

05-002

Aerothermy as an alternative to solar contribution for Domestic Hot Water (DHW) in tertiary building

José Luis Fuentes-Bargues¹; Daniel Fuentes-Bargues²; Aurelio Sanchis-Llopis²; Yolanda Verdejo-López²

¹Universitat Politècnica de València; ²Insegma S.L.

Aerothermy is considered as a source of renewable energy that harnesses the energy contained in the air for other uses, such as hot water production, heating and cooling of buildings. Aerothermy is based on technologies that take advantage of air temperature for its transformation into energy, with a reduced percentage of electric energy consumption for its operation.

The Technical Building Code (TBC), currently in force in Spain for the design of new buildings, in its Basic Document HE: Energy Saving, chapter 4 requires for the buildings a minimum solar contribution for the production of domestic hot water (DHW). This contribution depends on the location and total demand of DHW of the building. In turn, the DB-HE 4 allows that the solar contribution for the generation of DHW can be supplied by the use of renewable energies.

This paper presents, through a case study, the technical, normative and economic feasibility of aerothermy as an alternative for the generation of DHW by thermal solar panels in tertiary building.

Keywords: Aerothermy; Tertiary Building; TBC; Solar contribution; Domestic Hot Water

La aerotermia como alternativa a la contribución solar para agua caliente sanitaria (ACS) en edificación terciaria

La aerotermia se considera como una fuente de energía renovable que aprovecha la energía contenida en el aire para utilizarla en otros usos, tales como la producción de agua caliente sanitaria, calefacción y refrigeración de edificios. La aerotermia se basa en tecnologías que aprovechan la temperatura del aire para su transformación en energía, con un reducido porcentaje de consumo de energía eléctrica para su funcionamiento.

El Código Técnico de la Edificación (CTE), normativa en vigor actualmente en España para el diseño de nuevas edificaciones, en su Documento Básico HE: Ahorro de Energía, en su capítulo 4 exige que para las nuevas edificaciones sea necesaria una contribución solar mínima para la producción de agua caliente sanitaria (ACS). Esta contribución depende de la ubicación y de la demanda total de ACS del edificio. A su vez, el DB-HE 4 permite que la contribución solar para la generación de ACS pueda ser suplida mediante el aprovechamiento de energías renovables.

En esta comunicación se presenta, a través de un caso de estudio, la viabilidad técnica, normativa y económica de la aerotermia como alternativa para la generación de ACS mediante placas solares térmicas en edificación terciaria.

Palabras clave: Aerotermia; Edificación Terciaria; CTE; Contribución solar; Agua Caliente Sanitaria

Correspondencia: José Luis Fuentes-Bargues; jofuebar@dpi.upv.es



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

1.- Introducción

La aerotermia se considera como una fuente de energía renovable que aprovecha la energía almacenada en forma de calor en el ambiente para utilizarla en otros usos (Unión Europea, 2009). Entre estos usos se encuentra la producción de agua caliente sanitaria, la calefacción y la refrigeración de edificios. La aerotermia se basa en tecnologías que aprovechan la temperatura del aire para su transformación en energía, con un reducido porcentaje de consumo de energía eléctrica para su funcionamiento.

La utilización de la aerotermia permite un ahorro para el usuario final, una menor dependencia de recursos externos, una reducción de las emisiones de CO₂ al ambiente, mayor sostenibilidad y optimización de los recursos renovables (Osorio, 2013).

En la trasposición parcial de la Directiva 2009/28/CE, relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables, no se incluyeron las bombas aerotérmicas como fuentes de energía renovable, a diferencia de las bombas geotérmicas e hidrotérmicas (Gómez Pascual, 2013). Esta no consideración de las bombas aerotérmicas como fuentes de energía renovable se eliminó definitivamente con la publicación de la Decisión 2013/114/UE (Unión Europea, 2013) por la que establecían las directrices para el cálculo de la energía renovable de las bombas de calor de diferentes tecnologías, entre ellas la aerotérmica.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) (España, 2006 y 2013), normativa en vigor actualmente en España para el diseño de nuevas edificaciones, en su Documento Básico HE: Ahorro de Energía, en el capítulo 4 (apartado 1.1.) exige que para las nuevas edificaciones sea necesaria una contribución solar mínima para la producción de agua caliente sanitaria (ACS). Esta contribución depende de la ubicación y de la demanda total de ACS del edificio.

El DB-HE 4 permite que la contribución solar para la generación de ACS pueda sustituirse parcial o totalmente mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, procesos de cogeneración o fuentes de energía residuales procedentes de la instalación de recuperadores de calor ajenos a la propia instalación térmica del edificio.

En este caso y tras la publicación de la Decisión 2013/114/CE de la Unión Europea, la bomba aerotérmica puede ser considerada como fuente de energía renovable siempre que se cumpla que las emisiones de CO₂, y el consumo de energía primaria no renovable debidos a la instalación alternativa y todos sus sistemas auxiliares, sean iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia auxiliar de apoyo para la demanda comparada.

En la presente comunicación se analiza, a través de un caso de estudio, la viabilidad técnica, normativa y económica de la aerotermia como alternativa para la generación de ACS mediante placas solares térmicas en edificación terciaria.

2.- Caso de Estudio

2.1.- Descripción General

El edificio objeto de la presente comunicación es el Centro de Almacenamiento y Distribución de Electrodomésticos de la empresa ELDISSER S.A., situado en el Polígono Táctica de la localidad de Paterna (Valencia). Se trata de un complejo logístico de 25.282,62 m², de los cuales 2.191,72 m² corresponden a un edificio de oficinas distribuido en dos plantas (Figura 1).

En la planta baja del edificio se sitúan las dependencias de los departamentos más estrechamente relacionados con el centro logístico, así como los vestuarios del personal y diversas estancias de atención a los clientes, proveedores y comerciales de la empresa (salas de visita, sala de muestras, sala de formación, etc.). En la planta primera del edificio se ubican el resto de oficinas y estancias anexas tales como aseos, comedor, archivos, etc.

Figura 1: Fachada Principal Edificio Oficinas. Fuente: Elaboración Propia



2.2.- Caracterización y cuantificación de la contribución solar mínima de ACS

La demanda de agua caliente sanitaria (ACS) para este edificio se corresponde a los aseos y vestuarios situados en la zona de oficinas. Esta demanda se estima en función de la ocupación del edificio. La ocupación correspondiente a la parte de almacenamiento se determina en función del personal que trabaja en esta zona (en este caso 36 personas en tres turnos de 8 h). Para la parte de oficinas, dado que la superficie es superior a 250 m², y de acuerdo al artículo 3 del RD 2267/04 por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en establecimientos industriales (España, 2004), la ocupación se determina de acuerdo a la ocupación por estancia que indica el CTE Documento Básico Seguridad Contra Incendios (CTE DB SI) (España, 2006). En este caso la ocupación de la zona de oficinas será de 249 personas.

En la Tabla 1 se muestra el cálculo de la demanda de ACS, para el establecimiento industrial descrito, a una temperatura de referencia a 60°C (temperatura de producción). Para ello se utilizan los valores de consumo de la Tabla 4.1 del CTE DB HE-4, en este caso 21 l/día·ud para las duchas y 2 l/d·ud para las oficinas.

Tabla 1: Cálculo de Demanda. Fuente: Elaboración propia

Criterio de demanda	Litros/(d·ud)	unidad	Nº usuarios	Total ACS
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona	36	756
Oficinas	2	Por persona	249	498
			TOTAL	1.254

En los edificios de nueva construcción en los que exista una demanda de ACS superior a 50 l/d se debe garantizar una contribución mínima de energía solar térmica

de agua caliente sanitaria, de acuerdo con el apartado 1.1 del CTE DB HE-4. Esta contribución de energía solar térmica se establece en función de la zona climática y de la demanda de ACS (en este caso 1.254 l/d). Paterna presenta según el "Atlas de radiación Solar en España EUMETSAT – 2012" (AEMET, 2012) una radiación solar global media diaria anual de 4,92 kWh/m²·día, lo que según el apartado 4.2 del CTE DB HE-4 supone un zona climática IV.

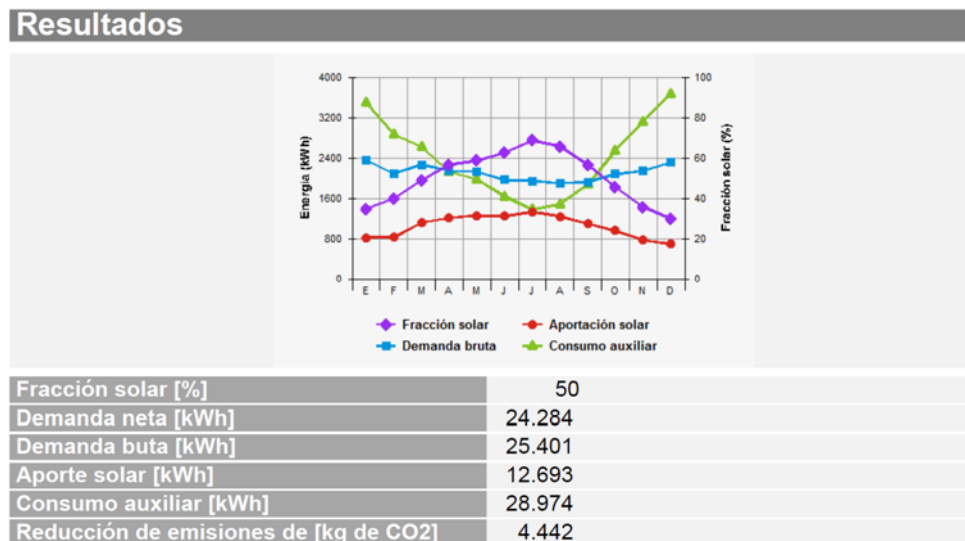
En la Tabla 2 se establece, para cada zona climática y nivel de demanda de ACS a una temperatura de referencia a 60°C, la contribución solar mínima anual exigida para cubrir las necesidades, siendo en este caso del 50%.

Tabla 2: Contribución Solar Térmica (%). Fuente: CTE DBHE-4

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona Climática				
	I	II	III	IV	V
50 – 5000	30	30	40	50	60
5000 – 10000	30	40	50	60	70
>10000	30	50	60	70	70

Considerando las necesidades indicadas, y utilizando el software reconocido CHEQ4 del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE) y de la ASIT (Asociación Solar de la Industria Térmica) (IDAE, 2015) se ha calculado la demanda térmica de ACS total para el cumplimiento del CTE DB HE-4, siendo 24.284 kWh (Figura 2).

Figura 2: Resultados Demanda Térmica ACS con CHEQ4. Fuente: Elaboración propia



2.3.- Alternativas a la contribución solar mínima de ACS

La justificación de la sustitución de la contribución solar para ACS por sistemas basados en bombas de calor aerotérmicas se realiza en base a la "Nota informativa sobre la instalación de bombas de calor para producción de ACS en sustitución de la contribución solar mínima de ACS exigida por la HE4-CTE" (AVEN, 2016), que recoge tanto las indicaciones de la Directiva 2009/28/UE como del CTE DB HE-4, que para el caso de estudio son:

- Que la bomba de calor que se vaya a instalar tenga la consideración de renovable, esto es su SCOPnet (SPF) sea \geq de 2,5.

- b. En el caso de bombas de calor que cubran sólo la demanda de ACS, las emisiones de CO₂ y el consumo de energía primaria no renovable debido a la instalación de bomba de calor y todos sus equipos auxiliares para cubrir la demanda de ACS, deben ser iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica (contribución solar mínima según tabla 2.1 del CTE-HE4) y el sistema de referencia (caldera gas natural con rendimiento estacional 0,92) como auxiliar de apoyo.

2.4.- Viabilidad Técnica de la instalación de aerotermia

2.4.1.- Descripción general y Equipos Instalados

En el edificio de oficinas del Centro de Almacenamiento se realizan, entre otras, las actividades de gestión de stock del almacén y la gestión del sistema de venta online de la empresa. Para ello se han instalado sistemas informáticos (servidores, enrutadores, etc.) que se encuentran en funcionamiento en todo momento, generando gran cantidad de calor dada la cantidad y dimensiones de éstos. Las características de la sala donde se encuentran estos equipos hace necesaria la instalación de un sistema de refrigeración que mantenga las condiciones de temperatura y humedad, y que garantizando una adecuada disipación del calor de los sistemas necesaria para su correcto funcionamiento, evitando sobrecalentamientos y fallos en los mismos.

Por ello, y con objeto de aprovechar el calor extraído de la sala se ha instalado un sistema común para la “producción de ACS” y para la “refrigeración de la sala servidores” planta primera.

Se ha optado por el sistema de Mitsubishi denominado “EcodanHybrid”, basado en una bomba de calor con recuperación de calor, que combina las ventajas de una bomba de calor aire-agua con los beneficios de un sistema de refrigeración por expansión directa, obteniendo de esta forma unos altos rendimientos. El sistema estará compuesto por una unidad exterior modelo PUAZ-FRP71VHA, un módulo de producción de ACS EHST20C-VM2C (hydrobox dúo) y un módulo de generación de frío PEAD-RP71JAQ. Las características de los equipos, una imagen y un esquema de la instalación se muestran en las Figuras 3, 4 y 5.

Figura 3: Imagen y Esquema de la Instalación. Fuente: Elaboración propia

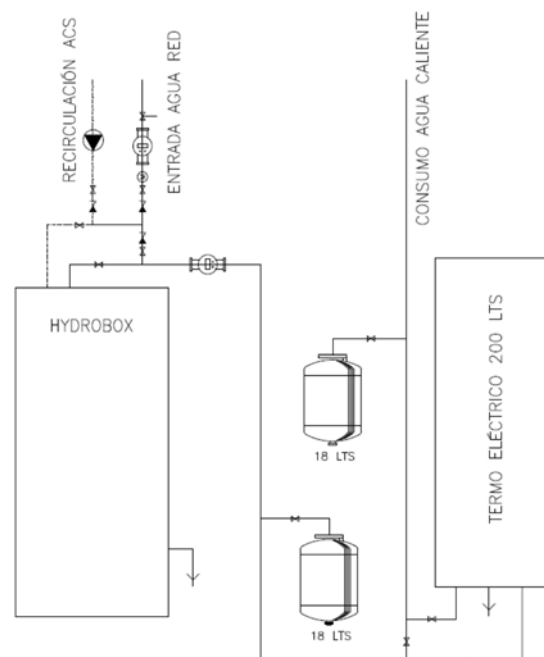


Figura 4: Descripción del Sistema Instalado. Unidad Exterior e Hidrobox. Fuente: Mitsubishi 2016

Sistema híbrido de producción de agua caliente, ACS y A/C con recuperación de calor.



UNIDAD EXTERIOR ECODAN HYBRID				PUHZ-FRP71VHA		
Modo				Agua caliente	Aire acondicionado	
Producción de agua caliente	A7W35	Capacidad	kW	8	--	
		Consumo	kW	1,96	--	
		COP		4,08	--	
	A2W35	Capacidad	kW	7,5	--	
		Consumo	kW	2,65	--	
		COP		2,83	--	
Temperatura de agua en calefacción		°C	25°C a 60°C		--	
Rango de operación (unidad exterior)		°C	-20°C a 35°C		--	
Hydrobox conectables ⁽⁹⁾			EHST20C-VM6SB / BHSC-VM6B		--	
Refrigeración		kW	--		7,1	
Calefacción		kW	--		8	
Unidades interiores conectables ⁽⁹⁾			--		Unids. Interiores Mr. Slim indice 71 ⁽⁹⁾	
Recuperación de calor ⁽⁹⁾	Agua a 45° y Aire Acond. (refrig)	Capacidad	kW	7,8	8	
		Consumo	kW		2,16	
		COP			7	
	Agua a 55° y Aire Acond. (refrig)	Capacidad	kW	7,1		9
		Consumo	kW		3,22	
		COP			5	
Tuberías		Distancias máx. / diámetros	--	20m vert, 30m total / Liq: 9,52mm, Gas: 15,88mm		
Ext - Interior (A/C)		Distancias máx. / diámetros	--	20m vert, 30m total / Liq: 9,52mm, Gas: 15,88mm		
Ext - Hydrobox (ATW)		Distancias máx. / diámetros	20m vert, 30m total / Liq: 9,52mm, Gas: 15,88mm		--	
Alimentación eléctrica			F, V, Hz	1 Fase, 230V, 50Hz		
Tamaño (Ancho x Alto x Fondo) / Peso Neto			mm / kg	950 x 942 x 330(-30) / 73		

Especificaciones del hydrobox dúo		
	Agua caliente sanitaria	Tanque de 200L incluido
	Calefacción	Si
Modos	Refrigeración	No
	Temperatura de agua en Calefacción	°C 25-60
	Temperatura de agua en Refrigeración	°C -
Alimentación Eléctrica		1 Fase / 230V / 50Hz
Sistema de control		FTC5
Potencia resist. Apoyo		kW 2
Nivel sonoro		dB(A) 28
Intercambiador de placas primario		MWA2-38-PA-4
Dimensiones	Alto x ancho x fondo	mm 1600 x 595 x 680
	Peso (vacío / lleno)	kg 110 / 320

Figura 5: Descripción del Sistema Instalado: Unidad Interior. Fuente: Mitsubishi 2016



MODELO			PEAD-RP71JAQ	
Capacidad	Frío Nominal (Min-Máx)	kW	7,1 (3,3 - 8,1)	
	Calor Nominal (Min-Máx)	kW	8,0 (3,5 - 10,2)	
Consumo nominal	Frío	kW	2,1	
	Calor	kW	2,09	
Coeficiente energético	EER / COP		3,38 / 3,83	
	SEER (Rango)		5,4 (A)	
	SCOP (Rango) ⁽⁹⁾		3,8 (A)	

2.4.2.- Cálculos Justificativos

En primer lugar se debe determinar el SCOPnet de la bomba de calor. El fabricante indica que el sistema con bomba de calor y recuperación de calor a instalar tiene un COP nominal para generación de ACS a 55°C y refrigeración de 5. El fabricante no dispone del valor de SCOPnet (Figura 4).

El cálculo del SCOPnet se realiza según el procedimiento descrito en el documento reconocido "Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios" del Ministerio de Industria, Energía y Turismo. (MINETUR, 2014a).

Para calcular el SCOPnet se ha de determinar el factor de ponderación (FP) y el factor de corrección (FC) correspondientes.

$$SPF = COP_{nominal} \cdot FP \cdot FC \quad (1)$$

El FP se obtiene de la Tabla 3 conforme a la zona climática del emplazamiento de las instalaciones (Paterna zona climática C en invierno) y para un equipo de aerotermia individual. En este caso el valor de FP es 0,68.

Tabla 3: Factor de ponderación (FP) para sistemas de Calefacción y/o ACS con bombas de calor en función de las fuentes energéticas, según la zona climática. Fuente: MINETUR, 2014a

Fuente Energética de la Bomba de Calor	Factor de Ponderación (FP)				
	A	B	C	D	E
Energía Aerotérmica. Equipos centralizados	0,87	0,80	0,80	0,75	0,75
Energía Aeotérmica. Equipos individuales tipo Split	0,66	0,68	0,68	0,64	0,64
Energía Hidrotérmica	0,99	0,96	0,92	0,86	0,80
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores horizontales	1,05	1,01	0,97	0,90	0,85
Energía Geotérmica de circuito cerrado. Intercambiadores verticales	1,24	1,23	1,18	1,11	1,03
Energía Geotérmica de circuito abierto	1,31	1,30	1,23	1,17	1,09

La temperatura de producción de ACS según las demandas del CTE será 60°C, y la temperatura de referencia del COP indicado por el fabricante es 55°C, por lo que se deberá corregir según la Tabla 4. En este caso se obtiene un valor de 0,90.

Tabla 4: Factores de corrección (FC) en función de las temperaturas de condensación, según la temperatura de ensayo del COP. Fuente: MINETUR, 2014a

Tª de condensación (°C)	Factor de Corrección (FC)					
	FC (COP a 35°C)	FC (COP a 40°C)	FC (COP a 45°C)	FC (COP a 50°C)	FC (COP a 55°C)	FC (COP a 60°C)
35	1,00	--	--	--	--	--
40	0,87	1,00	--	--	--	--
45	0,77	0,89	1,00	--	--	--
50	0,68	0,78	0,88	1,00	--	--
55	0,61	0,70	0,79	0,90	1,00	--
60	0,55	0,63	0,71	0,81	0,90	1,00

De este modo se obtiene un SPF superior a 2,50 y por lo tanto si que se puede considerar la bomba de calor y la recuperación como renovable.

$$SPF = COP_{nominal} \cdot FP \cdot FC = 5,00 \cdot 0,68 \cdot 0,90 = 3,06 > 2,50$$

A continuación se justifica que las emisiones de CO₂ y el consumo de energía primaria no renovable debido a la instalación de bomba de calor y todos sus equipos auxiliares

son inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia como auxiliar de apoyo (Tabla 5).

**Tabla 5: Cálculo de Consumo de Energía Primaria No Renovable y de Emisiones de CO₂.
Fuente: Elaboración propia**

	Bomba de calor (aeroterminia) + recuperación	Instalación solar térmica + Caldera gas natural
Demanda ACS (kWh)	24.284	24.284
Demanda ACS cubierta por paneles solares	0%	50%
Eficiencia estacional equipo	3,06 (SCOP _{net} aeroterminia)	0
Fuente de energía	Electricidad	Gas natural
Consumo energía final (kWh)	Demanda ACS/SCOP _{net} = 24.284/3,06=7.935,95	(Demanda ACS*%Solar)/(η Caldera Gas) = (24.284·0,5)/0,92=13.197,83
Consumo energía primaria no renovable (kWh)	Consumo Energía Final * FP _{Elec} = 7.935,95·1,954=15.506,84	Consumo Energía Final * FP _{Gas} = 13197,83·1,19=15.705,41
Emisiones CO ₂ (kgCO ₂)	Consumo Energía Final * FCO ₂ _{Elec} = 7.935,95·0,331=2.626,80	Consumo Energía Final * FCO ₂ _{Gas} = 13.197,83·0,252=3.325,85

Para el cálculo del consumo de energía primaria no renovable y de las emisiones procedentes del equipo auxiliar generador de energía convencional (en este caso gas natural) se utilizan los factores de emisión de CO₂ y los factores paso a energía primaria de energía final consumida publicados en la Resolución de 20 de Julio de 2014 los Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento de España (MINETUR, 2014b) (Tabla 6).

**Tabla 6: Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de
diferentes fuentes de energía final consumida en el sector de edificios en España.
Fuente: MINETUR, 2014b**

Fuente de Energía	Factores de Paso de Energía Final	
	A Energía Primaria No Renovable (kWh _{EPNR} /kWh _{EF})	A Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /kWh _{EF})
Electricidad	1,954	0,331
Gas Natural	1,190	0,252

De los datos obtenidos en el caso de estudio (Tabla 5) se observa que la instalación de aeroterminia permite reducir cerca de un 40 % el consumo de energía final respecto a la instalación solar térmica con el apoyo de una instalación de producción convencional de gas natural, así como reducir aproximadamente el 21 % las emisiones de CO₂.

2.4.3.- Verificación de la capacidad de almacenamiento de ACS

El sistema diseñado, tal y como se ha justificado en el punto 2.4.2, se puede considerar como renovable. No obstante, se debe verificar que la capacidad de almacenamiento de ACS es suficiente para dar servicio a los usuarios del Centro de Almacenamiento y Distribución de Electrodomésticos.

El sistema de producción de ACS instalado estará en continuo funcionamiento recuperando el calor extraído en la sala servidores. Cuando el ACS almacenada en los depósitos alcance la temperatura de consigna, el calor extraído se disipará en la condensadora (unidad exterior).

Dado que la capacidad de almacenamiento es limitada, se deberá garantizar que existe suficiente ACS almacenada para la demanda diaria, o que el sistema es capaz

de recuperar la temperatura de consigna del agua almacenada en menor tiempo que el que tarda en consumirse.

En primer lugar se verifica si el sistema dispone de capacidad suficiente para generar el ACS anual necesaria según la demanda (24.284 kWh). Para ello se utilizará la expresión 2.

$$Q_{ACS\text{ anual}} = P \cdot T \cdot \eta \quad (2)$$

Dónde:

$Q_{ACS\text{ anual}}$ es la demanda anual (kWh)

P es la potencia del sistema (kW)

T es el tiempo de funcionamiento en horas

η es el rendimiento del sistema

Teniendo en cuenta que el sistema instalado tiene una potencia de 7,1 kW para la producción de agua a 55°C, la capacidad máxima de generación de ACS anual del sistema será:

$$Q_{ACS\text{ anual}} = P \cdot T \cdot \eta = 7,1 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 0,85 = 52.866,60 \text{ kWh}$$

Dado que la demanda necesaria es a 60°C, se calcula mediante la expresión (3) el volumen diario que es capaz de generar el sistema para compararlo con los 1.254 litros diarios demandados.

$$Q_{ACS\text{ anual}} = n \cdot 365 \cdot (T_s - T_e) \quad (3)$$

Dónde:

$Q_{ACS\text{ anual}}$ es la demanda anual (kcal)

n es el volumen en litros producido

T_s es la temperatura de producción del agua (60° C)

T_e es la temperatura de entrada del agua. En este caso se toma como temperatura de entrada: 14 °C

Despejando el volumen producido de la ecuación (3) se obtiene una cantidad de 2.707,39 litros, por lo que el sistema es capaz de generar anualmente (diariamente) la cantidad de ACS demandada por la actividad, y no como la instalación solar térmica cuya producción hubiera sido del 50% del ACS demandada en la instalación.

No obstante, y dado que los consumos no se reparten de forma homogénea en todas las horas del día, será necesario verificar si durante los consumos punta la cantidad de agua almacenada es suficiente para garantizar la demanda.

El equipo "HidroboxDuo" cuenta con un depósito interno de 200 litros al que se le ha instalado un depósito de 200 litros en serie, por lo que la cantidad de ACS almacenada para garantizar una demanda punta es de 400 litros. El consumo de ACS de la parte de oficinas se considera homogéneo durante su horario (9 a 19h), por lo que se obtiene un consumo horario de 498 litros/10h = 49,8 l/h.

El personal del almacén trabaja en tres turnos de 8 horas, por lo que habrá tres consumos punta debidos, principalmente, al uso de los vestuarios. Se procede a calcular el consumo de demanda punta para verificar si es suficiente la capacidad de ACS almacenada.

El consumo total de ACS en los vestuarios se calculará de acuerdo a la expresión (4).

$$Q_{p_vestuarios} = n \cdot t_m \cdot q \quad (4)$$

Dónde:

$Q_{p_vestuarios}$ es el consumo punta de los vestuarios en litros

n es el número de usuarios

t_m es la duración media del uso del elemento (en este caso duchas) en segundos

q es el caudal unitario del elemento (en este caso duchas) en litros/segundo

Con lo que sustituyendo los datos indicados anteriormente se obtiene un consumo punta de 576 litros a 45° C.

Caudal ducha = 0,2 l/s

Duración media ducha = 4 minutos

Usuarios por turno = 36/3 ≈ 12 usuarios

Tiempo de recuperación: 8 horas

A este consumo punta se le debe añadir el consumo punta de los aseos de las oficinas. Suponiendo que se produce un consumo continuado de ACS durante un cuarto de hora, se obtiene que el consumo punta de las oficinas sería de 12,45 litros a 45 °C. Por lo que el consumo punta total del edificio sería de 588,45 litros a 45 °C. Dado que la producción se realiza a la temperatura de 60 °C, se realiza el cambio mediante la expresión (5):

$$Q_p(i) = Q_p(60^\circ C) \cdot \frac{(60 - T_e)}{(T_i - T_e)} \quad (5)$$

Dónde:

$Q_p(i)$ es el consumo punta a la temperatura i (en este caso será 45 °C)

$Q_p(60^\circ C)$ es el consumo punta a la temperatura de 60 °C (en este caso la incógnita)

T_e es la temperatura de entrada al sistema (en este caso 14 °C)

T_i es la temperatura i (en este caso será 45 °C).

Obteniéndose un consumo punta a la temperatura de 60 ° C de 396,56 litros, por lo que las necesidades de consumo en los momentos de demanda punta pueden ser satisfechas con la capacidad de ACS almacenada (400 litros).

2.5.- Viabilidad Económica de la instalación de aerotermia

Una vez determinada la viabilidad normativa y técnica de la instalación de aerotermia se analiza la viabilidad económica. El presupuesto de la instalación de aerotermia incluyendo tanto la unidad exterior como la unidad interior de la sala de servidores (cabe tener en cuenta que aunque no se hubiera realizado la instalación del sistema de aerotermia se debería tener en cuenta una unidad interior y exterior de otro modelo para la refrigeración de la sala de servidores), el "Hidrobox", el termoacumulador en serie de 200 litros, la mano de obra, tuberías, bombas, elementos de control, válvulas, etc., asciende aproximadamente a la cantidad 12.215 euros.

El presupuesto de la instalación solar térmica: captadores solares, soportes, bomba e recirculación, depósito acumulador, vaso de expansión, disipador de calor para meses de verano, tuberías, mano de obra, elementos de control y válvulas, etc., asciende a la cantidad aproximada de 10.250 euros. El sistema solar únicamente proporcionaría el 50% de la demanda, por lo que debería ser completado con un sistema de producción

de ACS convencional mediante una caldera. En este caso se ha seleccionado de gas natural siguiendo el criterio de la comparación de la viabilidad técnica. El presupuesto del sistema convencional, incluyendo caldera, depósito acumulador, bomba de recirculación, tuberías, mano de obra, elementos de control y válvulas, etc., asciende a la cantidad aproximada de 8.800 euros. Por lo que el conjunto del sistema de producción de ACS solar + caldera de gas asciende a la cantidad de 19.050 euros.

Tal y como puede comprobarse la inversión inicial del sistema de aerotermia mediante bomba de calor con recuperación de calor es inferior a la instalación del sistema de ACS solar más la caldera de gas convencional. No se realizó un análisis más detallado del presupuesto de explotación de ambos sistemas ya que, el consumo de gas natural para la producción de ACS, que no fuera producida mediante el sistema solar, es superior que el coste de la fuente de energía del sistema de aerotermia (calor extraído del enfriamiento de la sala de servidores), cuyo coste es nulo.

3.- Conclusiones

Los sistemas de aerotermia mediante bomba de calor se consideran como una fuente de energía renovable siempre que su SCOPnet sea superior a 2,5, y permiten sustituir la contribución solar térmica requerida por el CTE DB HE-4 siempre que las emisiones de CO₂ y el consumo de energía primaria no renovable sean iguales o inferiores a las que se obtendrían mediante la correspondiente instalación solar térmica y el sistema de referencia auxiliar de apoyo para la demanda comparada.

En el caso de estudio el sistema de aerotermia es una opción viable bajo el espectro normativo, y se trata de una opción económicamente más ventajosa, tanto desde el punto de vista de inversión como de explotación. Desde el punto de vista medioambiental, es una solución más sostenible ya que permite reducir cerca de un 40% el consumo de energía final respecto a la instalación solar térmica (más el apoyo de una instalación de producción convencional de gas natural), así como reducir aproximadamente el 21% las emisiones de CO₂.

4.- Referencias

Agencia Estatal de Meteorología. Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT. [En línea]. Disponible en: <http://www.aemet.es/documentos/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/atlas_radiacion_solar/atlas_de_radiacion_24042012.pdf>. Acceso: Enero 2016.

Agencia Valenciana de la Energía (AVEN). Nota informativa sobre la instalación de bombas de calor para producción de ACS en sustitución de la contribución solar mínima de ACS exigida por la HE4-CTE. [En línea]. Disponible en: <gcee.aven.es/publico/DocumentoAbrir.aspx?id=1064923>. Acceso: Enero 2016.

España. Real Decreto 2267/2004, de 3 de Diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales. Boletín Oficial del Estado, núm. 303, 41194-41255.

España. Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Boletín Oficial del Estado, núm. 74, 28 de Marzo de 2006, 11816-11831.

España. Orden FOM/1635/2013, de 10 de Septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE Ahorro de Energía, del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo. Boletín Oficial del Estado, num. 219, 12 de Septiembre de 2013, 67137-67209.

Gómez Pascual, E. (2013). Aerotermia, la Energía Renovable del Aire. Energía de Hoy 3, 34-38.

- Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía (IDAE). Cheq4 [En línea]. Disponible en: <<http://cheq4.idae.es/>>. Acceso: Enero 2016.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR). (2014a). Prestaciones Medias Estacionales de las Bombas de Calor para producción de Calor en Edificios [En línea]. Disponible en:<http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Prestaciones_Medias_Estacionales.pdf>. Acceso: Enero 2016.
- Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR). (2014b). Factores de Emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España [En línea]. Disponible en:<http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Otros%20documentos/Factores_emision_CO2.pdf>. Acceso: Enero 2016.
- Osorio, S. Polo de Energía. Optimización eficiente de los sistemas de producción de frío. (2013). El Instalador 503, 28-33.
- Unión Europea. Directiva 2009/28/CE, de 23 de Abril de 2009, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa al fomento del uso de la energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE. Diario Oficial de la Unión Europea, 5 de Junio de 2009, L140/16-62.
- Unión Europea. Decisión de la Comisión de 1 de Marzo de 2013 por la que se establecen las directrices para el cálculo por los Estados miembros de la energía renovable procedente de las bombas de calor de diferentes tecnologías, conforme a lo dispuesto en el artículo 5 de la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario Oficial de la Unión Europea, 6 de Marzo de 2013, L62/27-35.