

PRODUCCIÓN TÉRMICA DE FRÍO Y CALOR MEDIANTE BIOMASA EN CENTROS HOSPITALARIOS

Justo García Sanz-Calcedo

Universidad de Extremadura

Fernando López Rodríguez

Agencia Extremeña de Energía

Francisco Cuadros Blázquez

Universidad de Extremadura

Abstract

This study examines the viability to use the biomass as fuel for thermal power production facilities and refrigeration in hospitals. In its development, has been taken into account technical relating to the operation of this type of heating, including the study of the reliability and maintainability, assessing the problems generated by the introduction of renewable energy from biomass in public buildings .

It analyzed two facilities: A boiler of crushed olive stones, used to cover part of the thermal demand of the Hospital de Zafra (Spain), and two boilers that use biomass almond shells for heat production in winter and cool in summer, feeding a machine simple absorption effect in an administration building in the Extremadura Health Service.

It has been shown that high consumption of hot water and heating systems consume annually, makes this type of building a suitable place for installation of heat production based on biomass, because the necessary thermal demand and its continuous operation, favors the amortization of these facilities.

Keywords: *Biomass; energy efficiency; public buildings; hospital*

Resumen

Este estudio analiza la viabilidad de la biomasa como combustible en instalaciones para la producción térmica y frigorífica en hospitales. En su desarrollo, se ha tenido en cuenta aspectos técnicos relacionados con la explotación de este tipo de instalaciones térmicas, entre otros la fiabilidad y la mantenibilidad de las mismas, evaluando la problemática que genera la introducción de energías renovables a base de biomasa en edificios públicos.

Para la obtención de los datos relacionados con su operación, se han analizado dos instalaciones: Una caldera alimentada con huesos de aceituna triturados, que sirve para cubrir parte de la demanda térmica del Hospital de Zafra (Badajoz), y dos calderas de biomasa que utilizan cáscara de almendra para producción de calor en invierno y producción de frío en verano, alimentando una máquina de absorción de simple efecto en un edificio administrativo del Servicio Extremeño de Salud.

Se ha evidenciado que el elevado consumo de agua caliente sanitaria y de calefacción que anualmente consumen, hace de este tipo de edificios un lugar idóneo para la instalación de sistemas de producción térmica basados en la biomasa, pues la gran demanda térmica

necesaria así como su continuo funcionamiento, favorece la amortización de estas instalaciones.

Palabras clave: *Biomasa; eficiencia energética; edificios públicos; hospital*

1. Introducción

Uno de los actuales retos a los que se enfrenta el sector de las energías renovables, es la instalación de sistemas basados en la generación de energía térmica con biomasa en edificios del sector terciario. En España, se han desarrollado multitud de instalaciones basadas en la captación solar, pero que aún está en fase de inicio en la biomasa (García Benedicto, 2003), aunque la tecnología existente en la conversión energética mediante biomasa asegura el funcionamiento eficiente de estas instalaciones (Idae, 2007).

Una medida que contribuye a la implantación de la biomasa, es realizar instalaciones de que sirvan de demostración de las bondades de esta tecnología, prioritariamente en edificios públicos, que sean visitados frecuentemente por gran cantidad de usuarios. Entre otros, es el caso de los hospitales, edificios que funcionan ininterrumpidamente y que son altamente frecuentados (SNS, 2009), pues el consumo de energía térmica en los hospitales, tanto en calefacción como en agua caliente sanitaria, oscila en torno al 40% del consumo total de energía primaria de cada edificio (García Sanz-Calcedo, 2007).

El principal objetivo en la producción de energía térmica en un edificio público, es asegurar las condiciones de máximo confort para usuarios y trabajadores, teniendo en cuenta el coste económico, las condiciones de suministro del combustible y el impacto medioambiental. Además, las medidas para mejorar la eficiencia energética de un hospital deben tener en cuenta las condiciones climáticas y las particularidades locales (Huang, 1989), así como el entorno ambiental interior (Vargas, 2005) y la relación coste-eficacia, no debiendo contravenir otros requisitos esenciales aplicables a este tipo de edificios, tales como la accesibilidad, la seguridad en el suministro (Shu Yoshida et al, 2007) y la fiabilidad de sus instalaciones.

La utilización de la biomasa como combustible permite alcanzar los anteriores objetivos, potenciando la utilización de una energía renovable de la que se dispone en gran abundancia en Extremadura (López et al, 2007), aprovechando fuentes autóctonas y convirtiendo un residuo en recurso, gracias a su aprovechamiento energético (Idae, 2007). Hay pocos antecedentes del empleo de la biomasa (Cuadros et al, 2011) en edificios públicos (García Sanz-Calcedo et al, 2011), (Suárez, 2009).

2. Objetivos

El objetivo del presente estudio ha sido estudiar la viabilidad de la introducción de energías renovable a base de biomasa en centros sanitarios, hospitales y centros de salud, evaluando los aspectos energéticos, económicos y medioambientales y su influencia en el normal desarrollo de la actividad asistencial de los mencionados edificios.

3. Metodología

Para la obtención de los datos operativos, se han analizado la central térmica alimentada con huesos de aceituna triturados, que sirve para cubrir parte de la demanda térmica del Hospital de Zafra (Badajoz), y dos calderas de biomasa que utilizan cáscara de almendra para producción de calor en invierno y producción de frío en verano, alimentando una máquina de absorción de simple efecto en un edificio administrativo del Servicio Extremeño de Salud

Durante el desarrollo del estudio, se efectuaron auditorías energética (Rey, 2006) que permitieron conocer la situación real en lo relativo a la gestión energética y a las instalaciones, y que se utilizaron como base técnica del análisis.

Para analizar la fiabilidad y mantenibilidad de la instalación, se introdujo cada uno de los componentes del sistema, en el plan de mantenimiento preventivo del edificio, asignando un tiempo determinado a cada una de las tareas de mantenimiento de cada instalación. Se cronometró el tiempo diario dedicado a labores de mantenimiento de la caldera de biomasa y de sus instalaciones complementarias, así como el dedicado a la localización y reparación de averías. Además, se monitorizaron los datos relativos al rendimiento global de la instalación.

3.1. Instalación Hospital de Zafra

La caldera de biomasa que se ha instalado para calefacción y agua caliente sanitaria, actúa conjuntamente con las existentes. Se trata del modelo Bioselect-430 del fabricante Lasian, tiene una potencia de 430 kW, es de chapa de acero con tres pasos de humos verticales y sistema de autolimpieza, y trabaja a una presión de servicio de 4 bares. El quemador de biomasa es de tipo modulante en cascada, con encendido automático y sistema empujador de cenizas, incorporando un sistema de recuperación de partículas sólidas mediante la utilización del efecto ciclón.

Para conseguir una mayor eficiencia, regulando la demanda térmica, se ha dispuesto de un depósito de inercia de 2.000 litros, el cual actúa como depósito de calor que evita arranques múltiples del quemador, optimizando el rendimiento del mismo y alargando la vida útil de la instalación (Thomark, 2002). La temperatura de trabajo se ha regulado en 84°C y el horario de funcionamiento se ha establecido de forma continua.

Se utiliza un tornillo sinfín para el transporte del combustible desde el silo de almacenamiento hasta la caldera, en cuya cámara de combustión se introduce el combustible por gravedad y se produce la transferencia de energía en forma de calor al agua del circuito primario.

3.2 Instalación edificio del Servicio de Salud

La producción de calor, se realiza mediante dos calderas pirotubulares idénticas, del fabricante español Vulcano, con potencia térmica 465 kW cada una, que utilizan como combustible biomasa, actualmente cáscara de almendra, procedente de la industria agroalimentaria y dispone de un silo de almacenamiento de 70 m³ situado de forma independiente a la sala de caldera.

La producción de frío se realiza mediante una enfriadora de agua marca Carrier, con capacidad frigorífica nominal 545 kW, de ciclo de absorción simple efecto con bromuro de litio como absorbente y agua como refrigerante, alimentada por agua caliente procedente de las calderas anteriormente descritas, condensando mediante una torre de refrigeración con capacidad de enfriamiento de 1.203 kW.

El sistema de trabajo diseñado es inercial, es decir no existe una respuesta inmediata a las solicitudes térmicas del edificio, ni por parte de la máquina de absorción, ni por parte de las calderas de biomasa, como tampoco hay una respuesta inmediata en las paradas de la instalación. Por ello se ha instalado un sistema de acumulación, que sustituye en parte a la falta de respuesta instantánea de las calderas, y que facilita la temperatura de activación del generador.

La instalación dispone de un sistema de acumulación de agua caliente a 92°C, compuesto por tres depósitos de 10.000 litros cada uno. Esta acumulación permite disponer de

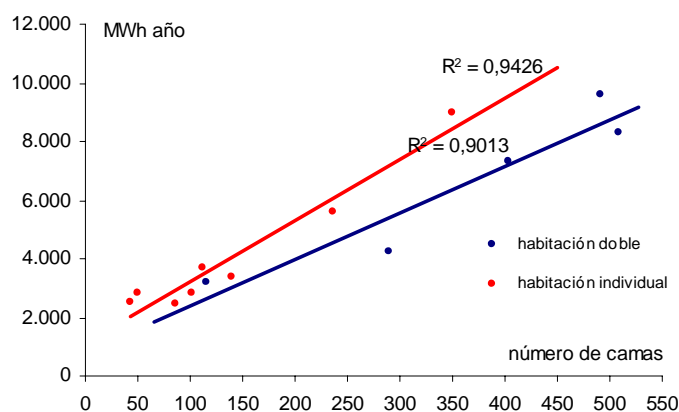
suficiente potencia térmica que será suministrada al generador al mismo que tiempo que ayuda a poner a régimen de temperaturas las calderas. Esta acumulación permite una inercia de 400 kW en régimen de calefacción para el edificio, durante la temporada invernal.

La instalación dispone de cuatro depósitos acumuladores de agua fría de 5.000 litros cada uno que acumulan agua a 7°C que se que se utiliza para los arranques a primera hora, correspondiente al 15% de la parcialización de la máquina de absorción.

4. Resultados

Para determinar el consumo de energía térmica de un hospital, se han analizado los consumos medios de gas natural y de gasóleo de 12 hospitales del Servicio Extremeño de Salud, habiéndose detectado que es proporcional al número de camas del mismo. Si se representan gráficamente ambos parámetros, utilizando un diagrama de dispersión, existe una relación entre ambas variables, como se muestra en la Fig. 1.

Figura 1. Relación entre el consumo anual de energía térmica y el número de camas de un hospital por tipo de habitación de hospitalización



La relación entre el consumo anual de energía térmica y el número de camas de un hospital con habitaciones de hospitalización de uso individual, responde a la ecuación 1. En el caso de un hospital con habitaciones de uso compartido por dos pacientes a la ecuación 2.

$$y = 15,87 x + 793 \quad (1)$$

$$y = 20,93 x + 1.105 \quad (2)$$

Dónde y es el consumo medio anual, en condiciones normales de funcionamiento y de ocupación, expresado en MWh y x el número de camas instaladas en el hospital.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de este estudio, se exponen a continuación, clasificados en función de los distintos efectos observados.

4.1. Combustibles

En Extremadura, los tipos de biomasa que se pueden utilizar están condicionados a la disponibilidad del mercado, siendo los más comunes el hueso de aceituna, la poda del olivar y de frutales para hacer astillas, los recortes de madera procedentes de industrias, la

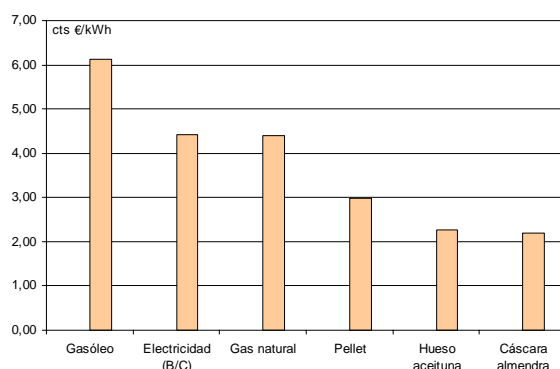
cáscara de frutos secos, los residuos forestales (Pérez et al. 2005), los concentrados de la vid [16] y los “pellets”.

Se ha procedido a evaluar el coste económico por kilowatio hora relativo al empleo de distintos combustibles, considerando los costes derivados del transporte al punto de suministro, y comparándolos con los costes de combustibles no renovables (gasóleo y gas natural), teniendo en cuenta los precios de mercado (diciembre 2010) para un consumo equivalente al previsto anualmente en un hospital de 100 camas (García Sanz-Calcedo, 2010).

Los biocombustibles que se han testado para comprobar la viabilidad de su utilización en hospitales, han sido el hueso de aceituna triturado, la cáscara de almendra y distintos tipos de “pellets”.

En la Fig. 2 se han representados los costes finales de distintos combustibles expresados en céntimos de euro por unidad de kWh de energía calorífica producida (García Sanz-Calcedo, 2009). Se puede observar que el hueso de aceituna es un 20% más económico que el “pellet”, un 41% que el gas natural y un 50% que el gasóleo, todo ello suponiendo que el rendimiento de las calderas de combustibles sólidos sea inferior en un 6% al resto de calderas (López et al., 2006).

Figura 2. Coste por kWh de energía térmica producida por distintos combustibles



El hueso de aceituna triturado, es un tipo de combustible que procede directamente del proceso de molienda de las aceitunas en las almazaras, y es un subproducto del proceso de obtención del aceite de oliva. La cáscara de almendra es un subproducto de la industria agroalimentaria, procedente del descascarado de la almendra. En la Tabla 1 se especifican las características físico-químicas de ambos combustibles.

Tabla 1. Análisis de las características físico-químicas de biocombustibles

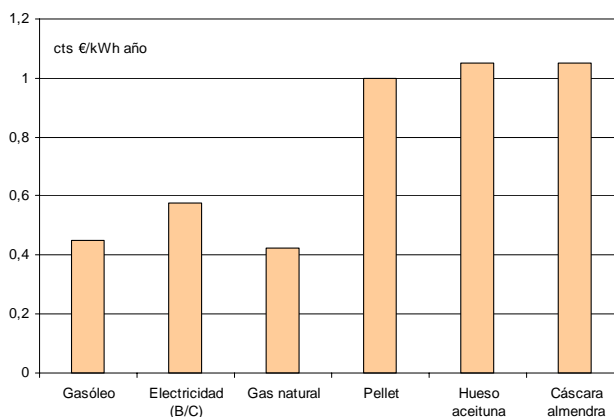
Parámetros	Hueso aceituna	Cáscara almendra
Tamaño (mm)	< 5	< 11
Densidad (kg/m ³)	680	400
Humedad (%)	7,10	8,00
PCI (kWh/kg)	4,87	4,75
Cenizas (%)	0,55	0,97
Volátiles (%)	74,25	75,04
Azufre (%)	0,04	0,02
Cloro (%)	0,064	0,02
Carbono fijo (%)	19,49	18,40

4.2 Mantenimiento

En el transcurso de la investigación se ha detectado que las tareas de mantenimiento preventivo de la instalación de biomasa han aumentado un 120% respecto a instalaciones similares de producción de energía térmica mediante gasóleo y/o gas natural en hospitales, debido a operaciones de limpieza, regulación y vaciado del cenicero, que han supuesto una tarea adicional media de 60 minutos/día.

Por otro lado, se ha comprobado que la tecnología aplicada a las calderas de biomasa, tiene una menor fiabilidad que las utilizadas en calderas de gas natural y de gasóleo, sobre todo en el periodo inicial de funcionamiento de la misma. Es por ello que la disponibilidad (Bouchy, 1999) de la instalación es inferior, por lo que conviene duplicar las instalaciones y/o disponer de unidades de apoyo con otro combustible. En la Fig. 3 se puede observar el coste debido a las operaciones de mantenimiento necesarias en función del tipo de combustible utilizado en la producción de calor.

Figura 3. Coste anual por kWh de mantenimiento por combustible



4.3 Inversión

Se ha calculado la inversión necesaria por unidad de energía útil, para una instalación convencional y para otra de biomasa, detectando que para la potencia instalada en el hospital, la inversión inicial necesaria es de 0,0955 €/kWh si se utiliza una instalación de gasóleo o gas natural, mientras que para la instalación de biomasa, tras incorporar subvenciones, es necesario invertir 0,1705 € por cada kWh de energía útil.

4.4 Balance medioambiental

Las emisiones de dióxido de carbono producidas en la combustión de la biomasa son prácticamente neutras, ya que la planta vegetal es capaz de retener durante su crecimiento más CO₂ del que se libera en su combustión (IPCC, 2007). En cuanto al resto de contaminantes, las emisiones son tan bajas que se consideran despreciables, por lo que prácticamente las emitidas por el gasóleo o gas natural, coinciden con las evitadas al ser sustituido éste por la biomasa.

La producción de calor mediante biomasa únicamente aumenta la emisión de partículas a la atmósfera, compuestas fundamentalmente por cenizas volantes de carbono. Aún así, se ha comprobado que el rango de emisión de partículas se encuentra por debajo de los límites admisibles para una instalación de combustibles sólidos (López et al., 2011).

4.5 Amortización

Para analizar la viabilidad económica del proyecto, se ha efectuado un análisis comparativo entre la instalación de gasóleo que estaba en funcionamiento en el hospital y la nueva de biomasa, calculando el coste económico anual de cada combustible, necesario para producir la misma energía térmica, en lo que respecta al hospital de Zafra.

Respecto al edificio de SSCC, se ha comparado con otro a base de producción de frío y calor mediante bomba de calor aire-aire.

Como se puede observar en la Tabla 2 el ahorro global estimado durante la vida útil esperada de la instalación (Sartori, 2007), es de 231.310 €, obteniéndose un periodo de retorno de 5,4 años, inferior al producido en otros tipos de instalaciones de producción de energía basadas en captación solar. En el edificio administrativo, se obtiene un periodo de retorno de 5,56 años y un ahorro anual de 632.700 €.

Tabla 2. Balance económico de la instalación de biomasa

Indicador	Zafra	SSCC
Inversión	177.000 €	352,000 €
Subvención	51.600 €	0
Coste de la instalación	125.400 €	352,000 €
Ahorro anual combustible	23.131,04 €	63,270 €
Retorno de la inversión	5,4 años	5,56 años
Ahorro vida útil (10 años)	231.310,4 €	632.700 €

5. Conclusiones

El elevado consumo de agua caliente sanitaria, de calefacción y de refrigeración que anualmente consumen, hacen de los edificios públicos un lugar idóneo para la instalación de sistemas de producción térmica basados en la biomasa, pues la gran demanda térmica necesaria, así como su continuo funcionamiento, favorece la amortización de estas instalaciones.

La presencia permanente de personal de mantenimiento en las salas de calderas de los hospitales, permite absorber el mayor tiempo necesario derivado de las operaciones de mantenimientos adicionales a este tipo de instalación, debidas a los procesos de limpieza del hogar y eliminación de cenizas. Es por ello que para la implantación y el desarrollo de este tipo de energías renovables, es imprescindible la implicación del personal de mantenimiento y su formación previa (García Sanz-Calcedo, 2011).

Se ha observado que promocionando la utilización de energías renovables mediante biomasa en hospitales, es posible ayudar a crear y consolidar un mercado de biomasa autóctona, incipiente al inicio de éste proyecto y en fase de consolidación en el momento actual, que a medio plazo conseguirá un aumento económico del medio rural, fomentando su desarrollo y disminuyendo la dependencia externa del abastecimiento de combustibles.

Se ha detectado que los problemas que tiene la biomasa para penetrar en los actuales mercados energéticos se pueden resumir en tres: En primer lugar, la biomasa al contrario que la energía solar, eólica o la hidráulica, tiene dueño, y, por tanto, precio. En segundo lugar, la biomasa se presenta en multitud de formas y distribuida a través de grandes extensiones de terreno, lo que hace que su recogida sea difícil de realizar y muy costosa y en tercer lugar, al estar tan repartida, la densidad energética por hectárea es muy baja.

Referencias

- Bouchy F. Le Management de la Maintenance. Évolution et mutation. Asociación Española de Normalización. (1999)
- Cuadros, F.; González, A.; Ruiz-Celma A., López-Rodríguez ,F.; García-Sanz-Calcedo, J.; García, J.A.¿Qué pasa con la biomasa?. Revista Española de Física. Vol. 25-1 p. 13-22. (2011)
- García Benedicto L. “Instalaciones combinadas de energía solar térmica y biomasa en edificios”. Equipamiento y Servicios Municipales. Vol. 105. p. 16-25. (2003)
- García Sanz-Calcedo J, Cuadros F, López F. “Análisis sobre la sensibilidad energética de los parámetros de diseño de los Centros Sanitarios”. Congreso Científico Internacional de Ingeniería. Tetuán. p. 47-53 (2010).
- García Sanz-Calcedo J, Cuadros F, López F. “Eficiencia de una caldera de biomasa en un centro hospitalario. Aprovechamiento de huesos de aceitunas triturados para producción de calor”. Dyna Ingeniería e Industria. Vol. 86-3. p. 343-349. (2011)
- García Sanz-Calcedo J, Garrido S, Pérez C, López F. “Gestión Energética en Servicios de Salud”. Ingeniería Hospitalaria. Vol. 34, p. 31-38 (2007)
- García Sanz-Calcedo J. Análisis sobre la sensibilidad energética y medioambiental de los parámetros funcionales en los Centros Salud de Extremadura. Universidad de Extremadura (2009).
- García Sanz-Calcedo, J.; Cuadros, F.; López, F.; Ruiz, A. “Influence of the number of users on the energy efficiency of Health Centres”. Energy and Buildings. Vol. 43, Issue 7, p. 1.544-1.548. (2011)
- Huang YL, Mclaughlin CP. “Relative efficiency in rural primary health care: an application of data envelopment analysis”. Health Service Research, 24, p. 143-158 (1989)
- Idae. Biomasa: Edificios. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Madrid (2007)
- Idae. Energía de la Biomasa. Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía. Madrid. (2007).
- Intergovernmental Panel On Climate Change. “The Fourth Assessment Report”. Organización Meteorológica Mundial y Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2007)
- López F et al. Valoración de la Producción de Biomasa en Extremadura. Agencia Extremeña de la Energía, (2007)
- López F, Cuadros F, Segador C, Ruiz A, García Sanz-Calcedo J, Mena A, Sotullo S, Giacola E, Ferrer JA, Heras MR. “El edificio PETER. Un ejemplo de integración de las energías renovables en la edificación”. Dyna Ingeniería e Industria. Vol. 86-2. p. 212-221. (2011)
- López-Rodríguez F, García Sanz-Calcedo J, Pérez C, Ruiz A. “Gestión Energética en Centros Sanitarios”. El Médico Vol. 997. p. 12-18 (2006)
- Pérez C, López-Rodríguez F, Ruiz Celma A. “Potencial of Forest Biomass in Extremadura and its Energy Exploitation”. National Congress about Renewable Energy. Murcia (2005)
- Rey Martinez F, Velasco Gómez E. Eficiencia energética en edificios. Certificación y Auditorías Energéticas. Thomson. (2006).
- Rojas S et al. Potencial energético de residuos concentrados de la vid en Extremadura y Alentejo. Junta de Extremadura, 1999

Sartori I, Hestnes AG. "Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: a review article". Department of Building Science. Lund Institute of Technology. Building and Environment. Vol. 37, Issue 4, p. 429-435 (2002) Energy and Buildings. Vol. 39, Issue 3, p. 249-257 (2007)

Shu Yoshida, Koichi Ito, Ryohei Yokohama. "Sensitivity analysis in structure optimization of energy supply systems for a hospital". Energy Conversion and Management. Vol. 48, p. 2836-2843 (2007)

Sistema Nacional de Salud. Sistema de información de Atención Primaria. Informe resumen Actividad Asistencial Atención Primaria 2007 – 2008. Madrid (2009)

Suárez Gonzalez TV. "Instalación de Biomasa del Hospital del Oriente de Asturias". 16º Congreso Nacional de Hospitales. Cáceres (2009)

Thormark C. "A low energy building in a life cycle its embodied energy, energy need for operation and recycling potential". Vargas Marcos F, Gallego Pulgarín I. "Calidad Ambiental Interior: Bienestar, Confort y Salud". Revista Española de Salud Pública. Vol. 79-2. (2005)

Correspondencia:

Justo García Sanz-Calcedo.
Phone: +34.924.38.70.68
Fax: + 34.924.30.12.12
E-mail : jgsanz@unex.es
URL: www.unex.es