



Trabajo Fin de Grado

Ahorro de emisiones de CO₂ y mejora de la eficiencia energética en vivienda aislada

Autor/es

Patricia Lombarte Espinosa

Director/es

Jesús Sergio Artal Sevil

Eva Francés Pérez

Universidad de Zaragoza/Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2016



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

(Este documento debe acompañar al Trabajo Fin de Grado (TFG)/Trabajo Fin de Máster (TFM) cuando sea depositado para su evaluación).

TRABAJOS DE FIN DE GRADO / FIN DE MÁSTER

D./D^a. Patricia Lombarte Espinosa

con nº de DNI 73259649A en aplicación de lo dispuesto en el art.

14 (Derechos de autor) del Acuerdo de 11 de septiembre de 2014, del Consejo

de Gobierno, por el que se aprueba el Reglamento de los TFG y TFM de la

Universidad de Zaragoza,

Declaro que el presente Trabajo de Fin de (Grado/Máster)
Grado _____, (Título del Trabajo)

Ahorro de emisiones de CO₂ y mejora de la eficiencia energética en vivienda
aislada

es de mi autoría y es original, no habiéndose utilizado fuente sin ser citada
debidamente.

Zaragoza, 21 de noviembre de 2016

Fdo: Patricia Lombarte Espinosa

ÍNDICE

Índice de tablas	4
Índice de figuras	4
RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Situación inicial.....	7
1.2 Marco normativo.....	9
2. OBJETIVOS Y ALCANCE	12
3. ANÁLISIS PREVIO DE LA VIVIENDA	13
3.1 Calificación energética de la vivienda	13
3.2 Cálculo de emisiones de CO ₂	18
4. TECNICAS DE MEJORA ENERGÉTICA PARA LA CLIMATIZACIÓN Y A.C.S	23
5. FRÍO SOLAR Y APROVECHAMIENTO DEL CALOR RESIDUAL PARA OTROS USOS.....	29
6. PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS	33
7. CONCLUSIONES	40
8. NOMENCLATURA.....	41
9. BIBLIOGRAFÍA	42

Índice de tablas

Tabla 1 Superficies planta baja.....	7
Tabla 2 Superficies planta primera	8
Tabla 3 Distribución superficie por plantas.....	8
Tabla 4 Comparativa aportes energéticos opción 1.....	25
Tabla 5 Comparativa aportes energéticos opción 2.....	26
Tabla 6 Comparativa aporte energético opción 3.....	27
Tabla 7 Comparativa técnicas mejora energética.....	28

Índice de figuras

Figura 1 Consumo energía primaria España 2015.....	6
Figura 2 Vivienda simulada 3D	8
Figura 3 Datos generales vivienda.....	13
Figura 4 Datos envolvente térmica del edificio.....	14
Figura 5 Datos ventanas vivienda fachada norte.....	15
Figura 6 Datos instalaciones iniciales vivienda	16
Figura 7 Datos instalaciones mejoras vivienda	17
Figura 8 Etiqueta energética	18
Figura 9 Datos situación inicial vivienda	22
Figura 10 Resultados mejora energética biomasa/split.....	24
Figura 11 Resultados mejora energética aerotermia.....	26
Figura 12 Resultados mejora energética bomba aire/termo eléctrico.....	27
Figura 13 Ciclo termodinámico absorción.....	30
Figura 14 Carga y descarga frío solar	31
Figura 15 Esquema sistema frío solar	31
Figura 16 Simulación instalación fotovoltaica.....	34
Figura 17 Datos técnicos simulación fotovoltaica.....	35
Figura 18 Campo fotovoltaico	35
Figura 19 Regulador de carga.....	35
Figura 20 Baterías.....	36
Figura 21 Inversor cargador	36
Figura 22 Simulación obtenida con PVsyst.....	38
Figura 23 Costes simulación obtenidos con PVsyst	39

RESUMEN

Este trabajo fin de grado se ha basado en el estudio de diferentes técnicas de mejora energética de una vivienda aislada, centradas principalmente en la mejora de las instalaciones de la misma para la producción de calefacción, refrigeración y agua corriente sanitaria, así como la aplicación de paneles solares fotovoltaicos para el suministro eléctrico.

El objetivo principal del estudio es la reducción de emisiones de CO₂ a la atmósfera procedentes del consumo energético por parte de la vivienda.

Para el estudio comparativo de las diferentes opciones se ha utilizado el programa CE3X, reconocido por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo para la calificación energética de edificios existentes. Se ha analizado la vivienda en el estado inicial y posteriormente aplicándole por separado las técnicas de mejora energética.

Las opciones para la mejora de la eficiencia energética son múltiples, desde la mejora de la envolvente térmica del edificio (fachadas, ventanas, carpinterías, aislamientos, etc.) hasta cambios en las instalaciones, que es en lo que se ha centrado el estudio.

Las alternativas estudiadas han sido:

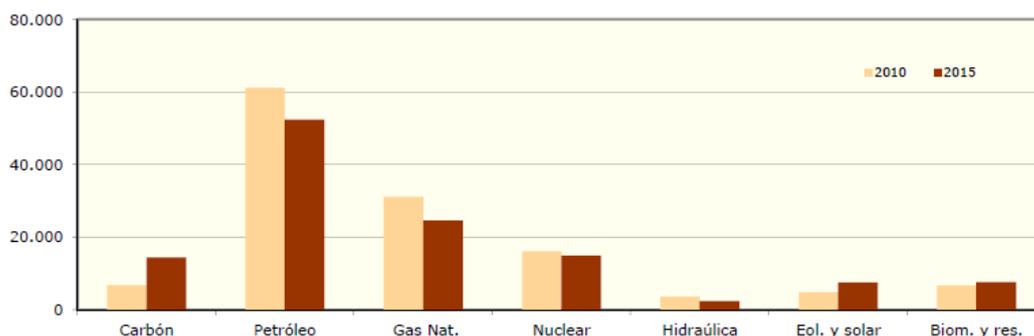
- Caldera de biomasa /Split mural para refrigeración
- Bomba de calor aerotérmica (aire-agua)
- Bomba de calor aire-aire/ acumulador eléctrico
- Frío solar
- Placas solares fotovoltaicas

Todas ellas suponen un ahorro de las emisiones de CO₂ de la vivienda, siendo el ahorro más significativo el que proporciona la opción de la caldera de biomasa, ya que, usando combustible de pellets con peso específico mucho más alto que el de otros combustibles no prensados de madera (poder calorífico de 4.200 Kcal/kg), consigue que la calificación energética de la vivienda, pase de una letra F a una letra A, con unas emisiones de CO₂ de 7.73 KgCO₂/m² año.

1. INTRODUCCIÓN

La utilización de los combustibles fósiles mediante su combustión para la obtención de energía, desde su descubrimiento hasta la actualidad, ha producido un aumento de CO₂ en la atmósfera, hecho que deriva en un aumento notable de la temperatura, así como en problemas derivados de la capa de ozono, el efecto invernadero, el recalentamiento global y la lluvia ácida que motiva la deforestación, entre otros problemas.

Actualmente la energía demandada en España se concentra en la combustión de productos fósiles: petróleo, carbón y gas natural, siendo el petróleo el que más se consume tal como se muestra en la Figura 1



Fuente: Miyabi & CENER, 2012)

Figura 1 Consumo energía primaria España 2015

Además de las razones ecológicas existen las razones económicas. En el tiempo de crisis que se vive en la actualidad, se busca disminuir el gasto que tienen las familias sin ver alterado su confort o nivel de vida.

Para ello, desde el sector de la construcción se debe hacer hincapié en implantar medidas para obtener mayor eficiencia energética en los edificios y viviendas, intentando conseguir al mismo tiempo un consumo lo más próximo posible a cero.

La mejora la eficiencia energética consiste en dos procesos, primero aumentar el aprovechamiento de la energía y segundo conseguir ahorrar energía mediante cambios en la forma de vida de los usuarios. Para conseguir aprovechar eficazmente la energía se utilizan las mejores tecnologías para consumir menos, tanto en el consumo final como en la fase de producción de la energía.

Con algunas pequeñas intervenciones, en casas y otros edificios civiles, es posible ahorrar hasta un 20-25% de energía, manteniendo las mismas condiciones de confort. (Fernández Salgado, 2011)

La forma en que se puede contribuir a ello sería:

- Cambiar los comportamientos diarios para que sean más sostenibles con el medio ambiente con respecto al consumo de energía, cambiando los dispositivos y sistemas.
- Hacer una cuidada selección de los electrodomésticos, calderas y aires acondicionados, tomando en consideración la información del etiquetado y comprando los más eficientes.
- Mejorar la eficiencia energética en calefacciones y sistemas de aire acondicionado de la vivienda y del edificio en total.

1.1 Situación inicial

Se trata de un edificio sito en el término municipal de la población de Alcañiz que está destinado al uso de vivienda unifamiliar, distribuyéndose los espacios climatizados como se indica en las tablas 1 a 3. En el anexo VIII se pueden consultar los planos detallados de la vivienda.

Tabla 1 Superficies planta baja

Locales Climatizados	SUPERFICIE (m ²)
PB Salón Comedor	40,30
PB Aseo	2,40
PB Dormitorio 1	7,10
Superficie Total Climatizados	49,80

Tabla 2 Superficies planta primera

Locales Climatizados	SUPERFICIE (m ²)
P1 Dormitorio 2	12,80
P1 Dormitorio 3	10,90
P1 Dormitorio 4	7,60
P1 Baño	3,70
P1 Escalera	13,70
Superficie Total Climatizados	48,70

Tabla 3 Distribución superficie por plantas

Plantas Climatizados	SUPERFICIE (m ²)
Planta Baja	49,80
Planta Primera	48,70
Superficie Total Climatizados	98,50



Figura 2 Vivienda simulada 3D

1.2 Marco normativo

Cada vez son mayores las publicaciones de leyes que intentan regular la aplicación de la eficiencia energética. Las más importantes a partir de las cuales se rige la aplicación en edificios tanto de obra nueva como ya realizados, son las que se detallan a continuación.

El Código Técnico de la Edificación, CTE, es el marco normativo que fija las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones. Esta normativa permite cumplir con la Ley 38/1999 de Ordenación de la Edificación, LOE, con el fin de garantizar la seguridad de las personas, así como su bienestar y la protección del medio ambiente.

La Ley de Ordenación de la edificación establece tres bloques de exigencias básicas resumidas en el CTE, y referidas a la funcionalidad, seguridad y habitabilidad.

Dentro del apartado de habitabilidad el CTE incluye el Documento Básico Ahorro de Energía (DB HE), cuyo objetivo principal es racionar la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo el consumo energético y utilizando energías renovables.

En este Documento Básico se recogen las exigencias básicas de eficiencia energética exigibles tanto a los edificios de obra nueva como a los edificios ya existentes. Estas exigencias son: (Ministerio de Industria, Documentos Básicos de Ahorro de Energía, 2016)

- HE 1: Limitación de la demanda energética En este documento se estudian las características de aislamiento e inercia, permeabilidad al aire, y exposición a la radiación solar, reduciendo el riesgo de la aparición de condensaciones superficiales e intersticiales, y se tratan los puentes térmicos.

Se aporta a los edificios de una envolvente, que permite a los usuarios conseguir el confort térmico. Se debe tener en cuenta las condiciones climáticas, estacionales y de uso.

- HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas Los edificios están dotados de instalaciones térmicas apropiadas que proporcionan el bienestar óptimo.

Estas instalaciones deben cumplir el RITE.

- HE 3: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación Se debe tener en cuenta las zonas para determinar la eficiencia energética. En ningún caso se debe superar los límites establecidos según el número de luxes y hay que tener en cuenta el mantenimiento de la instalación. Promueve el aprovechamiento de la luz natural.

- HE 4: Contribución solar mínima de A.C.S. Se debe tener en cuenta la zona climática (existen cinco zonas climáticas en España) y el consumo anual del mismo, según estos valores se fija una contribución o aporte solar mínimo anual entre el 30% o el 70%.

- HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica _ Se exige según el uso del edificio al que se le realiza una instalación eléctrica con paneles fotovoltaicos.

En el año 2006 nace el software que cumple con los requisitos establecidos por el CTE, el LIDER, Limitación de la Demanda Energética. Sirve para analizar el aislamiento, la inercia térmica y la radiación que incide en los huecos, verificando que se cumplen los parámetros mínimos.

En el año 2007 se crea el nuevo RITE, aprobado en el Real Decreto 1027/1997. Este nuevo reglamento deroga y sustituye al anterior RITE aprobado por el Real Decreto 1751/1998.

Este reglamento es el marco normativo por el que se regulan las exigencias de eficiencia energética y de seguridad, las exigencias técnicas de instalaciones térmicas y las exigencias técnicas de bienestar e higiene.

Dicho reglamento tiene carácter de reglamentación básica del Estado, por lo que para poder ser aplicado debe desarrollarse por las Comunidades Autónomas una documentación complementaria.

Además el RITE, establece la obligatoriedad de realizar revisiones periódicas de las instalaciones térmicas y de todos los elementos que la forman, para verificar el cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética.

Una vez realizada las comprobaciones, y como resultado de la inspección de eficiencia energética se clasifican las instalaciones en Aceptable, Condicionada o Negativa, en función de si los defectos son leves, graves o muy graves.

También en el año 2007 se aprueba por el Real Decreto 47/2007 la Certificación energética de los edificios, estableciendo una etiqueta que explica la calificación de los edificios y el proceso para obtenerla.

Esta normativa obliga desde el 1 de Noviembre de 2007 a certificar los edificios de nueva planta y los edificios a los que se le aplican grandes reformas.

En el año 2010 se aprueba la Directiva 2010/31/UE cuyo objetivo es fomentar la eficiencia energética de los edificios teniendo en cuenta las condiciones climáticas y la rentabilidad según el coste y la eficacia.

En el año 2013 se ha aprobado el Real Decreto 235/2013 por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

Deroga al RD 47/2007 y obliga a los propietarios de edificios existentes a certificarlo en algunas ocasiones. Tiene régimen sancionador si no se certifica al venderlo o arrendarlo, o si se realizan certificaciones al alza.

2. OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo del TGF es la realización de un estudio de viabilidad para la calificación y rehabilitación energética de una vivienda rural unifamiliar situada en Alcañiz, con el objeto de reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

Para ello se realizará un estudio comparativo de distintas instalaciones de climatización para dicho edificio con el objeto de determinar su idoneidad desde el punto de vista de la relación consumo energético-coste y medioambiental, así como su optimización en dichos campos.

El estudio se realizará comparando varios sistemas de climatización alternativos para el edificio, siendo estos: caldera de gas de condensación, caldera de biomasa, bomba de calor y bomba de calor geotérmica. Se elegirá el que mejor se adapte al tipo edificio y uso.

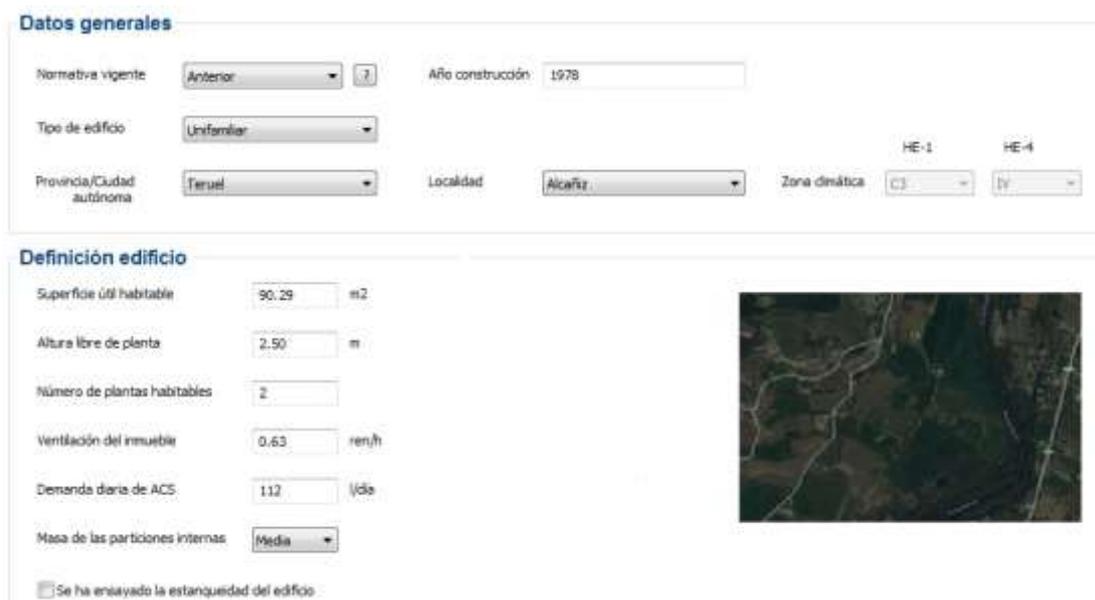
Una vez conocida la demanda energética se seleccionarán distintos sistemas de climatización y A.C.S. para realizar este estudio y valorar cuál satisface mejor las necesidades.

3. ANÁLISIS PREVIO DE LA VIVIENDA

3.1 Calificación energética de la vivienda

Para realizar el análisis a la vivienda se utiliza el programa facilitado por el Ministerio de Industria, Energía y Turismo, el CE3X (Ministerio de Industria, Minetur) , así como la calificación energética que tiene la vivienda en el estado actual y la vivienda en el caso de ser eficiente energéticamente.

Para ello, se deben introducir en el programa todos los datos relativos a la vivienda (figura 3). En primer lugar se introducen los datos generales tanto del propietario como del técnico que realiza el informe, y los datos representativos de la vivienda, como su localización, orientación, zona climática, y las características (número de plantas, superficie útil...) y el año de construcción de la vivienda, para poder identificar la normativa que había en vigor en el momento de su construcción.



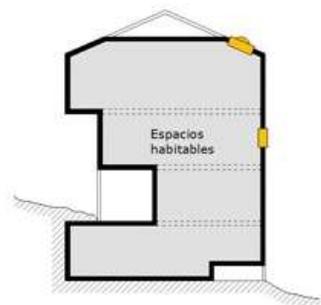
The screenshot shows the 'Datos generales' (General data) and 'Definición edificio' (Building definition) sections of the CE3X software. The 'Datos generales' section includes fields for 'Normativa vigente' (Anterior), 'Año construcción' (1978), 'Tipo de edificio' (Unifamiliar), 'Provincia/Ciudad autónoma' (Teruel), 'Localidad' (Alcañiz), and 'Zona climática' (CS). The 'Definición edificio' section includes fields for 'Superficie útil habitable' (90.29 m²), 'Altura libre de planta' (2.50 m), 'Número de plantas habitables' (2), 'Ventilación del inmueble' (0.63 ren/h), 'Demanda diaria de ACS' (112 l/día), and 'Masa de las particiones internas' (Media). There is also a satellite image of the location and a checkbox for 'Se ha ensayado la estanqueidad del edificio'.

Figura 3 Datos generales vivienda

Una vez introducidos todos los datos identificativos de la vivienda se introducen los datos relativos a los sistemas estructurales que forman la vivienda, introduciendo los materiales y espesores de cada una de las capas, así como la orientación de cada uno de los parámetros que se analizan en cada caso.(ver figura 4)

Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior
- Huevo/Lucernario
- Puente térmico



Huevo/Lucernario

Nombre	V1		
Cerramiento asociado	Fachada Norte PB	Orientación	Norte
Dimensiones		Características	
Longitud	1.2 m	Permeabilidad del hueco	Estanco 50 m ³ /hm ²
Altura	1.2 m	Absortividad del marco	α 0.75
Multiplicador	1	<input checked="" type="checkbox"/> Dispositivo de protección solar	Dispositivo de protección solar
Superficie	1.44 m ²	Patrón de sombras	Sin patrón
Porcentaje de marco	40 %	<input type="checkbox"/> Doble ventana	
Parámetros característicos del hueco			
Propiedades térmicas Conocidas		Vidrio seleccionado	
U vidrio	5.7 W/m ² K	VER_M_6	
g vidrio	0.85	Marco seleccionado	
U marco	2 W/m ² K	VER_Madera de densidad media baja	

Figura 5 Datos ventanas vivienda fachada norte

Se debe tener en cuenta en todo momento las sombras que se proyectan sobre la vivienda, ya que se deben introducir en el programa, en el apartado de patrones de sombra, para poder relacionar cada uno de los elementos de la vivienda al patrón de sombra que le corresponde.

Una vez introducidos todos los elementos característicos de la vivienda se introducen los puentes térmicos que se producen en la misma, y por último las instalaciones de que dispone la vivienda, indicando el precio de cada una de las fuentes de energía que se utilicen (figura 6). En el caso de las instalaciones el programa permite introducir tipo de combustible, rendimiento de la máquina, espesores de acumuladores, tipos de aislantes, etc. (Catálogo Yokofen, 2015) (Catálogo Junkers, 2015) (Catálogo Panasonic, 2016) (Catálogo Daikin, 2016)

Instalaciones del edificio

- Equipo de ACS
- Contribuciones energéticas
- Equipo de sólo calefacción
- Equipo de sólo refrigeración
- Equipo de calefacción y refrigeración
- Equipo mixto de calefacción y ACS
- Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS

Equipo de ACS

Nombre	<input type="text" value="Equipo ACS"/>	Zona	<input type="text" value="Edificio Objeto"/>
<i>Características</i>		<i>Demanda cubierta</i>	
Tipo de generador	<input type="text" value="Efecto Joule"/>	ACS	
Tipo de combustible	<input type="text" value="Electricidad"/>	Superficie (m2)	<input type="text" value="90.29"/>
		Porcentaje (%)	<input type="text" value="100"/>
<i>Rendimiento medio estacional</i>		<i>Rendimiento medio estacional</i>	
Rendimiento estacional	<input type="text" value="Estimado según Instalación"/>		<input type="text" value="100.0"/> %
Rendimiento nominal	<input type="text" value="100.0"/> %		
<input checked="" type="checkbox"/> Con Acumulación			
Valor UA	<input type="text" value="Por defecto"/>	UA	<input type="text" value="4.1"/> W/K
Volumen de un depósito	<input type="text" value="75"/> l	Tª alta	<input type="text" value="80"/> °C
	Multiplicador	Tª baja	<input type="text" value="60"/> °C
	<input type="text" value="1"/>		

Figura 6 Datos instalaciones iniciales vivienda

Con todos estos datos introducidos se obtienen unos datos iniciales de partida, que en este caso es una calificación energética de la vivienda tipo G (véase figura 8) y un dato de emisiones de CO₂. El programa permite introducir unas mejoras para volver a recalculer el dato de emisiones y por lo tanto la nueva calificación energética. (figura 7)

Cuadro incluir mejoras en Calefacción y ACS

Medida de mejora en la instalación de calefacción y ACS

Nombre: Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

	ACS	Calefacción
Superficie (m2)	90.29	90.29
Porcentaje (%)	100	100

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Rendimiento medio estacional (ACS y Calefacción): %

Potencia nominal: kW

Carga media real β_{comb}: ? Aislamiento de la caldera:

Rendimiento de combustión: %

Con Acumulación

Valor UA: UA: W/K

Volumen de un depósito: l Multiplicador: Tª alta: °C

Tipo de aislamiento: Espesor: m Tª baja: °C

Figura 7 Datos instalaciones mejoras vivienda

El indicador energético es el que se obtiene por la medición de las emisiones anuales de CO₂ expresadas en kg/m² y la energía primaria anual expresada en kW/m². Estos valores se obtienen de la energía que consume el edificio.

La etiqueta para los edificios españoles debe contener como mínimo:

- Zona climática en la que se encuentra el edificio.
- El número de consumo de energía estimada del edificio en kW/año y la cantidad de dióxido de carbono que emite en kg de CO₂ al año.
- Si se utiliza la opción general se deberá indicar el consumo de energía y las emisiones de CO₂ calculadas por el programa informático utilizado.
- El consumo del edificio dependerá de las emisiones y de las condiciones climáticas.
- Cuando se utilice la opción simplificada del CTE hay que incluir en la etiqueta el texto: "El consumo real de Energía del Edificio y sus Emisiones de Dióxido de Carbono dependerán de las condiciones de operación y funcionamiento del edificio y las condiciones climáticas, entre otros factores".
- Hay que indicar si la calificación se realiza al edificio terminado o al proyecto.
- Se debe incluir la fecha de validez.

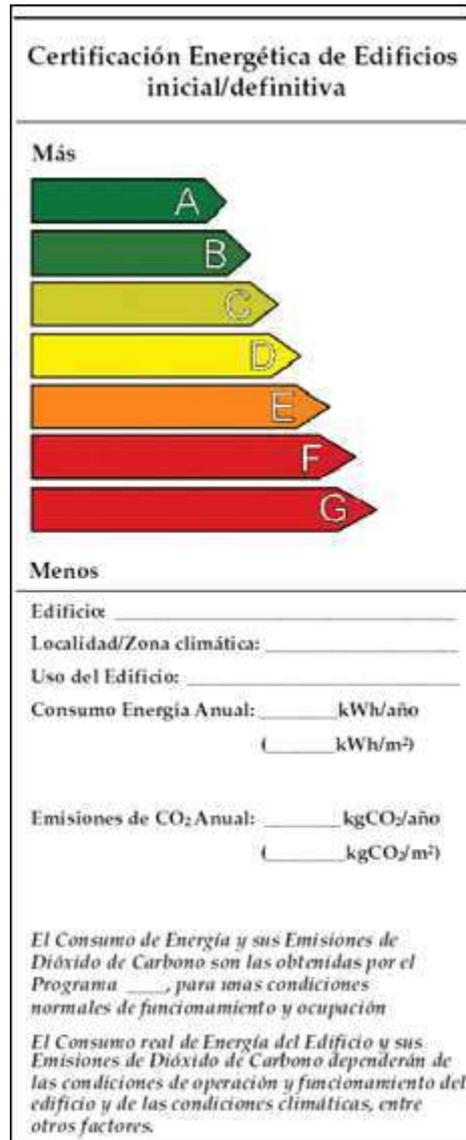


Figura 8 Etiqueta energética

3.2 Cálculo de emisiones de CO₂

A) Cálculo de emisiones de CO₂ asociadas al servicio de calefacción

Las emisiones de CO₂ que se producen por el uso de la calefacción (kg CO₂/m² año) se pueden calcular mediante la ecuación 1: (Miyabi & CENER, 2012)

$$E_{\text{emisiones de CO}_2 \text{ Cal.}} = (Demanda \text{ Cal} * (1 - C_{cal}) - E_{cal}) * K_{DDA_{cal}} \quad (1)$$

siendo,

-Demanda Calefacción: demanda de calefacción del edificio calculada (kWh/m²año).

-C_{cal}: Fracción de la demanda cubierta por fuentes de energía renovable.

-E_{cal}: energía recuperada para refrigeración (kWh/m²año)

-K_{DDA_Cal}: coeficiente obtenido según las instalaciones del edificio y que relaciona la demanda energética final y las emisiones de CO₂ asociadas.

El coeficiente se calcula según la ecuación 2:

$$K_{DDA_{Cal}} = \left[\sum_i^{\text{instalaciones}} \frac{\text{cobertura}_i}{n_i} * K_i \right] + K_{DDA_{no cubierta}} \quad (2)$$

siendo:

Cobertura = tanto por uno de los m² cubiertos, o de la demanda cubierta por la instalación

η = rendimiento de la instalación en tanto por uno.

K = coeficiente de paso de energía final a emisiones de CO₂ (kgCO₂/kWh).

Si no se ha cubierto la demanda totalmente, se cubre con una instalación por defecto según la ecuación 3:

$$K_{DDA \text{ no cubierta}} = \left(1 - \sum_i^{\text{instalaciones}} \text{cobertura}_i \right) * \frac{K_{defecto}}{n_{defecto}} \quad (3)$$

Se supone que la instalación por defecto es de gasóleo y tiene las siguientes

características:

- Kdefecto = 0,287 Kg CO₂/kWh
- ηdefecto = 0,75

B) Cálculo de emisiones de CO₂ asociadas al servicio de refrigeración

Las emisiones de CO₂ que se producen por el uso de la refrigeración (kg CO₂/m² año) se pueden calcular mediante la ecuación 4: (Miyabi & CENER, 2012)

$$Emisiones\ de\ CO_2\ Ref. = (Dem\ Refrig * (1 - C_{refrig}) - E_{refrig}) * K_{DDAref} \quad (4)$$

siendo,

- Emisiones de Refrigeración: emisiones de CO₂ asociadas al servicio de refrigeración (kgCO₂/m²año).
- Demanda Refrigeración: demanda de refrigeración del edificio calculada (kWh/m²año).
- Crefrig: tanto por uno de la demanda cubierta por fuentes de energía renovable.
- Erefrig: energía recuperada para refrigeración (kWh/m²año)
- K_DDA_Ref: coeficiente obtenido según las instalaciones del edificio y que relaciona la demanda energética final y las emisiones de CO₂ asociadas.

El coeficiente se calcula según la ecuación 5:

$$K_{DDA_{Ref}} = \left[\sum_i^{instalaciones} \frac{cobertura_i}{n_i} * K_i \right] + K_{DDA_{Anocubierta}} \quad (5)$$

siendo,

Cobertura = tanto por uno de los m² cubiertos, o de la demanda cubierta por la instalación

η = rendimiento de la instalación en tanto por uno.

K = coeficiente de paso de energía final a emisiones de CO₂ (kg CO₂/kWh).

Si no se ha cubierto la demanda totalmente, se cubre con una instalación por defecto tal como se muestra en la ecuación 6:

$$K_{DDA \text{ no cubierta}} = \left(1 - \sum_i^{\text{instalaciones}} \text{cobertura}_i \right) * \frac{K_{\text{defecto}}}{\eta_{\text{defecto}}} \quad (6)$$

Se supone que la instalación por defecto es eléctrica y tiene las siguientes características (Miyabi & CENER, 2012):

- Kdefecto = 0,649 (localidades peninsulares); 0,981 (localidades extra peninsulares).
- $\eta_{\text{defecto}} = 1,70$.

C) Cálculo de emisiones de CO₂ asociadas al servicio de A.C.S.

Las emisiones de CO₂ que se producen por el uso del A.C.S. (kg CO₂/m² año) se pueden calcular mediante la ecuación 7: (Miyabi & CENER, 2012)

$$\text{Emisiones de CO}_2 \text{ ACS.} = (\text{Demanda ACS} * (1 - C_{\text{ACS}}) - E_{\text{ACS}}) * K_{DDA \text{ ACS}} \quad (7)$$

Siendo:

Emisiones de A.C.S.: emisiones de CO₂ asociadas al servicio de A.C.S. (kCO₂/m²año)

Demanda A.C.S.: demanda de A.C.S. del edificio calculada (kWh/m²año)

CA.C.S.: tanto por uno de la demanda cubierta por fuentes de energía renovable.

EA.C.S.: energía recuperada para calefacción (kWh/m²año).

K_DDA_A.C.S.: coeficiente obtenido según las instalaciones del edificio y que relaciona la demanda energética final y las emisiones de CO₂ asociadas.

El coeficiente se calcula según la ecuación 8:

Siendo

$$K_{DDA \text{ ACS}} = \left[\sum_i^{\text{instalaciones}} \frac{\text{cobertura}_i}{\eta_i} * K_i \right] \quad (8)$$

Cobertura = tanto por uno de los m² cubiertos, o de la demanda cubierta por la instalación

η = rendimiento de la instalación en tanto por uno.

K = coeficiente de paso de energía final a emisiones de CO₂ (kg CO₂/kWh).

En el caso de la demanda de A.C.S. se debe cubrir el 100%.

Tal como se ha indicado anteriormente se ha calculado la situación inicial de la vivienda mediante el software CE3X obteniéndose los valores que muestra la figura 9:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES	
		CALEFACCIÓN	ACS
		G	G
		<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>
		192.18	25.46
		REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
		D	-
	<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i>	<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>	<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>
220.10	2.46	-	

Figura 9 Datos situación inicial vivienda

Por tanto se parte de una situación inicial de **220 KgCO₂/m² año** totales. Como se ven en los informes parciales lo que más penaliza al conjunto es la calefacción con **192.18 KgCO₂/m²** (87% sobre el total), el A.C.S. (11.5%), la refrigeración (1.11%) y la iluminación el restante. El informe completo se muestra detallado en el anexo IV.

4. TECNICAS DE MEJORA ENERGÉTICA PARA LA CLIMATIZACIÓN Y A.C.S

Una vez obtenidos los datos correspondientes a la situación inicial de la vivienda, se analizan las posibles mejoras energéticas y se realiza una nueva simulación con cada una de ellas obteniendo los nuevos resultados de emisiones.

Se estudiará también la posibilidad de un aporte fotovoltaico. (ver capítulo 6). Se realiza una simulación de instalación de placas fotovoltaicas con dos programas para comprobar los elementos necesarios para su instalación. Se utiliza para ello un simulador online "calculationsolar" que calcula los elementos necesarios para una instalación solar fotovoltaica aislada. A continuación, para completar los datos que ofrece la aplicación online, se utiliza otro software de cálculo de instalaciones solares denominado PVSYST. Este software, además de calcular los elementos necesarios para la instalación de placas solares, detalla las gráficas de la energía incidente y la energía diaria obtenida tras la instalación de la placa solar fotovoltaica.

Para este estudio comparado se van a utilizar los siguientes sistemas de generación (ver anexo I):

- Caldera de gas de condensación
- Caldera de biomasa
- Bomba de calor aire-agua, aerotermia.
- Bomba de calor agua-agua, geotérmica

Combinados con el sistema de emisión elegido en el edificio de forma que se puedan comparar tanto los costes de la instalación como los consumos de energía y las emisiones que se produzcan a partir de cada uno de ellos, para establecer el sistema más conveniente.

También se tiene en cuenta la cobertura total de las necesidades de calefacción, refrigeración y A.C.S, por lo que en las opciones analizadas se han añadido los sistemas necesarios para completar la demanda.

El programa permite analizar cada una de las opciones configurando el rendimiento del sistema, el tipo de energía, el aporte fotovoltaico, etc.

Se han comparado las siguientes opciones:

- Opción 1: Caldera de biomasa para satisfacer la demanda de A.C.S. y calefacción y split mural para la demanda de refrigeración. Opción 2: Bomba aerotérmica para satisfacer la demanda de A.C.S., calefacción y refrigeración.

- Opción 3: Bomba calor aire-aire inverter para la demanda de calefacción y refrigeración con termo eléctrico para la demanda de A.C.S.

La opción 2 y 3 utilizan como gas refrigerante R-410A (Gasservei, 2015)

Se han estudiado estas opciones por ser las más viables económicamente, además de dar buenos resultados en emisiones.

La opción de la caldera de gas por condensación se ha descartado por no disponer la vivienda de red de suministro de gas, ni de depósito de almacenamiento, así como el excesivo precio del combustible.

Se ha descartado la opción del frío solar (ver capítulo 5) por no cubrir la demanda completa de A.C.S., calefacción y refrigeración, además de ser una alternativa todavía sin mucha implantación en zonas climáticas semejantes a las del estudio.

Respecto a la energía geotérmica, aunque sí que se obtienen muy bajos resultados de emisiones de CO₂, se encuentra con un problema inicial de inversión económica, ya que para el estudio inicial, debido a las características del terreno de la vivienda objeto, se requieren perforaciones de sondeo que elevan mucho el presupuesto.

De los sistemas de generación vistos en el Anexo I el estudio se centra en la caldera de biomasa con combustible de pellets, la bomba de calor aire-aire y la bomba de calor aire-aire.

Para las opciones 1 y 2 se utiliza como emisor suelo radiante (ver Anexo I.4). La distribución de las temperaturas es mucho más uniforme y permite temperaturas más bajas de trabajo de los generadores, entre otras ventajas. (Nergiza.com)

OPCIÓN 1: Caldera biomasa y split mural

Se obtienen los siguientes resultados tal como se muestran en la figura 10:

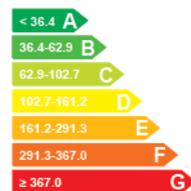
CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]	
 <p>< 36.4 A 36.4-62.9 B 62.9-102.7 C 102.7-161.2 D 161.2-291.3 E 291.3-367.0 F ≥ 367.0 G</p>	41.16 B	 <p>< 8.3 A 8.3-14.3 B 14.3-23.4 C 23.4-36.7 D 36.7-67.4 E 67.4-86.9 F ≥ 86.9 G</p>	7.73 A

Figura 10 Resultados mejora energética biomasa/split

El valor de emisiones de CO₂ es de **7.73 KgCO₂/m²** año, obteniendo a su vez una calificación energética máxima "A".

De manera parcial se aprecia en la tabla 4 el aporte diferenciado por refrigeración, calefacción y A.C.S.:

Tabla 4 Comparativa aportes energéticos opción 1

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	181.56	0.2%	11.97	-22.6%	27.46	33.6%	-	-%	220.99	5.2%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	15.43	A 95.7%	23.38	D -22.6%	2.33	A 97.1%	-	-%	41.16	B 91.0%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² año]	3.27	A 94.6%	3.96	C -22.6%	0.49	A 96.4%	-	-%	7.73	A 90.0%
Demanda [kWh/m ² año]	181.92	G 0.0%	19.53	C 0.0%						

Como se aprecia en la tabla 4, la refrigeración está en negativo ya que no aporta mejoras respecto a la situación inicial, pero la demanda energética en la vivienda respecto a la necesidad de refrigeración es muy baja, por lo tanto en el cómputo general de emisiones no afecta.

En esta opción, se observa también el dato de consumo de energía primaria no renovable con un valor **de 41.16 kWh/m²** año con una calificación energética "B", ya que se trata de una caldera de biomasa con combustible pellet.

OPCIÓN 2: Bomba aerotérmica

Se obtienen los siguientes resultados tal como se muestran en la figura 11:

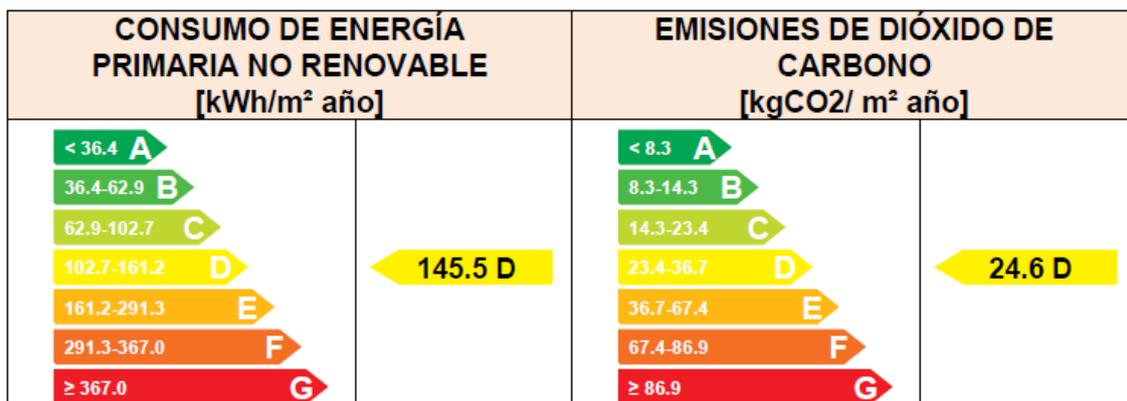


Figura 11 Resultados mejora energética aerotermia

El valor de emisiones de CO₂ es de **24.6 KgCO₂/m² año**, obteniendo a su vez una calificación energética "D".

Respecto al consumo de energía primaria no renovable se obtiene un valor de **145.5 kWh/m² año** con una calificación energética "D".

De manera parcial se observa en la tabla 5 el aporte diferenciado por refrigeración, calefacción y A.C.S.:

Tabla 5 Comparativa aportes energéticos opción 2

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	59.47	67.3%	9.60	1.7%	5.37	87.0%	-	-%	74.44	68.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	118.2 1	E 67.3%	18.75	C 1.7%	10.50	C 87.0%	-	-%	145.4 6	D 68.1%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² año]	19.69	D 67.3%	3.18	B 1.7%	1.78	A 87.0%	-	-%	24.64	D 68.1%
Demanda [kWh/m ² año]	181.9 2	G 0.0%	19.53	C 0.0%						

OPCIÓN 3: Bomba aire inverter y termo eléctrico

Se obtienen los siguientes resultados tal como se muestran en la figura 12:

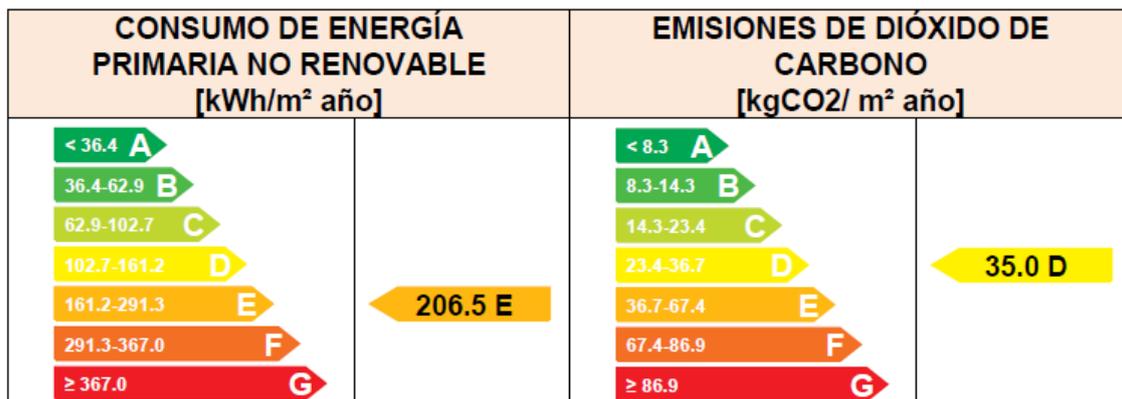


Figura 12 Resultados mejora energética bomba aire/termo eléctrico

Vemos que el valor de emisiones de CO₂ es de **35.0 KgCO₂/m² año**, obteniendo a su vez una calificación energética "D".

Respecto al consumo de energía primaria no renovable se obtiene un valor de **206.5 kWh/m² año** con una calificación energética "E".

De manera parcial se observa en la tabla 6 el aporte diferenciado por refrigeración, calefacción y A.C.S.:

Tabla 6 Comparativa aporte energético opción 3

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	66.61	63.4%	11.55	-18.3%	27.52	33.5%	-	-	105.68	54.7%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	130.16	E 63.4%	22.56	D -18.3%	53.77	G 33.5%	-	-	206.49	E 54.7%
Emisiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m ² año]	22.05	D 63.4%	3.82	C -18.3%	9.11	G 33.5%	-	-	34.98	D 54.7%
Demanda [kWh/m ² año]	181.92	G 0.0%	19.53	C 0.0%						

Los informes detallados de las tres opciones se muestran en el Anexo V (V.1, V.2 y V.3)

Las tres opciones de mejora se observan de manera comparativa en la tabla 7:

Tabla 7 Comparativa técnicas mejora energética

TECNOLOGÍA	CARACTERÍSTICAS	EMISIONES CO ₂ (Kg CO ₂ /m ² año)	% AHORRO EMISIONES CO ₂ RESPECTO SITUACIÓN INICIAL	CALIF. ENERGÉTICA	INVERSIÓN ECONÓMICA INICIAL	VENTAJAS	INCONVENIENTES
Caldera biomasa/split mural	Sistema combinado para satisfacer demanda A.C.S. y calefacción con caldera biomasa y refrigeración con split mural	7.7	96.5	A	8700€	-Emisor suelo radiante -COP y ERR elevados -Nivel muy bajo de emisiones	-El sistema para la refrigeración en verano penaliza las emisiones de CO ₂ aunque la demanda es baja -Uso de gas refrigerante (solo aire acondicionado)
Bomba aerotermia aire-agua	Sistema único para satisfacer todas las demandas de climatización y A.C.S.	24.6	88.8	D	7500€	-Sistema único para satisfacer la demanda global -COP y ERR elevados -Emisor suelo radiante	-Uso de gas refrigerante
Bomba calor aire-aire/termoeléctrico	Sistema combinado para satisfacer demanda de refrigeración y calefacción con bomba calor aire/aire y A.C.S. con termo eléctrico	35.0	84	D	6000€	-COP y ERR elevados	-Uso de gas refrigerante -Peor distribución de las temperaturas

5. FRÍO SOLAR Y APROVECHAMIENTO DEL CALOR RESIDUAL PARA OTROS USOS

Los sistemas solares térmicos convencionales han estado tradicionalmente ligados a soluciones de agua caliente sanitaria, calefacción y climatización de piscinas. Aunque en A.C.S. se pueden obtener unos porcentajes de cobertura muy altos, para calefacción, esta cobertura es más baja siendo necesario, siendo necesario un sistema principal adicional. Uno de los motivos es, por la coincidencia de que cuando mayor necesidad de calor tenemos es cuando menor radiación solar podemos conseguir. Con los sistemas de climatización o frío solar existe una coincidencia alta entre la oferta (radiación solar) y la demanda (necesidad de frío) siendo por eso unos sistemas eficientes y rentables. (Fenercom, 2011)

Los beneficios de un sistema de frío solar son:

- Beneficio medioambiental por la reducción de emisiones de CO₂
- Aprovechamiento máximo de energía solar en la época de máxima radiación
- Alta eficiencia energética por ser un sistema global que abarca A.C.S., calefacción y refrigeración
- Independencia sobre la utilización de otras fuentes de energía convencionales.

La tecnología en la que se basa el frío solar es el la absorción (figura 13). El uso de máquinas de absorción constituye una alternativa a las máquinas convencionales de compresión para la producción de frío.

Las máquinas de absorción no tienen compresor; el evaporador y el condensador realizan la misma función que en las enfriadoras convencionales, pero la compresión mecánica es sustituida por una compresión térmica. Esta es realizada por un absorbente químico, el más común es LiBr, pero también LiCl y un generador térmico con una bomba para generar el cambio de presión. Al prescindir del compresor, el consumo eléctrico disminuye considerablemente.

Además de las ventajas económicas del consumo eléctrico por la sustitución del compresor, otra es que el sistema es accionado por energía térmica pudiendo aprovechar el calor residual de otros procesos.

Funcionamiento

El compresor es sustituido por un ciclo de absorción y aporte de calor. Para ello se buscan sustancias con mucha afinidad, es decir, con gran capacidad de absorber a otra en su fase de vapor. Los elementos comunes son:

- Evaporador
- Absorbedor
- Generador
- Condensador

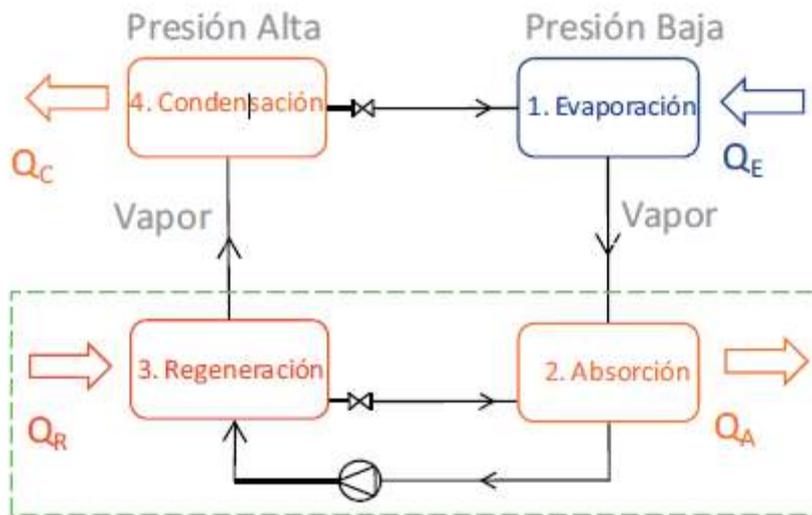


Figura 13 Ciclo termodinámico absorción

Por tanto el rendimiento obtenido (o COP) viene dado por la relación entre el frío obtenido en el evaporador y el calor aportado (refrigeración)

El sistema se compone de dos contenedores, un contenedor (reactor) contiene el cloruro de litio y otro contenedor (evaporador-condensador) contiene agua. Para favorecer el proceso de condensación -evaporación ambos contenedores se encuentran a presión de vacío.

En el proceso de carga (figura 14) es necesario aportar calor para que el agua se transforme en vapor y se mueva al otro contenedor conectado al foco frío donde el agua condensa. El proceso de descarga consiste en mover nuevamente al agua hacia la sal mediante el calor robado a la vivienda y aprovechando la gran afinidad de ambas sustancias

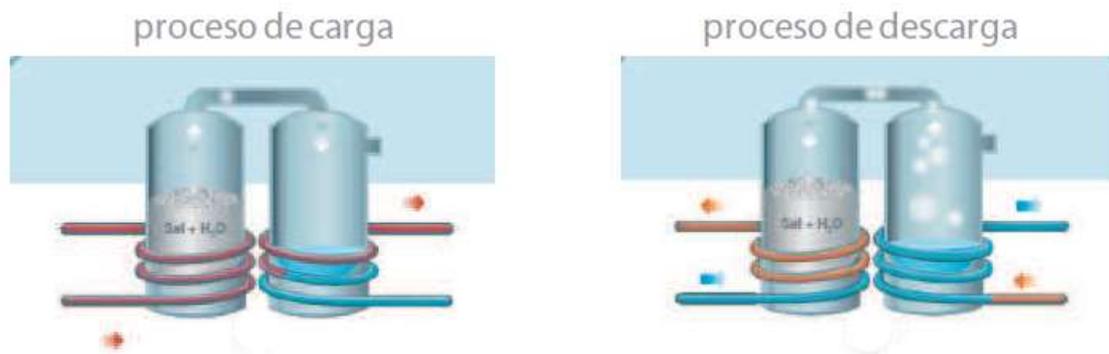


Figura 14 Carga y descarga frío solar

Para el funcionamiento se necesitan tres circuitos (ver figura 15):

- Sistema de captación o foco de calor
- sistema de distribución (aporte de frío/calor)
- Sistema de disipación o excedente de calor



Figura 15 Esquema sistema frío solar

Teniendo en cuenta las temperaturas de trabajo (80-110°C) y la potencia (15-20 kW) se necesitarían 35-38 m² de apertura de captadores solares.

Respecto al sistema de disipación del calor, las máquinas de absorción necesitan disipar energía tanto en el proceso de carga como en el de descarga. En el primer caso se disipa el excedente del aporte térmico y en el segundo la energía del interior de la vivienda. Dentro de las alternativas posibles para disipar el calor se opta por aprovecharlo para la climatización de una piscina exterior que dispone la vivienda, de esta manera se alarga el período de baño. El enfriamiento se produce por la evaporación del agua de su superficie, por lo que el factor importante es la lámina de agua expuesta al aire; cuanto más superficie tenga, mayor será el enfriamiento.

Esta tecnología es novedosa y aunque ya hay instalaciones en las que funciona no se encuentra en pleno desarrollo. En una vivienda unifamiliar situada en Málaga (España) con una zona climática más benévola que la de objeto de estudio, nos encontramos que el sistema no cubre al 100% las demandas de calefacción (81%) y refrigeración (72%). (Ver anexo II)

6.PLACAS SOLARES FOTOVOLTAICAS

Los paneles solares fotovoltaicos o placas solares tienen la función de convertir la energía solar en electricidad.

En la vivienda objeto de estudio se dispone de conexión a la red de suministro eléctrico, pero se estudia su aplicación para un autoabastecimiento de energía eléctrica.

Las principales ventajas de este sistema son:

- Producción de energía limpia y renovable
- Mantenimiento mínimo
- Ahorro energía

y sus desventajas:

- Inversión económica inicial elevada
- Dependientes del clima
- Gran cobertura de espacio para el funcionamiento con eficacia

Se realiza una simulación de instalación de placas fotovoltaicas con dos programas para comprobar los elementos necesarios para su instalación. Uno de ellos es un simulador online denominado *calculationsolar* que calcula los elementos necesarios para una instalación solar fotovoltaica aislada. Esta herramienta es una aplicación muy sencilla donde se introduce la situación geográfica y el consumo de energía por día.

El consumo de energía por día se ha obtenido utilizando un programa denominado *CypeTherm* (ver anexo III).

La metodología del programa cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 0, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la demanda energética de calefacción y refrigeración calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 1;
- la demanda energética de agua caliente sanitaria, calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 4;
- el dimensionado y los rendimientos operacionales de los equipos técnicos de producción y aporte de calor, frío y ACS;
- la distinción de los distintos vectores energéticos utilizados en el edificio, junto con los factores de conversión de energía final a energía
- primaria procedente de fuentes no renovables;

- y la contribución de energías renovables producidas in situ o en las proximidades de la parcela del edificio.

El dato obtenido es **104.24 kWh/(m²·año)**

La aplicación pide el dato de consumo de energía en watios hora/día, al transformarlo se obtiene el valor de **28130 Wh/día**. (32940 teóricos)

Con todo esto se obtiene la siguiente simulación (ver figuras 16-21):

- 25 unidades en paralelo y 2 unidades en serie. Elementos que convierten la energía del sol en energía eléctrica (corriente continua). Está formado por la unión de diversos paneles, para dotar a la instalación de la potencia necesaria.
- 1 regulador de carga, nexo de unión entre los paneles solares y los elementos de consumo de la instalación. Se encarga también de proteger a los acumuladores de sobrecargas. Proporciona a su salida la tensión continua para la instalación. Fija el valor de la tensión nominal a la que trabaja la instalación.
- 24 baterías (solo presente en instalaciones autónomas). Proporciona energía a la instalación en los períodos sin luz solar o sin suficiente luminosidad. Acumula energía para la instalación
- 1 inversor/ cargador. Convierte la corriente continua del sistema en corriente alterna, a 380 voltios de valor eficaz y frecuencia de 50 Hz, igual a la de la red eléctrica. Alimenta los aparatos que trabajan con corriente alterna.

The screenshot displays a simulation interface for a photovoltaic installation. It is divided into several sections:

- DATOS DE LA INSTALACION:**
 - Location: "¿Donde va ha estar situada?" with a link "Seleccionar en el mapa".
 - Latitude: 41.05N
 - Longitude: -0.13E
 - Inclination: 45 degrees (shown on a gauge).
 - Desorientation Sur: 0 degrees (shown on a gauge).
- TIPO DE ENERGIA:**
 - Radio buttons for "Corriente alterna" (selected) and "corriente continua".
 - Voltage: 230 V (dropdown menu).
- CONSUMOS ENERGIA POR DÍA:**
 - Electrodomésticos: [input field] Wh/día
 - Iluminación: [input field] Wh/día
 - TOTAL CONSUMO: 28130 Wh/día (highlighted in yellow)

Figura 16 Simulación instalación fotovoltaica

DATOS TECNICOS

TENSIÓN DEL SISTEMA	48 V ▼	ENERGIA TEORICA DIARIA	28130 WH/DIA
PERFORMANCE RATIO	82.88 %	ENERGIA REAL DIARIA	33940.64 WH/DIA

Figura 17 Datos técnicos simulación fotovoltaica

CAMPO FOTOVOLTAICO

Inclinación óptima anual por consumos	41.19 °				
Potencia fotovoltaica necesaria	11950 Wp				
CARACTERÍSTICAS MODULO PV Cambiar					
96 %  LUXOR Eco line 60/230 W Policristalino					
Pmax	230 Wp	Vmp	29.8 V	Voc	37 V
Potencia Fotovoltaica Calculada		11500 Wp			
Nº total de módulos		50			
Nº Uds serie	2	Nº Uds paralelo	25 ▼		

Figura 18 Campo fotovoltaico

REGULADOR DE CARGA

Intensidad total sistema (abierto)	247.00 A				
Intensidad total sistema (cerrado)	233.46 A				
CARACTERÍSTICAS REGULADOR Cambiar					
97 %  LEONICS SCP-48240 PWM					
A.max	240 A	Voc	48 V	Eficiencia	89.60 %
A. Total	240 A	Nº reguladores	1		

Figura 19 Regulador de carga

BATERIA			
Autonomía (días)	<input type="text" value="3"/>	Prof. descarga	<input type="text" value="60 %"/>
Capacidad Util	<input type="text" value="2121 Ah"/>	Capacidad Real	<input type="text" value="3535 Ah"/>
CARACTERÍSTICAS BATERIA			Cambiar
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> 106 % </div> <p style="text-align: center;">ECOSAFE TZS-20 TUBULAR-PLATE</p>			
Capacidad C100	<input type="text" value="3764 Ah"/>	Tensión/ud	<input type="text" value="2 V"/>
Capacidad total	<input type="text" value="3764 Ah"/>	Nº total elementos	<input type="text" value="24"/>
Nº uds serie	<input type="text" value="24"/>	Nº uds paralelo	<input type="text" value="1"/>

Figura 20 Baterías

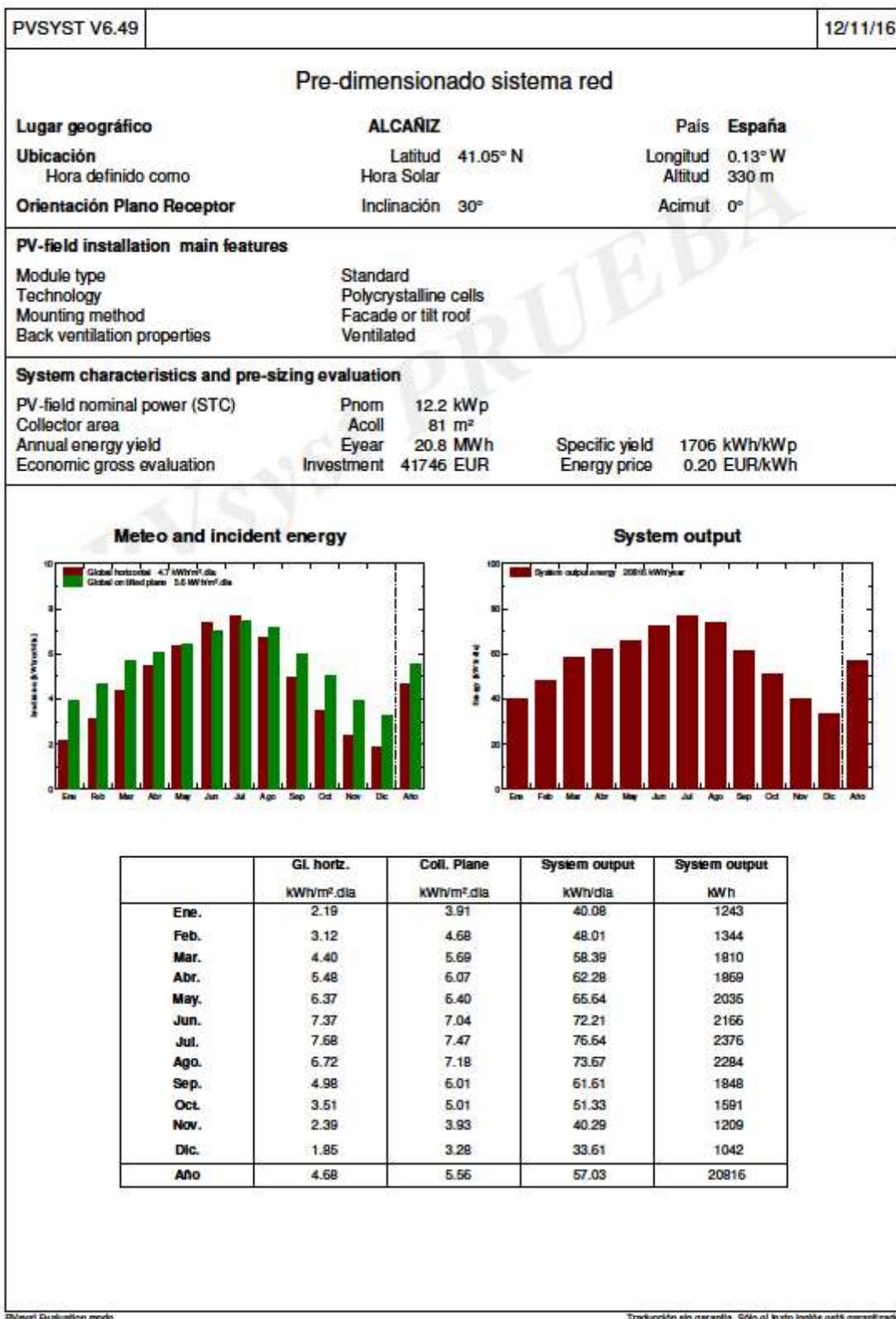
<input checked="" type="radio"/> INVERSOR CARGADOR / <input type="radio"/> INVERSOR			
W cal.	<input type="text" value="1922 w"/>	W Min	<input type="text" value="1538 w"/>
Carga max.	<input type="text" value="226 Ah"/>	Carga min.	<input type="text" value="113 Ah"/>
CARACTERÍSTICAS INVERSOR CARGADOR			Cambiar
Coef. simulta. (0-1)	<input type="text" value="0.7"/>	Factor seguridad	<input type="text" value="80 %"/>
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 20px; height: 10px; background-color: green; margin-right: 5px;"></div> 130 % </div> <p style="text-align: center;">VICTRON MULTIPLUS 48/3000/35-16</p>			
W nominal	<input type="text" value="3000 W"/>	W continua	<input type="text" value="2500 W"/>
Capacidad de carga	<input type="text" value="35"/>		
Eficiencia	<input type="text" value="95"/>	Nº uds	<input type="text" value="1"/>

Figura 21 Inversor cargador

El campo fotovoltaico propuesto es de 50 módulos de dimensiones 1.640 mm x 992 mm x 45 mm, resultando un área efectiva de **81,344 m²** de paneles solares fotovoltaicos. (Catálogo Luxor, 2015) La energía producida anual estimada es de **20488 KWh**. Los informes detallados del cálculo del campo fotovoltaico, los módulos, baterías, regulador e inversor cargador se muestran en el anexo VI.

El área se introduce en el programa PVSYST, así como la situación geográfica y tipo de paneles dando como resultado una producción anual de **20816 KWh**, valor similar a los

que resultan del programa anterior.(ver anexo VI) .Así como un dato de inversión económica de **41746€** (ver figuras 22 y 23)



PVsynt Evaluation mode

Traducción sin garantía. Sólo el texto inglés está garantizado.

Figura 22 Simulación obtenida con PVsyst

Input Data	Parameters	Results																				
ALCAÑIZ Plano: inclinación 30°, acimut 0°	Area: <input type="text" value="81.3"/> m ² Module Cost: <input type="text" value="0.85"/> EUR/wp Technology: <input type="text" value="Polycrystalline"/>	Nominal power: 12.2 kW Annual Yield: 20.8 MWh/yr Investment: 41727 EUR Energy cost: 0.20 EUR/kWh																				
Economic gross evaluation (excluding taxes and subsidies)																						
<table border="0"> <tr> <td>Module cost</td> <td>10366 EUR</td> </tr> <tr> <td>Supports cost</td> <td>13008 EUR</td> </tr> <tr> <td>Inverter and wiring</td> <td>3049 EUR</td> </tr> <tr> <td>Transport/Mounting</td> <td>15305 EUR</td> </tr> <tr> <td>Total investment</td> <td>41727 EUR</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>Annuities</td> <td>3348 EUR/yr</td> </tr> <tr> <td>Maintenance costs</td> <td>816 EUR/yr</td> </tr> <tr> <td>Total Yearly cost</td> <td>4165 EUR/yr</td> </tr> <tr> <td>Energy cost</td> <td>0.20 EUR/kWh</td> </tr> </table>			Module cost	10366 EUR	Supports cost	13008 EUR	Inverter and wiring	3049 EUR	Transport/Mounting	15305 EUR	Total investment	41727 EUR			Annuities	3348 EUR/yr	Maintenance costs	816 EUR/yr	Total Yearly cost	4165 EUR/yr	Energy cost	0.20 EUR/kWh
Module cost	10366 EUR																					
Supports cost	13008 EUR																					
Inverter and wiring	3049 EUR																					
Transport/Mounting	15305 EUR																					
Total investment	41727 EUR																					
Annuities	3348 EUR/yr																					
Maintenance costs	816 EUR/yr																					
Total Yearly cost	4165 EUR/yr																					
Energy cost	0.20 EUR/kWh																					
<p style="color: red; font-size: small;">These values should only be considered as an order of magnitude. More precise evaluations will be available with detailed simulation.</p>																						
Currency <input type="text" value="Europa - EURO EUR"/> Rates		Loan Duration: <input type="text" value="20"/> years Rate: <input type="text" value="5.0"/> % Ann. factor : 0.080																				
<input type="button" value="Edit cost"/>		<input type="button" value="?"/>																				

Figura 23 Costes simulación obtenidos con PVsyst

7. CONCLUSIONES

Se optó por el estudio de tres mejoras energéticas de la vivienda objeto del presente trabajo, centradas principalmente en las instalaciones del mismo, los cerramientos existentes proporcionan un bajo nivel de aislamiento térmico, así como ventanas y puertas que dan al exterior. En este sentido una inversión dirigida a mejorar estos elementos constructivos, sin duda constituirán una disminución de las necesidades térmicas reales del edificio, y por tanto ayudar una mejora de la eficiencia energética global del edificio y un ahorro energético.

Sin duda la opción más limpia y con mayor ahorro en emisiones de las tres estudiadas es la caldera mixta de biomasa para ACS y calefacción por suelo radiante, y equipo de aire acondicionado para cubrir la demanda de refrigeración. Las calderas de biomasa con combustible de pellets representan una excelente alternativa a los combustibles tradicionales de gasóleo y gas, aportando claras ventajas medioambientales y de sostenibilidad, al estar consideradas de emisiones neutras de CO₂. Con todo ello se consigue que la calificación energética de la vivienda, pase de una letra F a una letra A, con unas emisiones de CO₂ de 7.73 KgCO₂/m² año.

A pesar de que las otras dos opciones estudiadas consiguen una mejora significativa en la reducción de emisiones, no logran bajar de una letra D en la calificación energética de la vivienda, con unas emisiones de 24.6 KgCO₂/m² año para la opción de bomba aerotermia aire-agua, y de 35.0 KgCO₂/m² año para la bomba calor aire-aire +termo eléctrico para ACS.

También se ha estudiado la alternativa de la producción de energía eléctrica para el suministro de la vivienda, mediante la colocación de paneles solares fotovoltaicos, esta alternativa tiene un coste elevado, así como la necesidad de disponer de una superficie elevada para la colocación del campo solar para cubrir toda la demanda de la vivienda.

8. NOMENCLATURA

A.C.S.: Agua caliente sanitaria

COP: Potencia calorífica / Potencia eléctrica consumida en calefacción

EER: Potencia frigorífica / Potencia eléctrica consumida en refrigeración

LiBr: Bromuro de Litio

LiCl: Cloruro de Litio

PCI: Poder calorífico inferior (kilojulios)

Fancoils: Ventilador

CTE: Código Técnico de la Edificación

LOE: Ley de Ordenación de la Edificación

RITE: Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios

DB HE: Documento Básico de Ahorro de Energía (Código Técnico de la Edificación)

HE: Ahorro de Energía

RD: Real Decreto

TFG: Trabajo Fin de Grado

9. BIBLIOGRAFÍA

Catálogo Daikin. (2016). *Bombas de calor inverter* .

Catálogo Junkers. (10 de 2015). *Acumuladores eléctricos* .

Catálogo Panasonic. (2016). *Bombas de calor High Performance* .

Catálogo Yokofen. (2015). *Calderas de biomasa con pellets* .

Construnario. (2010). Recuperado el agosto de 2016, de [http://www.construnario.com/ebooks/6730/fluidos%20frigor%C3%ADficos/gases%20refrigerantes%20\(hcfc\)/r22/ficha%20t%C3%A9cnica/files/publication.pdf](http://www.construnario.com/ebooks/6730/fluidos%20frigor%C3%ADficos/gases%20refrigerantes%20(hcfc)/r22/ficha%20t%C3%A9cnica/files/publication.pdf)

Consumo de energía primaria en España. (3 de 6 de 2016). *Boletín Oficial del Estado* . España.

Enerbuilding, P. (2007). *Eficiencia energética en viviendas*. Madrid.

Fenercom. (2011). *Guía del frío solar: Ahorro y eficiencia energética con refrigeración solar*. Madrid.

Fernández Salgado, J. M. (2011). *Eficiencia energética en los edificios*. AMV Ediciones.

Gasservei. (20 de agosto de 2015). Recuperado el 2016, de <http://www.gasservei.com/images/Ficha-tecnica-R407A.pdf>

Martorell Reynal, M. A. (2013). *Eficiencia energética en la reforma de una vivienda unifamiliar aislada*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Ministerio de Industria, E. y. (2016). Documentos Básicos de Ahorro de Energía. En *Código Técnico de la Edificación*.

Ministerio de Industria, E. y. (s.f.). *Minetur*. Recuperado el Agosto de 2016, de <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/documentosreconocidos.aspx>

Miyabi, & CENER. (2012). *Guía IDAE: Manual de fundamentos técnicos de calificación energética de edificios existentes CE3X*. Madrid: IDAE.

Nergiza.com. (s.f.). Recuperado el 25 de agosto de 2016, de Suelo radiante .