Por ello la capacidad de almacenamiento por unidad de volumen es similar y no presenta grandes variaciones de un tipo a otro de suelos.

El gráfico de la Fig. 3 muestra la energía que es preciso aportar como calefacción comprendida entre la curva azul de la temperatura y la línea inferior de la banda de confort situada a 20 °C. Durante algunas semanas de verano será preciso retirar el calor en exceso representado por el área que por debajo de la línea de temperatura llega hasta el extremo superior de la banda de confort a 26 °C. Es claro que la cantidad de energía a aportar durante los meses fríos es varias veces superior a la que es conveniente retirar durante el periodo caluroso, conclusión relacionada con determinar la banda de confort unos grados por encima de la temperatura media anual de 16 °C.

Es claro que la temperatura del subsuelo es una excelente fuente de refrigeración durante el verano, capaz de suministrar un flujo térmico a 16 °C cuya potencia y duración depende de la superficie de intercambio y del volumen del subsuelo involucrado. Ahora bien, a medida que utilizamos una zona del subsuelo para refrigerar el edificio, su temperatura aumentará progresivamente, acercándose a la zona de confort.

Por otro lado la temperatura del subsuelo ha servido de refugio a numerosas especies durante millones de años. Osos, hormigas, conejos y nuestros propios ancestros se han refugiado, con muchas otras especies, en el tibio seno de la tierra durante las heladas invernales. Para el bienestar del hombre actual es preciso elevar unos grados esa temperatura, lo que se consigue con elevada eficiencia (COP) utilizando el subsuelo como primario de una máquina térmica, capaz de extraer calor de ese subsuelo inmediato durante el invierno y aportar fresco durante el verano a coste prácticamente nulo.

Es claro que con un intercambiador único, como suelen instalarse las bombas geotérmicas, la cantidad de calor extraído durante el invierno es notablemente superior al que se retorna durante el verano. Si no existe un proceso de homogeneización térmica en el terreno, por ejemplo por desplazamiento del manto freático, capaz de compensar el déficit anual de calor se producirá una deriva progresiva capaz de enfriar paulatinamente el terreno disminuyendo la eficiencia del sistema durante el invierno.

Como alternativa se considera la acumulación selectiva en zonas diferentes en función de la temperatura. Para ello es conveniente recordar las grandes diferencias de conductividad térmica entre los diferentes materiales utilizados: metales, cerámicas o aislantes. Por ello una simple barrera de unos centímetros de espuma plástica supone el efecto térmico equivalente a alejar una zona de otra en varios metros. Este procedimiento permite compactar almacenes térmicos de temperatura diferente a muy escasa distancia unos de otros, acumulando según los rangos requeridos en su uso posterior en la vivienda.

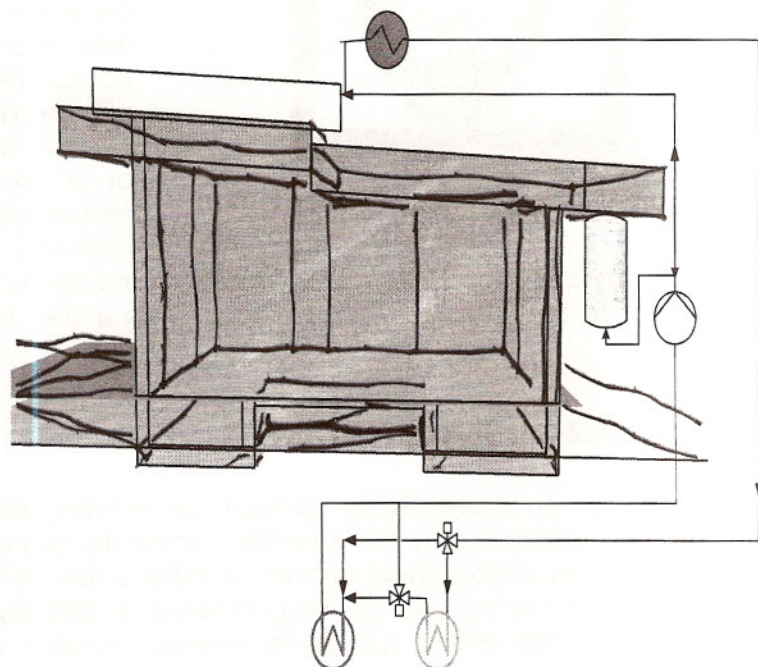


Figura 4. Acumulación selectiva en OIKOS Rivas.

La gran cantidad de energía solar sobre la envolvente, junto a la posibilidad de almacenarla en el subsuelo de forma selectiva ofrece en la práctica la posibilidad real de un coste de energía próximo a cero para la vivienda en nuestro clima. Tanto las simulaciones realizadas como los datos obtenidos experimentalmente muestran una acumulación térmica multi-estacional con gran capacidad y baja potencia de intercambio.

Si el consumo térmico, que supone el 70% de la demanda energética de la vivienda española, tiene una solución técnicamente posible a un coste accesible, es momento de abordar el 30% restante que demanda una energía de alta calidad para la iluminación, electrodomésticos, comunicaciones, etc.

El coste de la energía fotovoltaica disminuye casi tan rápido, según muestra la Fig. 5, como aumenta la producción de estos dispositivos que en pocos años se espera sea una alternativa de generación eléctrica local competitiva con la tarifa doméstica en nuestro país.

World Average Photovoltaic Module Cost per Watt, 1975-2006

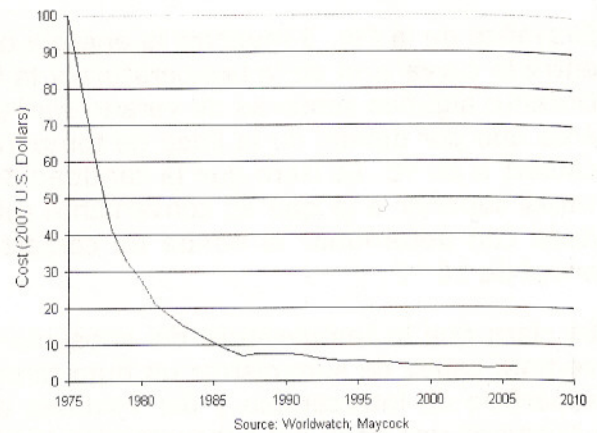


Figura 5. Coste de la energía fotovoltaica.

Como en el caso de la energía térmica, el abastecimiento puede alcanzarse en la propia cubierta de los edificios con los rendimientos de captura ya conseguidos, entre el 15 y el 20% de la radiación solar incidente.

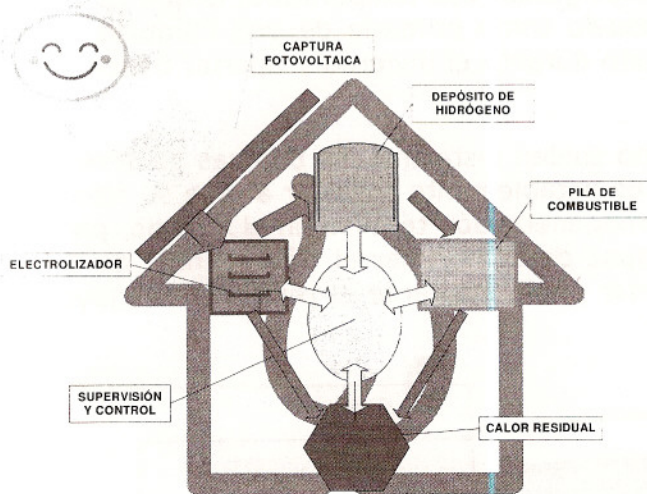


Figura 6. Energía electroquímica.

El problema surge también en la necesidad de almacenamiento desde la radiación solar de los largos días de verano hasta la iluminación en las noches del invierno. El hidrógeno se propone como soporte químico para almacenamiento y, en su caso, transporte, de esta energía gracias a la eficacia y limpieza de su transformación electro-química a través de membranas de conducción protónica. La reversibilidad de proceso permite convertir la energía eléctrica en hidrógeno que es almacenado hasta que de nuevo es transformado en electricidad para su uso con un

rendimiento muy superior al de las máquinas térmicas. Los prototipos de laboratorio hoy en operación han de dar paso en los próximos años a una tecnología industrial comercialmente competitiva.

3 DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La gran capacidad de acumulación térmica del terreno, junto a la ingente aportación solar de energía, ofrecen una solución tan sencilla y eficiente como poco conocida. Para ello se implementa en el edificio un segundo circuito térmico entre la cubierta, u otras zonas de la envolvente y el terreno. De esta forma se compensa el desequilibrio anual entre calor y frío, mediante una aportación controlada de la energía recibida por radiación directa. El almacenamiento selectivo por zonas en el subsuelo según la temperatura, permite un ajuste en el transporte del flujo térmico en función de las necesidades y disponibilidades a lo largo del año.

El hidrógeno puede y debe jugar un papel esencial para minimización de la infraestructura y generación para la acumulación local de energía electroquímica. Si la potencia necesaria, varias decenas de kW, supone actualmente un escollo difícil de salvar para el hidrógeno por su

coste y autonomía para la aplicación en los vehículos, el problema desaparece al abordar su utilización en una vivienda con las necesidades térmicas ya cubiertas mediante captura térmica en la envolvente y acumulación directa en el subsuelo.

Se podrían considerar algunos aspectos básicos en los nuevos esquemas de energía:

- Aproximación de la generación al consumo
- Diversificación de las fuentes
- Capacidad de local almacenamiento
- Adaptación de la calidad de energía a la demanda
- Redistribución y reutilización de los excedentes

En el campo de los ordenadores, los grandes centros de cálculo y bancos de datos de los años 60 y 70 han dado paso de forma no prevista a esquemas distribuidos para la generación, procesamiento, almacenamiento y uso de la información. Es previsible un cambio semejante en las redes de energía que condicionará el urbanismo futuro en función de la disponibilidad de los recursos renovables, fundamentalmente solares.

Internet constituye un fenómeno social a escala planetaria en que confluye la disponibilidad de una tecnología en un entorno humano que lo integra y multiplica. No es aventurado pronosticar el nacimiento de una Internet de la energía para el futuro inmediato con generación, transformación, almacenamiento, transporte y uso sean procesos locales con raíz en los recursos disponibles y las necesidades de cada vivienda o edificio.

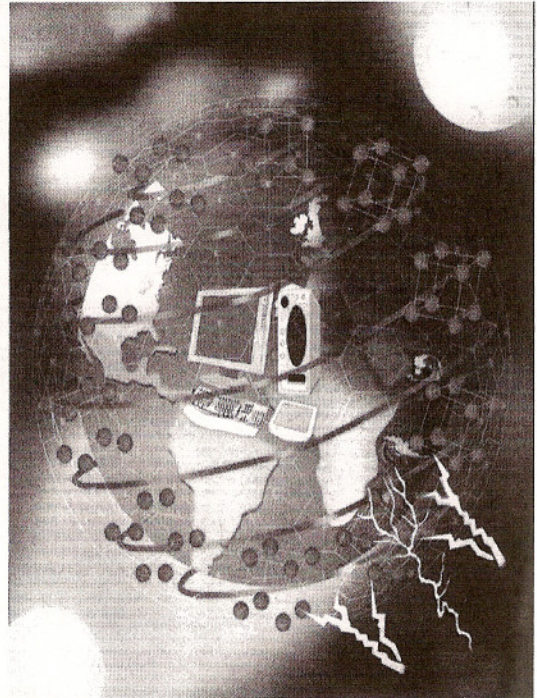


Fig. 7 Una Internet de la energía.

Actualmente existen prototipos en experimentación que incluyen tanto los aspectos térmicos como electroquímicos con hidrógeno en el campus del CSIC en Arganda del Rey. El prototipo creado por el IAI-CSIC para la plaza OIKOS de EXPO Agua Zaragoza se instala en la Plaza Rivas Ecópolis.

4 AGRADECIMIENTOS

Las ideas, recibidas en largas conversaciones y numerosos documentos del Ing. E.Krecke, de ISOMAX y creador de la Fundación Europea TSW de construcción solar han abonado una parte importante de este discurso. EXPOAGUA de Zaragoza 2008 y Rivas Ecopolis han permitido la construcción de prototipos de demostración a escala real. El MEC ha financiado el desarrollo de nuevos dispositivos de hidrógeno en el proyecto "Diseño y realización de una nueva Pila de Combustible polimérica de bajo coste y alta eficacia" MCYT- ENE2005-09124-C04-02/ALT. Y el CSIC ha financiado la generación de hidrógeno a partir de residuos orgánicos. El P.S.E. INVISIO para industrialización de la vivienda sostenible financia el desarrollo integral de estos sistemas.

5 REFERENCIAS

- BALLESTEROS, J.C. (2007).: Energía solar térmica para generación eléctrica: estado actual y perspectiva inmediata, en ENERGÍA SOLAR: ESTADO ACTUAL Y PERSPECTIVA INMEDIATA, Asociación Nacional de Ingenieros del ICAI y Universidad Pontificia Comillas.
- BOYLE, (2004).: "Renewable Energy" Oxford University Press.
- HUBBERT, M.K., (1972).: "Man's Conquest of Energy: Its Ecological and Human Consequences", in The Environmental and Ecological Forum 1971-1972. Washington D.C., U.S. Atomic Energy Commission Publication TID-25858.

- IDAE, (2007).: Guía práctica de la energía. Consumo eficiente y responsable, 2ª edición.
- LÓPEZ, J.Mª. (2007).: "El medioambiente y el automóvil" Ed. DOSSAT.
- MENÉNDEZ, E. (2008).: "El papel de las tecnologías en la gestión del Cambio Global" Dept.de Ecología UAM, enero.
- MILLER, G.TYLER (2006).: "Living in the Environment: Principles, Connections, and Solutions", Brooks/Cole Pub Co, September 14th ed. ISBN-10: 0495015989.
- RIFKIN, J., (2002).:The hydrogen economy, Tarcher, New York.