

Instalación térmica para ACS y apoyo a calefacción por suelo radiante, mediante fuentes de energía Solar y de Biomasa.

Goichon, Guillaume.

Abstract: Se trata de un proyecto completo, desde el estudio hasta la realización de una instalación térmica con aprovechamiento de dos fuentes de energías renovables: Solar y de Biomasa, para una vivienda unifamiliar ubicada en la cuenca de Pamplona en la provincia de Navarra.

Palabras clave: agua caliente sanitaria (ACS), calefacción por suelo radiante, energía solar, biomasa, rentabilidad, beneficio medioambiental.

1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de esta instalación, no es de aplicación el nuevo Código Técnico de Edificación (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo), por tratarse de un proyecto de reforma de un edificio visado en una fecha anterior al 29 de septiembre 2006, fecha de entrada en vigor del Real Decreto 314/2006.

Sin embargo, el diseño de la instalación y los componentes utilizados cumplirán con las recomendaciones y exigencias establecidas en las normativas, especificaciones y pliegos siguientes:

- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, establecido por el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).
- Código Técnico de la Edificación.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
- “Método 5000” (Dic. 1982)

2. METODOLOGIA

En un primer tiempo, se analizará los datos de partida del proyecto, tales como los datos geográficos y climáticos de la localidad y se determinarán los respectivos consumos de ACS y de calefacción de la vivienda.

Luego, se dimensionará los principales elementos de la instalación, y se propondrá el esquema general de la instalación, explicando brevemente las diferentes circuitos.

Después, veremos la rentabilidad del proyecto sobre un período de 20 años de vida útil, teniendo en cuenta la subvención concedida por el gobierno de Navarra. Por otra parte, analizaremos también el impacto positivo de este proyecto sobre el medio ambiente.

Por fin, hablaremos de la dirección de obras durante la ejecución de la instalación, que exige una buena

coordinación entre los diversos campos de actuación tales como el montaje mecánico de los captadores sobre cubierta, la fontanería de los varios circuitos hidráulicos, la regulación eléctrica de la instalación.

3. DESARROLLO

3.1. Datos de partida, geografía y climatología

La vivienda en estudio pertenece en la cuenca de Pamplona, situada a unos 15 Km. de la capital de Navarra en dirección Norte. La latitud del lugar será de 42,80°. La desviación de la casa respecto al Sur es de 15° en la dirección Este (Figura 1), lo que nos asegura unas pérdidas mínimas por orientación de la radiación solar incidente sobre los captadores colocados en cubierta.

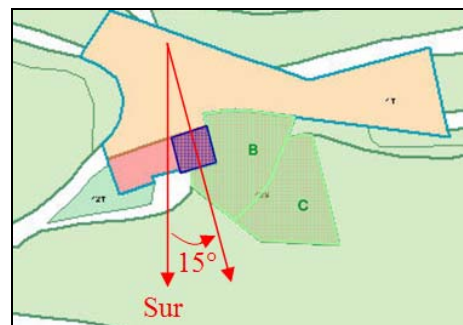


Figura 1: Mapa catastral de la vivienda

Los datos climáticos utilizados en el estudio vienen de dos organismos distintos:

- IDAE, que utiliza los datos publicados por Censolar.
- T.SOL, programa de simulación de instalación solar que utiliza varias fuentes según la localidad del lugar (Figura 2).

De cualquier modo, se verifica que las 2 fuentes de datos son muy parecidas.

		T externa	G horizontal	T AF	G inclinada, spec.
	Periodo total	12.2 [°C]	1,283 [kWh/m²]	9.0 [°C]	1,381 [kWh/m²]
Desde:	Hasta:				
1/ 1/	2/ 1/	4.60	45	6.34	75
2/ 1/	3/ 1/	6.50	62	6.03	87
3/ 1/	4/ 1/	8.00	103	6.49	122
4/ 1/	5/ 1/	9.90	129	7.61	128
5/ 1/	6/ 1/	13.20	144	9.11	124
6/ 1/	7/ 1/	17.30	168	10.59	138
7/ 1/	8/ 1/	20.50	179	11.63	152
8/ 1/	9/ 1/	20.30	150	11.96	143
9/ 1/	10/ 1/	18.20	130	11.49	150
10/ 1/	11/ 1/	13.70	85	10.34	115
11/ 1/	12/ 1/	8.30	52	8.83	86
12/ 1/	1/ 1/	5.70	37	7.37	61

Figura 2: Datos climáticos mensuales en Pamplona (Fuente: T.SOL)

Aparte de la energía solar, la vivienda unifamiliar dispone de mucha leña que quiere aprovechar como energía renovable para su demanda de calefacción, mediante una chimenea dotada de un sistema de recuperación de calor. Esta energía de biomasa representa un recurso renovable y también económico ya que el municipio de la vivienda ofrece cada año a sus habitantes un lote de leña de manera totalmente gratuita.

El tipo de calefacción optada por la vivienda será por suelo radiante, sistema de distribución del calor a baja temperatura adaptable a cualquier fuente de energía, basado en un concepto antiguo de calefacción: “pies calientes y cabeza fría”.

3.2. Consumo de ACS y Calefacción

Mediante el procedimiento establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, se calculó un consumo medio diario de agua caliente de la vivienda de 171 litros/día a la temperatura de 45°C, lo que representa una demanda anual de ACS de 62,3 m³/año y una carga anual energética de 2.583 kWh/año.

En cuanto a la evaluación de la demanda de calefacción, se usó el método simplificado “5000” aunque el método “oficial” en España desde 2006 es el programa LIDER. Sin embargo, el método 5000 es válido, ya que el proyecto en estudio no tiene la obligatoriedad de la aplicación del nuevo código técnico de edificación establecido por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.

El método “5000” simplificado permite realizar el balance energético de un edificio (Figura 3).

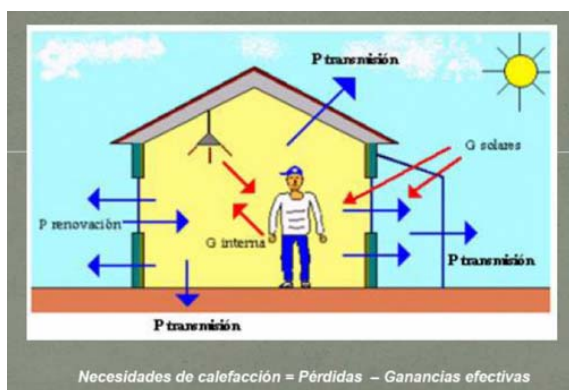


Figura 3: Balance energético de un edificio

Las necesidades de calefacción vienen dadas por las pérdidas por conducción, radiación, convección, ventilación y infiltración del edificio a las cuales se deben quitar las ganancias efectivas tales como el aporte exterior solar y los diversos aportes internos de energías.

$$\begin{aligned} \text{Necesidades calefacción} &= \text{Pérdidas} - \text{Ganancias} \\ &= (Q + V) - (S + I) \end{aligned}$$

Donde:

Q: representa las pérdidas por conducción, radiación y convección a través de los cerramientos del edificio.

V: representa las pérdidas por ventilación (renovación de aire) e infiltraciones.

S: representa los aportes solares a través de los cerramientos.

I: representa los aportes internos de energía, tanto los debidos al empleo de aparatos eléctricos (iluminación, maquinas, etc..) como los debidos a la presencia humana.

Mediante este método, se calculó una demanda térmica anual de 17.664 kWh/año, y una demanda térmica anual específica de 80.3 kWh/m² para la calefacción.

Sumando la demanda de ACS y la demanda de calefacción, tenemos una demanda térmica total anual de la vivienda de 20.247 kWh/año.

3.3. Dimensionada de la instalación

En un primer tiempo, se dimensiona la parte solar de la instalación para ACS y calefacción mediante el uso del programa de simulación, T*Sol Pro, versión 4.03 de la empresa alemana, Dr. Valentín EnergiesSoftware GMBH.

La configuración solar básica utilizada está representada en la figura 4 siguiente:

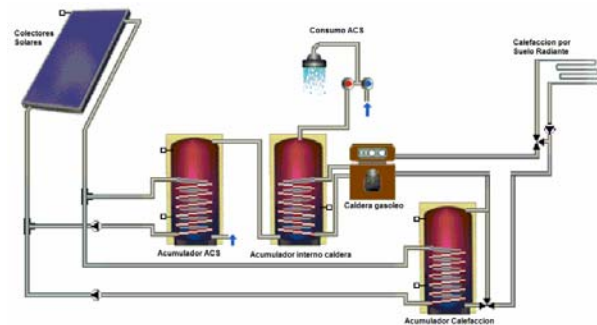


Figura 4: Configuración solar básica – T.SOL

Se introduce en el programa, de una parte los principales parámetros solares de ACS y calefacción anteriormente calculados siguiendo el procedimiento establecido en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura y, por otra parte los datos técnicos de los equipos y accesorios seleccionados:

- 12 colectores planos de 4 conexiones del fabricante Roth, modelo F2S4, con superficie total captadora de 24 m².
- 1 depósito de 200 litros para la demanda ACS.
- 1 depósito de 500 litros para la calefacción.

Los resultados de la simulación anual realizado por el programa T.SOL aparecen en la figura 5:

Resultados de la simulación anual		
Radiación sobre la superficie del colector:	33.15 MWh	1381.3 kWh/m ²
Energía suministrada por los colectores:	8.41 MWh	350.36 kWh/m ²
Energía suministrada por los circuitos del colector:	5.88 MWh	245.15 kWh/m ²
Suministro de energía para la producción del agua caliente:	2620.92 kWh	
Suministro de energía p/calef.:	17.63 MWh	
Energía sistema solar en el ACS:	2810.72 kWh	
Energía instalación solar en la calef.:	1913.06 kWh	
Energía suministrada por la calefacción auxiliar:	15.98 MWh	
Ahorro Gasoil (L): 612.6 l		
Fracción solar cobertura ACS: 91.5 %		
fracción solar cobertura total: 22.8 %		
Rendimiento del sistema: 14.2 %		

Figura 5: Resultados simulación solar T.SOL

La cobertura solar anual de ACS obtenida es de 91,5%, y la fracción solar total anual incluyendo la calefacción es de 22,8%, con un rendimiento del sistema solar del orden de 14,2%.

En un segundo tiempo, se realiza el dimensionado de la parte “biomasa” para la calefacción sólo, usando los datos técnicos facilitados por el fabricante, Palazzetti, de la chimenea con recuperación de calor. La chimenea de leña no contribuirá a la demanda de ACS que ya viene casi totalmente suministrada por los 12 colectores solares.



Figura 6: Chimenea de leña Palazzetti con recuperación de calor

Se calculó una cobertura anual de biomasa del orden de 65% sobre la demanda anual de calefacción, con una acumulación de 500 litros de agua, y gastando unos 7,5 t de leña/año.

3.4.- Esquema general de la instalación

Después de haber dimensionado la parte “solar” y la parte “biomasa” de la instalación, se integran en el esquema global, junto al resto de la instalación constituido por el equipo auxiliar de apoyo (caldera

de gasóleo) y del circuito del suelo radiante. (ver el esquema en la figura 7)

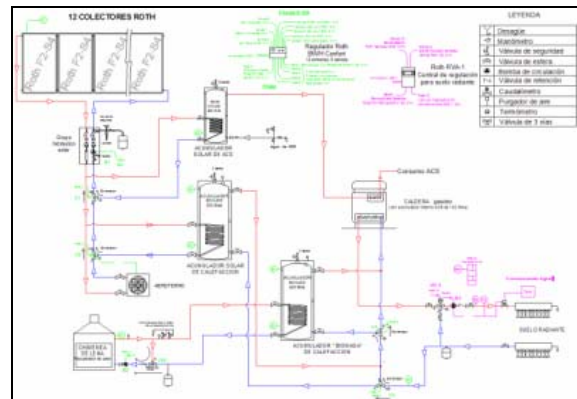


Figura 7: Esquema general de la instalación

La instalación se compone de 4 principales circuitos:

- **Circuito primario cerrado “Solar ACS + Solar Calefacción”:**
 - 12 colectores térmicos,
 - 1 grupo hidráulico solar,
 - 1 acumulador de 200 litros para ACS,
 - 1 acumulador de 500 litros para calefacción,
 - 1 aerotermo cuya función es de disipar la energía.
- **Circuito primario cerrado de la chimenea de biomasa para calefacción:**
 - 1 chimenea con recuperación de calor,
 - 1 acumulador de 500 litros para calefacción.
- **Circuito secundario abierto de ACS,** alimentándose del agua de red y combinando el acumulador solar de 200 litros en serie con la caldera de gasóleo de acumulación interna de 100 litros.
- **Circuito secundario cerrado de calefacción,** combinando la energía del acumulador solar de 500 litros con la energía del acumulador de la chimenea de 500 litros para alimentar el suelo radiante de la vivienda, con el apoyo de la caldera de gasóleo.

3.4.- Estudio económico

- *Subvenciones del gobierno de Navarra:*

En este proyecto, no es de aplicación el nuevo Código Técnico de Edificación (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo). Por tanto, la realización de la instalación térmica de aprovechamiento de energías renovables solar y de biomasa puede ser objeto de una solicitud de subvenciones del Gobierno de Navarra. La convocatoria está con plazo abierto desde el 16 de Mayo hasta el 30 de

Septiembre de 2007. La concesión de estas ayudas va por orden de presentación de las solicitudes para instalaciones realizadas y pagadas entre el 1 de enero 2007 y 15 de noviembre 2007.

En la tabla siguiente (figura 8), tenemos el porcentaje de subvención para cada tipo de instalación de aprovechamiento de energías renovables, establecido en la resolución 1037/2007 del gobierno de Navarra:

TIPO INSTALACION		% SUBVENC.
Solar Térmica	Sin integración arquitectónica	50%
	Con integración arquitectónica	85%
Solar Fotovoltaica Aislada y Eólica Aislada	Fincas de recreo	22%
	Resto	50%
Solar Fotovoltaica Conectada a la red		20%
Biomasa no industrial	Con sistema de almacenamiento y aliment. autom. de combustible	50%
	Resto	20%
Geotermia		30%

Figura 8: porcentaje de subvención – Normativa resolución 1037/2007

En nuestro caso, solicitamos la subvención de solar térmica con un máximo subvencionable de 50% (Sin integración arquitectónica), y la subvención de biomasa no industrial con un máximo subvencionable de 50%. En septiembre 2007, aprendimos que se concedió la subvención sólo para la instalación solar térmica con el máximo subvencionable del 50% del coste real de la instalación solar, representando un valor de 10,085 Euros.

- *Ahorros económicos:*

Para poder realizar un buen estudio de rentabilidad, es necesario evaluar los ingresos del proyecto que se traducen, en este caso, en ahorros económicos debido a la reducción del uso del combustible sustituido convencional.

El ahorro anual generado por una instalación de fuente renovable viene dado por:

$$\text{Ahorro [€]} = \text{Aporte} * \text{Coste}_{\text{Combustible sustituido}} / (\text{PCI}_{\text{comb}} * \eta_{\text{caldera}})$$

Donde Aporte [kWh] representa la contribución energética anual realizada por la instalación de aprovechamiento de energías renovables.

η_{caldera} representa el rendimiento de la caldera. Tomaremos $\eta_{\text{caldera}} = 85\%$.

PCI_{comb} representa el poder calorífico inferior del combustible sustituido, en nuestro caso, el gasoleo. Tomaremos $\text{PCI}_{\text{gasoleo}} = 8600 \text{ kcal/l} = 10 \text{ kWh/l}$.

Tomaremos, $\text{Coste}_{\text{gasoleo}} = 0,85 \text{ €/litro}$

En tabla 9 siguiente, aparecen los ahorros anuales que realizará la vivienda con la contribución de cada fuente renovable:

	Instalación Solar	Instalación Chimenea Biomasa	Total (Solar + Biomasa)
Cobertura energética anual (%)	23 %	65 %	88 %
Aporte energético anual (kWh)	4657 kWh	13160 kWh	17817 kWh
Ahorro económico (Euros/año)	467 €	1316 €	1783 €

Tabla 9: repartición de los ahorros anuales

El ahorro económico anual generado por la instalación se estima a unos 1750 euros, suponiendo una cobertura total anual entre 80 y 90 %.

- *Rentabilidad:*

Las consideraciones económicas que se tomaron para el estudio de rentabilidad son los siguientes:

Vida del proyecto	20 años	
Inversión:		
Instalacion Solar	20,171.2 €	EUROS
Instalacion Chimenea	4,164.4 €	EUROS
Inversión	24,336 €	EUROS
Aportación	100%	24,336 € EUROS
Financiación		
	0 €	EUROS
Periodo de amortización	10	años
Ratio de interes	6.0%	
Amortizacion prestamo/año	0 €	EUROS
Cuota anual fija (amortización francesa)	0 €	EUROS
Subvencion Navarra:	10,085.60 €	
Ratio de inflación	3.0%	
Depreciacion fiscal/año	1,217 €	EUROS
Depreciación	20	años
Ingresos:		
Ahorros (año 1)	1,750 €	EUROS
Aumento anual gasoleo	5.0%	
Costes: Mantenimiento&Seguro		
[Año1-año3]	80 €	EUROS
[Año4-año10]	300 €	EUROS
[Año11-año20]	600 €	EUROS
Impuestos	20%	

Figura 10: consideraciones económicas

En un primer tiempo, sin financiación exterior, aportando el 100% de la inversión inicial, se obtiene la rentabilidad siguiente:

Tasa de Descuento	3.00%
VAN	16,765 €
TIR (Rentabilidad)	11.14%
PAY- BACK (Período de retorno)	8 años

La inversión se recupera en **8 años**, con una rentabilidad del **11,14%** sobre los 20 años de vida útil del proyecto.

En la tabla 11 siguiente, se presenta los datos de rentabilidad del proyecto considerando una financiación del banco al 6% de intereses con un periodo de amortización de 10 años y un amortización de tipo francesa a cuota anual fija:

Aportación (%)	Financiación (%)	Periodo retorno (Años)	Rentabilidad (%)
100 %	0 %	8 años	11,14 %
80 %	20 %	8 años	12,39 %
60 %	40 %	8 años	14,42 %
50 %	50 %	9 años	16,00 %
40 %	60 %	10 años	18,52 %
30 %	70 %	10 años	23,96 %

Tabla 11: Balance económico con financiación ajena

Observamos que cuánto mayor es la financiación externa del banco, mayor es la rentabilidad del proyecto, aunque se recupera la inversión en un poco más de tiempo.

3.5.- Beneficio medioambiental

Para cuantificar el beneficio medioambiental, emplearemos la cantidad de emisiones de CO₂ que se evita por la atmósfera, al emplear energía solar y biomasa como fuentes principales de producción de ACS y calefacción, en vez de gasóleo.

El ahorro anual de combustible generado por la instalación de fuente renovable viene dado por:

$$\text{Ahorro [litros]} = \text{Aporte energético} / (\text{PCI}_{\text{comb}} * \eta_{\text{caldera}})$$

Según el apartado anterior, calculamos un aporte energético anual total, de parte de la energía solar y la biomasa de unos 17,800 kWh/año. Considerando un PCI del gasóleo de 10 kWh/l y un rendimiento de 85% de la caldera, el ahorro anual de gasoleo sería del orden de: 2000 litros.

Por otra parte, al quemar una unidad de tonelada equivalente de petróleo (1 tep), correspondiendo a unos 1000 litros de gasoleo, se permite evitar las emisiones de unos 3,7 toneladas de CO₂ en la atmósfera.

En resumen, el balance medioambiente de la instalación es muy positivo. Cada año, la instalación permitirá evitar una cantidad de emisiones CO₂ por la atmósfera del orden de 2 teqs, equivaliendo a unos 7, 4 t de CO₂/año.

3.6.- Dirección de obras

La memoria del proyecto expone las diferentes fases del procedimiento de ejecución de la instalación hasta su puesta en marcha:

- Montaje de los colectores solares sobre cubierta inclinada constituida de teja mixta, respetando una distancia mínima entre filas de colectores.
- Realización del circuito primario de retorno invertido sobre cubierta.
- Disposición y conexión de los principales elementos en la sala de caldera, tales como la caldera auxiliar de gasóleo, los depósitos de agua caliente para ACS y calefacción, el grupo hidráulica solar, los vasos de expansión cerrados y las válvulas diversoras “todo o nada” de 3 vías.
- Instalación de la chimenea de leña y conexión al sistema de recuperación de calor.
- Ubicación en el exterior del aerotermo, elemento de disipación del circuito primario solar.
- Regulación eléctrica de la instalación.
- Precauciones y pruebas a realizar durante la puesta en marcha de la instalación.

5. CONCLUSIONES

Este proyecto muestra la buena integración y complementariedad de las dos fuentes de energías renovables, solar y de biomasa, en una instalación térmica para ACS y calefacción por suelo radiante. La energía solar ofrece una acumulación de calor periódica durante el día que permite precalentar los depósitos de ACS y de calefacción, mientras que la energía de biomasa responde a una necesidad de calefacción puntual cuando el usuario decide encender la chimenea.

Las subvenciones concedidas al 50 % sobre el coste de inversión de la instalación térmica de energía solar por el gobierno de Navarra hace que el proyecto sea rentable y que la inversión se recupere en un período entre 8 y 10 años.

Por otra parte, gracias a este tipo de instalación térmica con fuentes renovables mixtas, el beneficio medio ambiental obtenido por una sola vivienda unifamiliar es muy prometedor.

6. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor de universidad, Ignacio Zabalza Bribán, por ser siempre disponible y eficaz y por sus excelentes consejos orientativos en la elaboración del proyecto.

Agradezco a mis coordinadores, Elisa Manera Gil y Javier Otano Arcos, de la empresa L.SOL Soluciones Energéticas, por haberme integrado rápidamente en su equipo profesional con una total generosidad y confianza. Les agradezco mucho de haber sido siempre disponible y muy paciente conmigo.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] *Reglamento de Instalaciones térmicas en los edificios*. Real Decreto 1027/2007, BOE num.207 agosto 2007.

[2] *Guía ASIT de la energía solar térmica*. Borrador septiembre 2006.

[3] José M^a Fernández Salgado. *Guía completa de la energía solar térmica, adaptada al Código Técnico de la Edificación*. EDICIONES A. MADRID VICENTE, ediciones, 2007. ISBN: 978-84-96709-02-7