



Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

PROYECTO FIN DE CARRERA

PLANTEAMIENTO Y EVALUACIÓN DE
INSTALACIONES TÉRMICAS PARA LA
MEJORA DEL ETIQUETADO ENERGÉTICO EN
UNA VIVIENDA DE ALQUILER

AUTOR

TOMÁS VIRGÓS NAVARRO

TUTORA

EVA MARÍA LLERA SASTRESA

ESCUELA/FACULTAD

EINA, ZARAGOZA

2015



**PROPUESTA y ACEPTACIÓN DEL
PROYECTO FIN DE CARRERA DE INGENIERÍA TÉCNICA**

DATOS PERSONALES

APELLIDOS, Nombre
VIRGÓS NAVARRO, TOMÁS

Nº DNI 16608947A Dirección N320 km333,5

C.P. 28180 Localidad TORRELAGUNA

Provincia MADRID Teléfono 625488592 NIA: 516056

Firma: _____

DATOS DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL, Especialidad MECÁNICA

TITULO Planteamiento y evaluación de instalaciones térmicas para la mejora del etiquetado energético en una vivienda de alquiler

PROYECTO TIPO A TIPO B

DIRECTOR EVA Mª LLERA SASTRESA

VERIFICACIÓN EN SECRETARÍA

El alumno reúne los requisitos académicos (1) para la adjudicación de Proyecto Fin de Carrera



SELLO DEL CENTRO
Escuela de
Ingeniería y Arquitectura
Universidad Zaragoza

EL FUNCIONARIO DE SECRETARIA

Fdo.: _____

SE ACEPTA LA PROPUESTA DEL PROYECTO (2)

En Zaragoza, a 1 de septiembre de 2.0 15



Departamento de
Ingeniería Mecánica
Universidad Zaragoza

Fdo.: Eva Mª Llera Sastresa

DIRECTOR DEL PFC

SE ACEPTA EL DEPÓSITO DEL PROYECTO

En Zaragoza, a 1 de septiembre de 2.0 15



Departamento de
Ingeniería Mecánica
Universidad Zaragoza

Fdo.: Eva Mª Llera Sastresa

DIRECTOR DEL PFC

(1) Requisitos académicos: tener pendientes un máximo de 24 créditos o dos asignaturas para finalizar la titulación.

(2) Para que la propuesta sea aceptada por el Director, es imprescindible que este impreso esté sellado por la Secretaría de la EINA una vez comprobados los requisitos académicos.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	OBJETIVOS	1
1.2	GENERALIDADES	1
1.3	NORMATIVA APLICABLE	1
1.4	EMPLAZAMIENTO	2
1.4.1	LOCALIZACIÓN	2
1.4.2	ORIENTACIÓN	2
1.4.3	CLIMA	4
1.4.4	PAISAJE	5
2	CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA	6
2.1	GENERALIDADES	6
2.2	ALTURAS DEL EDIFICIO	7
2.3	SUPERFICIES	8
2.4	VUELOS Y CUBIERTAS	9
2.5	INTERIOR DE LA VIVIENDA	9
2.6	ENVOLVENTE DEL EDIFICIO	11
2.7	SISTEMA ACTUAL DE CALEFACCIÓN Y ACS	12
3	OBTENCIÓN DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA Y DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓN A TRAVÉS DEL PROGRAMA CE3X	14
3.1	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA Y OBTENCIÓN DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓN	15
3.2	DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y ACS	18
4	DIMENSIONADO DE LAS INSTALACIONES	20
4.1	DIMENSIONADO CALEFACCIÓN	20
4.2	DIMENSIONADO ACS	20
4.3	POTENCIA NECESARIA PARA MANTENER EL ACUMULADOR A 60º	21
4.4	POTENCIA TOTAL PARA UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN+ACS	21
5	INSTALACIONES PROPUESTAS	22
5.1	CASO 1: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA 100%	22



5.1.1	INTRODUCCIÓN	22
5.1.1.1	CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN	22
5.1.1.2	ENERGÍA SOLAR. TIPOLOGÍA	23
5.1.1.3	COLECTORES DE TUBO DE VACÍO	24
5.1.1.4	PARTICULARIDADES DE LA INSTALACIÓN	26
5.1.2	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN	26
5.1.3	ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMO	27
5.1.4	DIMENSIONADO INSTALACIÓN POR EXCEL F-CHART	29
5.1.4.1	ALGORITMO DEL MÉTODO F-CHART	30
5.1.4.2	DATOS OBTENIDOS	33
5.1.4.3	CONCLUSIONES	34
5.1.5	COMPONENTES EMPLEADOS	35
5.1.5.1	COLECTORES DE TUBO DE VACÍO	35
5.1.5.2	DEPÓSITOS INTERCAMBIADORES	37
5.1.5.3	INTERACUMULADOR A.C.S.	37
5.1.5.4	VASO DE EXPANSIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO	38
5.1.5.5	BOMBA DE RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO	39
5.1.5.6	VASO EXPANSIÓN CIRCUITO SECUNDARIO	40
5.1.5.7	BOMBA CIRCUITO SECUNDARIO	40
5.1.6	CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA CON CE3X	41
5.2	CASO2: CALDERA PROPANO ACTUAL CON APOYO SOLAR	42
5.2.1	GENERALIDADES	42
5.2.2	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN	42
5.2.3	DIMENSIONADO INSTALACIÓN	43
5.2.4	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE TODOS LOS CASOS	44
5.3	CASO3: CALDERA BIOMASA	46
5.3.1	GENERALIDADES	46
5.3.2	BIOMASA: VENTAJAS E INCONVENIENTES	46
5.3.3	COMBUSTIBLES EMPLEADOS	48
5.3.4	ESQUEMA INSTALACIÓN	48
5.3.5	ELECCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES	49
5.3.5.1	CALDERA	49
5.3.5.2	INTERACUMULADOR DE ACS	50
5.3.6	AUTONOMÍA DE LA CALDERA CON LOS DISTINTOS COMBUSTIBLES	51
5.3.6.1	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	51
6	EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS INSTALACIONES	52
6.1	INSTALACIÓN ACTUAL DE PROPANO	52
6.1.1	COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	52
6.2	CASO1: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA 100%	55
6.2.1	DESGLOSE INVERSIÓN	55
6.2.1.1	SISTEMA DE COLECTORES	55
6.2.1.2	ACUMULADORES CIRCUITO PRIMARIO	55
6.2.1.3	INTERACUMULADOR A.C.S.	56
6.2.1.4	VASOS DE EXPANSIÓN	56
6.2.1.5	BOMBA DEL CIRCUITO PRIMARIO	57
6.2.1.6	RESTO INSTALACIÓN	57
6.2.1.7	MANO DE OBRA	57
6.2.2	PRESUPUESTO	57
6.2.3	COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	58

6.3	CASO2: CALDERA PROPANO ACTUAL CON APOYO SOLAR	59
6.3.1	DESGLOSE INVERSIÓN	59
6.3.1.1	COLECTORES Y ACUMULADORES EN CADA CASO	59
6.3.1.2	BOMBA RECIRCULACIÓN Y VASOS DE EXPANSION	61
6.3.1.3	MANO DE OBRA	61
6.4	PRESUPUESTOS	62
6.4.1	COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	62
6.5	CASO3: CALDERA BIOMASA	63
6.5.1	INVERSIÓN	63
6.5.2	COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	64
6.5.2.1	PELLETS	64
6.5.2.2	ASTILLA Y HUESO DE ACEITUNA	65
6.5.2.3	ELECCIÓN COMBUSTIBLE	66
6.6	VAN Y TIR DE LAS INSTALACIONES	67
6.7	INFLUENCIA DE LAS MEJORAS ENERGÉTICAS EN EL MERCADO INMOBILIARIO	70
6.8	APLICACIÓN DE DICHA INFLUENCIA EN LA VIVIENDA A ESTUDIO	74
7	CONCLUSIONES	77
1	ANEXO I: INTRODUCCIÓN DE DATOS AL CE3X	79
1.1	MENU INICIAL	79
1.2	DATOS ADMINISTRATIVOS	79
1.3	DATOS GENERALES	80
1.4	ENVOLVENTE TÉRMICA	83
1.1.1	CERRAMIENTOS	84
1.4.1.1	PARTICIÓN SUPERIOR	84
1.4.1.2	PARTICIÓN INFERIOR/GARAJE	85
1.4.1.3	PARTICIÓN INFERIOR/CÁMARA SANITARIA	85
1.4.1.4	MURO DE FACHADA	87
1.1.2	HUECOS	88
1.4.1.5	VENTANAS	88
1.4.1.6	ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO	89
1.4.1.7	PUERTA PRINCIPAL	90
1.1.3	PUENTES TÉRMICOS	90
1.5	INSTALACIONES	91
2	ANEXO II: DIMENSIONADO CALEFACCIÓN	92
3	ANEXO III: DIMENSIONADO ACS	95
4	ANEXO IV: DIMENSIONADO COLECTORES F-CHART	99
4.1	CALEFACCIÓN	99



1.1.4	DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS	99
1.1.5	DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS DEL SISTEMA	100
1.1.6	DATOS RELATIVOS AL SISTEMA	101
1.1.7	DATOS DE SALIDA	102
4.2	AGUA CALIENTE SANITARIA	104
1.1.8	DATOS RELATIVOS A LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS	104
1.1.9	CÁLCULO ENERGÉTICO	105
5	ANEXO V: DIMENSIONADO Y ELECCIÓN ELEMENTOS INSTALACIÓN SOLAR	107
5.1	COLECTORES DE TUBO DE VACÍO	107
5.2	DEPÓSITOS INTERCAMBIADORES	108
5.3	VASO DE EXPANSIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO	109
5.4	BOMBA DE RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO	111
5.5	VASO EXPANSIÓN CIRCUITO SECUNDARIO	114
6	ANEXO VI: DIMENSIONADO Y CÁLCULOS DEL CASO I DE CALEFACCIÓN DE PROPANO CON APOYO SOLAR DEL 10%	116
6.1	VASO DE EXPANSIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO	116
6.2	VASO DE EXPANSIÓN DEL CIRCUITO SECUNDARIO	117
6.3	BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE CIRCUITO PRIMARIO	117
7	ANEXO VII: MATERIALES Y BIBLIOGRAFÍA	119
7.1	INDICE DE TABLAS	119
7.2	ÍNDICE DE FIGURAS	120
7.3	GLOSARIO	120
7.4	BIBLIOGRAFÍA	123

RESUMEN

En una vivienda unifamiliar arrendada con un sistema de calefacción que se vale del propano como combustible, el arrendatario no es capaz de hacer frente a los gastos derivados de su uso. Se plantea la siguiente cuestión ante la propuesta de renovación del sistema de calefacción: ¿por qué el arrendador se debería hacer cargo de cualquier mejora en la vivienda si sería el arrendatario el beneficiado y éste no obtendría ningún beneficio?. Pero, ¿qué beneficio podría reportar al propietario dicha reforma?

En el presente proyecto se plantearán diversas instalaciones y se estudiará cómo afectarían desde un punto de vista económico a arrendador y a arrendatario con el fin de encontrar el sistema óptimo con el que ambas partes se vean beneficiadas.

Se trata del estudio de un caso muy concreto del que se pretenden extrapolar conclusiones aplicables al mercado inmobiliario y en particular al mercado de alquiler que abarca un 23% del total en España.

La revalorización, tanto en la venta como en el alquiler, de una vivienda al someterla a mejoras energéticas se verá tangibilizada mediante la aplicación, ya de obligado cumplimiento, de la certificación energética. Se estudiará en qué medida se traduce dicho aumento de letra/s en el certificado en el precio final en venta o alquiler.

El planteamiento y evaluación de propuestas se hará atendiendo a criterios económicos y medioambientales optando por sistemas renovables como son la biomasa y la energía solar térmica.



MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

- Plantear la viabilidad técnica de distintas opciones para la sustitución de la instalación térmica existente de una vivienda unifamiliar en alquiler por otras basadas en el uso de energías renovables.
- Evaluar dichas opciones respecto a la mejora del certificado energético de la vivienda.
- Analizar su viabilidad económica desde la perspectiva del arrendatario y el arrendador.

1.2 GENERALIDADES

- El proyecto se realiza dada la necesidad de plantear una solución a un problema que afecta al arrendatario: el excesivo consumo e inviable gasto derivado de la calefacción con caldera de propano actual.
- Se optará por plantear diversas instalaciones basadas en el empleo de biomasa y de energía solar térmica que reemplazarían o complementarían la actual atendiendo a un criterio económico y ambiental.
- Se justificará en apartados teóricos la elección de este tipo de sistemas térmicos.
- El proyecto difiere de los habituales estudios de viabilidad en que se han de plantear los beneficios económicos para el arrendador y para el arrendatario, de muy distinta naturaleza. Así, el arrendador, como en cualquier caso de mejora de una vivienda arrendada, se haría cargo de los gastos de la instalación y el único modo de amortizar el gasto sería incrementar (justificadamente) el importe del alquiler. Por otra parte, el arrendatario se beneficiaría económicamente abaratando el coste energético anual, soportando, eso sí, el incremento en el precio del alquiler.

1.3 NORMATIVA APLICABLE

- 'Código Técnico de la Edificación' (CTE)
- 'Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios' (R.I.T.E.)
- 'Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura para Instalaciones de Energía Solar Térmica', publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

- 'Guía Técnica para Agua Caliente Sanitaria Central', publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)
- 'Guía Técnica para Instalaciones de Biomasa Térmica en Edificios' publicado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE)

1.4 EMPLAZAMIENTO

1.4.1 LOCALIZACIÓN

La vivienda está situada en las afueras de Torrelaguna, una población del norte de Madrid, en una parcela de unos 5000 m² alejada del núcleo urbano perteneciente a la N320, km333,5.

ALTURA:	744 m
LATITUD:	40,822119867
LONGITUD:	-3,547107909
DIRECCIÓN:	N320, km 333,5



Figura 1-1: Vista General de Torrelaguna (Madrid) (Fuente: Google Maps)

1.4.2 ORIENTACIÓN

Se estima una orientación de -18° siendo 0° orientación Sur y -90° orientación Este. Consideraremos, al introducir los datos en el programa CE3X y en Pvgis, orientación N,E,S y O en los muros de fachada.



Figura 1-2: Orientación de la vivienda (Fuente: Google Maps)

Como se comprueba en la imagen 1-2, la única vivienda cercana que podría influir en el patrón de sombras está a una distancia considerable y a una altura inferior y por tanto se desprecia en dicho patrón.

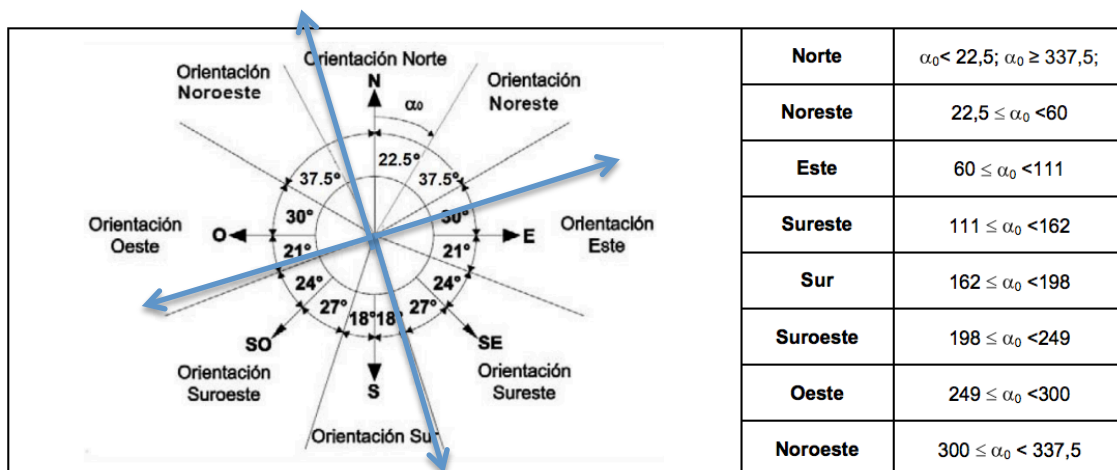


Figura 1-3: Orientación de las fachadas (Fuente: Documento básico HE)

1.4.3 CLIMA

La situación de la villa, en el borde septentrional de la Submeseta Sur y a los pies de la sierra de *Las Calerizas*, le proporciona un Clima Continental extremo con inviernos fríos y veranos calurosos. Las temperaturas oscilan entre más de 30 °C de los veranos a las temperaturas bajo cero del invierno, siendo la media anual de 11°C a 15°C. Rara vez nieva, aunque si lo hace con más frecuencia en los cerros situados al norte de la población. El viento suele ser de componente norte (suavizado por el monte Las Calerizas) o del suroeste. Se dan tormentas en primavera y verano. Son frecuentes en primavera y a principios de verano las tormentas acompañadas de gran carga eléctrica y abundante agua.

MES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
mm	36	40	37	41	46	33	14	12	33	47	55	46
°C	4.2	5.5	8.5	11.0	14.8	19.1	22.9	22.4	18.7	13.0	8.0	4.8
°C (min)	0.7	1.1	3.5	5.8	8.9	12.9	16.3	16.0	12.9	8.4	3.9	1.4
°C (max)	7.7	10.0	13.6	16.2	20.7	25.4	29.5	28.9	24.6	17.7	12.1	8.3
°F	39.6	41.9	47.3	51.8	58.6	66.4	73.2	72.3	65.7	55.4	46.4	40.6
°F (min)	33.3	34.0	38.3	42.4	48.0	55.2	61.3	60.8	55.2	47.1	39.0	34.5
°F (max)	45.9	50.0	56.5	61.2	69.3	77.7	85.1	84.0	76.3	63.9	53.8	46.9

Tabla 1-1: Datos promedios temperatura (Fuente: <http://es.climate-data.org/>)

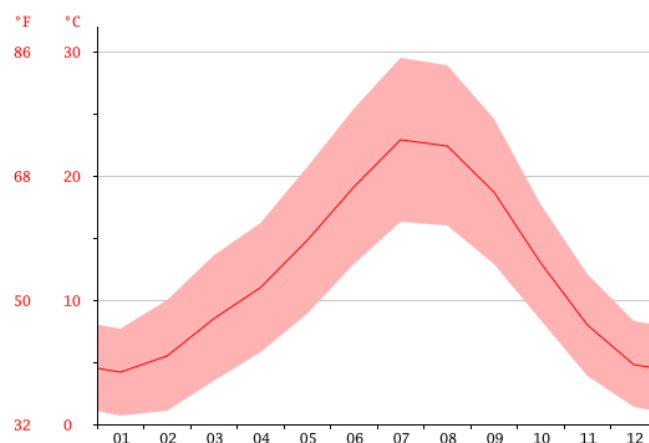


Gráfico 1-1: Gráfica de la evolución anual de la temperatura (media, máxima y mínima) (Fuente: <http://es.climate-data.org/>)

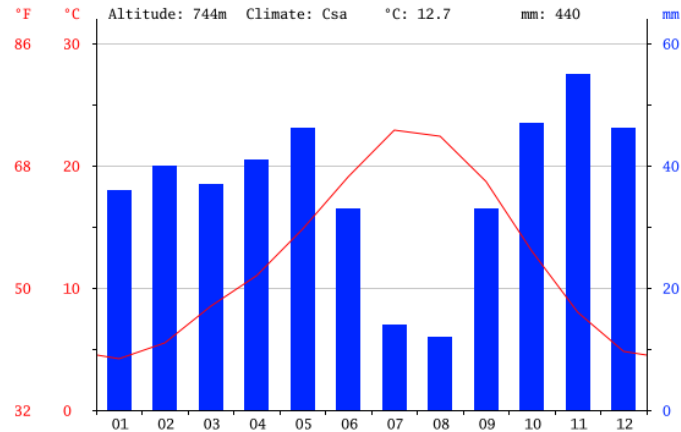


Gráfico 1-2: Gráfica de la evolución anual de la temperatura media y de las precipitaciones (Fuente: <http://es.climate-data.org/>)

1.4.4 PAISAJE

La finca limita en la parte Norte con la Carretera Nacional 320 a la altura del kilómetro 333,5. Más allá de la carretera se localiza una finca destinada al cultivo de cereal. En la parte Este se sitúa un terreno sin actividad agraria con cierta altura respecto a la altura media de la finca.

Al Este se emplaza, tras un camino, la única vivienda cercana a la finca. No se tendrá en cuenta en el cálculo del patrón de sombras ya que la relación altura/distancia a la vivienda es despreciable.

En la parte Sur limita con una gran explanada destinada al cultivo de cereal y a una altura inferior a la de la finca.

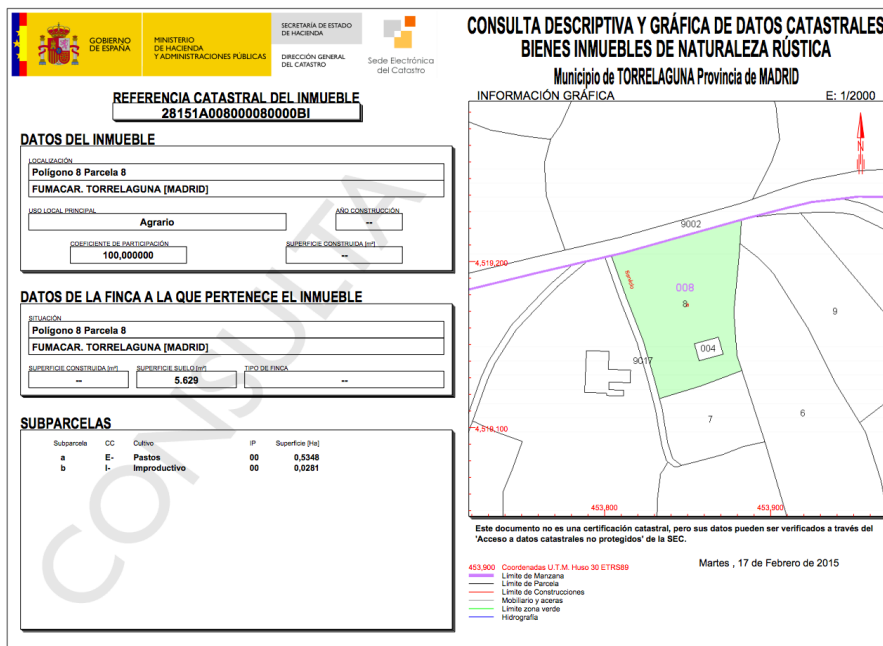


Figura 1-4 Consulta Descriptiva y Gráfica de Datos Catastrales (Fuente: sedecatastro.gob.es)

2 CARACTERÍSTICAS DE LA VIVIENDA

2.1 GENERALIDADES

Se trata de una vivienda unifamiliar exenta con una planta habitable de 211,6 m² y con planta inferior no habitable destinada al almacenaje. La parcela donde está situada comprende 4563 m².

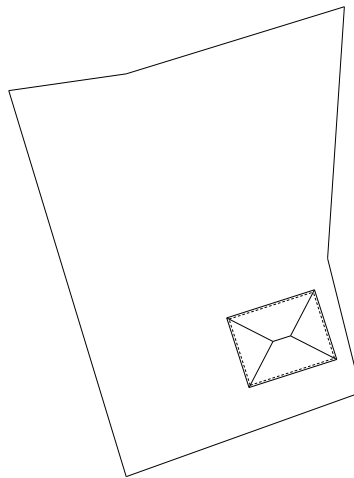


Figura 2-1: Parcela de la vivienda

La vivienda está inscrita en el Registro de la Propiedad de Torrelaguna, en el tomo 411, libro 41, folio 190, finca 2252.



Figura 2-2: Vista norte



Figura 2-3: Vista oeste

Al tratarse de una vivienda donde se desempeña una actividad profesional continua, se optará por una intensidad de uso alta durante 12 horas al día.

Para el cálculo de la eficiencia energética de la vivienda se empleará la normativa anterior a la entrada en vigor de la NBE CT-79 ya que se edificó antes de 1981.

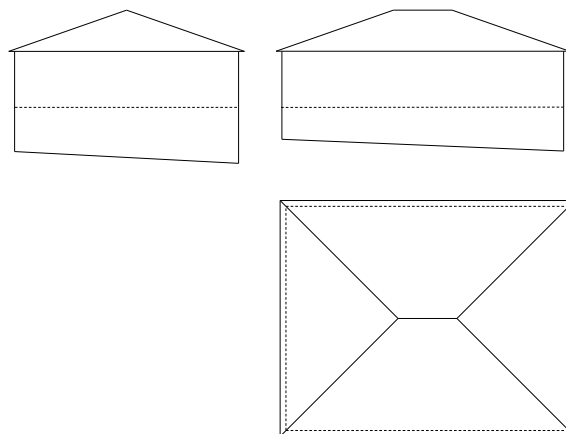


Figura 2-4: Alzado, planta y perfil de la vivienda

2.2 ALTURAS DEL EDIFICIO

La planta superior tiene una altura constante de 2,56 m y la planta inferior de 2 m en la sección central y una de las laterales y una altura variable entre 2 m y 1 m en la otra.

2.3 SUPERFICIES

En la planta superior habitable se localiza salón, 5 habitaciones, 2 cuartos de baño y cocina. Existen dos salidas al exterior: a través de la puerta principal y de la puerta trasera que da a la terraza.

La planta inferior se divide en tres grandes secciones de las cuales sólo se emplea la central y no se considerará habitable ya que su uso es como almacén. Las laterales, debido a la inclinación del suelo, no son útiles.

La distribución de superficies en la planta superior (habitable) es la siguiente:

	Superficie (m ²)
COCINA	13,5
ESTUDIO 1	9,61
BAÑO 1	5,36
ESTUDIO 2	13,77
DORMITORIO 1	11,95
BAÑO 2	8,3
DORMITORIO 2	15,63
DORMITORIO 3	9,5
SALÓN	49
PASILLO	23,64
SUPERFICIE ÚTIL	160,26

Tabla 2-1: Cuadro de superficies de la vivienda

Por tanto, en la planta superior la superficie construida (Sc) y la superficie útil (Su) serán:

$$Sc = 195,92 \text{ m}^2$$

$$Su = 160,26 \text{ m}^2$$

Y en la planta inferior:

$$Sc = 195,92 \text{ m}^2$$

$$Su = /$$

2.4 VUELOS Y CUBIERTAS

La vivienda consta de una cubierta a cuatro aguas con idénticas pendientes y vuelo constante de 60 cm a lo largo de todo el perímetro.



Figura 2-5: Detalle de vuelo y ventana

2.5 INTERIOR DE LA VIVIENDA

La primera planta dispone de un gran salón en el que está situada una chimenea que se emplea con frecuencia, cocina, 3 habitaciones, 2 estudios, dos cuartos de baño y una terraza:

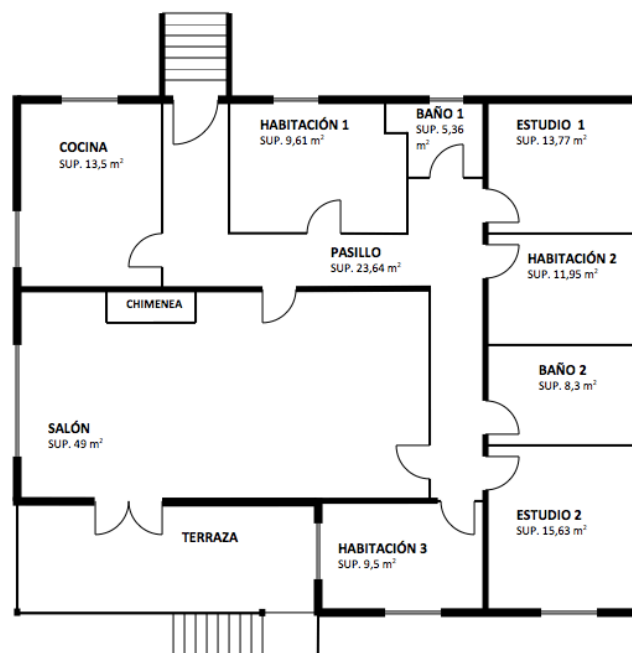


Figura 2-6: Distribución de la primera superior de la vivienda

2.6 ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

A continuación se plantea el desglose de las superficies de la envolvente del edificio y sus huecos asociados con el fin de recopilar los datos recogidos para ser introducidos en el software de cálculo CE3X (ANEXO I).

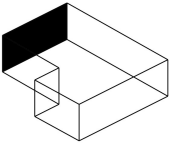
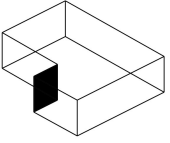
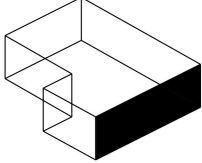
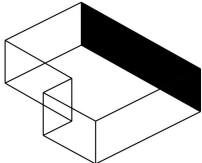
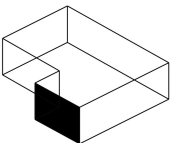
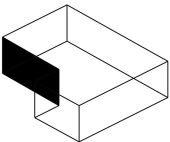
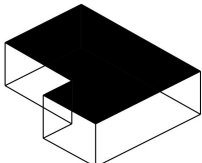
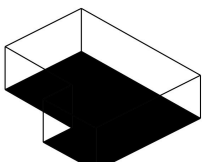
	Superficie	Huecos asociados	
FACHADA OESTE	26,63 m ²	Ventana: 2,64 m ² Ventana: 1'71 m ²	
	7,37 m ²	Ventana: 1,25 m ²	
FACHADA ESTE	34 m ²	Ventana: 1'71 m ² Ventana: 1'71 m ² Ventana: 0,99 m ²	
FACHADA NORTE	41,5 m ²	Ventana: 0,99 m ² Puerta: 2,06 m ² Ventana: 1'71 m ² Ventana: 0,99 m ²	
FACHADA SUR	23,28	Ventana: 1'71 m ² Ventana: 1'71 m ²	
	18,22	Puerta: 4,40 m ²	
CUBIERTA	160,26 m ²		
SUELO	160,26 m ²		

Figura 2-9: Envoltente térmica

2.7 SISTEMA ACTUAL DE CALEFACCIÓN Y ACS

La vivienda en la actualidad se vale, para satisfacer las necesidades tanto de calefacción como de ACS, de propano como combustible mediante una caldera mixta. Se dispone de una instalación de emisores térmicos o radiadores que se reutilizará en todos los casos propuestos.



Figura 2-10: Esquema básico de la instalación propuesta por el fabricante (Fuente: Catálogo Saunier Duval)

El sistema de calefacción de la vivienda en la actualidad consta de:

- Caldera de doble servicio SAUNIER DUVAL ISOFAST F 35 E con una potencia variable entre 12 kW y 35 kW (potencia útil 34,6 kW), cámara de combustión estanca y de tiro forzado. La categoría de gas es II2EH3+, y por lo tanto puede emplearse como combustible propano (G31), butano (G30) o gas natural (G20). En la vivienda se emplean bombonas de 35 kg de propano dispuestas en serie en un depósito cercano a la caldera.
- Depósito acumulador de agua caliente SAUNIER DUVAL SDK con una capacidad de 150 litros. Alto=1256 mm. Diámetro = 505 mm.

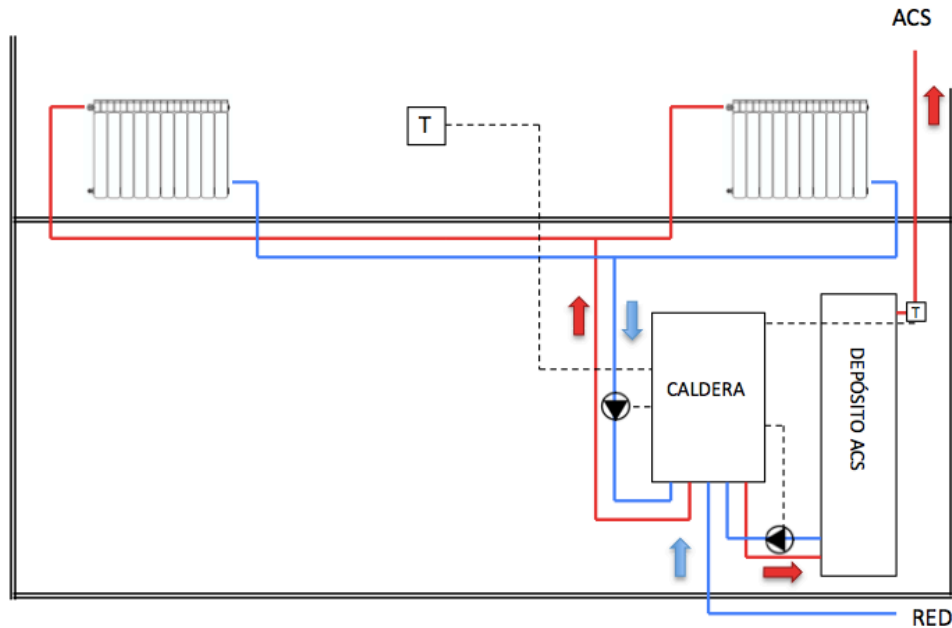


Figura 2-11: Esquema del sistema actual de calefacción de la vivienda

La caldera dispone de 3 entradas (entrada de agua corriente, vuelta del circuito de calefacción, vuelta del depósito) y dos salidas de agua (al circuito de calefacción y al depósito).

La propia caldera tiene los elementos suficientes como para funcionar de un modo autónomo salvo por el encendido/apagado de la calefacción y de la bomba de recirculación que vienen controlados desde un dispositivo externo programable situado en la planta superior.

El sistema actual, tal y como viene expuesto en el ANEXO I, deriva en una calificación energética muy deficiente, F. Todos los ejemplos que se estudiarán en sucesivas secciones del presente proyecto tratan de mejorar esa calificación manteniendo las condiciones constructivas del edificio.

Se comprobará que la certificación se incrementa notablemente al plantear mejoras en la vivienda en cuanto a sustitución de energías no renovables por renovables como la solar o la biomasa.

3 OBTENCIÓN DE LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA Y DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓN A TRAVÉS DEL PROGRAMA CE3X

Para realizar un cálculo del consumo actual, se planteó en un principio su estimación a partir de los recibos de propano acumulados durante un periodo suficientemente representativo. Sin embargo los inquilinos de la vivienda infrutilizan la actual instalación de propano por motivos económicos y por tanto los datos extrapolados por éste método no serán fiables.

Se empleará, por tanto, el procedimiento CE3X, creado por el IDAE mediante el cual se obtiene la etiqueta de eficiencia energética de edificios existentes, que se incluye en el documento de certificación generado por dicho software, que indica la calificación asignada al edificio dentro de una escala de siete letras, que va desde la letra A (edificio más eficiente) a la letra G (edificio menos eficiente). Dicha aplicación posee una base de datos obtenidos mediante simulaciones del programa de certificación energética oficial CALENER VYP. Todas las situaciones a estudio dentro del territorio español vienen cubiertas por dicha base de datos. En el programa se proponen, además, una serie de conjuntos de medidas de mejora de eficiencia energética con la consiguiente calificación que la aplicación de cada conjunto de medidas de mejora supondría. Por último, existe la posibilidad de realizar un análisis económico del impacto de dichas medidas basado en los ahorros energéticos estimados por la herramienta o las facturas de consumo de energía.

En el ANEXO se detalla el proceso de introducción de datos empleado en el programa CE3X.

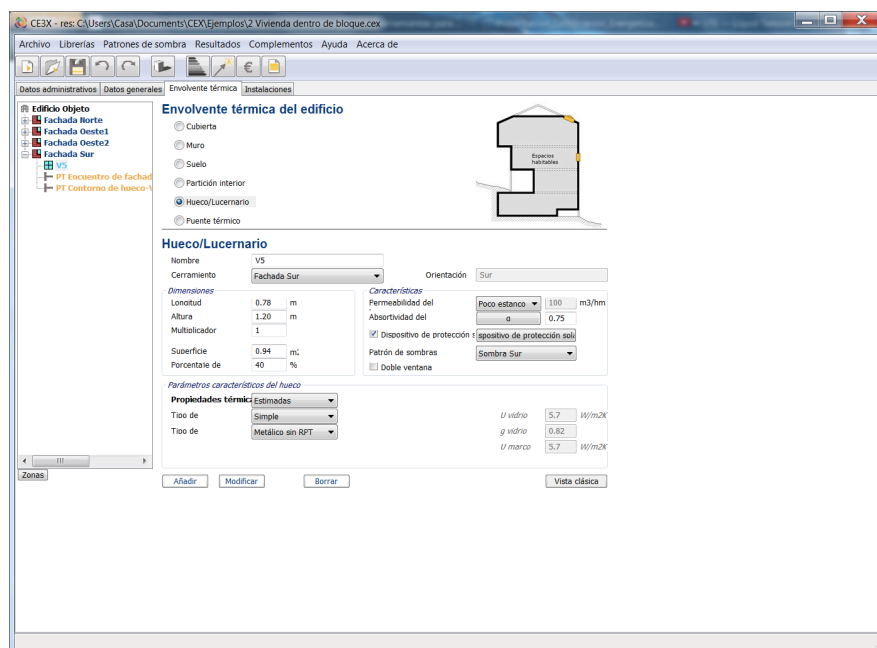


Figura 3-1: Captura de pantalla de una pestaña del menú (Fuente: Programa CE3X)

Las variables con más peso en la certificación son las siguientes:

ORIENTACIÓN: Tomado del apartado CTE-DB-HE1.

COMPACIDAD DEL EDIFICIO: Homogeneidad geométrica. El cubo sería el paradigma de la compacidad.

VENTILACIÓN: procedimiento recogido en el apartado “Infiltración y ventilación” del “Documento de condiciones de aceptación de Programas Informáticos Alternativos”. Transmitancia térmica de los cerramientos opacos: se han calculado según lo recogido en el “Apéndice E” del CTE-DB-HE1.

MASA DE CERRAMIENTOS. PROPORCIÓN DE HUECOS EN FACHADAS. PUENTES TÉRMICOS: A menor masa de cerramientos, mayor proporción de huecos en fachadas y más cantidad de puentes térmicos, mayor transmitancia térmica y peor aislamiento.

TRANSMITANCIA DE LOS HUECOS: Vidrios, marcos de ventanas, elementos de sombreado. Apartado CTE-DB-HE1.

3.1 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA Y OBTENCIÓN DE LA DEMANDA DE CALEFACCIÓN

A continuación se resumen los datos introducidos al software que vienen detallados en el ANEXO I:

DATOS ADMINISTRATIVOS:

Localización e identificación del edificio			
Nombre del edificio	CHALET CARRETERA TORRELAGUNA		
Dirección	FUJACAR, Polígono 8, Parcela 8		
Provincia/Ciudad autónoma	Madrid	Localidad	Otro
Referencia Catastral	28151A008000080000BI		TORRELAGUNA
		Código Postal	28180

Datos del cliente			
Nombre o razón social	E.U.I.T.I.Z.		
Dirección	Edificio Betancourt, Campus Río Ebro		
Provincia/Ciudad autónoma	Zaragoza	Localidad	Zaragoza
Teléfono	976760000	E-mail	elera@unizar.es
		Código Postal	50018

Datos del técnico certificador			
Nombre y Apellidos	Tomás Virgós Navarro	NIF	16608947A
Razón social	TOMASVIRGOS	CIF	
Dirección	Gertrudis Gómez de Avellaneda 57, 5ºE		
Provincia/Ciudad autónoma	Zaragoza	Localidad	Zaragoza
Teléfono	625488592	E-mail	tomasvirgos.info@gmail.com
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero Técnico Mecánico		
		Código Postal	50015

Figura 3-2: Datos administrativos (Fuente: CE3X)

DATOS GENERALES:

Datos generales

Normativa vigente: Anterior ? Año construcción: 1968

Tipo de edificio: Vivienda Individual

Provincia/Ciudad autónoma: Madrid Localidad: Otro Zona climática: D3 HE-1 HE-4 IV

TORRELAGUNA

Definición edificio

Superficie útil habitable: 160.26 m²

Altura libre de planta: 2.56 m

Número de plantas habitables: 1

Masa de las particiones: Media

Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Figura 3-3: Datos Generales (Fuente: CE3X)

ELEMENTOS ARQUITECTÓNICO-CONSTRUCTIVOS:

Nombre	Tipo de cerramiento	Superficie (m ²)	U (W/m ² K)	Peso/m ² (kg/m ²)
PARTICION SUPERIOR	Partición Interior	160.26	1.36	120.0
PARTICION INFERIOR/CÁMARA SANITARIA	Partición Interior	111.26	2.0	333.0
PARTICION INFERIOR/GARAJE	Partición Interior	49	2.17	50.0
FACHADA NORTE	Fachada	41.5	1.08	267.5
FACHADA ESTE	Fachada	34	1.08	267.5
FACHADA SUR	Fachada	41.5	1.08	267.5
FACHADA OESTE	Fachada	26.63	1.08	267.5

Tabla 3-1: Cerramientos del edificio (Fuente: CE3X)

Nombre	Cerramiento asociado	Longitud (m)	Altura (m)	Multiplicador	Superficie (m ²)	U vidrio (W/m ² K)	g vidrio	U marco (W/m ² K)	% Marco	Absortividad marco	Modo definición	Permeabilidad (m ³ /hm ²)	Orientación
HUECO VENTANA NORTE COCINA	FACHADA NORTE			1	1	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Norte
HUECO VENTANA BAÑO 1	FACHADA NORTE			1	1	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Norte
HUECO VENTANA HAB 1	FACHADA NORTE			1	1.7	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Norte
HUECO PUERTA PRINCIPAL	FACHADA NORTE			1	2.06	0.0	0.0	5.7	100	0.75	Estimadas	50	Norte
HUECO VENTANA EST 1	FACHADA ESTE			1	1.7	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Este
HUECO VENTANA HAB 2	FACHADA ESTE			1	1.7	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Este
HUECO VENTANA BAÑO 2	FACHADA ESTE			1	1	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Este
HUECO VENTANA EST 2	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Sur
HUECO VENTANA HAB 3	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Sur
HUECO PUERTA SALON	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Sur
HUECO VENTANA OESTE HAB 3	FACHADA OESTE			1	1.25	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Oeste
HUECO VENTANA SALON	FACHADA OESTE			1	2.64	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Oeste
HUECO VENTANA OESTE COCINA	FACHADA OESTE			1	1.71	3.3	0.75	5.7	20	0.75	Estimadas	50	Oeste

Tabla 3-2: Huecos del edificio (Fuente: CE3X)

Nombre	Cerramiento asociado	Tipo de puente térmico	ϕ (W/mK)	Longitud (m)
PT Encuentro de fachada con forjado-FACHADA NORTE	FACHADA NORTE	Encuentro de fachada con forjado	1.58	16.2
PT Encuentro de fachada con forjado-FACHADA ESTE	FACHADA ESTE	Encuentro de fachada con forjado	1.58	13.3
PT Encuentro de fachada con forjado-FACHADA SUR	FACHADA SUR	Encuentro de fachada con forjado	1.58	16.2
PT Encuentro de fachada con forjado-FACHADA OESTE	FACHADA OESTE	Encuentro de fachada con forjado	1.58	10.4
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA NORTE COCINA	FACHADA NORTE	Contorno de hueco	0.55	4.0
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA NORTE COCINA	FACHADA NORTE	Caja de Persiana	1.49	1.0
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA BAÑO 1	FACHADA NORTE	Contorno de hueco	0.55	4.0
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA BAÑO 1	FACHADA NORTE	Caja de Persiana	1.49	1.0
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA HAB 1	FACHADA NORTE	Contorno de hueco	0.55	5.4
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA HAB 1	FACHADA NORTE	Caja de Persiana	1.49	1.7
PT Contorno de hueco-HUECO PUERTA PRINCIPAL	FACHADA NORTE	Contorno de hueco	0.55	6.1
PT Caja de Persiana-HUECO PUERTA PRINCIPAL	FACHADA NORTE	Caja de Persiana	1.49	2.1
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA EST 1	FACHADA ESTE	Contorno de hueco	0.55	5.4
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA EST 1	FACHADA ESTE	Caja de Persiana	1.49	1.7
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA HAB 2	FACHADA ESTE	Contorno de hueco	0.55	5.4
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA HAB 2	FACHADA ESTE	Caja de Persiana	1.49	1.7
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA BAÑO 2	FACHADA ESTE	Contorno de hueco	0.55	4.0
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA BAÑO 2	FACHADA ESTE	Caja de Persiana	1.49	1.0
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA EST 2	FACHADA SUR	Contorno de hueco	0.55	5.4
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA EST 2	FACHADA SUR	Caja de Persiana	1.49	1.7
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA HAB 3	FACHADA SUR	Contorno de hueco	0.55	5.4
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA HAB 3	FACHADA SUR	Caja de Persiana	1.49	1.7
PT Contorno de hueco-HUECO PUERTA SALON	FACHADA SUR	Contorno de hueco	0.55	5.4
PT Caja de Persiana-HUECO PUERTA SALON	FACHADA SUR	Caja de Persiana	1.49	1.7
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA OESTE HAB 3	FACHADA OESTE	Contorno de hueco	0.55	4.5
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA OESTE HAB 3	FACHADA OESTE	Caja de Persiana	1.49	1.3
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA SALON	FACHADA OESTE	Contorno de hueco	0.55	7.3
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA SALON	FACHADA OESTE	Caja de Persiana	1.49	2.6
PT Contorno de hueco-HUECO VENTANA OESTE COCINA	FACHADA OESTE	Contorno de hueco	0.55	5.4
PT Caja de Persiana-HUECO VENTANA OESTE COCINA	FACHADA OESTE	Caja de Persiana	1.49	1.7

Tabla 3-3: Puentes térmicos de la vivienda (Fuente: CE3X)

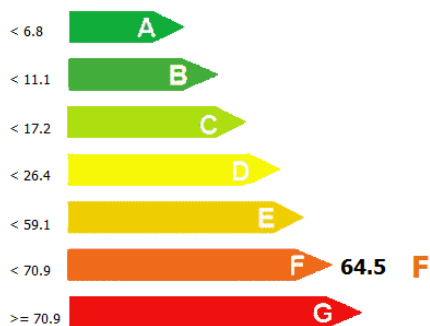
Se obtiene una calificación energética muy desfavorable, con una tasa de emisiones en calefacción y ACS de 64,5 kg de CO₂ por metro cuadrado y año. Otro dato que se extrae es el de la demanda de calefacción y ACS: 197,7 kWh por metro cuadrado por año que hacen un total de:

$$Q_{TOT} = 197,7 \text{ kWh/m}^2 \cdot 160,26 \text{ m}^2$$

$$Q_{TOT} = 31\,683,4 \text{ kWh}$$

Calificación energética de edificios

Indicador kgCO₂/m²



Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m ²)	197.7	G
Demanda de refrigeración (kWh/m ²)	6.5	B
Emisiones de calefacción (kg CO ₂ /m ²)	55.3	F
Emisiones de refrigeración (kg CO ₂ /m ²)	2.5	C
Emisiones de ACS (kg CO ₂ /m ²)	6.7	G

Figura 3-4: Calificación energética actual del edificio (Fuente: CE3X)

3.2 DEMANDA DE CALEFACCIÓN Y ACS

El programa CE3X devuelve el dato de demanda total de calefacción + ACS. Se necesitará, en los cálculos posteriores, el desglose de este dato en demanda de calefacción y demanda de ACS.

El Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (R.I.T.E.) define el cálculo de la demanda de ACS en su “Documento Básico de Ahorro de la Energía, sección H4- Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria”.

Se fijará una temperatura de acumulación de 60°C asumiendo la misma temperatura de utilización evitando así la proliferación de legionela, bacteria que prolifera en un amplio margen de temperaturas en aguas estancadas. Dicha problemática es mayor tratándose de un circuito en el que el agua puede recircular estableciéndose un flujo no de un solo sentido.

También se asume que en la vivienda viven 4 personas. Por lo que según el criterio de consumo de ACS para diseño de instalaciones recogido en el CTE, se estima un consumo diario total de 120 l.

Se emplea para el cálculo de la carga térmica mensual de ACS la siguiente fórmula:

$$Q_a = C_e \cdot C \cdot N \cdot \Delta_t$$

Siendo:

Q_a : Carga térmica mensual (J/mes)

Δ_t : Variación de temperaturas = ($T_{ACS} - T_{RED}$)

C_e : Calor específico del agua = 4187 J/(KgA°C)

C : Caudal día (l/día)

T_{ACS} : Temperatura ACS = 60°C

N : N° días por mes



MES	Ce (J/(KgA°C))	C (L/día)	N (n días)	T _{ac}	T _r	Qa (Kj/mes)	Qa (KWh/mes)
ENERO	4187	120	31	60	6	841084,56	233,8215077
FEBRERO	4187	120	28	60	7	745620,96	207,2826269
MARZO	4187	120	31	60	9	794357,64	220,8314239
ABRIL	4187	120	30	60	11	738586,8	205,3271304
MAYO	4187	120	31	60	12	747630,72	207,8413402
JUNIO	4187	120	30	60	13	708440,4	196,9464312
JULIO	4187	120	31	60	14	716479,44	199,1812843
AGOSTO	4187	120	31	60	13	732055,08	203,5113122
SEPTIEMBRE	4187	120	30	60	12	723513,6	201,1367808
OCTUBRE	4187	120	31	60	11	763206,36	212,1713681
NOVIEMBRE	4187	120	30	60	9	768733,2	213,7078296
DICIEMBRE	4187	120	31	60	6	841084,56	233,8215077
ANUAL							3803,4 kWh

Tabla 3-4: Cálculo Q_a

Por tanto se calcula la demanda anual de calefacción como la diferencia entre el valor de la demanda térmica total estimada por el software CE3X y la demanda de ACS estimada anteriormente.

$$Q_{CAL} = \text{Demanda total calculada por CE3X} - \text{Demanda de ACS}$$

$$Q_{CAL} = 31683,4 \text{ kWh} - 3803,4 \text{ kWh} = 34931,25 \text{ kWh}$$

Se extrae el porcentaje de la total de cada una, dato que se utilizará en apartados posteriores:

$$Q_{CAL} = 27\,880 \text{ kWh (88\%)}$$

$$Q_{ACS} = 3\,803,4 \text{ kWh (12\%)}$$

4 DIMENSIONADO DE LAS INSTALACIONES

4.1 DIMENSIONADO CALEFACCIÓN

Se emplea la siguiente fórmula desglosando los elementos generales de la envolvente térmica del edificio:

$$Q_t [W] = U [W/m^2 \text{ } ^\circ K] \cdot A [m^2] \cdot V_t [^\circ K]$$

Siendo:

Q_t : Carga calorífica (W)

V_t : Variación de temperaturas = ($T_{INT} - T_{EXT}$)

S : Superficie del elemento (m^2)

U : Coeficiente de transmitancia del elemento (W/m^2K). Se obtienen de los calculados en CE3X.

De ahí, como viene detallado en el ANEXO II, se obtiene el siguiente dato:

$$P_{CAL} = 23,4 \text{ kW}$$

4.2 DIMENSIONADO ACS

Como viene reflejado detalladamente en el ANEXO III, para dimensionar la potencia necesaria para cubrir la demanda de ACS, se emplea la siguiente fórmula extraída de la Guía Técnica para ACS del IDAE:

$$P_{calderas} = [Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V_{acumulación} \cdot (T_{acumulación} - T_{AFCH}) \cdot F_{uso\ acumulación}] \cdot 1,16/\eta_{prdACS}$$

$$P_{calderas} = [60 \cdot (60 - 8) - 150 \cdot (60 - 8) \cdot 0,98] \cdot 1,16/0,75 = 6997 \text{ W}$$

$$P_{calderas} = 6,997 \text{ kW}$$

4.3 POTENCIA NECESARIA PARA MANTENER EL ACUMULADOR A 60º

De la ficha técnica del acumulador obtenemos que la potencia de mantenimiento a una temperatura de 60ºC. Dicha potencia ha de compensar las pérdidas de calor a través de las paredes del acumulador durante un día.

$$\text{Pot mant (kWh/24h)} = 1,5 \text{ kWh/24h}$$

$$1,5/24 = \mathbf{0,0625 \text{ kW}}$$

4.4 POTENCIA TOTAL PARA UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN+ACS

Una vez obtenidos los datos de potencia necesaria en las condiciones más desfavorables de calefacción, ACS y potencia de mantenimiento de temperatura en depósito se sumarán para obtener la potencia global en un sistema que se encargue de abastecer todas estas demandas.

$$\text{POTENCIA TOTAL} = \text{CALEFACCIÓN} + \text{ACS} + \text{POTENCIA MANTENIM}$$

$$\text{POTENCIA TOTAL} = 25,14 \text{ kW} + 6,9 \text{ kW} + 0,0625 \text{ kW}$$

$$\mathbf{\text{POTENCIA TOTAL} = 32,1 \text{ kW}}$$

5 INSTALACIONES PROPUESTAS

En este apartado se plantean tres instalaciones que, o bien empleando únicamente el circuito hidráulico de la vivienda o reutilizando en menor proporción la actual caldera de propano, sean capaces de cubrir la demanda térmica de la vivienda calculada en apartados anteriores. De este modo la inversión a realizar se limitaría al sistema de producción de energía térmica sin intervenir en el circuito hidráulico (tuberías, valvulería, emisores térmicos...) de la vivienda.

5.1 CASO 1: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA 100%

5.1.1 INTRODUCCIÓN

5.1.1.1 CONDICIONES PARA LA INSTALACIÓN

La radiación que incide en un edificio viene dada en función de factores como la latitud de su emplazamiento, el mes del año, la climatología, la orientación de las fachadas, la inclinación de las superficies...

Teniendo en cuenta los factores no constructivos de la vivienda, sólo los ambientales, se puede afirmar que España se encuentra en una situación privilegiada para la instalación de este tipo de energía frente a otros países europeos por su clima y latitud.

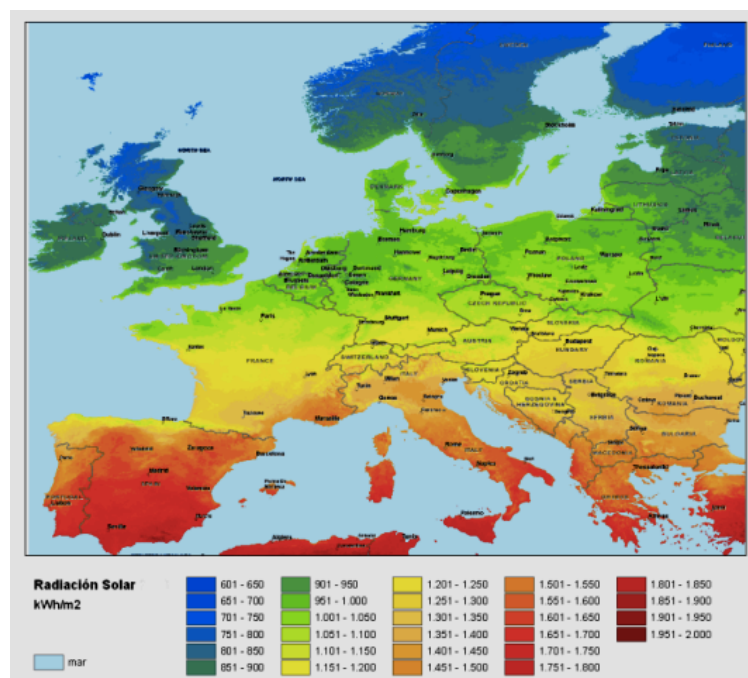


Figura 5-1: Radiación solar en Europa (Fuente: www.iceditorial.com)

Por ello se va a realizar el estudio de la sustitución de la actual caldera de propano por un sistema solar sin apoyo de ninguna energía auxiliar.

5.1.1.2 ENERGÍA SOLAR. TIPOLOGÍA

Los sistemas de aprovechamiento de la energía solar se pueden dividir entre pasivos y activos:

- Pasivos: conjunto de medidas arquitectónicas o constructivas que tienen como objetivo la optimización térmica de una vivienda. Mediante la orientación del edificio, la geometría o los materiales empleados se consigue, sin ningún aporte energético uniformizar la temperatura interior de la vivienda.
- Activos: se dividen entre energía solar fotovoltaica (obtención de energía eléctrica mediante células fotovoltaicas de diversos tipos) o energía solar térmica (se transforma la energía solar en calor, el cual es transferido a un fluido caloportador que es utilizado dentro de uno o varios circuitos hidráulicos para obtener agua caliente o calefacción).

En la energía solar térmica se emplean los colectores como captador de energía solar y transductor energético. Dependiendo de la temperatura de operación se dividen en:

- Colectores de baja temperatura: se obtienen temperaturas en el fluido caloportador de menos de 65°C y se emplean para la producción de agua caliente sanitaria, calentamiento de piscinas, climatización de viviendas, y en procesos industriales de poca demanda calorífica. Los colectores pueden ser de caucho (25 °C - 35 °C, sin intercambiador, empleados en piscinas), de placa plana (50 °C - 70 °C, producción de ACS y calefacción por suelo radiante) o de tubos de vacío (75 °C - 100 °C, calefacción por radiadores).
- Colectores de media temperatura: trabajan entre los 100°C y los 300°C.
- Colectores de alta temperatura: se obtienen temperaturas superiores a los 500°C y son empleados en plantas de generación de energía eléctrica.

En el proyecto actual (con necesidad de, aparte de abastecer de ACS la vivienda, cubrir la demanda de calefacción en la que se trabaja a 80⁰) se opta por un sistema activo, solar térmico de baja temperatura: los colectores de tubos de vacío.

5.1.1.3 COLECTORES DE TUBO DE VACÍO

Los colectores de placa plana tienen pérdidas por convección de un 40% mientras que los de tubo de vacío, al estar aislados, tienen unas pérdidas del 5%, un 35% menos. Por tanto incrementa de forma notable su rendimiento frente a la placa plana.

Al tratarse de tubos de vacío, el colector queda protegido de corrosión y no presenta condensaciones lo cual alarga su vida útil.

La presencia del vacío elimina las pérdidas por conducción y convección y aísla del exterior independizando el rendimiento frente a factores externos como el frío o el viento. Además, al existir espacio entre los tubos, el viento puede circular libremente y son más resistentes a vendavales.

Su instalación es relativamente sencilla (ligeros, estructura modular) y el reemplazo en caso de ruptura puede ser tubo a tubo, abaratando el coste de la reparación.

La efectividad del tubo radica en que la mayor parte de la energía incidente es absorbida y toda esa energía absorbida es transmitida al fluido caloportador (no hay transferencia de calor al entorno).

Los tubos de los colectores compuestos por un doble tubo de vidrio entre cuyas paredes se genera un vacío de en torno a 0,005 Pa. El vidrio interior lleva un tratamiento de metal pulverizado con el fin de aumentar la absorción solar.



Figura 5-2: Sistema de colectores de tubos de vacío. www.gasfriocalor.com

Existen tres tipos de colectores de tubos de vacío:

- De flujo directo: como en la placa plana, el fluido caloportador circula por el tubo absorbiendo directamente el calor. Fue el primero en desarrollarse.

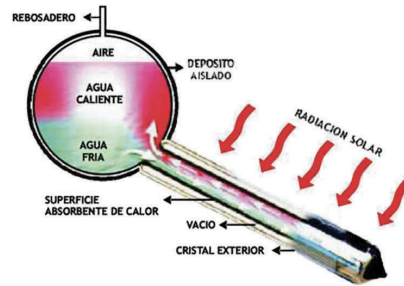


Figura 5-3: Diagrama flujo directo. www.solarweb.net

- Heat-pipe: en este sistema se trata de evitar el problema del sobrecalentamiento. En un tubo de cobre se sitúa un líquido que se evapora al calentarse, asciende hasta un intercambiador en la parte superior y se condensa para repetir el mismo proceso. Presenta dos ventajas principales: regula sobrecalentamientos en climas cálidos este sistema ya que al evaporarse el líquido se absorbe mucha menos energía y evita la pérdida de energía por la noche ya que el intercambio térmico es unidireccional.

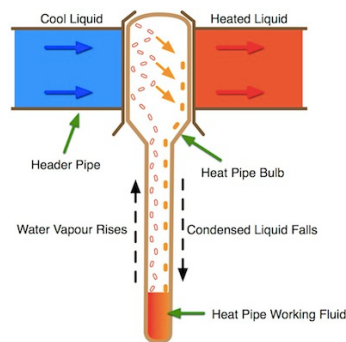


Figura 5-4: Diagrama Heat-Pipe. www.apricus.com

- U-pipe: el fluido circula por un tubo de cobre en forma de U dentro del tubo de vidrio interior. Tiene la ventaja de que si se rompe el tubo de vacío puede seguir funcionando sin fugas.

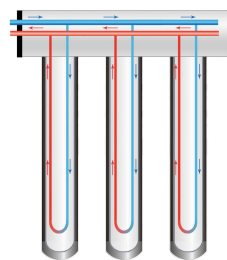


Figura 5-5: Diagrama U-Pipe. Catálogo SUNRINE

5.1.1.4 PARTICULARIDADES DE LA INSTALACIÓN

En este segundo caso se pretende abastecer mediante energía solar térmica toda la demanda de calefacción/ACS de la vivienda. Para ello se opta por colectores de tubos de vacío. Al tener pérdidas mínimas por convección o conducción, alcanzan temperaturas elevadas y permiten su utilización en calefacción por suelo radiante o radiadores. Los colectores planos no son capaces de alcanzar la temperatura idónea para la calefacción.

Se utilizará un circuito cerrado ya que no circula por el circuito hidráulico el agua de consumo sino un fluido caloportador (agua + glicol) que evita posibles congelaciones. Esto incrementa el coste de la instalación y el mantenimiento pero es conveniente en emplazamientos en los que se pueden dar temperaturas inferiores a 0°C. La transferencia de calor se realizará mediante intercambiadores: uno de mayores dimensiones para el circuito de la calefacción y otro para el agua caliente sanitaria.

Se empleará un sistema de circulación forzada mediante una bomba gestionada por un sistema de control que tomará medidas, mediante termopares, de la temperatura de salida del acumulador y la de salida del conjunto de colectores.

Durante los meses más cálidos, los colectores serán tapados con el fin de evitar excedentes térmicos que puedan perjudicar a la instalación. Se calculará el número de colectores que será necesario dejar descubiertos para cubrir las necesidades de ACS.

5.1.2 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

El circuito primario de esta instalación solar está compuesto por colectores de tubos de vacío y un interacumulador (o sistema de interacumuladores en paralelo) que actúan de intercambiador térmico y depósito de inercia ya que, al tratarse de energía solar, se necesitará durante las horas de poca o nula irradiancia.

Aparte de este circuito se establecen dos circuitos independientes, el que conecta el interacumulador con el circuito de calefacción y el que lo conecta al depósito interacumulador de ACS.

Se requiere de un dispositivo electrónico de control para gestionar la apertura/cierre de ambos circuitos mediante dos electroválvulas basándose en los datos recogidos por los termopares situados a la salida del depósito de inercia (habrá casos en los que no interesará abastecer los circuitos por la baja temperatura de salida del depósito), en el interior de la vivienda y a la salida del interacumulador de ACS.

Se encargará por otra parte de gestionar la bomba de recirculación del circuito primario basándose en la diferencia entre temperatura de salida de los colectores y temperatura de salida del depósito de inercia.

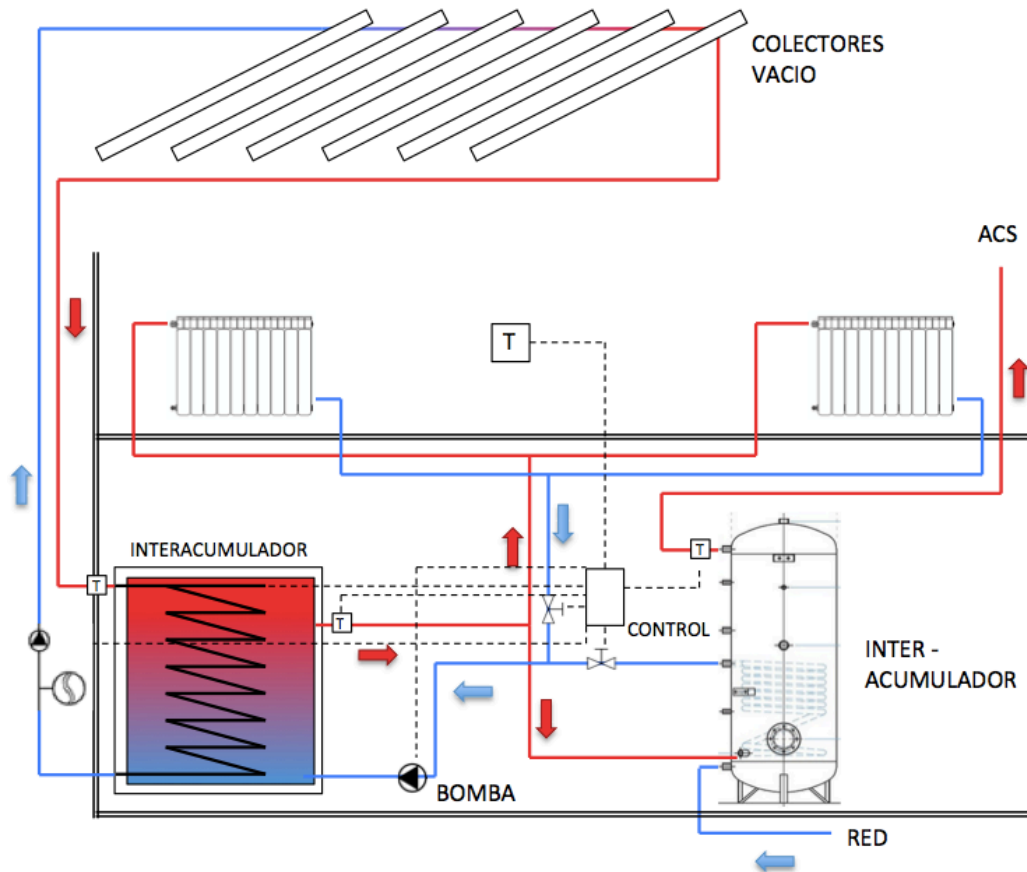


Figura 5-6: Esquema de la instalación solar

5.1.3 ÁNGULO DE INCLINACIÓN ÓPTIMO

Para el cálculo del ángulo de inclinación óptimo, se tiene en cuenta la latitud de la localidad, Torrelaguna: 41° .

Dependiendo de la finalidad de los colectores, la inclinación óptima será:

- ACS: equivalente a la latitud
- Calefacción: la latitud + 10°

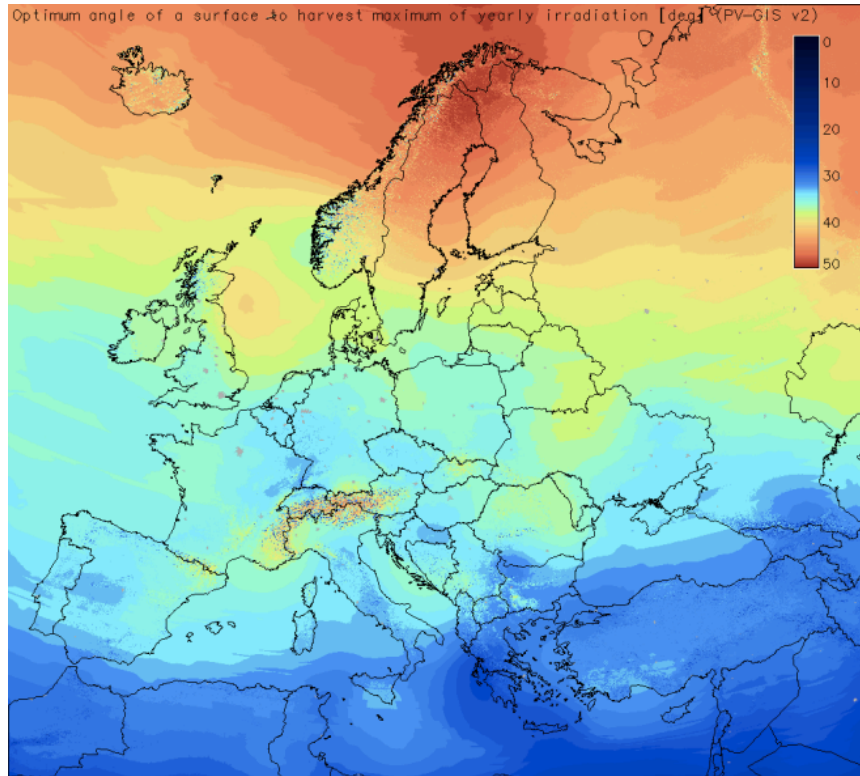


Figura 5-7: Ángulo óptimo de una superficie para absorber la máxima irradiación anual (Fuente: PV-GIS)

Como en el caso a estudio el objetivo es abastecer ambas demandas, priorizaremos la que tiene un consumo mayor. Se podría plantear llevarlo a una inclinación intermedia en el caso de que la diferencia entre las demandas fuera relativamente pequeña, pero la demanda de calefacción es considerablemente superior a la de ACS, por tanto se toma la inclinación óptima para calefacción (latitud + 10°) como la definitiva. La inclinación elegida es de 51° sobre a la horizontal. Se calcula que la inclinación de la cubierta es de 17° y por tanto la inclinación sobre ésta, en el caso en que se instalen los colectores allí y no en el suelo de la finca será de 34°.

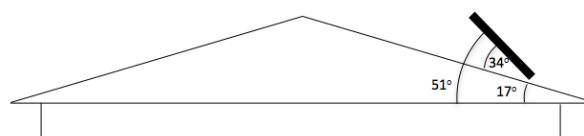


Figura 5-8: Esquema ángulo óptimo y ángulo de inclinación sobre el tejado

Se comprueba mediante el siguiente gráfico perteneciente al documento básico HE que las pérdidas por orientación e inclinación están dentro de lo admisible (por debajo del 10%):

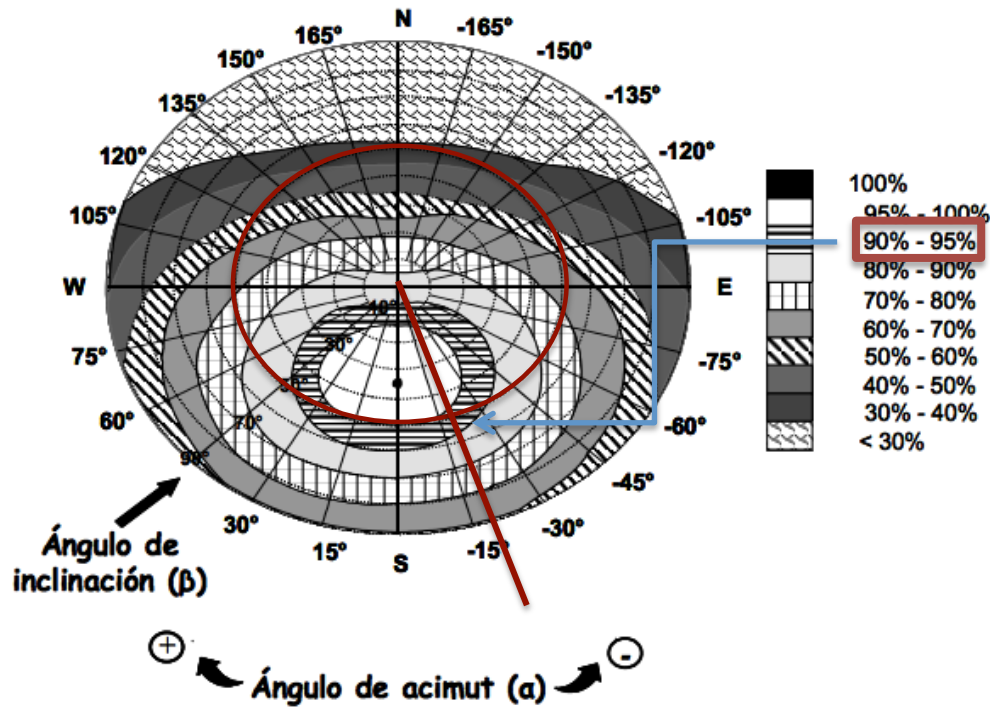


Figura 5-9: Porcentaje de energía respecto al máximo como consecuencia de pérdidas por orientación e inclinación (Fuente: Documento Básico HE)

5.1.4 DIMENSIONADO INSTALACIÓN POR EXCEL F-CHART

Para dimensionar la instalación se empleará una hoja de Excel basada en el método de las curvas f (F-Chart). Dicho método permite realizar el cálculo de la contribución de un sistema de energía solar al calor total necesario para cubrir las necesidades térmicas de una vivienda así como realizar el cálculo del rendimiento medio en un largo periodo de tiempo.

El método fue desarrollado por Sandfor Klein en 1976, como resultado de su estudio acerca de los procesos de diseño para sistemas solares-térmicos.

La efectividad del método fue analizada por la Universidad de Colorado, comparando de un modo empírico el desempeño real de un sistema solar- térmico con el desempeño predicho por el método. Se obtuvo un error máximo del 5%, clasificando al método entre los de alto grado de fiabilidad.

Mientras que está aceptado y recomendado por el CTE para cálculos a largo plazo, en estimaciones semanales o mensuales no ha de aplicarse ya que se emplean datos meteorológicos medios mensuales.

La ecuación empleada en este método es la siguiente:

$$f = 1,029 \cdot D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 \cdot D_1^3$$

D_1 y D_2 son parámetros adimensionales que relacionan energía absorbida y perdida con carga calorífica respectivamente.

La curva f representa la fracción de carga calorífica mensual transformada a partir de energía solar, y , está definida en función de dos parámetros: la energía absorbida (ganancia) y la pérdida por reflexión en el colector solar.

5.1.4.1 ALGORITMO DEL MÉTODO F-CHART

A continuación se detalla el método de cálculo que se emplea en la hoja Excel en la que se introducirán los valores de la vivienda y se extraerán estimaciones de la demanda y del porcentaje de esta cubierta por el sistema planteado.

5.1.4.1.1 ESTIMACIÓN DE LA CARGA CALORÍFICA (CANTIDAD DE CALOR AL CABO DE UN MES NECESARIO PARA CUBRIR LA DEMANDA).

$$Q_a = C_e \cdot C \cdot N \cdot (t_{ac} - t_r)$$

o

Q_a : Carga calorífica mensual (J/mes)

C_e : Calor específico líquido caloportador (J/kg°C)

C : Consumo diario de agua (l/día)

N : Días por mes

t_{ac} : Temperatura de acumulación (°C)

t_r : Temperatura de red (°C)

5.1.4.1.2 DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA ABSORBIDA EN EL COLECTOR:

$$E_a = S_c \cdot F'_r(\tau\alpha) \cdot R_1 \cdot N$$

Siendo:

E_a : Energía absorbida por el colector (J/colector)

S_c : Superficie del colector (m²)

$F'_r(\tau\alpha)$: Factor de eficacia corregida del captador:

$$F'_r(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha) \cdot \left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n} \right] \cdot F_{ci}$$

Siendo:

$F_r(\tau\alpha)$: Factor de eficiencia óptica del captador

$\left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}\right]$: Modificador del ángulo de incidencia

F_{ci} : Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador

N : Número de días/mes.

R_1 : Radiación diaria media mensual (kJ/m^2)

$$R_1 = R_2 \cdot N \cdot F_T$$

Siendo:

R_2 : Radiación solar horizontal (J).

N : Número de días computables de ese mes.

F_T : Factor de corrección:

$$F_T = K \cdot f_{\text{Orientación}} \cdot f_{\text{Sombras}}$$

5.1.4.1.3 DETERMINACIÓN DE LA ENERGÍA PERDIDA EN EL COLECTOR:

Para calcular la energía que se desaprovecha por colector se emplea la siguiente ecuación:

$$E_p = S_C \cdot F'_R U_L \cdot (100 - t_n) \cdot \Delta_t \cdot K_1 \cdot K_2$$

Siendo:

S_C : Superficie útil del captador (m^2)

$F'_R U_L$: Coeficiente global de pérdidas

t_n : Temperatura media mensual ($^{\circ}\text{C}$)

Δ_t : Periodo de tiempo, considerando que funciona las 24h/día

K_1 : Factor de corrección derivado del almacenamiento

K_2 : Factor de corrección para el agua caliente. Se relaciona la temperatura mínima de ésta con el agua de la red usada y también la temperatura media mensual del ambiente.

5.1.4.1.4 CÁLCULO DE LA GANANCIA TOTAL.

A partir de ahora se relacionan los valores obtenidos en los apartados anteriores.

La ganancia del colector D1 o energía solar útil relaciona la energía absorbida por el colector y la carga calorífica durante un mes:

$$D_1 = \frac{E_a}{Q_a}$$

5.1.4.1.5 CÁLCULO DE PÉRDIDAS TOTALES.

Lo mismo ocurre con las pérdidas derivadas de la reflexión solar:

$$D_2 = \frac{E_p}{Q_a}$$

5.1.4.1.6 GRÁFICA DE F.

En este momento ya se dispone de todas las variables para confeccionar la gráfica de f:

$$f = 1,029 \cdot D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 \cdot D_1^3$$

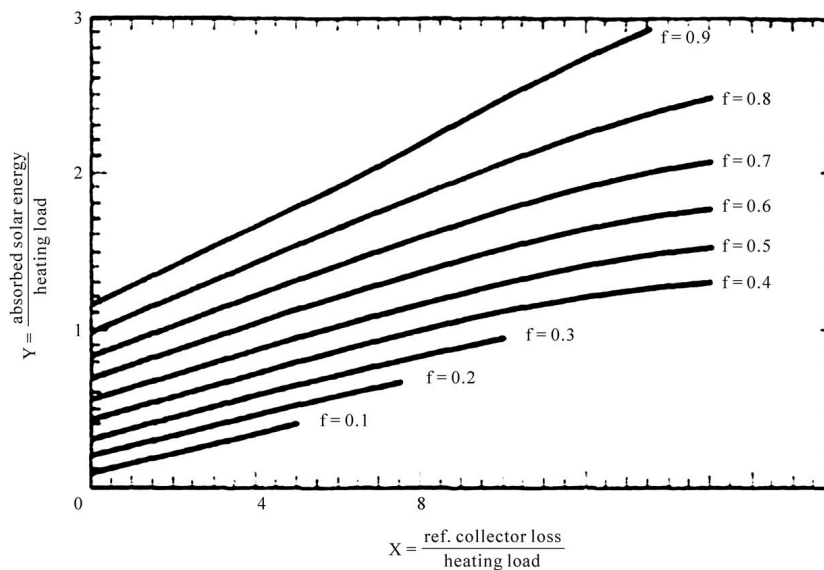


Figura 5-10: Ejemplo de gráfica de curvas de f. www.ijser.org

5.1.4.1.7 DETERMINACIÓN DE COBERTURA SOLAR MENSUAL

Para obtener la energía útil en un mes se emplea la siguiente fórmula:

$$Q_m = f \cdot Q_a$$

5.1.4.1.8 DETERMINACIÓN DE COBERTURA SOLAR ANUAL

La cobertura solar anual será la relación entre el sumatorio de las coberturas solares y el sumatorio de las demandas caloríficas:

$$\text{Cobertura Solar Anual} = \frac{\sum_1^{12} Q_m}{\sum_1^{12} Q_a}$$

5.1.4.2 DATOS OBTENIDOS

Tras introducir todos los datos que la hoja de Excel demanda e iterar en el número de colectores hasta conseguir que toda la demanda de calefacción y ACS quede cubierta, el resultado es el siguiente (procedimiento detallado en ANEXO IV):

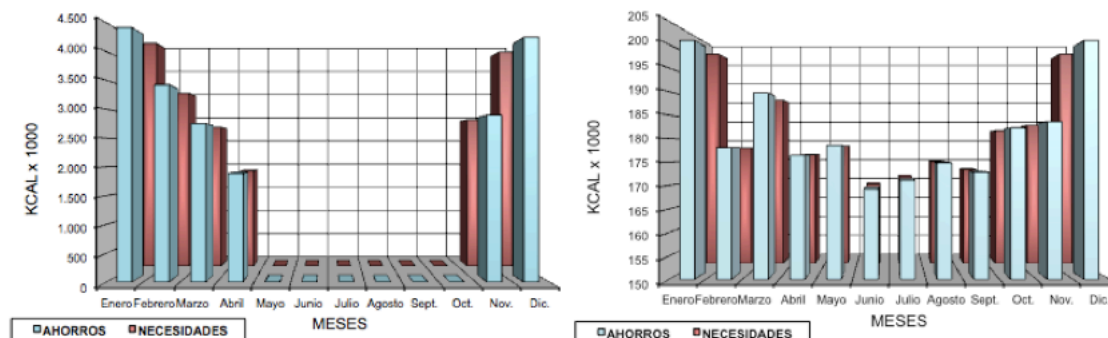


Figura 5-11: Gráfico Ahorro-Necesidades de Calefacción y de ACS para la vivienda (Fuente: Excel F-Chart)

Nº colectores total = 31 (demanda de calefacción) + 2 (demanda de ACS) = 33

Volumen de acumulación total ≈ 8177 l

El número de colectores y el volumen de acumulación son de tal magnitud ya que se pretende cubrir el 100% de la demanda térmicas de calefacción y de ACS, lo cual es un caso muy poco habitual.

5.1.4.3 CONCLUSIONES

Con los datos obtenidos, resultaría imposible instalar esa cantidad de colectores en el tejado de la vivienda teniendo que plantear una instalación en el suelo. Al tratarse de una vivienda aislada de cualquier interferencia solar constructiva/natural no habría problemas de pérdidas por sombras si se sitúa a la suficiente distancia de la vivienda o al sur de ésta.

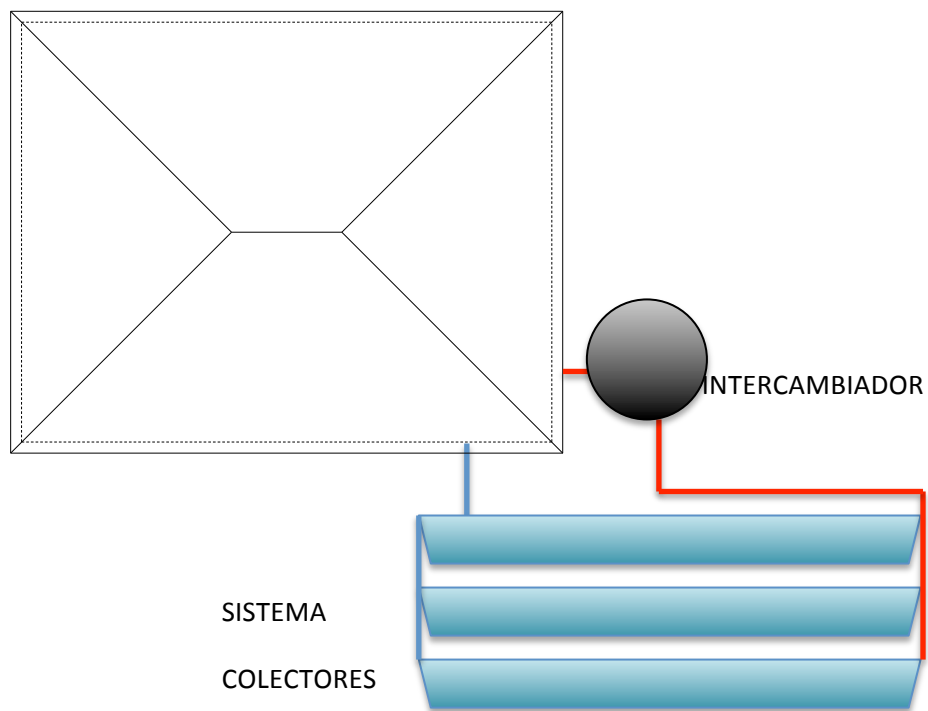


Figura 5-12: Esquema de la instalación de 33 colectores en el suelo

5.1.5 COMPONENTES EMPLEADOS

5.1.5.1 COLECTORES DE TUBO DE VACÍO

Tras plantear una comparativa de colectores de tubos de vacío presente en el ANEXO V se opta por el modelo AC-30 de BAXI.



Figura 5-13: Colectores SC-20 y SC-30 de tubos de vacío (Fuente: Catálogo BAXI)

En un principio se habían concebido los 33 colectores 3 en bancadas de 11, sin embargo, en las instrucciones de montaje de los mismos se establece una conexión en serie máxima de 120 tubos, y, por tanto, será de 4 colectores (30 tubos de vacío por colector, 120 por batería de colectores en serie) teniendo que realizar una conexión en paralelo de 8 grupos de 4 colectores dejando uno aislado (se podrá dejar descubierto para cubrir las necesidades de ACS en los meses cálidos tapando el resto):

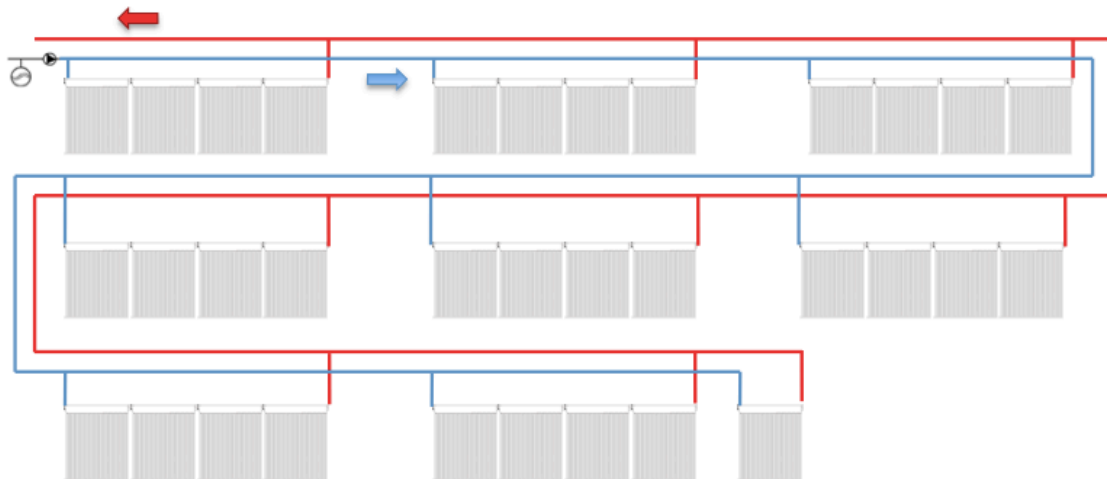


Figura 5-13: Esquema de la disposición de los colectores

Este nuevo diseño condicionará las pérdidas de carga y el volumen del vaso de expansión en el circuito primario calculadas en el ANEXO V.

5.1.5.1.1 DISTANCIA ENTRE LAS BATERÍAS DE COLECTORES

Según el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura del IDAE la distancia entre la proyección horizontal de los colectores ha ser mayor o igual que el cociente entre la altura y la diferencia entre la tangente de 61° y la latitud. Este valor adimensional se equipara a k.

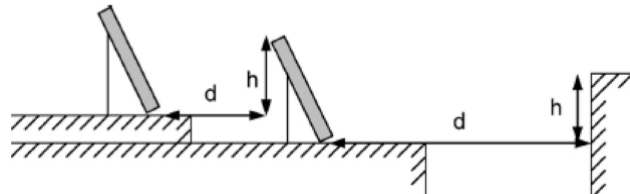


Figura 5-14: Distancia entre colectores (Fuente: PCT Instalaciones de Baja Temperatura)

$$d \geq \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{Latitud})} = h \cdot k$$

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,600	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Para calcular la h se obtienen las medidas del colector:

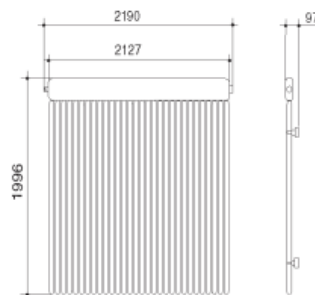


Figura 5-15: Dimensiones colector (Fuente: Catálogo BAXI)

La h será equivalente a la longitud del colector (1,996 m) multiplicado por el seno del ángulo óptimo (51°):

$$h = \sin 51 \cdot 1,996 = 1,34 \text{ m}$$

$$d \geq 1,34 \cdot 2,747 = \mathbf{3,68 \text{ m}}$$

La distancia entre las bases de las 3 baterías de 11 colectores será esa distancia más la proyección horizontal del colector:

$$P_h = \cos 51 \cdot 1,996 = \mathbf{1,48\ m}$$

Por tanto:

$$\text{Distancia entre colectores} = 3,68\ m + 1,48\ m = \mathbf{5,16\ m}$$

Este dato será útil para la estimación de la tubería necesaria en el apartado económico.

5.1.5.2 DEPÓSITOS INTERCAMBIADORES

Para el dimensionado de los interacumuladores se emplea el valor de volumen de acumulación para la instalación proyectada calculado mediante la hoja Excel F-CHART del ANEXO IV:

Número de colectores:	31	Número de colectores:	2
Area colectores [m ²]:	100,07	Area colectores [m ²]:	6,46
Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	51	Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	40
Volumen de acumulación [L]:	8.005	Volumen de acumulación [L]:	172
Emisiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	6186,6	Emisiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	686,8

Tabla 5-1: Datos de salida de excel F-CHART para Calefacción y ACS (Fuente: Excel F-Chart)

Al tratarse de un gran volumen de acumulación (8177 l) se opta por dos depósitos modelo ASA-4000-1 y ASA-5000-1 de BAXI con un serpentín dispuestos en paralelo.

5.1.5.3 INTERACUMULADOR A.C.S.

Se escoge un acumulador con un serpentín de la misma capacidad que el precedente: 150l. El modelo elegido es OMICRON 150 de Biosan.



Figura 5-16: Omicron 150 (Fuente: Catálogo Biosan)

5.1.5.4 VASO DE EXPANSIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO

El vaso de expansión es un elemento de seguridad presente en los circuitos de calefacción cuyo objetivo es el de absorber sobrepresiones derivadas de la dilatación del fluido caloportador en situaciones de aumento de la temperatura. Su funcionamiento es puramente mecánico sirviéndose de una presión ajena al circuito para regular la presión de este. Existen dos tipos de vasos de expansión: abierto y cerrado.

El abierto, ya en desuso, ha de estar situado en la parte más alta de la instalación. Tiene el inconveniente del incremento de material para situarlo en esa posición y la dificultad en el montaje frente a los cerrados, que se disponen en el cuarto de calderas.

El cerrado tiene dos entornos interiores separados por una membrana elástica. Uno de ellos se conecta con el circuito de la calefacción y el otro contiene aire o gas inerte a la presión de trabajo. El funcionamiento es muy simple tal y como viene reflejado en la siguiente figura:

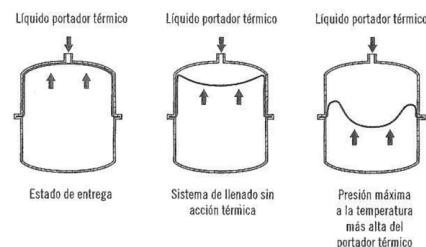


Figura 5-17: Funcionamiento de un Vaso de Expansión Cerrado (Fuente: www.saincal.com)

El fluido caloportador ejerce una presión sobre la membrana que la sitúa en una posición de equilibrio en la que ambos lados compensan su influencia sobre esta. En una situación de dilatación del fluido es la compresión del aire la que la compensa para evitar una sobrepresión en las tuberías.

En el ANEXO V se detalla el método de cálculo para obtener el volumen del vaso de expansión necesario en la instalación a estudio mediante una hoja Excel en la que se introducen los parámetros del circuito primario y los del secundario (longitud y geometría desglosada del circuito hidráulico, elementos de unión, valvulería, volumen de los elementos empleados, presiones de trabajo, diferencia de alturas, coeficientes de expansión del fluido caloportador...) para obtener los valores de volumen del vaso de expansión y pérdida de carga (dato necesario, junto con el caudal para dimensionar la bomba).

El volumen del vaso de expansión se obtiene mediante el producto del coeficiente de presión, el coeficiente de dilatación del fluido caloportador y el volumen del circuito y la pérdida de carga como la suma de pérdidas de carga en tuberías, valvulería, serpentín y colectores.

Dicha hoja de cálculo devuelve el siguiente resultado:

Vaso de expansión cerrado con membrana: **144,7 litros**

Por tanto se escogerá un vaso de expansión de 150 l. Tras realizar una comparativa de productos se opta por el modelo **GERCE 150 de ELBI**.



Figura 5-18: Vasos de Expansión GERCE (Fuente: Catálogo ELBI)

5.1.5.5 BOMBA DE RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO

La bomba de recirculación ha de compensar las pérdidas de carga totales presentes en el circuito primario (pérdidas en tuberías, codos, válvulas, colectores, serpentín... e incrementos de altura) y proporcionar un caudal de fluido caloportador para el funcionamiento óptimo de la instalación.

Para dimensionar la bomba del circuito primario, se emplea la misma hoja de cálculo Excel, en este caso se obtiene la pérdida de carga total en mm de columna de agua. Este es el dato, junto con el caudal necesario con el que se elegirá la bomba. Los datos a introducir en dicha hoja Excel son los siguientes vienen detallados en el ANEXO V.

La pérdida de carga a compensar por la bomba calculada será de **3144 mm.c.a.**

Tras consultar varios catálogos se escoge la bomba de circulación Grundfos UPS 25-55:



Figura 5-19: Bomba de circulación Grundfos UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

Los datos técnicos de la bomba vienen reflejados en el ANEXO V.

Según el RITE, *'En instalaciones superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.'*

Por tanto, en el caso a estudio, se incluyen **dos bombas modelo UPS 25-55 de GRUNDFOS**.

5.1.5.6 VASO EXPANSIÓN CIRCUITO SECUNDARIO

Para dimensionar el vaso de expansión en el circuito secundario, se empleará la siguiente fórmula:

$$V_{vaso\ exp} = V_{instalación} \cdot C_d \cdot C_p$$

Siendo:

C_p = coeficiente de presión = (válvula seguridad) = 2,10

C_d = coeficiente de dilatación del fluido caloportador

$V_{instalación}$ = Volumen del circuito secundario

En el ANEXO V se detallan todos los cálculos realizados.

$$V_{vaso\ exp} = V_{instalación} \cdot C_d \cdot C_p$$

$$V_{vaso\ exp} = 9095\ l \cdot 0,0262 \cdot 2,10 \approx 500\ l$$

Atendiendo a esta necesidad se escoge el modelo **GERCE 500 de ELBI**.



Figura 5-20: Modelo GERCE (Fuente: Catálogo ELBI)

5.1.5.7 BOMBA CIRCUITO SECUNDARIO

La bomba de la actual instalación será reutilizada en todos los casos planteados ya que está dimensionada para el circuito actual cuyas pérdidas de carga permanecerán constantes.

5.1.6 CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA CON CE3X

Empleando la misma configuración de la vivienda y añadiendo unas aportaciones del 100% de energía solar la calificación pasa de una F a una A. Se puede comprobar que las demandas permanecen intactas, lo que varía son las emisiones derivadas de la calefacción y de ACS.

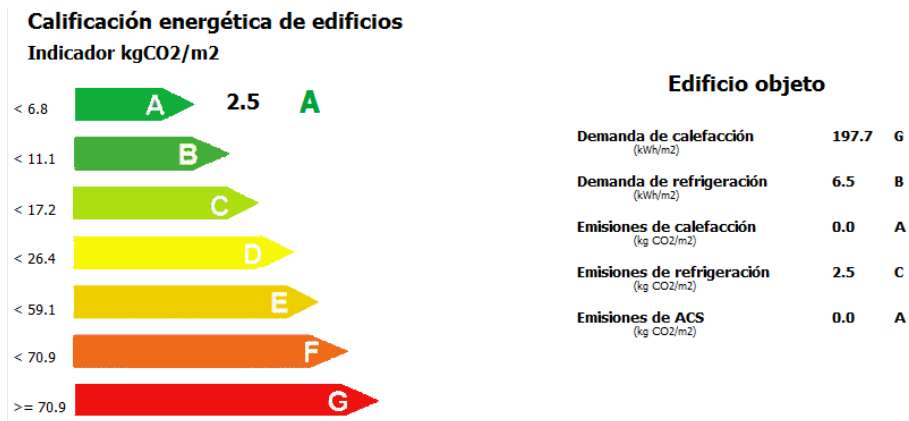


Figura 5-21: Calificación energética de la instalación solar (Fuente: CE3X)

5.2 CASO2: CALDERA PROPANO ACTUAL CON APOYO SOLAR

5.2.1 GENERALIDADES

Para realizar el estudio de apoyo solar a la caldera de propano se eligen dos casos extremos ya calculados (sólo solar y sólo propano) y se plantean 9 situaciones intermedias en las que:

- El porcentaje de apoyo solar en calefacción varía en múltiplos de 10 aproximadamente.
- Se asume el empleo de un colector para ACS. Este proporciona un 95% de las necesidades energéticas anuales de agua caliente en la vivienda, el 5% restante es cubierto por los otros colectores de la instalación.

El objetivo de esta sección es comprobar cómo afecta la proporción de energía solar al presupuesto, a la calificación energética y elegir la más idónea.

5.2.2 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

El planteamiento de la instalación consiste en el mantenimiento de la caldera actual, la retirada del depósito de agua caliente, y el apoyo solar térmico elevando la temperatura de entrada a la caldera mediante el paso previo por un serpentines en el caso de ACS instalados en el depósito acumulador del circuito primario y por el propio depósito en el caso de la calefacción. Será necesaria la instalación de un dispositivo electrónico de control que, mediante termopares situados a las salidas del interacumulador, en la salida de los colectores y en la planta habitable de la vivienda gestionarán el accionamiento de las bombas de recirculación de la instalación solar y del circuito de calefacción.

ACS - El agua proveniente de la red que abastecía directamente la caldera a la temperatura de entrada en la vivienda ahora es precalentada a su paso por el serpentín del interacumulador de la instalación solar disminuyendo el aporte energético que ha de hacer la caldera. Se contará con un único colector que aporta un total del 95% de la demanda.

Calefacción – En el caso de la calefacción, el agua que recibe la caldera proviene del acumulador partiendo de una temperatura elevada respecto a la de la vuelta del circuito secundario. De este modo solo se accionará el calentador cuando la su temperatura de entrada desde el interacumulador sea inferior a la estipulada, generalmente 80º.

Como en los casos anteriores se provee al circuito primario de bomba de recirculación y vaso de expansión y al secundario sólo vaso de expansión reutilizando la bomba de la instalación actual.

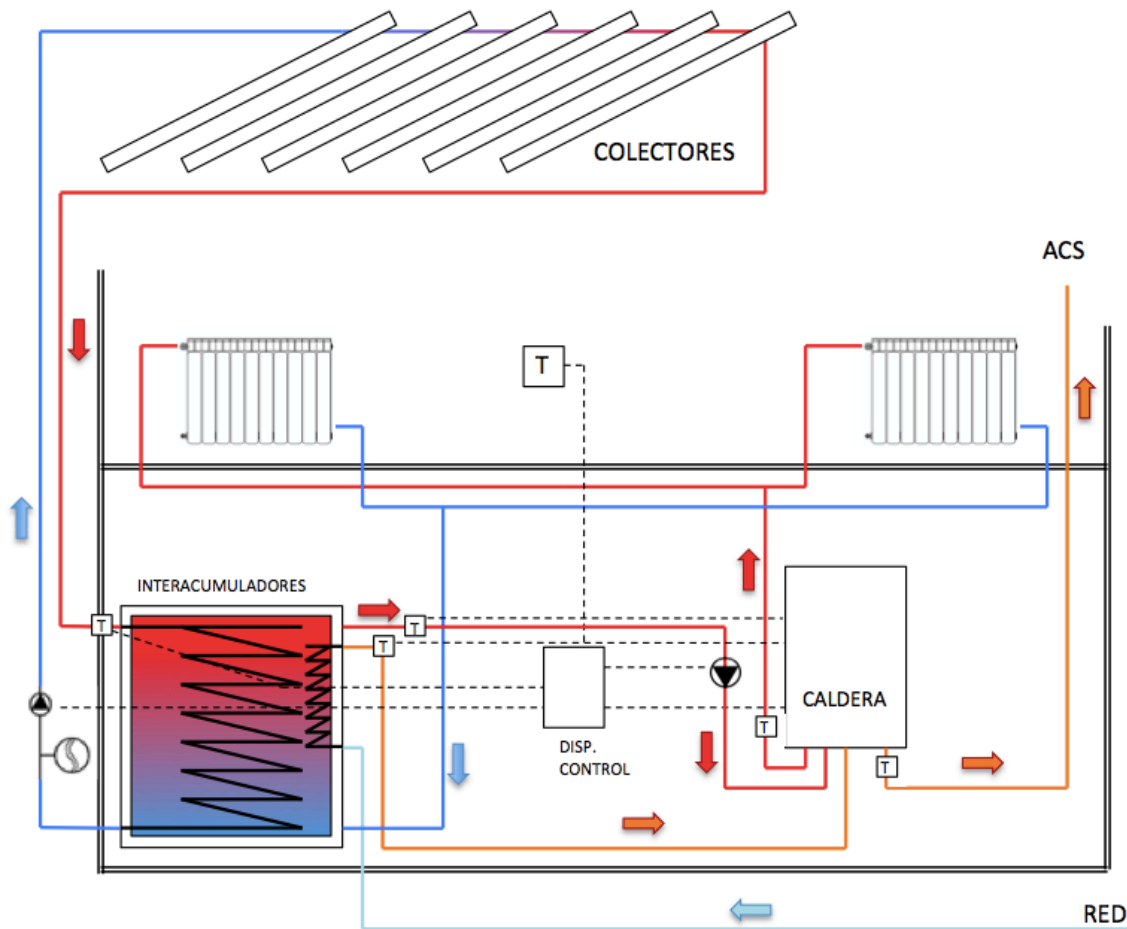


Figura 5-22: Esquema de la instalación de propano con apoyo solar

5.2.3 DIMENSIONADO INSTALACIÓN

Mediante F-Chart, utilizando la hoja de Excel empleada en el anterior caso, y empleando la misma metodología se determinan la cantidad de colectores necesarios para cada uno de los casos planteados.

Se asume un colector destinado a cubrir la demanda de ACS para simplificar el estudio variando únicamente el número de colectores destinados a la demanda calefacción. Mediante la hoja de cálculo del método F-chart se calcula que dicho colector cubrirá un 95% de la demanda térmica.

Una vez extraídos los datos del porcentaje de aportación exacto, se utiliza el programa CE3X para realizar la certificación energética. El método empleado ha sido iterativo, se disminuye el número de colectores hasta llegar a un ahorro anual lo más cercano al deseado. La tabla de valores obtenidos en cuanto a nº de colectores, porcentaje solar, ahorros, excedentes y volumen de acumulación es la siguiente:

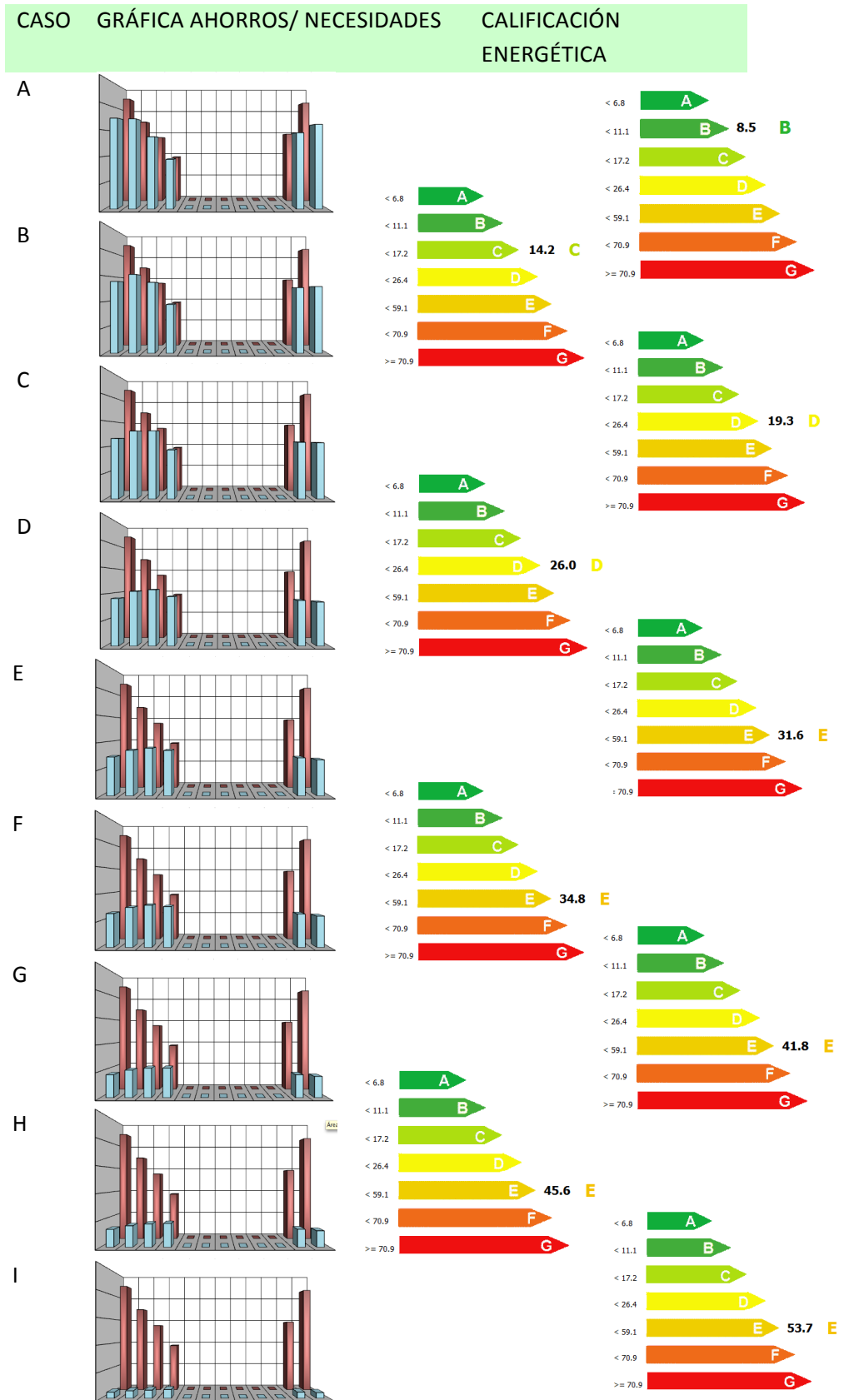


Tabla 5-3: Calificación energética de los 9 casos a estudio (Fuentes: Excel F-Chart, CE3X)

Como era previsible, a mayor porcentaje solar, mayor ahorro energético y, por tanto, menor contaminación anual y mejor calificación energética. El siguiente paso, este en el apartado económico, será comprobar en qué medida se incrementa el presupuesto de la instalación al aumentar el número de colectores y si ese incremento justifica, desde un punto de vista económico, el ahorro anual.

5.3 CASO3: CALDERA BIOMASA

5.3.1 GENERALIDADES

La última solución planteada es la de sustituir la actual caldera de propano y depósito de agua caliente por una caldera de biomasa y un intercambiador. Dicho intercambiador es necesario ya que, a diferencia de la caldera anterior que, al ser mixta, tiene dos salidas a diferente temperatura (ACS y calefacción), la propuesta a continuación sólo tiene una. Por lo tanto, de esa salida se obtiene la energía para ambas necesidades.

5.3.2 BIOMASA: VENTAJAS E INCONVENIENTES

Los sistemas térmicos que utilizan como combustible la biomasa mantienen equilibrio de CO₂ con el medio ambiente (el que se produce en su combustión es equiparable al absorbido durante la vida del vegetal del que proviene), no generan olor y no tienen el riesgo de deflagración o escapes peligrosos propio de los sistemas de gas. Además, la emisión de nitrógeno, azufre y cloro es menor a la de los combustibles sólidos.

Al implantarse desde hace poco tiempo se emplean tecnologías como el encendido/apagado electrónico o la limpieza del depósito automática limitándose el usuario a vaciar las cenizas, tarea poco frecuente ya que, como se explica en 'Biomasa: edificios' del IDAE, su volumen frente al combustible consumido es de en torno al 1%.

Las calderas de biomasa poseen un elevado rendimiento energético (85%-92%), son silenciosas frente a las de gas ya que no requieren de un quemador con aire a presión y tienen una larga vida útil por su resistencia al desgaste.

Como inconveniente se podría citar la necesidad de un espacio habilitado para el combustible (salvo el gas natural todos los sistemas también tienen este problema) y la falta de una industria de distribución establecida por el momento.

Otro problema es el de las emisiones de SO₂ (responsable de la lluvia ácida), cuyos valores son similares a los de los combustibles sólidos además de otras partículas emitidas de valor superior. A pesar de ello, y tal como se demuestra en la siguiente tabla, el computo total es favorable a la biomasa frente a gasóleo o gas natural.

	Emisiones-año del ciclo de vida		
	Gasóleo de calefacción	Gas natural	Astilla de madera y pelets
CO (kg)	35	90	20
SO ₂ (kg)	205	20	48
CO ₂ (t)	195	160	15
Partículas (kg)	20	10	30

Tabla 5-4: Emisiones/año del ciclo de vida según combustible (Fuente: Guía Práctica Sistemas de Calefacción con Biomasa)

Estos datos no provienen únicamente de la combustión, hay que añadir las emisiones derivadas del proceso de fabricación y del transporte.

En el RITE (agosto 2007) se publicó la primera normativa al respecto de la calidad de los biocombustibles sólidos y es AENOR la que lidera el desarrollo de una norma de calidad de estos en línea con la UE.

El ahorro económico en viviendas unifamiliares, calefacciones centralizadas o redes de calefacción frente al consumo de combustibles fósiles puede ser mayor (en el proyecto actual se demostrará) del 10% dependiendo del tipo de combustibles renovables y de los combustibles sólidos que sustituyen.

Según el plan de energías renovables 2005-2010, la biomasa evita las siguientes toneladas de CO₂ y genera los siguientes puestos de trabajo:

Emisiones y generación de empleo	t CO ₂
Emisiones de CO ₂ evitadas (Biomasa eléctrica)	7.364.191
Emisiones de CO ₂ evitadas (Biomasa térmica)	1.788.326
	Personas-año
Generación de empleo (Biomasa eléctrica)	39.816
Generación de empleo (Biomasa térmica)	17.277

Tabla 5-5: Emisiones y generación de empleo (Fuente: Biomasa: edificios. IDAE)

Estos puestos de trabajo generados están situados en su mayor parte en las zonas de producción de biomasa, generalmente entornos rurales y por tanto dinamizan dichas zonas evitando el abandono demográfico de muchas de ellas.

Supone un nuevo mercado para un sector tan precario como el agrícola aportando una nueva fuente de ingresos independiente de la de la alimentación, el sector papelerero, el mueble... Incluso los excedentes pueden ser reutilizados como biocombustible.

Se da otra ventaja que afecta a la economía del país que es la independencia de la importación de combustible que se da en los combustibles sólidos.

5.3.3 COMBUSTIBLES EMPLEADOS

Una de las ventajas de los combustibles en la biomasa es su heterogeneidad: astillas, pellets, serrín, corteza, huesos de aceituna, cáscaras de frutos secos (almendra, piñón,...), poda de vid, poda de olivo... De este modo cada región puede adaptar su demanda de biomasa a su producción autóctona abaratando de este modo el transporte.

5.3.4 ESQUEMA INSTALACIÓN

Se establecerán pues dos circuitos, el primero tiene como objetivo climatizar la vivienda mediante la circulación de agua caliente por el circuito de emisores térmicos presente en la vivienda y el segundo el mantenimiento del depósito del interacumulador a una temperatura de 60º destinado a ACS.

También será necesaria la incorporación de un dispositivo de control electrónico que gestione la apertura o cierre de las electroválvulas, la activación de la bomba de recirculación en ACS y la activación de la caldera. Todo ello se programará en base a las temperaturas recogidas por los termopares de ambiente en la casa y de temperatura de salida de ACS y su diferencia con las estipuladas.

Como el incremento en el volumen del circuito y su modificación morfológica son despreciables, se mantendrán la bomba de recirculación y el vaso de expansión presentes en la actual instalación.

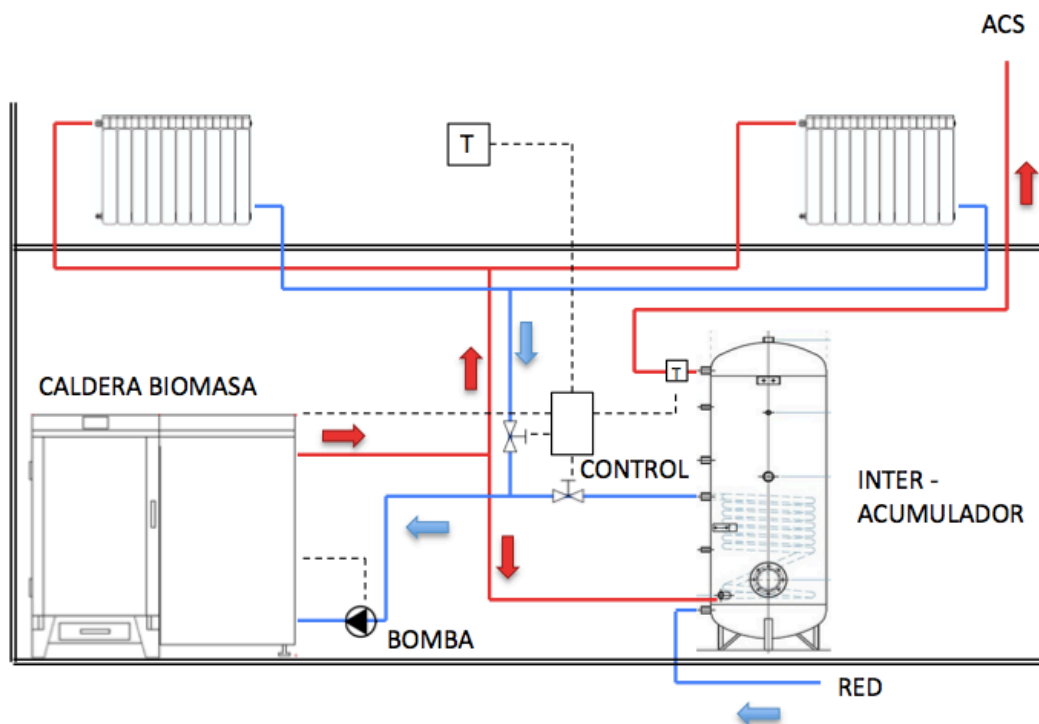


Figura 5-24: Esquema de la instalación de biomasa

5.3.5 ELECCIÓN DE LOS PRINCIPALES COMPONENTES

Al igual que en los ejemplos anteriores, no se detallarán elementos habituales en una instalación de este tipo como válvulas (de compuerta, anti-retorno, de seguridad...), manómetros, purgadores, depósito de expansión, etc... En el apartado económico, se estimarán los costes mediante porcentaje del total en materiales de la instalación.

5.3.5.1 CALDERA

Se elige una caldera BIOSAN CALDERA DE BIOMASA POLICOMBUSTIBLE modelo GG35K 3205 de 31,4 kW de potencia nominal, ya que es la que mejor se adapta al consumo estimado de calefacción y ACS calculado en el ANEXO II y III (32 kW).

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS GG35K Y GG55K			
Potencia nominal	31.4 kW	Diámetro salida humos	150 mm
Rendimiento	89.75%	Alimentación eléctrica	230 V 50 Hz
Rango modulación	9 - 31 kW	Potencia resistencia arranque	600 W
Presión max trabajo	2 bar	Potencia motor reductor alimentación	370 W
Presión min trabajo	1 bar	Potencia ventilador primario	71 W
Temperatura max trabajo	85 °C	Caudal ventilador min/max	38-190 m3/h
Temperatura min trabajo	50 °C	Diámetro ida calefacción	1 pulgada
Consumo medio max carga	6.5 - 7 kg/h	Diámetro retorno calefacción	1 pulgada
Volumen de agua cuerpo	110 l	Diámetro vaciado	3/4 pulgada
Capacidad depósito combustible	197 l	Emisiones de CO	1190 ppm
Granulometría máxima admisible	8 mm	Temperatura humos	228.7 °C
Nivel sonoro	58 dB	Distancia mín envolvente seguridad	1.4 m
Altura min chimenea	6 m		

Figura 5-25: Ficha técnica Caldera Biosan GG35K 3205 (Fuente: Catálogo Biosan)

Queda 0,6 kW por debajo de la calculada, aunque en ese cálculo no se ha tenido en cuenta el aporte calórico de la chimenea, empleada de un modo puntual en los meses más fríos.



Figura 5-26: Caldera BIOSAN GG35K 3205 (Fuente: Catálogo Biosan)

5.3.5.2 INTERACUMULADOR DE ACS

Para el interacumulador se opta por la SERIE OMICRON DE BIOSAN (PARA ACS) DE 150 L. De este modo se mantiene el volumen de acumulación existente en la anterior instalación contando ahora con un serpentín, que será el encargado de proporcionar energía calorífica dentro del depósito.

Depósito											
Litros	1	2	3	4	5	RS	AS	FL	AF	AC	H
150	424	724	804	674	754	254	634	370	194	880	1045
Serpentines solares											
Altura con aislamiento de 100 mm	D1	D2	Inclinación sin aislamiento	Inclinación con aislamiento rígido	Temperatura máxima de ejercicio (C°)	Presión máxima de ejercicio (Bar)	Serpentín m ²	Capacidad (L)	Presión máxima de ejercicio (Bar)	Peso (Kg)	
-	500	600	1080	1210	95 C°	8	0,6	4,0	10 bar	68	

Figura 5-27: Ficha Técnica Interacumulador Omicron 150 I (Fuente: Catálogo Biosan)

5.3.6 AUTONOMÍA DE LA CALDERA CON LOS DISTINTOS COMBUSTIBLES

A continuación se calcula la autonomía de los diversos combustibles que se pueden emplear contando con los siguientes datos extraídos de la ficha técnica:

Vol. Depósito = 197 l = 0,197 m³

Consumo medio máximo de carga = 6,75 kg/h

La autonomía se obtiene como el cociente de la capacidad en kg de combustible del depósito entre el consumo medio máximo de carga en kg/h. El resultado de la autonomía en los tres casos es el siguiente:

	Densidad (kg/m ³)	Capacidad (kg)	Autonomía
PELLETS	660	130,02	19,26 h
HUESO AC.	650	128,05	19 h
ASTILLAS	350	68,95	10,21 h

Tabla 5-6: Autonomía de la caldera para diversos combustibles

5.3.6.1 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Como en todos los sistemas planteados el último paso será el cálculo de la calificación energética mediante la introducción de los datos de la nueva caldera de biomasa en el software CE3X en lugar de la preexistente de propano. El resultado es el mismo que en el caso de aportación 100% solar: 2,5 kgCO₂/m², letra A.



Figura 5-28: Calificación energética de la vivienda con sistema de Biomasa (Fuente: CE3X)

6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS INSTALACIONES

6.1 INSTALACIÓN ACTUAL DE PROPANO

Se procede a calcular el coste anual derivado del gasto en propano para satisfacer las necesidades térmicas de la vivienda.

6.1.1 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

A continuación se realiza una estimación anual del gasto en propano con el actual sistema de calefacción y ACS. Para ello, se extrae de la calificación energética el valor de la demanda de calefacción. Al haber introducido en el CE3X una caldera mixta, este incluye en la demanda de calefacción la de ACS. En nuestro caso será:

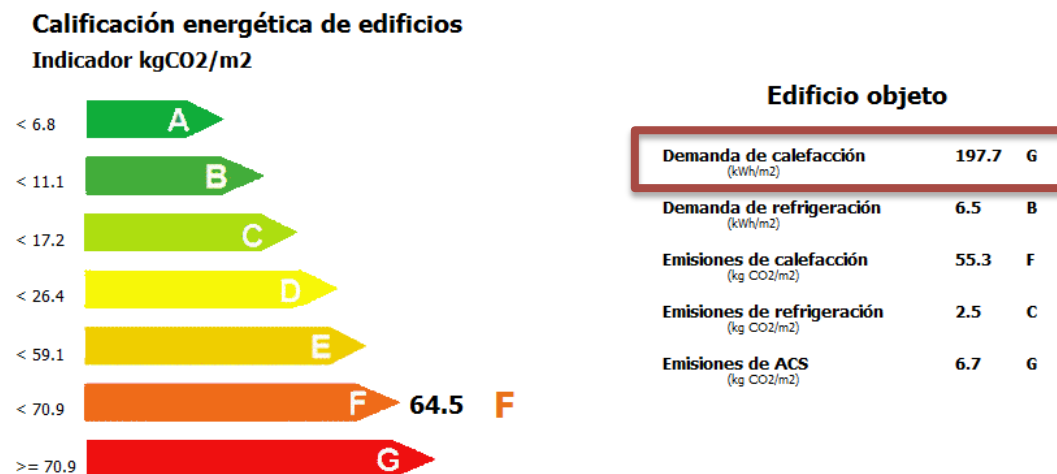


Figura 6-1: Certificación energética de la vivienda a estudio (Fuente: CE3X)

La demanda de Calefacción es de 197,7 kWh/m².

Dado que es un valor por unidad de superficie, se multiplica por la superficie útil de la primera planta de la vivienda, 160,26 m²:

$$197,7 \text{ kWh/m}^2 \times 160,26 \text{ m}^2 = 31 \text{ 683,4 kWh}$$

Con el fin de estimar una cantidad anual consumida de propano se obtiene su poder calorífico inferior:

Combustible	PCI	PCS
Gasóleo	9,98 kWh/l	10,18 kWh/l
Gas natural	8,18 kWh/m ³	9,02 kWh/m ³
Butano	12,78 kWh/kg	13,86 kWh/kg
Propano	12,93 kWh/kg	14,08 kWh/kg
Pellets	5,23 kWh/kg	5,81 kWh/kg

Tabla 6-1: Poder calorífico superior e inferior de diversos combustibles (Fuente: Petromercado.com)

Se necesita también conocer el valor del rendimiento sobre el PCI (poder calorífico inferior) para calcular el poder calorífico real en la caldera a estudio:

		ISOFAST C 28 E	ISOFAST F 28 E	ISOFAST C 35 E	ISOFAST F 35 E
Potencia útil en calefacción	ajustable de... (kW)	10.1	10.7	11.6	12
	a... (kW)	27.6	27.6	34.8	34.6
Rendimiento sobre el P.C.I.	%	90	91	90	92

Tabla 6-2: Características técnicas de la caldera. Rendimiento sobre el PCI (Fuente: Catálogo Saunier Duval)

La caldera tiene un rendimiento sobre el pci del 90%, y el propano un poder calorífico de 12,93 kWh/kg por tanto:

$$12,93 \text{ kWh/kg} \cdot 0,9 = 11,637 \text{ kWh/kg}$$

Por tanto, el consumo anual de propano según el calculo obtenido a través del programa CE3X sería:

$$\frac{31\,683.4 \text{ kWh}}{11,637 \text{ kWh/kg}} = 2\,725 \text{ kg}$$

Ahora se calcula el valor total anual en euros mediante el empleo del coste por kilogramo en Repsol:

VENTA NO DOMICILIARIA (IVA Incluido)

DENOMINACIÓN	PRECIO (Euros)	PRECIO INFORMATIVO (Pts)	OBSERVACIONES
BOMBONA DOMESTICA BUTANO (12.5 KG.)	14,11	2348	EL PRECIO ENTRO EN VIGOR A LAS 0 HORAS DEL DIA 19 DE MAYO DE 2015. SE APLICA EL IMPUESTO DE HIDROCARBUROS (IH) 0,1875 EUROS
BOMBONA DOMESTICA PROPANO (11 KG.)	12,42	2067	EL PRECIO ENTRO EN VIGOR A LAS 0 HORAS DEL DIA 19 DE MAYO DE 2015. SE APLICA EL IMPUESTO DE HIDROCARBUROS (IH) 0,165 EUROS
BOMBONA INDUSTRIAL PROPANO (35 KG.)	53,90	8968	EL PRECIO ENTRO EN VIGOR A LAS 0 HORAS DEL DIA 5 DE JUNIO DE 2015. SE APLICA EL IMPUESTO DE HIDROCARBUROS (IEH) 0,53 EUROS.

Tabla 6-3: Precios de venta de venta de Propano y Butano (Fuente: Repsol.com)

Coste del propano por kg:

$$\frac{53,9 \text{ €}}{35 \text{ kg}} = 1,54 \text{ €/kg}$$

$$\text{Coste anual} = 1,54 \text{ €/kg} \cdot 2725 \text{ kg} = 4196 \text{ €}$$

El coste mensual de la calefacción en la vivienda será de:

$$\frac{4196 \text{ €/año}}{12 \text{ meses/año}} = 350 \text{ €/mes}$$

Teniendo en cuenta que la cuota de alquiler actual de la vivienda es de 800 €, y el coste medio mensual de la calefacción es de 350 € se concluye que **con la caldera de propano actual se invierte en calefacción una cantidad equivalente al 43,75% de la cuota de alquiler.**

Respecto al mantenimiento, en este caso y en los posteriores se asume un gasto similar y dicho valor no se tendrá en cuenta en las comparativas.

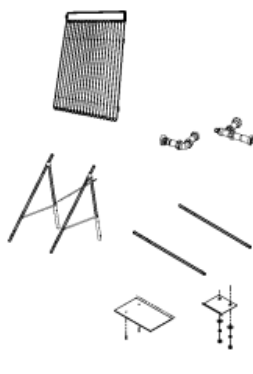
6.2 CASO1: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA 100%

6.2.1 DESGLOSE INVERSIÓN

Se acude al catálogo del fabricante y a distribuidores para comprobar los precios de los principales elementos de la instalación: colectores, interacumuladores, bomba de circulación y vasos de expansión. El resto de la inversión se estima como un porcentaje de la inversión de los principales materiales.

6.2.1.1 SISTEMA DE COLECTORES

En el catálogo de BAXI se incluyen precios recomendados:



Referencia	Modelo	Euros
144808000	Colector solar de tubos de vacío AR 20	1.751,00
144808001	Colector solar de tubos de vacío AR 30	2.627,00
Accesorios de conexión AR		
144940082	Conexión hidráulica CH-AR para el colector de tubos de vacío gama AR	62,00
Soportes sujeción colectores AR		
144940077	Soporte cubierta plana SCP-AR para un colector gama AR	335,00
144940078	Soporte de tejado ST-AR para un colector gama AR	284,00
144940079	Soporte fachada tubos verticales SFV-AR para un colector gama AR	232,00
144940080	Soporte fachada tubos horizontales SFH-AR para un colector gama AR	232,00
144940081	Kit conexión inter-colectores ICS-AR	46,40
144940083	Tubo de vacío colector gama AR (1 unidad)	93,00

Figura 6-2: Colectores solares Tubos de vacío seleccionados (Fuente: Catálogo Baxi)

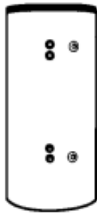
Al precio de cada colector AR 30 habrá que añadir el soporte de tejado ST-AR, conexiones hidráulicas CH-AR (2 por batería) y Kits de conexión inter-colectores ICS-AR (3 por batería de 4 colectores).

$$(2 \cdot 2627,00 + 335,00) \cdot 33 + 46,4 \cdot 24 + 62,00 \cdot 16 = 99 \cdot 851,60 \text{ € (IVA incl.)}$$

82 521 € sin IVA

6.2.1.2 ACUMULADORES CIRCUITO PRIMARIO

Como ya se justificó en el capítulo 5, se opta por la elección de dos acumuladores con serpentín de 4000l y 5000l en paralelo:



Referencia	Modelo	Euros
148112500	Depósito acumulador solar de acero ASA 800-1	1.769,00
148112501	Depósito acumulador solar de acero ASA 1000-1	1.949,00
148112502	Depósito acumulador solar de acero ASA 1500-1	3.576,00
148112503	Depósito acumulador solar de acero ASA 2000-1	3.925,00
148112504	Depósito acumulador solar de acero ASA 2500-1	4.868,00
148112505	Depósito acumulador solar de acero ASA 3000-1	5.464,00
148112506	Depósito acumulador solar de acero ASA 3500-1	5.663,00
148112507	Depósito acumulador solar de acero ASA 4000-1	7.053,00
148112508	Depósito acumulador solar de acero ASA 5000-1	8.245,00

* Acumuladores no aptos acumulación de agua caliente sanitaria
* Para depósitos ASA a partir de 2500 l la envolvente es opcional. Se deberá solicitar aparte.

Figura 6-3: Depósitos acumuladores con un serpentín seleccionados (Fuente: Catálogo Baxi)

Referencia	Modelo	Euros
148010028	Envolvente depósito acumulador 2000 litros (para exterior)	401,00
148010029	Envolvente depósito acumulador 2500 litros (para exterior)	475,00
148010030	Envolvente depósito acumulador 3000 litros (para exterior)	507,00
148010031	Envolvente depósito acumulador 3500 litros (para exterior)	518,00
148010032	Envolvente depósito acumulador 4000 litros (para exterior)	581,00
148010033	Envolvente depósito acumulador 5000 litros (para exterior)	633,00

Figura 6-4: Envoltentes para depósitos acumuladores (Fuente: Catálogo Baxi)

El volumen de acumulación calculado en la hoja de cálculo de F-Chart para el sistema planteado es de 8200 l. Se presupuestan dos depósitos con un serpentín a instalar en paralelo y se incluirán sus respectivas envolventes:

$$7\ 053,00 + 581,00 + 8\ 245,00 + 633,00 = 16\ 512,00 \text{ € (IVA incl.)}$$

13646,20 € sin IVA

6.2.1.3 INTERACUMULADOR A.C.S.

Se acude al catálogo de Grupo Biosan y se comprueba el coste sin IVA del interacumulador OMICRON 150:

470€ sin IVA

6.2.1.4 VASOS DE EXPANSIÓN

Como se argumentó en el capítulo 5 del presente proyecto se opta por el modelo GERCE 150 de ELBI para el circuito primario y para el secundario se escoge el modelo también de ELBI GERCE 500. Los precios recogidos en el catálogo de Comercial Vasco-Catalana son, respectivamente de:

715 € y 262 € sin IVA

6.2.1.5 BOMBA DEL CIRCUITO PRIMARIO

La bomba elegida es el modelo UPS 25-55 de GRUNDFOS y son necesarias dos unidades. En superdomesticos.com se encuentra el siguiente precio 175,84 € (IVA incl.) y por tanto, el coste de dos unidades sin IVA será de 290 €.

290 € sin IVA

6.2.1.6 RESTO INSTALACIÓN

El resto de los componentes utilizados (tuberías, sistema de control, termopares, juntas, codos, válvulas...) son estimados mediante un porcentaje de la suma de los materiales previamente presupuestados:

$$118312,6 \cdot 0,05 = \mathbf{5915,63 \text{ €}}$$

6.2.1.7 MANO DE OBRA

La mano de obra se estima partiendo de un coste por hora de una pareja oficial/peón de fontanería de 32 € y un total de horas para la instalación completa de 74. Por tanto:

$$32 \text{ €/h} \cdot 74 \text{ h} = \mathbf{2368 \text{ €}}$$

6.2.2 PRESUPUESTO

El presupuesto de la instalación de una sistema 100% solar térmico quedaría resumido en la siguiente tabla:

PRESUPUESTO	PRECIO (€)
33 COLECTORES BAXI AR 30 + ACCESORIOS	82 521,00
INTERACUMULADOR SERIE OMICRON (PARA ACS) 150 L	470,00
INTERACUMULADOR 5000 L + 4000 L + ENVOLVENTES. BAXI ASA 5000 y ASA 4000	13 646,20
VASOS EXPANSION GERCE 150 y GERCE 500 de ELBI	977,00
BOMBA GRUNDFOS UPS 25-55	290,00
RESTO INSTALACIÓN (5%)	4 882,11
COSTES DE INSTALACIÓN, MANO DE OBRA	2 368,00
TOTAL	102 524,31
+ IVA	126 919,70

Tabla 6-4: Presupuesto instalación 100% solar térmica

El IVA a añadir es del 21 %, ya que por ley, aunque se extiende la aplicación del tipo reducido del IVA del 10 %, a todo tipo de obras de renovación y reparación, como, por ejemplo: fontanería, electricidad, pintura, escayolistas, instalaciones y montajes.... los materiales utilizados en la obra no pueden exceder del 40 % del valor total de la obra.

El dimensionado de la instalación 100% solar, arroja datos inviables de inversión inicial. Sin embargo en el CTE se habla de cubrir el 60% de las necesidades energéticas. Por ese motivo se ha optado por plantear un sistema mixto propano-solar en el que se han estudiado distintas proporciones de aportación solar.

6.2.3 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

En la instalación solar los únicos costes tras la inversión inicial serán los de mantenimiento y como se ha expuesto en el apartado anterior, se obvian en este análisis económico.

6.3 CASO2: CALDERA PROPANO ACTUAL CON APOYO SOLAR

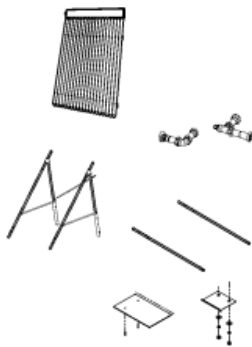
6.3.1 DESGLOSE INVERSIÓN

6.3.1.1 COLECTORES Y ACUMULADORES EN CADA CASO

En todos los ejemplos se sigue la misma metodología que en el caso anterior teniendo en cuenta las variaciones de nº de colectores (y por tanto de disposición de estos y la consiguiente variación de número de conectores necesarios) y de volumen de acumulación (se emplearán, en los casos de mayor dimensión de acumulación un depósito de inercia y otro de doble serpentín en serie. En los interacumuladores de más de 2500 litros se necesitará, además una envolvente).

Se utilizarán los siguientes precios proporcionados por el fabricante (a los que habrá que restar el iva añadido) para realizar la estimación del presupuesto:

Precio material Baxi por colector:



Referencia	Modelo	Euros
144808000	Colector solar de tubos de vacío AR 20	1.751,00
144808001	Colector solar de tubos de vacío AR 30	2.627,00
Accesorios de conexión AR		
144940082	Conexión hidráulica CH-AR para el colector de tubos de vacío gama AR	62,00
Soportes sujeción colectores AR		
144940077	Soporte cubierta plana SCP-AR para un colector gama AR	335,00
144940078	Soporte de tejado ST-AR para un colector gama AR	284,00
144940079	Soporte fachada tubos verticales SFV-AR para un colector gama AR	232,00
144940080	Soporte fachada tubos horizontales SFH-AR para un colector gama AR	232,00
144940081	Kit conexión inter-colectores ICS-AR	46,40
144940083	Tubo de vacío colector gama AR (1 unidad)	93,00

Figura 6-5: Colectores solares Tubos de Vacío seleccionados (Fuente: Catálogo Baxi)

Referencia	Modelo	Euros
148112368	Depósito acumulador solar AS 200-2 E	1.115,00
148112369	Depósito acumulador solar AS 300-2 E	1.587,00
148112370	Depósito acumulador solar AS 400-2 E	2.001,00
148112371	Depósito acumulador solar AS 500-2 E	2.210,00
148112363	Depósito acumulador solar AS 750-2 E	2.574,00
148112364	Depósito acumulador solar AS 1000-2 E	3.126,00
148112365	Depósito acumulador solar AS 1500-2 E	4.472,00

Figura 6-6: Depósitos acumuladores con dos serpentines (Fuente: Catálogo Baxi)

Referencia	Modelo	Euros
148110510	Depósito acumulador solar AS 750-IN E	1.982,00
148110511	Depósito acumulador solar AS 1000-IN E	2.564,00
148110512	Depósito acumulador solar AS 1500-IN E	3.442,00
148110305	Depósito acumulador solar AS 2000-IN E	4.617,00
148110306	Depósito acumulador solar AS 2500-IN E	5.580,00
148110307	Depósito acumulador solar AS 3000-IN E	6.138,00
148110308	Depósito acumulador solar AS 3500-IN E	6.638,00
148110309	Depósito acumulador solar AS 4000-IN E	7.781,00
148110310	Depósito acumulador solar AS 5000-IN E	9.141,00

Figura 6-7: Depósitos acumuladores sin serpentín. Depósitos de inercia (Fuente: Catálogo Baxi)

Referencia	Modelo	Euros
148010021	Envolvente depósito acumulador 2000 litros (para interior)	338,00
148010022	Envolvente depósito acumulador 2500 litros (para interior)	401,00
148010023	Envolvente depósito acumulador 3000 litros (para interior)	422,00
148010024	Envolvente depósito acumulador 3500 litros (para interior)	443,00
148010025	Envolvente depósito acumulador 4000 litros (para interior)	496,00
148010026	Envolvente depósito acumulador 5000 litros (para interior)	528,00

Figura 6-8: Envoltentes para depósitos acumuladores (Fuente: Catálogo Baxi)

El resumen de los datos calculados es el siguiente:

CASOS	COLECTORES Y ACCESORIOS		ACUMULADORES				
	Nº	Precio TOTAL (€)	Volume n acum. (l) (f-chart)	Acumuladores (l)	Precio (€)	+ Env. (€)	Precio material (€)
A	21	51 455,04	5165	1500 (2 serpent.) + 4000 (inercia)	10 536,36	409,9	10 867,76
B	16	39 234,38	3874	1500 (2serp) + 2500 (in)	8 638,84	331,4	8 970,24
C	13	31 901,98	3099	1000 (2serp) + 2500 (in)	7 526,44	331,4	7 526,44
D	10	24 569,58	2324	1000 (2 serp) + 1500 (in)	5 428,09	/	5 428,09
E	8	19 681,32	1808	500 (2 serp) + 1500 (in)	4 671,07	/	4 671,07
F	7	17 173,05	1549	300 (2 serp) + 1500 (in)	4 156,19	/	4 156,19
G	5	12 284,80	1033	300 (2 serp) + 750 (in)	2 949,58	/	2 949,58
H	4	9 840,66	775	200 (2 serp) + 750 (in)	2 559,50	/	2 559,5
I	2	4 952,39	258	300 (2 serp)	1 311,50	/	1 311,5

Tabla 6-5 Precios de colectores y acumuladores

En todos los casos se presupuesta para ACS el interacumulador OMICRON 150:

470€ sin IVA

6.3.1.2 BOMBA RECIRCULACIÓN Y VASOS DE EXPANSION

El método de estimación de precios en esta sección ha consistido en el dimensionado del caso de menos aportación solar (el caso I, ANEXO VI) y la interpolación de datos en los casos intermedios (A-H) tomando el caso 100% solar como extremo. Los componentes calculado para este caso I son:

- ELBI GERCE 250: 410 € sin IVA
- ELBI GERCE 24: 48 € sin IVA
- GRUNDFOS UPS 25-40: 100 € sin IVA

Y la tabla con los precios estimados de los componentes en todos los casos quedaría así:

	Vaso circuito secundario (€)	Expansión Vaso circuito primario (€)	Expansión Bomba recirculación circuito primario (€)	TOTAL
A	681,20	243,20	280,00	1 204,40
B	647,30	218,80	270,00	1 136,10
C	613,40	194,40	130,00	937,80
D	579,50	170,00	125,00	874,50
E	545,60	145,60	120,00	811,20
F	511,70	121,20	115,00	747,90
G	477,80	96,80	110,00	684,60
H	443,90	72,40	105,00	621,30
I	410,00	48,00	100,00	558,00

Tabla 6-6: Precios de Vasos de expansión y bombas de recirculación de todos los casos propuestos

6.3.1.3 MANO DE OBRA

Se estima el número de horas teniendo en cuenta los elementos en común de las instalaciones y las variaciones, en particular de número de placas y consiguiente circuitería hidráulica, número de componentes utilizados y número y dimensiones de los acumuladores:

Como en el caso anterior, se asume un coste por hora de una pareja oficial/peón de fontanería de 32 €.

CASO	Horas de instalación	de Coste Mano de Obra (€)
A	50	1 600
B	40	1 280
C	34	1 088
D	28	896
E	24	768
F	22	704
G	18	576
H	16	512
I	12	384

Tabla 6-7: Horas y coste de mano de obra en cada caso

6.4 PRESUPUESTOS

Sintetizando los apartados anteriores, añadiendo el 5% de material estimado, sumándolos y añadiendo el IVA al total se obtiene el presupuesto de cada uno de los casos:

	Colectores (€)	Interacum. (€)	Vaso expansión y bombas (€)	Interac. ACS (€)	TOTAL MATERIAL (€)	+ 5% Resto Estimado (€)	Mano de obra (€)	TOTAL (€)	TOTAL + IVA (€)
A	51 455,04	10 867,76	1 204,40	470,00	63 754,00	66 941,70	1 600,00	68 541,70	82 935,46
B	39 234,38	8 970,24	1 136,10	470,00	49 591,92	52 071,51	1 280,00	53 351,52	64 555,33
C	31 901,98	7 526,44	937,80	470,00	40 641,82	42 673,91	1 088,00	43 761,91	52 951,91
D	24 569,58	5 428,09	874,50	470,00	31 172,17	32 730,77	896,00	33 626,78	40 688,40
E	19 681,32	4 671,07	811,20	470,00	25 487,99	26 762,38	768,00	27 530,39	33 311,77
F	17 173,05	4 156,19	747,90	470,00	22 425,94	23 547,23	704,00	24 251,24	29 344,00
G	12 284,80	2 949,58	684,60	470,00	16 292,18	17 106,78	576,00	17 682,79	21 396,17
H	9 840,66	2 559,50	621,30	470,00	13 419,06	14 090,01	512,00	14 602,01	17 668,44
I	4 952,39	1 311,50	558,00	470,00	7 243,89	7 606,08	384,00	7 990,08	9 668,00

Tabla 6-8: Presupuestos de todos los casos intermedios

6.4.1 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para estimar los costes de operación, se emplea la demanda de calefacción y la de agua caliente sanitaria asumiendo que en todos los casos planteados la instalación solar cubre un 95% del consumo de ACS y un porcentaje variable de la calefacción dependiendo del número de colectores.

Para la realización de la siguiente tabla se han empleado los datos de los porcentajes de aportación obtenidos de la hoja de cálculo del método F-Chart en los casos de calefacción y agua caliente sanitaria. El siguiente paso ha sido el de obtener el contrario, la proporción de propano que será la que computará como coste de operación. Este porcentaje es multiplicado

por el valor estimado de la proporción de consumo anual de propano en el caso de calefacción y en el de ACS.

La tabla queda así:

Casos	Nº de Colecciones	CALEFACCIÓN			AGUA CALIENTE SANITARIA			TOTAL
		% SOLAR	% PROPANO	Gasto Cal. (€)	% SOLAR	% PROPA NO	GASTO ACS(€)	
A	20	89,8	10,2	376,63	95	5	25,18	401,81
B	15	79,5	20,5	756,96	95	5	25,18	782,13
C	12	70,2	29,8	1 100,36	95	5	25,18	1 125,54
D	9	58	42	1 550,84	95	5	25,18	1 576,02
E	7	47,9	52,1	1 923,78	95	5	25,18	1 948,96
F	6	42,1	57,9	2 137,95	95	5	25,18	2 163,12
G	4	29,6	70,4	2 599,51	95	5	25,18	2 624,68
H	3	22,7	77,3	2 854,29	95	5	25,18	2 879,46
I	1	8	92	3 397,08	95	5	25,18	3 422,26

Tabla 6-9: Gasto anual de propano en todos los casos

6.5 CASO3: CALDERA BIOMASA

6.5.1 INVERSIÓN

La inversión inicial en el caso de la biomasa se limita a la propia caldera, a un intercambiador para abastecer de ACS, al acondicionamiento de una zona (se ha comprobado la viabilidad de esta cerca de la caldera) para la acumulación del combustible, al material hidráulico y a la mano de obra.

El desglose del presupuesto será el siguiente:

PRESUPUESTO	PRECIO (€)
BIOSAN CALDERA DE BIOMASA POLICOMBUSTIBLE GG35K	2 648,76
INTERACUMULADOR SERIE OMICRON (PARA ACS) 150 L	470,00
RESTO INSTALACIÓN (5%)	156,40
MATERIAL ALMACENAMIENTO COMBUSTIBLE	200,00
COSTES DE INSTALACIÓN, MANO DE OBRA	256,00
TOTAL	3 740,40
+ IVA	4 525,88

Tabla 6-10: Presupuesto instalación biomasa

6.5.2 COSTES DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para el cálculo del rendimiento de la biomasa en térmicos económicos se obtienen de www.avebiom.org los precios de pellets, astilla y hueso de oliva en cualquier formato de distribución y se promedia ya que se desconoce el tipo de suministro que se recibirá. En el precio se incluye el IVA y el gasto medio de transporte, calculado con los coeficientes publicados por el “Observatorio de Costes del Transporte de Mercancías por Carretera” publicado periódicamente por el Ministerio de Fomento.

6.5.2.1 PELLETS

Se comprueba en la siguiente gráfica la tendencia decreciente del precio en los últimos años y la variabilidad de este. Los datos de la tabla pertenecen a los últimos registros: 2012, 2013, 2014 y 2015.

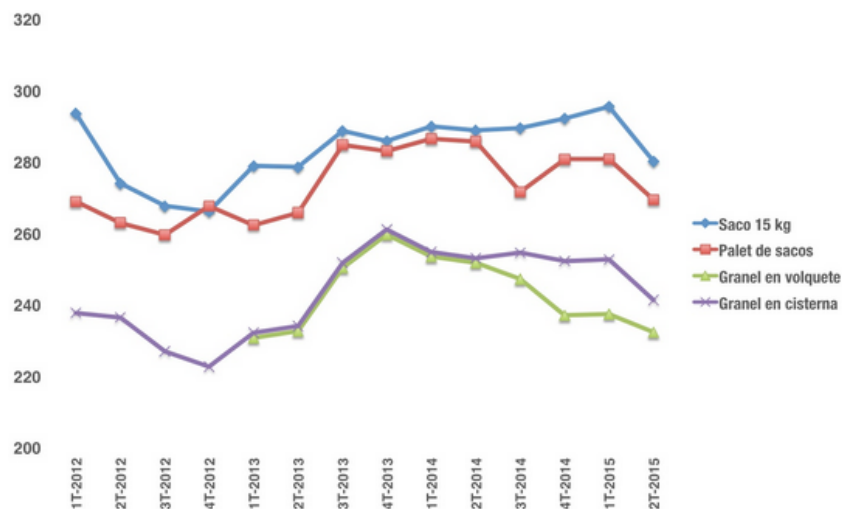


Figura 6-9: Evolución de los precios del pellet (Fuente: Índice de precios Avebiom)

PELLET	Índice Precio Biomasa	2012	2013	2014				Anual	2015		
				1T	2T	3T	4T		1T	2T	Anual
Saco 15 Kg	Precio medio (€/saco)	4.13	4.24	4.35	4.33	4.34	4.38	4.35	4.43	4.20	4.32
	c€/kWh			6.08	6.06	6.08	6.13		6.20	5.86	
	IPB trimestral		2.8%	1.4%	-0.3%	0.2%	0.9%	2.6%	1.2%	-0.3%	-0.8%
Palet	Precio medio (€/ton)	264.61	273.86	286.34	285.57	271.42	280.57	280.98	280.63	269.25	274.94
	c€/kWh			6.01	5.99	5.70	5.89		5.89	5.65	
	IPB trimestral		3.5%	1.2%	-0.3%	-5.0%	3.4%	2.6%	0.0%	-4.1%	-2.1%
Granel (volquete)	Precio medio (€/ton)	229.29	243.19	253.28	251.60	247.00	236.84	247.18	237.19	232.1	234.65
	c€/kWh			5.19	5.15	5.06	4.85		4.98	4.87	
	IPB trimestral		6.1%	-2.6%	-0.7%	-1.8%	-4.1%	1.6%	0.1%	-2.1%	-6.7%
Granel (cisterna)	Precio medio (€/ton)	230.79	244.59	254.60	252.91	254.39	252.11	253.50	252.49	241.17	246.83
	c€/kWh			5.34	5.31	5.34	5.29		5.30	5.06	
	IPB trimestral		6.0%	4.1%	-0.7%	0.6%	-0.9%	3.6%	0.2%	-4.5%	-2.6%

Tabla 6-11: Precio de Pellets según método de distribución (Fuente: Índice de precios Avebiom)

Se promedia:

$$(5,86 + 5,65 + 4,87 + 5,06) / 4 = 5,36 \text{ cent€}/\text{kWh}$$

6.5.2.2 ASTILLA Y HUESO DE ACEITUNA

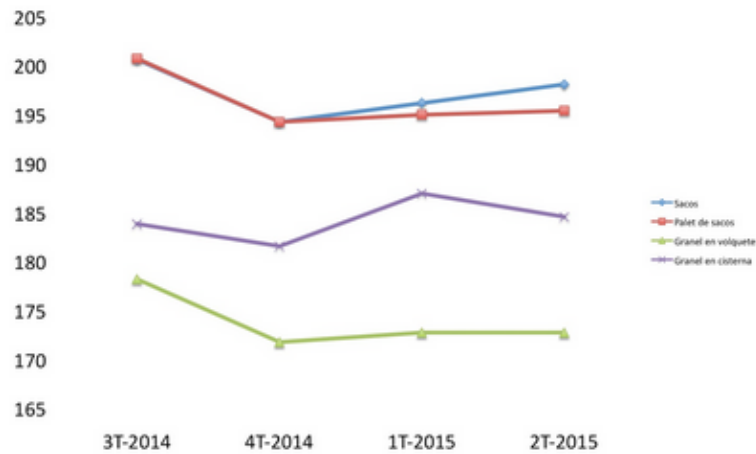


Figura 6-10: Evolución de los precios del hueso. Avebiom

ASTILLA	Índice Precio Biomasa	2014			2015			
		3T	4T	Anual	1T	2T	Anual	
Granel	Precio medio (€/ton)	108.76	104.4	106.58	108.01	110.91	109.46	
	c€/kWh	2.46	2.36		2.44	2.51		
	IPB trimestral		-4.0%		3.5%	2.7%		
HUESO	Saco (peso variable)	Precio medio (€/ton)	200.54	194.17	197.35	196.12	198.00	197.06
		c€/kWh	4.21	4.07		4.12	4.15	
		IPB trimestral		-3.0%		1.0%	1.0%	
	Palet	Precio medio (€/ton)	200.64	194.17	197.40	194.92	195.33	195.13
		c€/kWh	4.21	4.07		4.09	4.10	
		IPB trimestral		-3.0%		0.4%	0.2%	
	Volquete	Precio medio (€/ton)	178.12	171.19	174.91	172.66	172.66	172.66
		c€/kWh	3.74	3.59		3.62	3.62	
		IPB trimestral		-4.0%		0.6%	0.0%	
	Cisterna	Precio medio (€/ton)	183.74	181.48	182.61	186.86	184.46	185.66
		c€/kWh	3.86	3.81		3.92	3.87	
		IPB trimestral		-1.0%		3.0%	-1.3%	

Tabla 6-12: Precio de astillas y hueso de aceituna según método de distribución (Fuente: Índice de precios Avebiom)

Coste por kW medio astilla: **2,51 cent€/kWh**

Coste por kW medio hueso:

$$(4,15 + 4,1 + 3,62 + 3,87) / 4 = 3,935 \text{ cent€}/\text{kWh}$$

6.5.2.3 ELECCIÓN COMBUSTIBLE

A continuación se multiplica por la demanda energética anual dividida, a su vez por el rendimiento de la caldera:

$$42538.05 \text{ kWh/año} / 0,8975 = 47\ 396,16 \text{ kWh}$$

Pellets:

$$47396,16 \text{ kWh/año} \cdot 0,0536\text{€/kWh} = \mathbf{2\ 540,43 \text{ €/año}}$$

Astilla:

$$47396,16 \text{ kWh/año} \cdot 0,0251\text{€/kWh} = \mathbf{1\ 189,84 \text{ €/año}}$$

Hueso:

$$47396,16 \text{ kWh/año} \cdot 0,03935\text{€/kWh} = \mathbf{1\ 865 \text{ €/año}}$$

Como el criterio predominante en este estudio es el económico, se optará por las astillas, eso sí, su almacenamiento debe estar bien ventilado para permitir su secado y evitar la aparición de mohos y por tanto se ha presupuestado el acondicionamiento de la zona de almacenamiento del combustible próxima a la caldera.

6.6 VAN Y TIR DE LAS INSTALACIONES

Para evaluar la viabilidad de los distintos casos se aplicará el criterio del VAN y el del TIR:

Se define como Valor Actual Neto (VAN) la suma de los valores actualizados de todos los flujos netos de caja esperados del proyecto, partiendo del valor en negativo de la inversión inicial.

Consideraciones:

- Si el resultado del VAN de un proyecto es positivo, dicho proyecto será rentable.
- Entre varios proyectos, el que tenga un VAN superior resultará el más rentable.
- Un VAN nulo será el mismo que el resultante de invertir esos mismos fondos en el mercado con una interés equivalente a la tasa de descuento empleada.

Se denomina Tasa Interna de Retorno (TIR) a la tasa de descuento que equipara a 0 el VAN de una inversión.

Consideraciones:

- Una inversión es favorable si su TIR es igual o superior a la tasa exigida por el inversor.
- Entre varias alternativas, el TIR mayor será el de la inversión más rentable.
- No se tiene en cuenta la magnitud de los proyectos evaluados pudiéndose dar el caso de que un proyecto obtenga un TIR alto frente a otros y un VAN menor frente a los mismos.
- Su calculo se realiza por iteración.
- No se tienen en cuenta desembolsos ajenos a la inversión inicial.

	Inversión Inicial (€)	Gasto Anual (€)	Ahorro Anual (€)
PROPANO	0,00	4 196,00	0,00
100%	126 165,78	0,00	4 196,00
A (≈90%)	82 935,46	401,81	3 794,19
B (≈80%)	64 555,33	782,13	3 413,87
C (≈70%)	52 951,91	1 125,54	3 070,46
D (≈60%)	40 688,40	1 576,02	2 619,98
E (≈50%)	33 311,77	1 948,96	2 247,04
F (≈40%)	29 344,00	2 163,12	2 032,88
G (≈30%)	21 396,17	2 624,68	1 571,32
H (≈20%)	17 668,44	2 879,46	1 316,54
I (≈10%)	9 668,00	3 422,26	773,74
BIOMASA	4 525,88	1 189,84	3 006,16

Tabla 6-13: Resumen inversión inicial, gastos y ahorros anuales para todos los casos

A continuación se adapta el beneficio (ahorros) a la evolución del IPC::

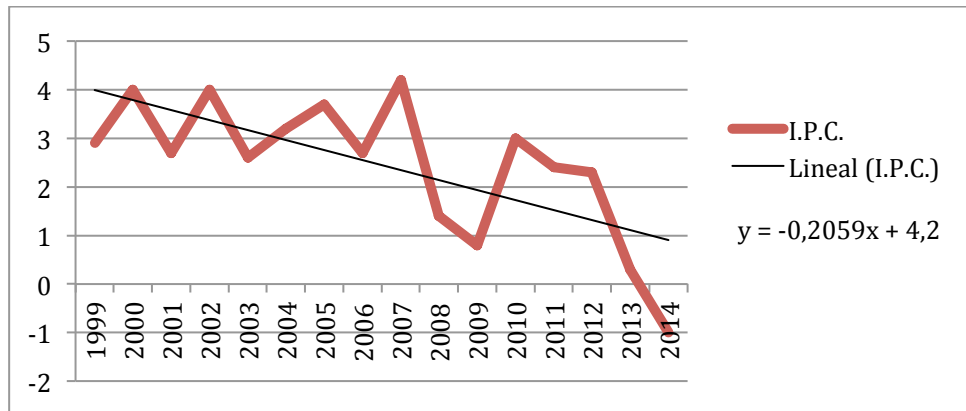


Figura 6-11: Evolución del IPC en España desde 1999 (Fuente: INE.es)

A partir de la línea de tendencia extraída de los datos del IPC desde 1999 se prevé un dato del IPC para el año de la realización del proyecto del 0,7% y se asume, partiendo de la base de que es una aproximación y más en un escenario económico inestable, ese valor como el referencial.

El siguiente paso es el de actualizar los datos anuales del beneficio teniendo en cuenta ese IPC estimado del 0,7:

AÑO	SOLAR	A (=90%)	B (=80%)	C (=70%)	D (=60%)	E (=50%)	F (=40%)	G (=30%)	H (=20%)	I (=10%)	BIOM
1	0	4196,00	3794,19	3413,87	3070,46	2619,98	2247,04	2032,88	1571,32	1316,54	773,74
2	0	4225,37	3820,75	3437,76	3091,96	2638,32	2262,77	2047,11	1582,32	1325,75	779,16
3	0	4254,95	3847,50	3461,83	3113,60	2656,79	2278,61	2061,44	1593,39	1335,03	784,61
4	0	4284,73	3874,43	3486,06	3135,40	2675,39	2294,56	2075,87	1604,55	1344,38	790,10
5	0	4314,73	3901,55	3510,46	3157,34	2694,12	2310,62	2090,40	1615,78	1353,79	795,64
6	0	4344,93	3928,86	3535,04	3179,45	2712,97	2326,80	2105,03	1627,09	1363,27	801,21
7	0	4375,34	3956,36	3559,78	3201,70	2731,97	2343,08	2119,77	1638,48	1372,81	806,81
8	0	4405,97	3984,06	3584,70	3224,11	2751,09	2359,49	2134,61	1649,95	1382,42	812,46
9	0	4436,81	4011,94	3609,79	3246,68	2770,35	2376,00	2149,55	1661,50	1392,09	818,15
10	0	4467,87	4040,03	3635,06	3269,41	2789,74	2392,63	2164,59	1673,13	1401,84	823,88
11	0	4499,15	4068,31	3660,51	3292,30	2809,27	2409,38	2179,75	1684,84	1411,65	829,64
12	0	4530,64	4096,79	3686,13	3315,34	2828,93	2426,25	2195,00	1696,63	1421,53	835,45
13	0	4562,36	4125,46	3711,93	3338,55	2848,73	2443,23	2210,37	1708,51	1431,48	841,30
14	0	4594,29	4154,34	3737,92	3361,92	2868,68	2460,34	2225,84	1720,47	1441,51	847,19
15	0	4626,45	4183,42	3764,08	3385,45	2888,76	2477,56	2241,42	1732,51	1451,60	853,12
16	0	4658,84	4212,71	3790,43	3409,15	2908,98	2494,90	2257,11	1744,64	1461,76	859,09
17	0	4691,45	4242,20	3816,96	3433,01	2929,34	2512,36	2272,91	1756,85	1471,99	865,10
18	0	4724,29	4271,89	3843,68	3457,05	2949,85	2529,95	2288,82	1769,15	1482,29	871,16
19	0	4757,36	4301,79	3870,59	3481,25	2970,50	2547,66	2304,85	1781,54	1492,67	877,26
20	0	4790,66	4331,91	3897,68	3505,61	2991,29	2565,49	2320,98	1794,01	1503,12	883,40
21	0	4824,20	4362,23	3924,97	3530,15	3012,23	2583,45	2337,23	1806,56	1513,64	889,58
22	0	4857,96	4392,77	3952,44	3554,86	3033,31	2601,54	2353,59	1819,21	1524,24	895,81
23	0	4891,97	4423,52	3980,11	3579,75	3054,55	2619,75	2370,06	1831,95	1534,90	902,08
24	0	4926,21	4454,48	4007,97	3604,81	3075,93	2638,09	2386,65	1844,77	1545,65	908,39
25	0	4960,70	4485,66	4036,02	3630,04	3097,46	2656,55	2403,36	1857,68	1556,47	914,75
26	0	4995,42	4517,06	4064,28	3655,45	3119,14	2675,15	2420,18	1870,69	1567,36	921,16
27	0	5030,39	4548,68	4092,73	3681,04	3140,98	2693,87	2437,12	1883,78	1578,34	927,60
28	0	5065,60	4580,52	4121,37	3706,81	3162,96	2712,73	2454,18	1896,97	1589,38	934,10
29	0	5101,06	4612,58	4150,22	3732,75	3185,10	2731,72	2471,36	1910,25	1600,51	940,64

Tabla 6-14: Beneficios anuales (ahorro) + IPC 0,7%. En Euros

En la siguiente tabla, se muestra el gasto acumulado y queda patente el año a partir del cual es superior a 0 y, por tanto, rentable:

AÑO	SOLAR	A (=90%)	B (=80%)	C (=70%)	D (=60%)	E (=50%)	F (=40%)	G (=30%)	H (=20%)	I (=10%)	BIOM
inv inicial	-126165,78	-82935,46	-64555,33	-52951,91	-40688,40	-33311,77	-29344,00	-21396,17	-17668,44	-9668,00	-4525,88
1	-122852,94	-79721,81	-61593,36	-50252,11	-38353,24	-31297,91	-27516,53	-19974,63	-16475,58	-8961,94	-1551,41
2	-119487,54	-76459,12	-58586,75	-47511,92	-35983,39	-29254,23	-25662,03	-18532,13	-15265,15	-8245,51	1464,94
3	-116069,00	-73146,83	-55535,03	-44730,90	-33578,48	-27180,39	-23780,23	-17068,47	-14036,98	-7518,62	4523,59
4	-112596,75	-69784,43	-52437,71	-41908,62	-31138,14	-25076,10	-21870,82	-15583,40	-12790,86	-6781,14	7624,98
5	-109070,20	-66371,38	-49294,31	-39044,63	-28661,99	-22941,01	-19933,52	-14076,70	-11526,60	-6032,97	10769,58
6	-105488,76	-62907,12	-46104,34	-36138,50	-26149,65	-20774,80	-17968,02	-12548,15	-10244,03	-5274,00	13957,82
7	-101851,84	-59391,10	-42867,29	-33189,77	-23600,74	-18577,14	-15974,03	-10997,51	-8942,93	-4504,10	17190,18
8	-98158,83	-55822,79	-39582,66	-30197,98	-21014,85	-16347,69	-13951,25	-9424,54	-7623,11	-3723,17	20467,10
9	-94409,13	-52201,60	-36249,95	-27162,68	-18391,61	-14086,12	-11899,36	-7829,02	-6284,38	-2931,09	23789,06
10	-90602,12	-48526,98	-32868,64	-24083,41	-15730,61	-11792,09	-9818,06	-6210,69	-4926,53	-2127,73	27156,52
11	-86737,19	-44798,36	-29438,21	-20959,70	-13031,46	-9465,25	-7707,04	-4569,32	-3549,36	-1312,98	30569,96
12	-82813,71	-41015,16	-25958,15	-17791,08	-10293,75	-7105,26	-5565,98	-2904,68	-2152,67	-486,72	34029,86
13	-78831,05	-37176,81	-22427,92	-14577,06	-7517,07	-4711,76	-3394,57	-1216,50	-736,26	351,17	37536,70
14	-74788,57	-33282,70	-18847,00	-11317,18	-4701,01	-2284,41	-1192,49	495,46	700,10	1200,82	41090,97
15	-70685,64	-29332,26	-15214,85	-8010,95	-1845,16	177,16	1040,58	2231,44	2156,59	2062,34	44693,15
16	-66521,60	-25324,88	-11530,92	-4657,88	1050,90	2673,30	3304,98	3991,70	3633,45	2935,87	48343,76
17	-62295,80	-21259,95	-7794,68	-1257,47	3987,60	5204,38	5601,03	5776,50	5130,87	3821,52	52043,28
18	-58007,58	-17136,88	-4005,56	2190,77	6965,36	7770,76	7929,06	7586,08	6649,08	4719,43	55792,23
19	-53656,28	-12955,05	-163,01	5687,36	9984,61	10372,82	10289,41	9420,72	8188,29	5629,72	59591,11
20	-49241,21	-8713,82	3733,53	9232,78	13045,79	13010,92	12682,41	11280,67	9748,73	6552,53	63440,45
21	-44761,71	-4412,59	7684,63	12827,56	16149,34	15685,45	15108,42	13166,20	11330,61	7487,98	67340,75
22	-40217,07	-50,71	11690,86	16472,22	19295,70	18396,78	17567,76	15077,58	12934,16	8436,20	71292,55
23	-35606,62	4372,45	15752,81	20167,27	22485,31	21145,31	20060,80	17015,07	14559,60	9397,34	75296,37
24	-30929,65	8857,53	19871,04	23913,25	25718,64	23931,41	22587,88	18978,94	16207,17	10371,51	79352,76
25	-26185,46	13405,20	24046,16	27710,69	28996,13	26755,49	25149,35	20969,48	17877,08	11358,87	83462,25
26	-21373,34	18016,10	28278,76	31560,11	32318,24	29617,92	27745,58	22986,95	19569,59	12359,53	87625,37
27	-16492,56	22690,89	32569,44	35462,07	35685,45	32519,12	30376,92	25031,64	21284,91	13373,65	91842,70
28	-11542,41	27430,25	36918,80	39417,11	39098,21	35459,49	33043,74	27103,83	23023,29	14401,37	96114,77

Tabla 6-15: Gasto total acumulado en cada caso. En Euros

Año a partir del cual es rentable cada inversión:

AÑO	SOLAR	A (=90%)	B (=80%)	C (=70%)	D (=60%)	E (=50%)	F (=40%)	G (=30%)	H (=20%)	I (=10%)	BIOM
1	28	21	18	17	15	15	14	14	13	13	3

Tabla 6-16: Año de amortización de cada inversión

Dicho dato es comprobable de un modo gráfico en la siguiente figura:

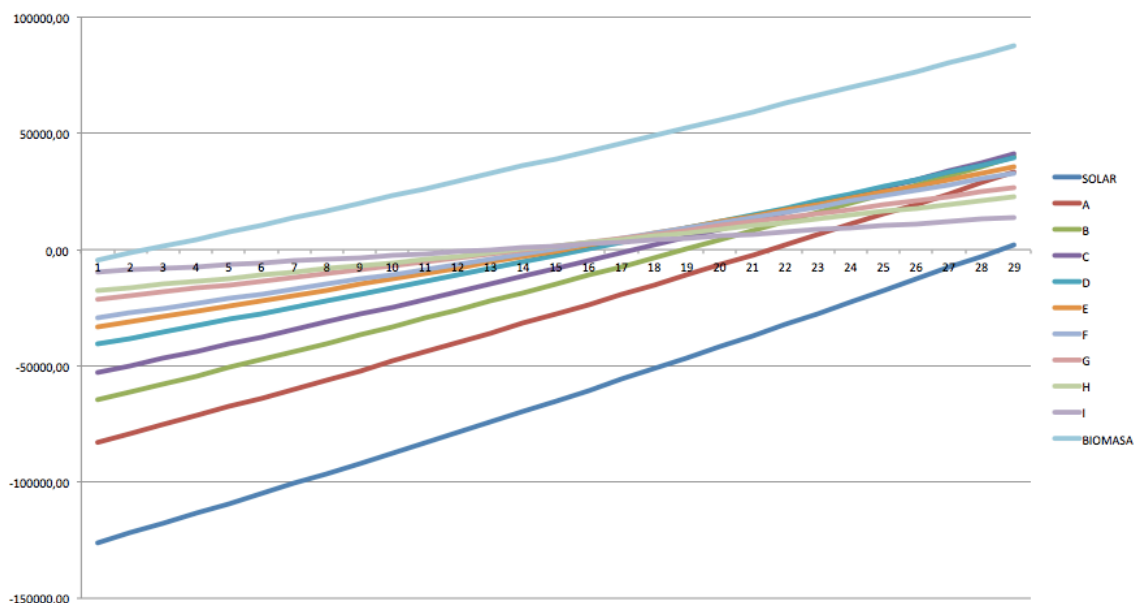


Figura 6-12: Flujo de efectivo acumulado en función del tiempo

Ahora se calculan los valores del VAN y del TIR para todos los casos y para diferentes períodos de tiempo:

	SOLAR	A (≈90%)	B (≈80%)	C (≈70%)	D (≈60%)	E (≈50%)	F (≈40%)	G (≈30%)	H (≈20%)	I (≈10%)	BIOM
VAN 5 AÑOS (€)	-105.331,62	-64.096,38	-47.604,66	-37.706,31	-27.679,55	-22.154,66	-19.250,26	-13.594,20	-11.131,51	-5.826,18	10.400,43
VAN 10 AÑOS (€)	-84.497,46	-45.257,29	-30.653,99	-22.460,70	-14.670,70	-10.997,55	-9.156,53	-5.792,22	-4.594,58	-1.984,36	25.326,75
VAN 20 AÑOS (€)	-42.829,14	-7.579,13	3.247,36	8.030,51	11.347,00	11.316,67	11.030,94	9.811,73	8.479,27	5.699,27	55.179,38
VAN 31 AÑOS (€)	3.006,02	33.866,85	40.538,84	41.570,84	39.966,47	35.862,31	33.237,16	26.976,08	22.860,51	14.151,28	88.017,27
TIR 5 AÑOS	-50%	-44%	-42%	-40%	-38%	-37%	-37%	-35%	-35%	-33%	56%
TIR 10 AÑOS	-19%	-14%	-12%	-11%	-9%	-8%	-8%	-7%	-7%	-5%	67%
TIR 20 AÑOS	-4%	-1%	1%	2%	3%	3%	4%	4%	4%	5%	68%
TIR 31 AÑOS	1%	3%	4%	5%	6%	6%	6%	7%	7%	8%	68%

Tabla 6-17: VAN y TIR a 5, 10, 20 y 31 años

Se comprueba que la inversión más rentable es la de biomasa obteniendo un VAN superior a cualquiera de los otros casos propuestos en todos los periodos de tiempo. En los casos de propano con porcentajes de energía solar se comprueba lo idoneidad de un sistema u otro dependiendo del tiempo de evaluación de la inversión. Así, a 20 años, la mejor opción sería la del caso D (60% de energía solar) mientras que a 30 años sería el C (70% de energía solar). A 10 años, salvo la biomasa, ninguno de los sistemas planteados resultaría rentable.

6.7 INFLUENCIA DE LAS MEJORAS ENERGÉTICAS EN EL MERCADO INMOBILIARIO

Según numerosos estudios, la calificación energética influye en el precio del alquiler de las viviendas. Eso sí, es necesario tener en cuenta que dicha influencia es proporcional al tiempo que este sistema lleve implantado en el país. Pondremos varios ejemplos extraídos de estos estudios:

- En un estudio publicado por el Departamento de Energía y Cambio Climático del Reino Unido en 2013, desde 1995 hasta 2011, la diferencia del valor de las viviendas con calificación energética G y A o B aumentó hasta llegar a un 14%. Además, gracias a The Green Deal, las familias reciben subvenciones para afrontar el coste de las mejoras de ahorro energético.

- En otro estudio del mismo año publicado por la Comisión Europea (DG Energy), este sobre el impacto de la certificación energética en los precios de venta y alquiler en determinados países europeos, se explica que la etiqueta energética influye en el valor de los inmuebles, en mayor o menor medida, entre los países donde se ha implementado el procedimiento, y especialmente desde que en 2010 fue actualizado, con la Directiva Europea 2010/31/EU, en la que se obligaba a incluir el indicador de eficiencia energética en anuncios para la venta o alquiler de inmuebles, en lugar de hacerlo en el momento de firmar el contrato de compra o arrendamiento.

Se estudió el comportamiento de los precios de mercado en países como Austria, Bélgica, Francia, Irlanda, Reino Unido y se comprobó que, salvo en el caso de Oxford (probablemente debido a algún parámetro no tenido en cuenta en el estudio), el mercado premiaba las altas calificaciones energéticas:

- En Austria el aumento de una letra se correspondía con un incremento de un 8% en venta y un 4,4% en alquiler.
- En Bélgica la proporción era de 4,3% en venta y 3,2% en alquiler.
- En Wallonia y Bruselas, donde se implementó el certificado más tarde, los resultados fueron más moderados. Respectivamente 5,4% y 2,9% en venta y 1,5% y 2,2% en alquiler.

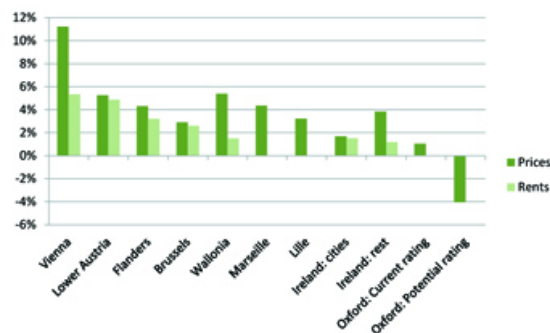


Figura 6-13: Aumento de valor de vivienda y precio de alquiler por cada ascenso de letra en la certificación energética (Fuente: DG Energy)

En los países estudiados, los propietarios, además de recibir ayudas para la ejecución de medidas de mejora, obtienen mediante el certificado energético el coste y tiempo de amortización. Estos son los motivos por los que, según dicho proyecto, se decide mejorar la eficiencia energética.

Obviamente, la repercusión económica en forma de ahorro energético que estas medidas tiene sobre el propietario de una vivienda es mayor que la que tiene sobre un propietario de una vivienda alquilada. Por tanto, el incremento de valor en el mercado de venta será mayor que en el de alquiler tal y como demuestra el siguiente gráfico:



Figura 6-14: Aumento del precio de tasación y de alquiler por cada mejora de una letra (Fuente: DG Energy)

- En un estudio realizado en UK en 2010 (Does energy efficiency labelling affect rental and capital bids for property? A market valuation study on homes and offices in the UK. CENTRE FOR ENVIRONMENTAL POLICY, IMPERIAL COLLEGE LONDON, Alex Hill) se probó empíricamente que los encuestados no consideraban la eficiencia energética de las viviendas en sus decisiones inmobiliarias. Se tenían en cuenta en una proporción despreciable frente a localización, número de baños o tipo de vivienda (adosada, independiente...). Los resultados de la encuesta fueron contundentes con un altísimo coeficiente de correlación lineal.

Se reflejaba un incremento de un 1,2% en el mercado del alquiler mientras que en US, el incremento era mucho mayor, dándose casos de hasta el 20%.

En el apartado de conclusiones de dicho estudio se plantea la causa de esta falta de consideración hacia la certificación energética apuntando hacia la falta de incentivos para que el cliente inmobiliario tenga en cuenta la eficiencia. Para aumentar la efectividad de estas medidas se propone:

- Mostrar la certificación en un lugar prioritario en los folletos, revistas y webs inmobiliarias y no en una ubicación secundaria en los datos técnicos.
- Vincular el EPC (Energy Performance Certificate) a los impuestos premiando y castigando respectivamente a viviendas eficientes e ineficientes.
- Considerar la imposición de un DEC (similar al EPC pero basado en la energía real) para locales comerciales por debajo de cierto tamaño.
- Plantear más seriedad y rigurosidad en la certificación energética para añadir credibilidad a su contenido.

- En 'An investigation of the effect of EPC ratings on house prices'. Department of Energy and Climate Change, estudio realizado en 2013, se expone que a consecuencia de una mayor conciencia del cambio climático generado por el hombre, en la última década se han incrementado los controles estatales sobre la eficiencia en los edificios que se venden o alquilan. El propósito prioritario de los certificados de eficiencia energética en la Unión Europea ha sido el de cambiar el comportamiento del consumidor facilitándole información sobre su consumo energético. Al tratarse de un parámetro menos tangible que otros involucrados en el mercado inmobiliario, la certificación trata de objetivar, mediante la categorización por letras y facilitar la valoración de esta característica de las viviendas y al mismo tiempo comprobar de una manera simple de que modo afectaría a la vivienda la implementación de mejoras energéticas ya sean en forma de aislamiento o de instalación de energías renovables para cubrir la demanda.

A través de un estudio de 300.000 viviendas de UK se obtiene el siguiente mapa en el que se refleja geográficamente el aumento del valor de una vivienda al mejorar la eficiencia energética:

Average House Price Increases for More Energy Efficient Homes

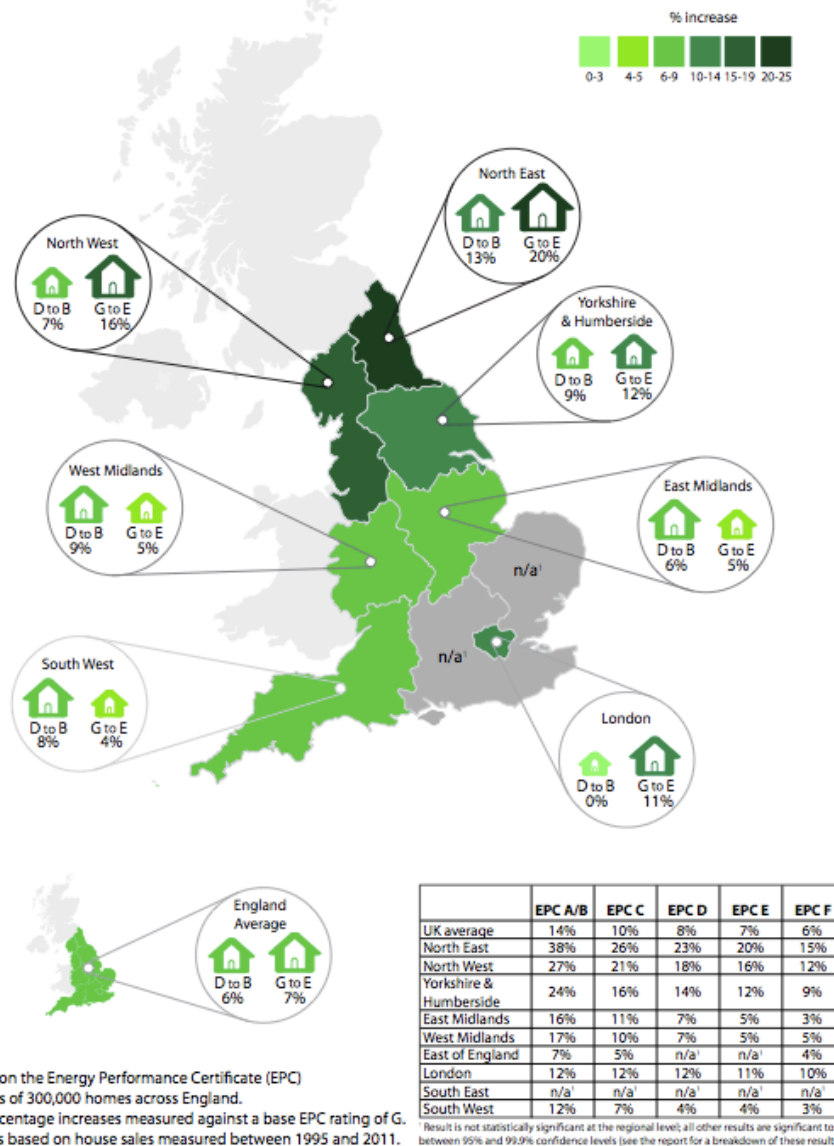


Figura 6-15: Incremento del valor de la vivienda en función de qué tipo de mejora en la calificación energética existe (Fuente: ‘An investigation of the effect of EPC ratings on house prices’ DCEC)

Todos estos estudios dan pistas de cómo funcionará el mercado inmobiliario en España en los próximos años, ya que la implantación del certificado energético es más reciente y los comportamientos del mercado van por detrás de la normalización e implementación de las medidas de mejora de eficiencia energética tal y como se ha demostrado en otros países europeos y anglosajones.

6.8 APLICACIÓN DE DICHA INFLUENCIA EN LA VIVIENDA A ESTUDIO

Todas estas apreciaciones y cálculos económicos están centrados en los casos en los que el propietario de la vivienda y, por tanto, en encargado de realizar el desembolso de la inversión inicial es el beneficiado de los ahorros proporcionados por el sistema renovable elegido.

No obstante, en el caso a estudio, al tratarse de una vivienda de alquiler el arrendador se haría cargo de los gastos de la inversión mientras que el arrendatario se beneficiaría de sus ahorros. Se va a buscar un aliciente económico para el arrendador a la hora de acometer la mejora mediante la obtención de un incremento en el precio de la vivienda y del alquiler que proporciona una mejor certificación energética derivada de las instalaciones propuestas.

En un escenario favorable, un incremento en una letra de la certificación energética se puede traducir en una subida del alquiler de la vivienda de un 3%. Partiendo de un alquiler de 800 eur mensuales y 9600 anuales:

	INVERSIÓN	LETRA CERT	INCREM. ALQUILER %	INCREM. ANUAL(€)
PROPANO	0	G	0	0
SOLAR	126165,78	A	(G->A) 18	1728
A	82935,46	B	(G->B) 15	1440
B	64555,33	C	(G->C) 12	1152
C	52951,91	D	(G->D) 9	864
D	40688,40	D	(G->D) 9	864
E	33311,77	E	(G->E) 6	576
F	29344,00	E	(G->E) 6	576
G	21396,17	E	(G->E) 6	576
H	17668,44	E	(G->E) 6	576
I	9668,00	E	(G->E) 6	576
BIOMASA	4525,88	A	(G->A) 18	1728

Tabla 6-18: Incremento anual derivado de la mejora en la certificación

A continuación se plantea el mismo método de análisis económico de inversiones tomando como beneficio el incremento anual en el precio de alquiler de la vivienda.

Se actualiza el flujo de efectivo anual a la previsión del IPC:



AÑO	SOLAR	A (≈90%)	B (≈80%)	C (≈70%)	D (≈60%)	E (≈50%)	F (≈40%)	G (≈30%)	H (≈20%)	I (≈10%)	BIOM
1	1	0,00	1728,00	1440,00	1152,00	864,00	864,00	576,00	576,00	576,00	576,00
2	2	0,00	1745,28	1454,40	1163,52	872,64	872,64	581,76	581,76	581,76	581,76
3	3	0,00	1762,73	1468,94	1175,16	881,37	881,37	587,58	587,58	587,58	587,58
4	4	0,00	1780,36	1483,63	1186,91	890,18	890,18	593,45	593,45	593,45	593,45
5	5	0,00	1798,16	1498,47	1198,78	899,08	899,08	599,39	599,39	599,39	599,39
6	6	0,00	1816,15	1513,45	1210,76	908,07	908,07	605,38	605,38	605,38	605,38
7	7	0,00	1834,31	1528,59	1222,87	917,15	917,15	611,44	611,44	611,44	611,44
8	8	0,00	1852,65	1543,87	1235,10	926,32	926,32	617,55	617,55	617,55	617,55
9	9	0,00	1871,18	1559,31	1247,45	935,59	935,59	623,73	623,73	623,73	623,73
10	10	0,00	1889,89	1574,91	1259,93	944,94	944,94	629,96	629,96	629,96	629,96
11	11	0,00	1908,79	1590,66	1272,52	954,39	954,39	636,26	636,26	636,26	636,26
12	12	0,00	1927,87	1606,56	1285,25	963,94	963,94	642,62	642,62	642,62	642,62
13	13	0,00	1947,15	1622,63	1298,10	973,58	973,58	649,05	649,05	649,05	649,05
14	14	0,00	1966,63	1638,85	1311,08	983,31	983,31	655,54	655,54	655,54	655,54
15	15	0,00	1986,29	1655,24	1324,19	993,15	993,15	662,10	662,10	662,10	662,10
16	16	0,00	2006,15	1671,80	1337,44	1003,08	1003,08	668,72	668,72	668,72	668,72
17	17	0,00	2026,22	1688,51	1350,81	1013,11	1013,11	675,41	675,41	675,41	675,41
18	18	0,00	2046,48	1705,40	1364,32	1023,24	1023,24	682,16	682,16	682,16	682,16
19	19	0,00	2066,94	1722,45	1377,96	1033,47	1033,47	688,98	688,98	688,98	688,98
20	20	0,00	2087,61	1739,68	1391,74	1043,81	1043,81	695,87	695,87	695,87	695,87
21	21	0,00	2108,49	1757,07	1405,66	1054,24	1054,24	702,83	702,83	702,83	702,83
22	22	0,00	2129,57	1774,64	1419,72	1064,79	1064,79	709,86	709,86	709,86	709,86
23	23	0,00	2150,87	1792,39	1433,91	1075,43	1075,43	716,96	716,96	716,96	716,96
24	24	0,00	2172,38	1810,31	1448,25	1086,19	1086,19	724,13	724,13	724,13	724,13
25	25	0,00	2194,10	1828,42	1462,73	1097,05	1097,05	731,37	731,37	731,37	731,37
26	26	0,00	2216,04	1846,70	1477,36	1108,02	1108,02	738,68	738,68	738,68	738,68
27	27	0,00	2238,20	1865,17	1492,14	1119,10	1119,10	746,07	746,07	746,07	746,07
28	28	0,00	2260,58	1883,82	1507,06	1130,29	1130,29	753,53	753,53	753,53	753,53
29	29	0,00	2283,19	1902,66	1522,13	1141,60	1141,60	761,06	761,06	761,06	761,06

Tabla 6-19: Beneficios anuales (incremento en el alquiler) + IPC 0,7%

Como en el apartado anterior se tabula el coste total acumulado:

AÑO	SOLAR	A (≈90%)	B (≈80%)	C (≈70%)	D (≈60%)	E (≈50%)	F (≈40%)	G (≈30%)	H (≈20%)	I (≈10%)	BIOM
inv inicial	-126165,78	-82935,46	-64555,33	-52951,91	-40688,40	-33311,77	-29344,00	-21396,17	-17668,44	-9668,00	-4525,88
1	-124437,78	-81495,46	-63403,33	-52087,91	-39824,40	-32735,77	-28768,00	-20820,17	-17092,44	-9092,00	-2797,88
2	-122692,50	-80041,06	-62239,81	-51215,27	-38951,76	-32154,01	-28186,24	-20238,41	-16510,68	-8510,24	-1052,60
3	-120929,77	-78572,11	-61064,66	-50333,91	-38070,40	-31566,43	-27598,66	-19650,84	-15923,10	-7922,66	710,13
4	-119149,41	-77088,48	-59877,75	-49443,73	-37180,22	-30972,98	-27005,21	-19057,38	-15329,64	-7329,21	2490,49
5	-117351,24	-75590,01	-58678,98	-48544,64	-36281,13	-30373,59	-26405,82	-18458,00	-14730,26	-6729,82	4288,65
6	-115535,10	-74076,56	-57468,21	-47636,57	-35373,06	-29768,21	-25800,44	-17852,61	-14124,88	-6124,44	6104,80
7	-113700,79	-72547,97	-56245,34	-46719,42	-34455,91	-29156,78	-25189,00	-17241,18	-13513,44	-5513,01	7939,10
8	-111848,14	-71004,09	-55010,24	-45793,09	-33529,58	-28539,23	-24571,45	-16623,63	-12895,89	-4895,46	9791,75
9	-109976,97	-69444,78	-53762,79	-44857,50	-32593,99	-27915,50	-23947,73	-15999,90	-12272,16	-4271,73	11662,93
10	-108087,08	-67869,87	-52502,87	-43912,56	-31649,05	-27285,54	-23317,76	-15369,94	-11642,20	-3641,77	13552,82
11	-106178,29	-66279,22	-51230,34	-42958,17	-30694,66	-26649,27	-22681,50	-14733,68	-11005,94	-3005,51	15461,61
12	-104250,42	-64672,65	-49945,09	-41994,23	-29730,72	-26006,65	-22038,88	-14091,05	-10363,31	-2362,88	17389,48
13	-102303,26	-63050,02	-48646,99	-41020,65	-28757,14	-25357,60	-21389,82	-13442,00	-9714,26	-1713,83	19336,63
14	-100336,64	-61411,17	-47335,90	-40037,34	-27773,83	-24702,06	-20734,28	-12786,46	-9058,72	-1058,29	21303,26
15	-98350,34	-59755,93	-46011,71	-39044,19	-26780,68	-24039,96	-20072,18	-12124,36	-8396,62	-396,19	23289,55
16	-96344,19	-58084,13	-44674,27	-38041,12	-25777,61	-23371,24	-19403,47	-11455,64	-7727,91	272,53	25295,71
17	-94317,97	-56395,62	-43323,46	-37028,01	-24764,50	-22695,84	-18728,06	-10780,24	-7052,50	947,93	27321,92
18	-92271,50	-54690,22	-41959,15	-36004,77	-23741,26	-22013,68	-18045,90	-10098,08	-6370,34	1630,09	29368,40
19	-90204,55	-52967,77	-40581,18	-34971,30	-22707,79	-21324,70	-17356,92	-9409,10	-5681,36	2319,07	31435,34
20	-88116,94	-51228,09	-39189,44	-33927,49	-21663,98	-20628,82	-16661,05	-8713,23	-4985,49	3014,94	33522,95
21	-86008,45	-49471,02	-37783,78	-32873,25	-20609,74	-19926,00	-15958,22	-8010,40	-4282,66	3717,77	35631,44
22	-83878,88	-47696,37	-36364,07	-31808,46	-19544,95	-19216,14	-15248,36	-7300,54	-3572,80	4427,63	37761,02
23	-81728,01	-45903,98	-34930,15	-30733,03	-18469,52	-18499,18	-14531,41	-6583,58	-2855,85	5144,59	39911,89
24	-79555,63	-44093,67	-33481,90	-29646,84	-17383,33	-1775,06	-13807,28	-5859,46	-2131,72	5868,71	42084,26
25	-77361,53	-42265,25	-32019,17	-28549,79	-16286,28	-17043,69	-13075,91	-5128,09	-1400,35	6600,08	44278,36
26	-75145,49	-40418,55	-30541,81	-27441,77	-15178,26	-16305,01	-12337,23	-4389,41	-661,67	7338,76	46494,41
27	-72907,29	-38553,38	-29049,67	-26322,67	-14059,15	-15558,94	-11591,17	-3643,34	84,40	8084,83	48732,61
28	-70646,70	-36669,56	-27542,61	-25192,37	-12928,86	-14805,41	-10837,64	-2889,81	837,92	8838,36	50993,20

Tabla 6-20: Gasto total acumulado

En ambas gráficas, el punto de corte con el eje de las x sería el año de amortización; el valor en el año 1, el flujo de caja inicial (beneficio anual menos inversión inicial) y la pendiente sería proporcional al beneficio anual. De este modo, para escoger la opción prioritaria desde el punto de vista económico se debería atender a dos criterios: la pendiente y el punto de corte con el eje x.

La representación gráfica de los gastos acumulados en función del tiempo muestra que para el arrendador, así como para el arrendatario, la mejor inversión desde un punto de vista económico es la caldera de biomasa obteniendo valores mejores que el resto para la pendiente (ahorro anual) y punto de corte con el eje de las x (tiempo de amortización).

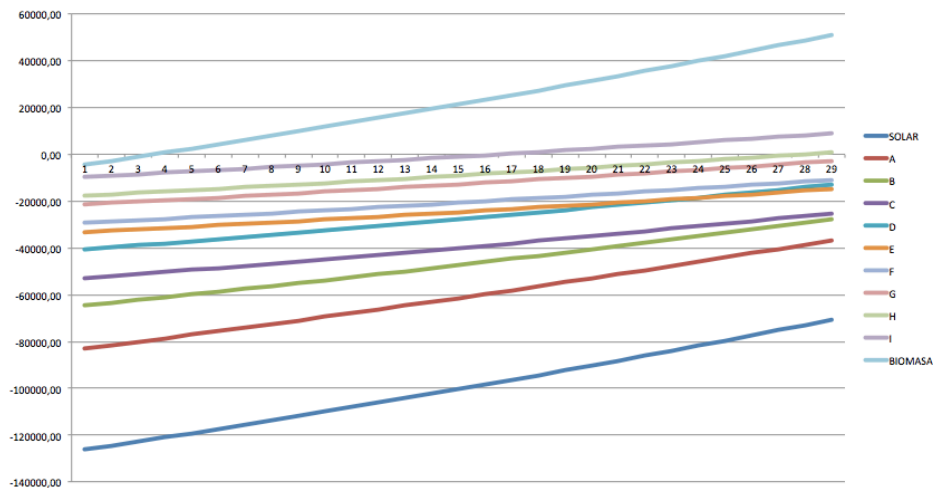


Figura 6-16: Evolución flujo de efectivo acumulado para el arrendador

7 CONCLUSIONES

Tras calcular las necesidades energéticas de la vivienda y plantear, dimensionar y presupuestar varios casos aplicables se concluye que:

- El empleo de **biomasa** es el que tiene una **menor inversión**. Además, el **gasto en combustible anual es notablemente inferior** al de otros combustibles sólidos tales como propano, butano o gas natural.
- La opción de abastecer mediante **energía solar térmica** exclusivamente es a todas luces ineficaz ya que **la inversión inicial tarda varias décadas en ser recuperada**. Todo esto sin tener en cuenta los gastos de mantenimiento y la obsolescencia de cualquier tecnología empleada al cabo del tiempo.
- Dentro de las opciones intermedias planteadas, **el rango 50%-70% de aportación solar ha obtenido los mejores resultados** en cuanto a tiempo de amortización.

Por tanto se plantea como **solución idónea** la de la **caldera de biomasa** reemplazando por completo la actual instalación de propano. Con dicho sistema, **la cantidad mensual invertida en combustible sería de en torno a un 30% de la precedente** (beneficios económicos para el arrendatario) y el **incremento en el precio del alquiler equivaldría al 18% del actual** (beneficios económicos para el arrendador).

Todas las soluciones planteadas mejoran la actual desde un punto de vista ambiental empleando combustibles renovables. En el caso de caldera de propano con apoyo solar, no se limita al empleo de energías renovables, pero disminuyen las emisiones de CO₂ frente al sistema actual.

El incremento del precio de alquiler es un incentivo para el arrendador, pero el arrendatario podría no estar de acuerdo con esta medida. Para ello podría emplearse la certificación energética como baremo para incentivar fiscalmente a arrendadores de viviendas con medidas de mejoras ambientales y castigar en forma de suplementos en los impuestos a la vivienda a propietarios cuya vivienda quede por debajo de una letra concreta.



ANEXOS

1 ANEXO I: INTRODUCCIÓN DE DATOS AL CE3X

1.1 MENU INICIAL

En un principio, el programa da a elegir al usuario el tipo de edificio sobre el que se va a hacer el estudio: residencial o terciario (administrativos, comerciales, hoteles, centros de ocio, centros sanitarios, etc.). La diferencia se dará a la hora de definir las instalaciones.

En el caso del presente proyecto se trata de un edificio residencial:



Figura 1-1: Tipo de Edificio (Fuente: CE3X)

1.2 DATOS ADMINISTRATIVOS

La introducción de datos comienza por los aspectos administrativos. Tras acudir al catastro se obtienen los datos de la referencia catastral, la dirección exacta y los metros cuadrados registrados. El resto de datos se introducen aunque en el caso del presente proyecto no sería necesario ya que el programa no acepta ningún campo en blanco en datos administrativos.

Se dividen en:

- Localización e identificación de edificio: mediante datos como la identificación del edificio, dirección, provincia/comunidad autónoma y localidad define las características del emplazamiento y la denominación.
- Datos del cliente: se define quién realiza el encargo
- Datos del certificador: datos de la persona o empresa que, tras tomar las medidas, introduce los datos para obtener la certificación.

Localización e identificación del edificio			
Nombre del edificio	CHALET CARRETERA TORRELAGUNA		
Dirección	FLUMACAR, Polígono 8, Parcela 8		
Provincia/Ciudad autónoma	Madrid	Localidad	Otro
Referencia Catastral	28151A008000080000BI		TORRELAGUNA
Código Postal	28180		

Datos del cliente			
Nombre o razón social	E.U.I.T.I.Z.		
Dirección	Edificio Betancourt, Campus Río Ebro		
Provincia/Ciudad autónoma	Zaragoza	Localidad	Zaragoza
Teléfono	976760000	E-mail	ellera@unizar.es
Código Postal	50018		

Datos del técnico certificador			
Nombre y Apellidos	Tomás Virgós Navarro	NIF	16608947A
Razón social	TOMASVIRGOS	CIF	
Dirección	Gertrudis Gómez de Avellaneda 57, 5ºE		
Provincia/Ciudad autónoma	Zaragoza	Localidad	Zaragoza
Teléfono	625488592	E-mail	tomasvirgos.info@gmail.com
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero Técnico Mecánico		
Código Postal	50015		

Figura 1-2: Datos Administrativos (Fuente: CE3X)

1.3 DATOS GENERALES

Los datos generales son imprescindibles para obtener la calificación y se dividen en datos generales y definición del edificio:

- **Datos generales:** determinan la normativa vigente en el momento de construcción del edificio (anterior a la entrada en vigor de la NBE CT-79 (antes de 1981), durante la vigencia de la NBE CT-79 (1981-2008) y a partir de la entrada en vigor del DB HE1 del CTE (después de 2008)), el tipo de edificio (vivienda unifamiliar, bloque de vivienda y vivienda individual), el perfil de uso (sólo en caso de edificio terciario), y la zona climática detallada a continuación:

Se elige la normativa vigente durante la construcción del edificio Anterior a NBE CT-79. Es el dato que por defecto dará valores de transmitancia térmica de los materiales empleados.

Se acude al Documento Básico de Ahorro de Energía del RITE de abril de 2009, que, en su apéndice "D" referido a las "Zonas climáticas" y en su "Sección HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente" define diversas zonas climáticas en función de las diferentes capitales de provincia.

Al no tratarse de una capital de provincia, se tiene que buscar el valor de la zona climática acudiendo al documento básico HE:

Zonas climáticas Península Ibérica																		
Capital	Z.C.	Altitud	A4	A3	A2	A1	B4	B3	B2	B1	C4	C3	C2	C1	D3	D2	D1	E1
Albacete	D3	677										h < 450			h < 950			h ≥ 950
Alicante/Alacant	B4	7					h < 250					h < 700			h ≥ 700			
Almería	A4	0	h < 100				h < 250	h < 400				h < 800			h ≥ 800			
Ávila	E1	1054														h < 550	h < 850	h ≥ 850
Badajoz	C4	168									h < 400	h < 450			h ≥ 450			
Barcelona	C2	1											h < 250		h < 450	h < 750	h ≥ 750	
Bilbao/Bilbo	C1	214												h < 250		h ≥ 250		
Burgos	E1	861														h < 600	h ≥ 600	
Cáceres	C4	385									h < 600				h < 1050			h ≥ 1050
Cádiz	A3	0	h < 150				h < 450					h < 600	h < 850			h ≥ 850		h ≥ 1000
Castellón/Castelló	B3	18					h < 50					h < 500			h < 600	h < 1000		h ≥ 1000
Ceuta	B3	0					h < 50											
Ciudad Real	D3	630									h < 450	h < 500			h ≥ 500			
Córdoba	B4	113					h < 150				h < 550				h ≥ 550			
Coruña, La/ A Coruña	C1	0												h < 200		h ≥ 200		
Cuenca	D2	975													h < 800	h < 1050	h ≥ 1050	
Gerona/Girona	D2	143											h < 100		h < 600		h ≥ 600	
Granada	C3	754	h < 50				h < 350				h < 600	h < 800			h < 1300		h ≥ 1300	
Guadalajara	D3	708													h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Huelva	A4	50	h < 50				h < 150	h < 350				h < 800			h ≥ 800			
Huesca	D2	432										h < 200			h < 400	h < 700		h ≥ 700
Jaén	C4	436					h < 350				h < 750				h < 1250			h ≥ 1250
León	E1	346																h < 1250
Lérida/Leida	D3	131										h < 100			h < 600			h < 600
Logroño	D2	379											h < 200		h < 700		h ≥ 700	h ≥ 700
Lugo	D1	412														h < 500	h ≥ 500	h ≥ 500
Madrid	D3	589										h < 500			h < 950	h < 1000		h ≥ 1000
Málaga	A3	0					h < 300					h < 700						
Melilla	A3	130																
Murcia	B3	25					h < 100					h < 550			h ≥ 550			
Orense/Ourense	D2	327										h < 150	h < 300		h < 800			h ≥ 800
Oviedo	D1	214												h < 50		h < 550	h ≥ 550	h ≥ 550
Palencia	D1	722														h < 800	h ≥ 800	h ≥ 800
Palma de Mallorca	B3	1					h < 250					h ≥ 250						
Pamplona/Iruña	D1	456										h < 100			h < 300	h < 600	h ≥ 600	h ≥ 600
Pontevedra	C1	77											h < 350		h ≥ 350			
Salamanca	D2	770													h < 800		h ≥ 800	h ≥ 800
San Sebastián/Donostia	D1	5														h < 400	h ≥ 400	h ≥ 400
Santander	C1	1												h < 150		h < 650	h ≥ 650	h ≥ 650
Segovia	D2	1013													h < 1000			h ≥ 1000
Sevilla	B4	9					h < 200					h ≥ 200						
Soria	E1	984														h < 750	h < 800	h ≥ 800
Tarragona	B3	1					h < 50					h < 500			h ≥ 500			
Teruel	D2	995										h < 450	h < 500		h < 1000			h ≥ 1000
Toledo	C4	445										h < 500			h ≥ 500			
Valencia/València	B3	8					h < 50					h < 500			h < 950		h ≥ 950	h ≥ 950
Valladolid	D2	704													h < 800		h ≥ 800	h ≥ 800
Vitoria/Gasteiz	D1	512														h < 500	h ≥ 500	h ≥ 500
Zamora	D2	617													h < 800			h ≥ 800
Zaragoza	D3	207										h < 200			h < 650			h ≥ 650

Figura 1-3: Zona climática por provincia y altura (Fuente: Documento básico HE, tabla B1)

Ahora se busca la zona climática en el documento de apoyo al anterior:

Documento de Apoyo al DB HE DA DB HE / 1

Provincia	Municipio	Código INE	Zona Climática
MADRID	Torrelaguna	28151	IV
	Torrejón	28152	IV
	Torrejón de Ardoz	28153	IV
	Torrejón de la Alameda	28154	IV
	Valdaracete	28155	IV
	Valdeavero	28156	IV
	Valdelaguna	28157	IV

Figura 1-4: Zona climática por municipio (Fuente: Documento de apoyo al DB HE)

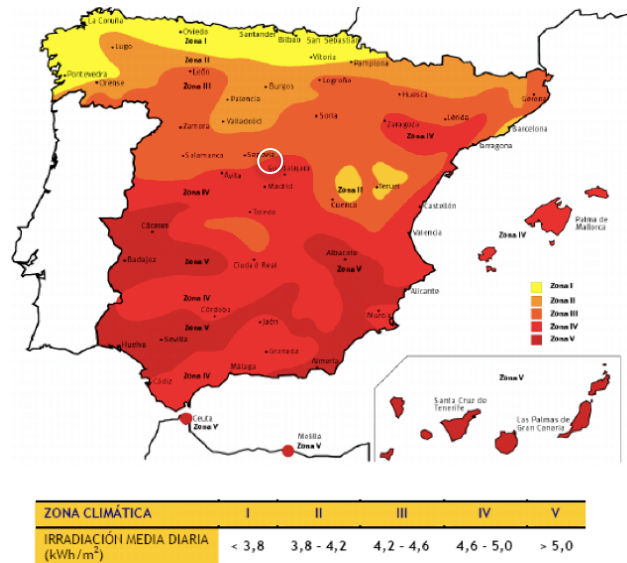


Figura 1-5: Mapa de las zonas climáticas (Fuente: HE-4)

Se obtiene que HE-1 = D3 y HE-4 = IV.

- **Definición del edificio:** se define la superficie útil habitable, la altura libre de planta (de la cara superior del suelo a la cara inferior del falso techo), número de plantas habitables, masa de las particiones (en el caso a estudio masa media ya que están compuestas por ladrillo hueco).

Se introducen los valores de tipo de vivienda, superficie útil, altura libre de planta, masa media de particiones (ladrillo hueco)...

Datos generales

Normativa vigente: Anterior Año construcción:

Tipo de edificio: Vivienda Individual

Provincia/Ciudad autónoma: Madrid Localidad: Otro

HE-1 HE-4

Zona climática: D3 IV

Definición edificio

Superficie útil habitable: m²

Altura libre de planta: m

Número de plantas habitables:

Masa de las particiones: Media

Se ha ensayado la estanqueidad del edificio

Figura 1-6: Datos Generales (Fuente: CE3X)

1.4 ENVOLVENTE TÉRMICA

Se procede a introducir todos los elementos que componen la envolvente térmica sin tener en cuenta las particiones interiores entre estancias climatizadas que están a la misma temperatura y, por tanto, no hay transmisión de calor. La envolvente está compuesta por todos los cerramientos que limitan espacios habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los espacios habitables con los espacios no habitables en contacto con el ambiente exterior.

Todos los tipos de elementos vienen reflejados en el siguiente gráfico:

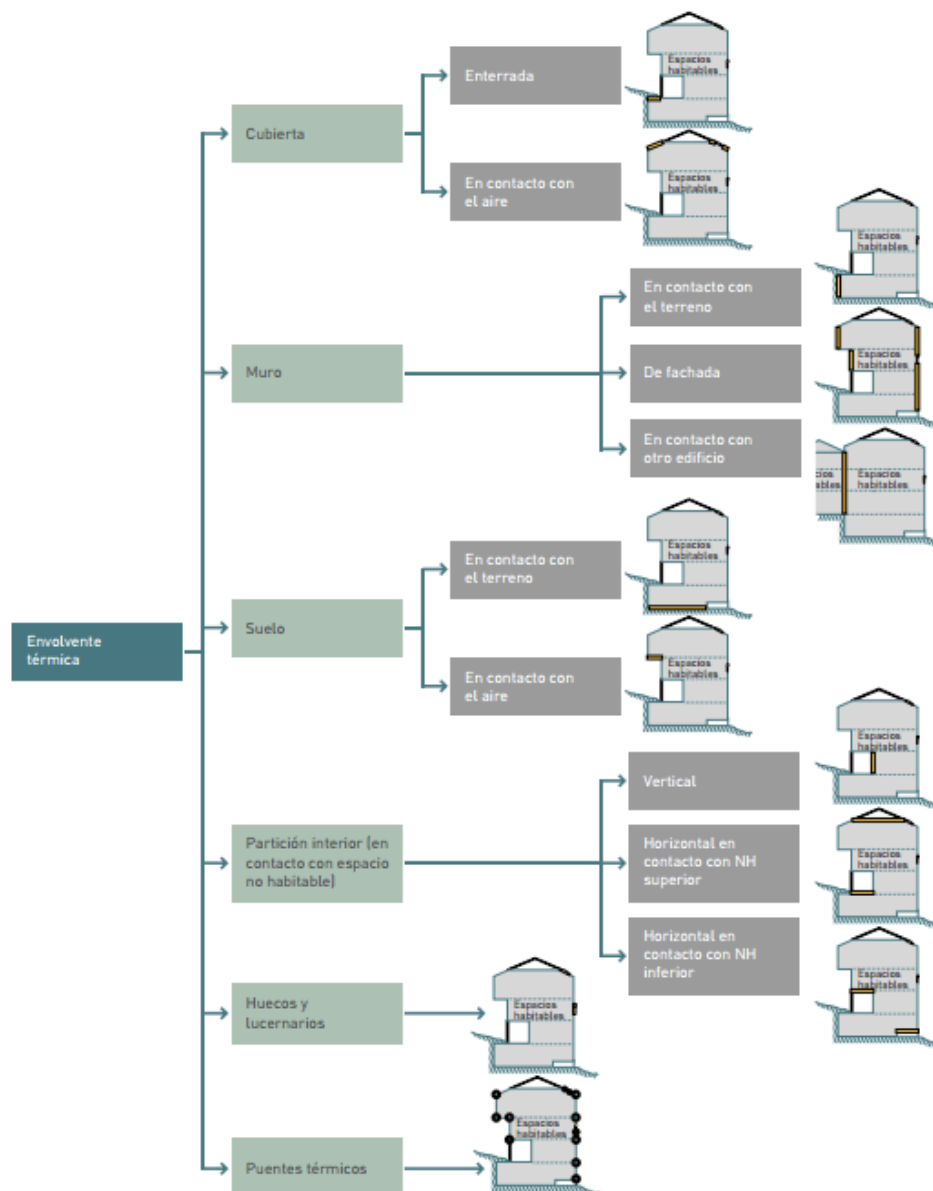


Figura 1-7: Envolvente térmica (Fuente: Manual CE3X)

La envolvente térmica del edificio a estudio quedará definida por los siguientes elementos:

1.1.1 CERRAMIENTOS

Se realiza un desglose de los cerramientos: partición superior, dos inferiores diferenciadas y los muros de fachada. Se emplea como guía el volumen equivalente de la memoria. El resumen de los datos introducidos es el siguiente:

	Nombre	Tipo de cerramiento	Superficie (m ²)	U (W/m ² K)	Peso/m ² (kg/m ²)	Posición
1	PARTICION SUPERIOR	Partición Interior	160.26	1.36	120.0	Espacio bajo cubierta inc
2	PARTICION INFERIOR/CÁMARA SANITARIA	Partición Interior	111.26	2.0	333.0	Cámara Sanitaria
3	PARTICION INFERIOR/GARAJE	Partición Interior	49	2.17	50.0	Garaje/espacio enterrad
4	FACHADA NORTE	Fachada	41.5	1.08	267.5	Norte
5	FACHADA ESTE	Fachada	34	1.08	267.5	Este
6	FACHADA SUR	Fachada	41.5	1.08	267.5	Sur
7	FACHADA OESTE	Fachada	26.63	1.08	267.5	Oeste

Figura 1-8: Cerramientos (Fuente: CE3X)

Y el desglose consta de los siguientes elementos:

1.4.1.1 PARTICIÓN SUPERIOR

Introducimos la partición horizontal que da a la cámara (no habitable) de la cubierta. Los valores se escogen por defecto (frente a conocidos o estimados).

Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior
 - Vertical
 - Horizontal en contacto con espacio NH superior
 - Hueco/Lucernario
 - Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- Puente térmico



Partición interior horizontal en contacto con espacio NH superior

Nombre: Zona:

Parámetros generales

Superficie de la partición: m²

Tipo de espacio no habitable:



Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal Transmitancia térmica: W/m²K

Figura 1-9: Partición superior (Fuente: CE3X)

1.4.1.2 PARTICIÓN INFERIOR/GARAJE

Se introducen los datos de la partición horizontal que da a la sección central de la planta inferior. Como en el anterior caso, en éste valdrá con la superficie y la naturaleza del elemento de la envolvente térmica.

Envolvente térmica del edificio

Cubierta
 Muro
 Suelo
 Partición interior
 Vertical
 Horizontal en contacto con espacio NH superior
 Horizontal en contacto con espacio NH inferior
 Hueco/Lucernario
 Puente térmico



Partición interior horizontal en contacto con espacio NH inferior

Nombre: PARTICION INFERIOR/GARAJE Zona: Edificio Objeto

Parámetros generales

Superficie de la partición: 49 m²

Tipo de espacio no habitable: Garaje/espacio enterrado

Parámetros característicos para el cálculo de la U global

Propiedades térmicas: Uglobal: Por defecto Transmitancia térmica: 2.17 W/m²K

Figura 1-10: Partición Inferior / Garaje (Fuente: CE3X)

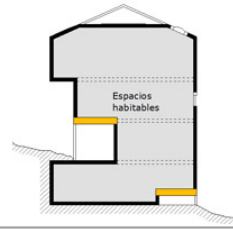
1.4.1.3 PARTICIÓN INFERIOR/CÁMARA SANITARIA

Se añade el resto de la planta, que se sitúa sobre la cámara sanitaria. Las características son exactamente las mismas que en la partición anterior solo que el tipo de espacio no habitable no es de garaje sino de cámara sanitaria.



Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
- Suelo
- Partición interior
 - Vertical
 - Horizontal en contacto con espacio NH superior
 - Horizontal en contacto con espacio NH inferior
- Puente térmico



Partición interior horizontal en contacto con espacio NH inferior

Nombre	PARTICION INFERIOR/CÁMARA SA	Zona	Edificio Objeto
<i>Parámetros generales</i>			
Superficie de la partición	111.26 m ²		
Tipo de espacio no habitable	Cámara Sanitaria		
<i>Parámetros característicos para el cálculo de la U global</i>			
Propiedades térmicas: Uglobal	Por defecto	Transmitancia térmica	2.0 W/m ² K

Figura 1-11: Partición Inferior / Cámara Sanitaria (Fuente: CE3X)

1.4.1.4 MURO DE FACHADA

Se comienza por la fachada norte. Los datos en las otras 3 fachadas son idénticos salvo por la orientación y la superficie. En esta sección, además hay que definir el cerramiento.

Se definen las capas del cerramiento (ladrillo de ½ pie, cámara de aire, tabique sencillo, enlucido de yeso) desde el exterior hacia el interior en la librería:

Librería de cerramientos

Nombre: FACHADA

Características del cerramiento
Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	μ03C1...	Cp (J/kgK)
1/2 pie LP métrico o c...	Fábricas de ladrillo	0.469	0.240	0.512	900	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.18	-	-	-	-
Tabique de LH sencillo...	Fábricas de ladrillo	0.09	0.04	0.445	1000	1000
Enlucido de yeso 100...	Enlucidos	0.018	0.01	0.57	1150	1000

R1+...+Rn
0.76 m²K/W



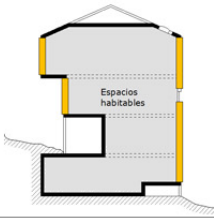
Figura 1-12: Librería de cerramientos (Fuente: CE3X)

El programa calcula el valor de transmitancia total del muro que aplicará por igual en los cuatro muros de fachada a la hora de hacer los cálculos.

Ahora se completa, empleando el cerramiento definido, el menú de cerramientos añadiendo superficie y orientación de cada muro de fachada.

Envoltura térmica del edificio

Cubierta
 Muro En contacto con el terreno
 Suelo De fachada Medianería
 Partición interior
 Hueco/Lucernario
 Puente térmico



Muro de fachada

Nombre: FACHADA NORTE Zona: Edificio Objeto

Dimensiones
Superficie: 41.5 m²
Longitud: m
Altura: m

Características
Orientación: Norte
Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento
Propiedades térmicas: Conocidas Transmítancia térmica: 1.08 W/m²K
 Transmítancia térmica W/m² Masa/m² kg/m²
 Librería cerramientos: FACHADA

Figura 1-13: Muro de Fachada (Fuente: CE3X)

1.1.2 HUECOS

Se introducen los datos de los huecos (ventanas y puertas) asociándolas al cerramiento correspondiente:

	Nombre	Cerramiento asociado	Longitud (m)	Altura (m)	Multiplicador	Superficie (m ²)	U vidrio (W/m ² K)	g vidrio
1	HUECO VENTANA NORTE COCINA	FACHADA NORTE			1	1	3.3	0.75
2	HUECO VENTANA BAÑO 1	FACHADA NORTE			1	1	3.3	0.75
3	HUECO VENTANA HAB 1	FACHADA NORTE			1	1.7	3.3	0.75
4	HUECO PUERTA PRINCIPAL	FACHADA NORTE			1	2.06	0.0	0.0
5	HUECO VENTANA EST 1	FACHADA ESTE			1	1.7	3.3	0.75
6	HUECO VENTANA HAB 2	FACHADA ESTE			1	1.7	3.3	0.75
7	HUECO VENTANA BAÑO 2	FACHADA ESTE			1	1	3.3	0.75
8	HUECO VENTANA EST 2	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75
9	HUECO VENTANA HAB 3	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75
10	HUECO PUERTA SALON	FACHADA SUR			1	1.7	3.3	0.75
11	HUECO VENTANA OESTE HAB 3	FACHADA OESTE			1	1.25	3.3	0.75
12	HUECO VENTANA SALON	FACHADA OESTE			1	2.64	3.3	0.75
13	HUECO VENTANA OESTE COCINA	FACHADA OESTE			1	1.71	3.3	0.75

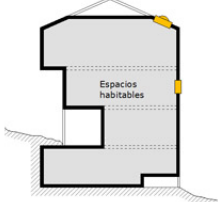
Figura 1-14: Resumen huecos (Fuente: CE3X)

1.4.1.5 VENTANAS

Las ventanas del edificio a estudio fueron renovadas hace pocos años instalando unas con doble vidrio y marco metálico. La absorptividad del marco lo define el color, en este caso, blanco. Todas las ventanas responden a un mismo perfil así que solo se incluye la captura de una de ellas:

Envoltura térmica del edificio

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



Hueco/Lucernario

Nombre: HUECO VENTANA NORTE COCINA
 Cerramiento asociado: FACHADA NORTE
 Orientación: Norte

Dimensiones

Longitud: m
 Altura: m
 Multiplicador:
 Superficie: m²
 Porcentaje de marco: %

Características

Permeabilidad del hueco: Estanco m³/hm²
 Absorptividad del marco: 0.75
 Dispositivo de protección solar: Dispositivo de protección solar
 Patrón de sombras: Sin patrón
 Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas Estimadas

Tipo de vidrio: Doble
 Tipo de marco: Metálico sin RPT

U vidrio: W/m²K
 g vidrio:
 U marco: W/m²K

Figura 1-15: Ventana tipo de la vivienda (Fuente: CE3X)

1.4.1.6 ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO

Además será necesario definir los elementos de sombreado. En el caso de las ventanas del edificio: voladizo (superficie horizontal saliente del edificio por encima del hueco) y retranqueo (alejamiento del hueco respecto del plano exterior de la fachada). El voladizo ya se ha definido al principio del proyecto.

Los diversos tipos de elementos de sombreado son los siguientes:

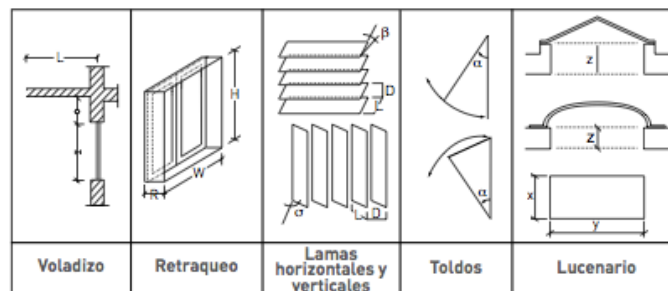


Figura 1-16: Elementos de sombreado (Fuente: Manual CE3X)

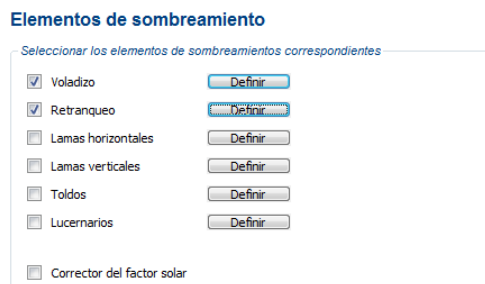


Figura 1-17: Elementos de sombreado (Fuente: CE3X)

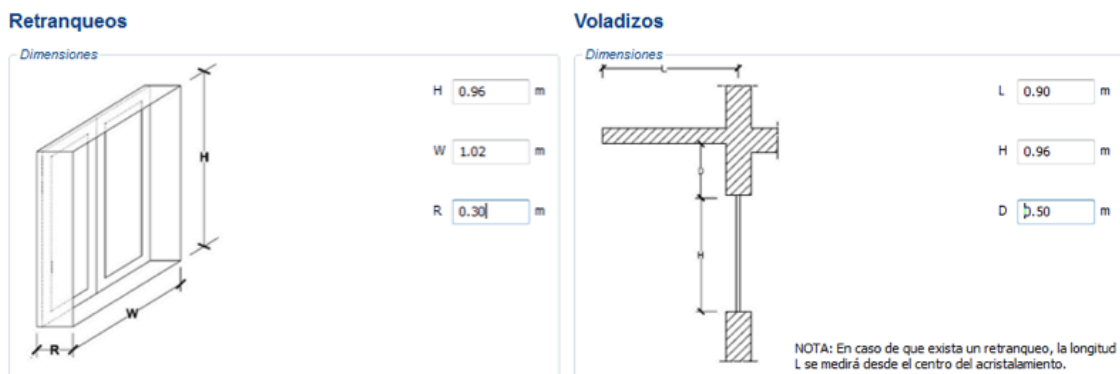


Figura 1-18: Retranqueos y Voladizos (Fuente: CE3X)

Las dimensiones H, W y D variarán de una ventana a otra; R = 0,30 y L = 0,90 permanecerán constantes en todas las ventanas.

1.4.1.7 PUERTA PRINCIPAL

Para introducir una puerta se toma un 100% de porcentaje de marco manteniendo el resto de propiedades respecto a las ventanas. Su transmitancia térmica será la correspondiente a la de la composición de la puerta.

Hueco/Lucernario

Nombre: HUECO PUERTA PRINCIPAL
Cerramiento asociado: FACHADA NORTE
Orientación: Norte

Dimensiones

Longitud: [] m
Altura: [] m
Multiplicador: 1
Superficie: 2.06 m²
Porcentaje de marco: 100 %

Características

Permeabilidad del hueco: Estanco 50 m³/hm²
Absorbtividad del marco: 0.75
 Dispositivo de protección solar
Patrón de sombras: Sin patrón
 Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas: Estimadas
Tipo de vidrio: []
Tipo de marco: Metálico sin RPT

U vidrio [] W/m²K
g vidrio []
U marco 5.7 W/m²K

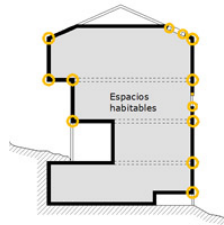
Figura 1-19: Puerta principal (Fuente: CE3X)

1.1.3 PUENTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos son calculados por el propio programa eligiendo previamente el tipo de puente que se dará:

Envolvente térmica del edificio

Cubierta
 Muro
 Suelo
 Partición interior
 Hueco/Lucernario
 Puente térmico Definidos por usuario



Puente térmico por defecto

Definir puentes térmicos por defecto

Pilar integrado en fachada
 Pilar en esquina
 Contorno de hueco
 Caja de persiana
 Encuentro de fachada con forjado
 Encuentro de fachada con cubierta
 Encuentro de fachada con suelo en contacto con el aire
 Encuentro de fachada con solera

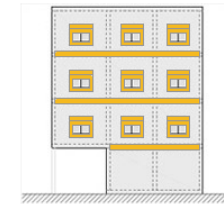


Figura 1-20: Puentes térmicos (Fuente: CE3X)

No habrá pilar integrado en fachada ni pilares en esquina ya que sólo se emplean muros de carga. Se eligen contorno de hueco, caja de persiana y encuentro de fachada con forjado como puentes térmicos.

El programa nos devuelve la siguiente lista:

2 ANEXO II: DIMENSIONADO CALEFACCIÓN

Para dimensionar la potencia de la calefacción se obtienen los datos en las condiciones más desfavorables con el fin de garantizar que la calefacción sea capaz de proporcionar la energía demandada teniendo en cuenta además las pérdidas en la instalación y los coeficientes de seguridad.

Se emplea la siguiente fórmula desglosando los elementos generales de la envolvente térmica del edificio:

$$Q_t = S \cdot U \cdot V_t [W]$$

Siendo:

V_t : Variación de temperaturas = $(T_{INT} - T_{EXT})$

S : Superficie del elemento (m^2)

U : Coeficiente de transmitancia del elemento (W/m^2K). Se obtienen de los calculados en CE3X.

T^a_{ext} : Temperatura del exterior. Se toma $-5,5^{\circ}C$, dato obtenido de Aemet. Temperatura mínima. Dato del percentil 99,6. Cuando la diferencia se calcule con espacios de la vivienda no habitables pero en contacto con el exterior (T^a garaje, cámara sanitaria, cámara cubierta), se asumirán $4,5^{\circ}C$.

Datos de la estación

Provincia: Estación: Indicativo:

a.s.n. (m): Latitud (°): Longitud (°): Temperatura seca: Humedad Relativa: N° observaciones:

Condiciones de proyecto (Para todos los datos de la estación, no se utilizan los intervalos definidos)

CONDICIONES PROYECTO CALEFACCION (Temperatura seca exterior mínima)

TSMIN(°C)	TS_99,6(°C)	TS_99(°C)	HUMcoim(%)	OMA(°C)	OminDC(°C)	OMDC(°C)
-12,0	-5,5	-3,7	75,3	37,9	4,7	15,1

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACION (Temperatura seca exterior máxima)

TSMAX(°C)	TS_0,4(°C)	THC_0,4(°C)	TS_1(°C)	THC_1(°C)	TS_2(°C)	THC_2(°C)	OMDR(°C)
36,6	32,4	19,0	31,1	18,7	29,7	18,3	19,3

CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACION (Temperatura húmeda exterior máxima)

TH_0,4(°C)	TSC_0,4(°C)	TH_1(°C)	TSC_1(°C)	TH_2(°C)	TSC_2(°C)
19,4	31,9	18,6	31,1	17,9	30,4

Figura 2-1: Programa de análisis de datos climáticos (Fuente: AEMET)

T^a_{int} : Temperatura interior, se toma $21^{\circ}C$

A continuación se incluye una tabla en la que figuran todos los cerramientos de la vivienda así como sus transmitancias (extraídas de CE3X), su superficie total y la variación de temperaturas respecto al exterior, ya sea la temperatura ambiente o una intermedia:

Elemento	Superficie Neta (m ²)	U (W/m ² K)	V _t (K)	Q _t = S · U · V _t (W)
Muro Exterior	147,80	1,080	26,500	4.230,04
Puertas y lucernarios	20,86	3,300	26,500	1.824,21
Suelo cámara sanitaria	111,26	2,000	16,500	3.671,58
Suelo garaje	49,00	2,170	16,500	1.754,45
Techo	160,26	1,360	16,500	3.596,23
SUMA PÉRDIDAS				15.076,50

		Q (W)
Necesidades Nominales		15076,50
Pérdidas en tuberías	0,15%	2.261,48
Coeficiente de Seguridad	0,2%	3.015,30
POTENCIA MINIMA DE LA CALDERA		21.353,28
Coeficiente de intermitencia	0,15%	3510,9
POTENCIA MINIMA RECOMENDADA		23.406,36

Otro método, éste partiendo del consumo anual estimado por CE3X, utiliza la siguiente ecuación:

$$D_{calef} = Potencia \cdot \frac{Horas}{Día} \cdot \frac{Días}{Año} \cdot Coef_{Intermtencia}$$

$$Potencia = \frac{D_{cal}}{\frac{Horas}{Día} \cdot \frac{Días}{Año} \cdot Coef_{Intermtencia}}$$

$$D_{\text{CAL}} = 34931.25 \text{ kWh}$$

Se toman los siguientes valores estimados:

$$\text{núm. horas/día} = 9$$

$$\text{núm. días/año} = 200$$

$$\text{coef intermitencia} = 0,85$$

$$Potencia = \frac{34931.25 \text{ kWh}}{9 \text{ Horas/Día} \cdot 200 \text{ Días/Año} \cdot 0,85}$$

$$Potencia = 38734,65 / (10 \cdot 200 \cdot 0,85) = \mathbf{22,83 \text{ kW}}$$

Se escoge el dato más desfavorable de los dos:

$$P_{\text{CAL}} = \mathbf{23,4 \text{ kW}}$$

3 ANEXO III: DIMENSIONADO ACS

No existe una norma de obligado cumplimiento, sin embargo se empleará, a modo de referencia, la siguiente expresión para el cálculo del caudal necesario de ACS extraída de la Guía técnica Agua caliente Sanitaria Central:

$$Q_C = A \cdot (Q_T)^B + C$$

Siendo:

Q_C : Caudal simultáneo de cálculo (l/s).

$(Q_T$: Caudal total, suma de todos los aparatos del edificio (l/s).

A, B y C: Coeficientes que dependen del tipo de edificio, de los caudales totales del edificio y de los caudales máximos por aparatos.

Para calcular Q_T se realiza un desglose de los aparatos domésticos que consumen agua caliente sanitaria:

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo (l/s)	
	AFCH	ACS
Urinario con cisterna (c/u)	0,04	–
Lavamanos	0,05	0,03
Lavabo, Bidé	0,10	0,065
Inodoro con cisterna	0,10	–
Urinario con grifo temporizado	0,15	–
Grifo aislado	0,15	0,10
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Ducha	0,20	0,10
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15
Grifo garaje	0,20	–
Vertedero	0,20	–
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20
Fregadero NO doméstico	0,30	0,20
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Inodoro con fluxor	1,25	–

(Tabla 2.1 HS4)

Figura 3-1: Tabla 2.1 HS4 (Fuente: Guía Técnica ACS)

En la vivienda a estudio:

Tipo de aparato	Nº	Caudal instantáneo mínimo de ACS (l/s) por aparato	Caudal instantáneo mínimo de ACS (l/s)
Urinario con cisterna	2	/	/
Lavabo	2	0,065	0,13
Bidé	2	0,065	0,13
Lavavajillas doméstico	1	0,1	0,1
Fregadero doméstico	1	0,1	0,1
Ducha	1	0,1	0,1
Bañera < 1,40 m	1	0,15	0,15
Lavadora	1	0,15	0,15
Grifo garaje	1	/	/
TOTAL CONSUMO DE ACS	9		0,86

Ahora se acude a la guía técnica de ACS

Tipo de edificio	Caudales (l/s)		Coeficientes		
	Q_c	Q_T	A	B	C
Viviendas	<0,5	≤20	0,682	0,450	-0,140
	≥0,5	≤1	1,000	1,000	0,000
	≥0,5	≤20	1,700	0,210	-0,700
	→ Sin límite	>20	1,700	0,210	-0,700

Figura 3-2: coeficientes para el dimensionado de ACS (Fuente: Guía Técnica Agua Sanitaria Central)

Por lo tanto,

$$Q_c = A \cdot (Q_T)^B + C$$

$$Q_c = 0,682 \cdot (0,86)^{0,45} - 0,14$$

$$Q_c = 0,5 \text{ l/s}$$

Ahora se estudia la potencia necesaria para abastecer la vivienda con la demanda instantánea calculada en el punto más desfavorable del año:

$$P(W) = Q_c \left(\frac{l}{s} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{h} \right) \cdot V_t (^\circ C) \cdot 1,16 \left(\frac{Wh}{l \cdot ^\circ C} \right)$$

Siendo:

T_{ACS} : Temperatura de uso de agua caliente = 60°C

T_{AFCH} : Temperatura del agua de red = 8°C

Temperatura del agua de la red (°C)													Media
Mínimas	5	6	7	9	11	13	15	2	14	11	7	6	10
Máximas	15	15	16	16	17	19	21	21	20	18	17	16	17
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
Lérida	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7	13
Logroño	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8	12
Lugo	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8	11
Madrid	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8	13

Figura 3-3: Temperaturas del Agua de Red (Fuente: UNE 94.002/95)

V_t : Variación de temperatura entre ambas = 52°C

Q_c : Caudal instantáneo demandado = 0,5 l/s

$$P(W) = 0,5 \left(\frac{l}{s} \right) \cdot 3600 \left(\frac{s}{h} \right) \cdot 52(°C) \cdot 1,16 \left(\frac{Wh}{l \cdot °C} \right) = 108576 W$$

$$P = 108,576 kW$$

Obviamente esta potencia está muy por encima de la que una caldera doméstica puede producir. Esto viene dado porque no se ha tenido en cuenta la presencia del acumulador. Estudiaremos el caso en el que contamos con acumulador:

$$P_{cald} = [Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V_{ACUM} \cdot (T_{ACUM} - T_{AFCH}) \cdot F_{USO ACUM}] \cdot 1,16 / \eta_{prdACS}$$

$$Q_{punta} = 50\% \text{ del consumo medio diario} = 120 \times 0,5 = 60 l$$

$$T_{ACS} = 60 °C$$

$$T_{AFCH} = \text{Temperatura del agua de la red} = 8 °C$$

$$V_{acumulación} = \text{Volumen total de los depósitos (acumulación o interacumuladores)} = 150 l$$

$T_{\text{acumulación}}$ = Temperatura de acumulación del agua, puede ser igual o superior a la de uso (TACS) = 60 °C

$F_{\text{uso acumulación}}$ = Es el factor de uso del volumen acumulado, depende de la geometría (esbeltez) y del número de depósitos de acumulación = $0,63 + 0,14 \cdot H/D$

Alto=1256 mm. Diámetro = 505 mm.

$$F_{\text{uso acumulación}} = 0,63 + 0,14 \cdot 1,256 \text{ m} / 0,505 \text{ m}$$

$$F_{\text{uso acumulación}} = 0,98$$

η_{prdACS} = Rendimiento del sistema de producción de ACS, incluye las pérdidas por intercambio, acumulación, distribución y recirculación. Tomamos una estimación del 0'75

$$P_{\text{calderas}} = [Q_{\text{punta}} \cdot (T_{\text{ACS}} - T_{\text{AFCH}}) - V_{\text{acumulación}} \cdot (T_{\text{acumulación}} - T_{\text{AFCH}}) \cdot F_{\text{uso acumulación}}] \cdot 1,16 / \eta_{\text{prdACS}}$$

$$P_{\text{calderas}} = [60 \cdot (60 - 8) - 150 \cdot (60 - 8) \cdot 0,98] \cdot 1,16 / 0,75 = -6997 \text{ W} = 6,997 \text{ kW}$$

4 ANEXO IV: DIMENSIONADO COLECTORES F-CHART

Mediante una hoja Excel diseñada para el dimensionado de instalaciones solares, se realizará el de la planteada.

4.1 CALEFACCIÓN

1.1.4 DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS

En este apartado se introduce el dato de la Provincia (de este dato, a través de una base de datos proveniente del "Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura" / "Radiación Solar sobre superficies inclinadas" extrae valores como latitud, zona climática, temperatura mínima en invierno, valores de radiación media mensuales, temperaturas medias mensuales... necesarios para el cálculo energético posterior:

Provincia:	Madrid
Latitud de la capital [°]:	40,40
Zona climática de la capital (CTE-06	IV
Altitud de la capital [m]:	667,00
Humedad relativa media [%]:	42,00
Velocidad media del viento [Km/h]:	10,00
Temperatura máxima en verano [°C]:	34,00
Temperatura mínima en invierno [°C]:	-3,00
Variación diurna:	15,00
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1260(Periodo Noviembre/Marzo)
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):	1405 (Todo el año)

Tabla 4-1: Datos geográficos y climatológicos (Fuente: Excel F-Chart)

En términos de evolución anual y empleando las tablas de datos promedios con las que cuenta la hoja:

Meses	Enero	Feb.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Ag.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Anual
Tª. med amb. [°C]:	6,30	8,10	11,10	13,40	17,70	23,60	26,40	26,30	22,20	16,40	10,40	6,80	15,7
Tª. media agua red [°C]:	6,00	7,00	9,00	11,00	12,00	13,00	14,00	13,00	12,00	11,00	9,00	6,00	10,3
Rad. horiz. [kJ/m ² /día]:	6.700	10.600	13.600	18.800	20.900	23.500	26.000	23.100	16.900	11.400	7.500	5.900	15.408
Rad. inclin. [kJ/m ² /día]:	11.761	16.155	16.838	19.376	18.907	20.005	22.594	22.511	19.567	13.648	12.600	10.839	17.067

Tabla 4-2: Evolución anual de temperaturas y radiación en la zona (Fuente: Excel F-Chart)

1.1.5 DATOS RELATIVOS A LAS NECESIDADES ENERGÉTICAS DEL SISTEMA

Ahora se introducen los datos que afectan a la demanda energética que son:

Porcentaje de ocupación, dónde se asume que en los meses de ocupación 0%, en realidad se desconecta la calefacción (de mayo a octubre) a pesar de seguir ocupada la vivienda.

Meses	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
% de ocupación:	100	100	100	100	0	0	0	0	0	0	100	100	50

Tabla 4-3: Porcentaje de ocupación (Fuente: Excel F-Chart)

En cuanto a la temperatura de utilización tomamos 80° ya que se va a emplear el circuito de emisores térmicos presente en la vivienda y a la temperatura interior 21°. La superficie a calefactar será la superficie útil.

Superficie a calefactar [m ²]:	160,26
Temperatura interior del local [°C]:	21
Temperatura de utilización [°C]:	80
KG del edificio [Kcal/(h · m ² · °C)]:	0,99

Tabla 4-4: Necesidades de calefacción (Fuente: Excel F-Chart)

K_G es la medida ponderada de los coeficientes de transmisión de calor de los distintos elementos de separación del edificio definidos anteriormente. Se calcula por medio de la expresión siguiente:

$$K_G = \frac{\Sigma K_E S_E + 0,5 \cdot \Sigma K_N S_N + 0,8 \cdot \Sigma K_Q S_Q + 0,5 \cdot \Sigma K_S S_S}{\Sigma S_E + \Sigma S_N + \Sigma S_Q + \Sigma S_S}$$

Siendo:

- K : Coeficiente de transmisión térmica del cerramiento ($\text{Kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$)
- S : Superficie del cerramiento (m^2)
- E : Cerramientos en contacto con el ambiente exterior
- N : Cerramientos de separación con otros edificios o locales no calefactados
- Q : Cerramientos de techo o cubierta
- S : Cerramientos de separación con el terreno

Desglosando:

Elemento	Sup (m^2)	U ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$)	U ($\text{kCal}/\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}$)
Muro Exterior	147,8	1,08	0,93
Puertas y lucernarios	20,86	3,3	2,84
Suelo cámara sanitaria	111,26	2	1,72
Suelo garaje	49	2,17	1,86
Techo	160,26	1,36	1,17

Tabla 4-5: Cerramientos, superficie y transmitancia (Fuente: Excel F-Chart)

Por tanto:

$$K_G = \frac{0,93 \cdot 147,8 + 2,84 \cdot 20,86 + 0,5(1,72 \cdot 111,26 + 1,86 \cdot 49) + 0,8 \cdot 1,17 \cdot 160,26}{147,80 + 20,86 + 111,26 + 49 + 160,26}$$

$$K_G = \mathbf{0,99}$$

1.1.6 DATOS RELATIVOS AL SISTEMA

En este apartado se introducen datos relativos a los colectores elegidos (superficie del colector, factor de eficiencia, parámetros de la curva de rendimiento, coeficiente global de pérdida...), datos relativos al depósito de acumulación como su volumen y datos de caudal del circuito principal y del secundario.

Respecto a la curva de rendimiento se plantea un problema: la ecuación empleada en la Excel de F-Chart es de primer grado, mientras que la suministrada por el fabricante es de segundo grado (tiene un factor de corrección cuadrático). Se realiza una simplificación de dicha curva omitiendo dicho factor:

$$\eta_{colector} = 0,832 - \frac{1,14 \cdot \Delta T}{I}$$

Siendo

ΔT : Variación de temperaturas $T_m - T_{amb}$

T_m : Temperatura media del fluido caloportador (°C)

T_{amb} : Temperatura ambiente (°C)

I : Irradiancia (W/m²)

El resto de valores necesarios se extraen de la ficha técnica del colector, de la del intercambiador y de la del fluido caloportador:

Superficie útil del colector [m ²]:	3,228
Factor de eficiencia del colector:	0,832
Coefficiente global de pérdida [W/(m ² ·°C)]:	1,14
Volumen de acumulación [L/m ²]:	150
Caudal en circuito primario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]:	50
Caudal en circuito secundario [(L/h)/m ²] - [(Kg/h)/m ²]:	46
Calor específico en circuito primario [Kcal/(Kg·°C)]:	0,9
Calor específico en circuito secundario [Kcal/(Kg·°C)]:	1
Eficiencia del intercambiador:	0,95
Energía de apoyo:	GLP

Tabla 4-6: Datos de la instalación (Fuente: Excel F-Chart)

La hoja devuelve el cálculo energético realizado:

MESES	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
° día [°C]:	393,7	305,2	244,9	168,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	258,0	378,2	1748,0
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	4.419	3.426	2.749	1.886	0	0	0	0	0	0	2.896	4.245	19.621

Tabla 4-7: Necesidades energéticas anuales (Fuente: Excel F-Chart)

1.1.7 DATOS DE SALIDA

Una vez introducidos todos los datos, la hoja de Excel calcula los resultados dejando abiertas dos variables para poder modificarlas y comprobar el efecto que sobre los valores de ahorro energético y excedente tienen.

En el caso a estudio se incrementa el número de colectores hasta 31 y así poder garantizar el 100% del suministro calorífico en los meses más desfavorables obteniendo los siguientes datos:

Número de colectores:	31
Area colectores [m ²]:	100,07
Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	51
Volumen de acumulación [L]:	8.005
Emisiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	6186,6

Tabla 4-8: Datos de salida (Fuente: Excel F-Chart)

Además, el programa calcula el dato de volumen de acumulación necesario, en este caso unos 8 m³.

El valor mensual de energía necesaria, ahorro energético, ahorro energético en porcentaje y excedentes viene reflejado en la siguiente tabla:

Meses	ENE-	FEB-	MAR-	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	4.419	3.426	2.749	1.886	0	0	0	0	0	0	2.896	4.245	19.621
Ahorros [Kcal·1000]:	4.419	3.426	2.749	1.886	0	0	0	0	0	0	2.896	4.245	19.621
Ahorros [%]:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Excedentes [%]:	3,3	28,2	37,6	62,9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,4	0,8	158,3

Tabla 4-9: Evolución anual de demanda, ahorros y excedentes (Fuente: Excel F-Chart)

Se comprueba mediante los datos de excedentes, un 158,3% anual, lo ineficiente de este sistema.

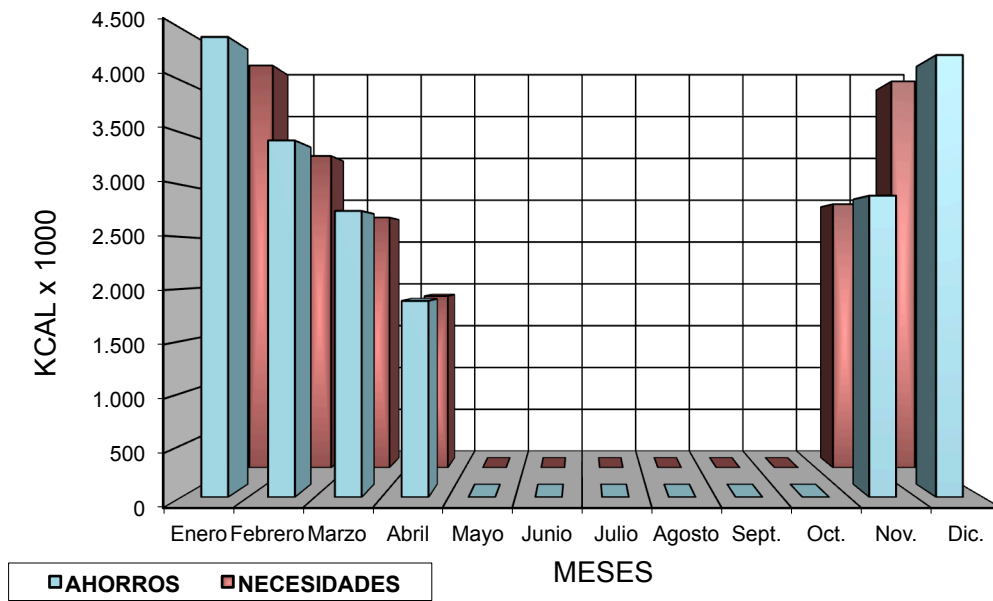


Figura 4-1: Gráfica de ahorros frente a necesidades (Fuente: Excel F-Chart)

4.2 AGUA CALIENTE SANITARIA

Para el dimensionado de ACS, se mantienen los datos geográficos y climatológicos y los datos relativos al sistema, que coinciden para ambas demandas.

1.1.8 DATOS RELATIVOS A LAS DEMANDAS ENERGÉTICAS

En este caso será necesario asumir una ocupación del 100% a lo largo del año ya que en los meses más cálidos se seguirá demandando agua caliente.

Meses	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
% de ocupación:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Tabla 4-10: Porcentaje de ocupación en ACS (Fuente: Excel F-Chart)

En el siguiente menú, se demanda el número de ocupantes, 4 en el caso presente y el consumo de ACS a 60° por ocupante, 30 litros.

Número de ocupantes:	4
Consumo por ocupante a 60°C [L/pers/día]:	30,00
Consumo de agua a max. ocupación a 60°C [L/día]:	120
Temperatura de utilización [°C]:	60
...a 45°C [L/pers/día]:	43,0
...a 45°C [L/día]:	172

Tabla 4-11: Demanda de agua caliente sanitaria (Fuente: Excel F-Chart)

1.1.9 CÁLCULO ENERGÉTICO

En el cálculo energético se tiene en cuenta la temperatura media de red, la temperatura de consumo, la diferencia entre ambas y la demanda de agua caliente en litros al día.

Meses	EN.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEPT.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUAL
Cons. Agua a 60°C [m ³]:	3,7	3,4	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7	3,7	3,6	3,7	3,6	3,7	43,8
Incremento T ^a . [°C]:	54,0	53,0	51,0	49,0	48,0	47,0	46,0	47,0	48,0	49,0	51,0	54,0	
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	201	178	190	176	179	169	171	175	173	182	184	201	2.178
Cons. Agua a 45°C [m ³]:	5,2	4,7	5,3	5,2	5,4	5,3	5,5	5,5	5,2	5,4	5,1	5,2	62,8

Tabla 4-12: Evolución anual demanda de ACS (Fuente: Excel F-Chart)

Los datos introducidos son los siguientes:

Número de colectores:	2
Area colectores [m ²]:	6,46
Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	40
Volumen de acumulación [L]:	172
Emisiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	686,8

Tabla 4-13: Datos de la instalación (Fuente: Excel F-Chart)

En este caso, al no contar con apoyo de otro tipo de calefacción, también se ha sobredimensionado. Aunque con un sólo colector incluso se obtendrían excedentes anuales, se debe garantizar que en los meses más desfavorables (en los que la demanda de calefacción también se ajusta a la capacidad de producción) se llegue a la demanda mensual. Se podría recurrir al excedente de energía en la calefacción pero los meses de máxima demanda coinciden y no se tiene garantía de margen suficiente.

Por lo tanto se plantea una instalación con 2 colectores.

El resultado es el siguiente:

Meses	ENE-	FEB-	MAR-	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	ANUA L
Ener. Nec. [Kcal·1000]:	201	178	190	176	179	169	171	175	173	182	184	201	2.178
Ahorros [Kcal·1000]:	201	178	190	176	179	169	171	175	173	182	184	201	2.178
Ahorros [%]:	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Excedentes [%]:	20,3	36,6	39,2	45,1	45,7	50,0	61,1	58,9	48,1	32,1	26,6	15,8	479,5

Tabla 4-14: Demanda, ahorro y excedentes (Fuente: Excel F-Chart)

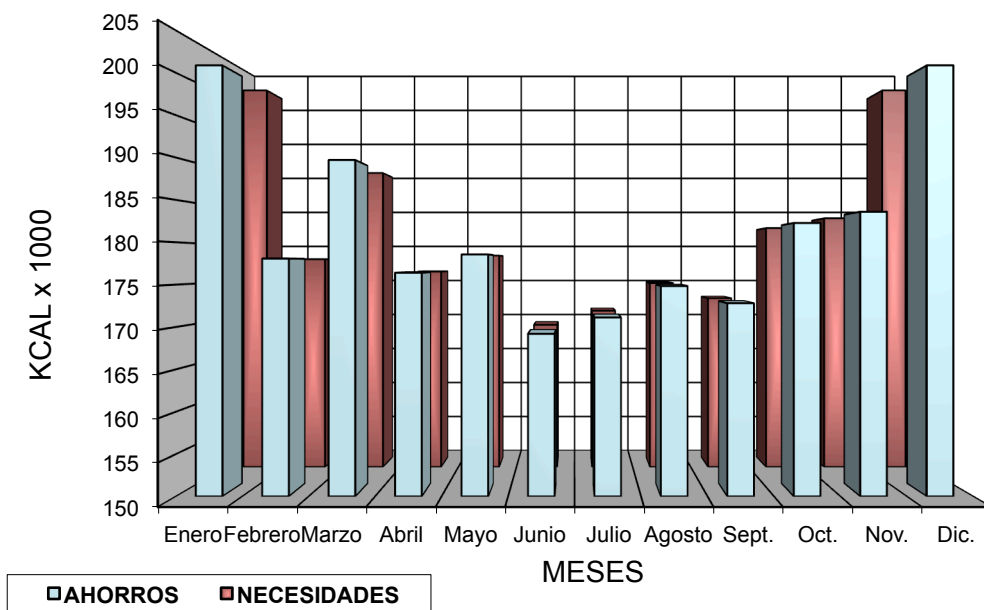


Figura 4-2: Gráfica de ahorros frente a necesidades (Fuente: Excel F-Chart)

Por tanto, a partir del método F-Chart, se estima un número de colectores para la instalación de:

33 COLECTORES = 31 COLECTORES DESTINADOS A CALEFACCIÓN + 2 COLECTORES DESTINADOS A ACS

5 ANEXO V: DIMENSIONADO Y ELECCIÓN ELEMENTOS INSTALACIÓN SOLAR

5.1 COLECTORES DE TUBO DE VACÍO

A continuación, con el fin de seleccionar unos colectores de tubos de vacío, se plantea la siguiente comparativa:

Marca	Modelo	Eficiencia Óptica Basado Sup.Aper tura	a1 (W/m ² K)	a2 (W/m ² K)	Coef. Pérdidas IDAE: a1 + 30a2 (W/m ² K)	Dimensiones Dim (mm)	Sup.bruta (m ²)	Sup.Apert. (m ²)	Pmax (bar)
BAXI ROCA	AR 30	0,832	1,14	0,014	1,56	1996 x 2127 x 97	4,25	3,228	8
BAXI ROCA	AR 20	0,83	1,53	0,006	1,71	1996 x 1418 x 97	2,83	2,153	8
SOLARIS	E-10	0,685	3,281	0,016	3,761	1930 x 1010 x 155	1,95	1,1	8
SOLARIS	E-10	0,685	3,281	0,016	3,761	1930 x 1010 x 155	1,95	1,1	8
SOLARIS	E-10	0,685	3,281	0,016	3,761	1930 x 1010 x 155	1,95	1,1	8
VAILLANT	VTK 570	0,642	0,642	0,001	0,672	700 x 1640 x100	1,15	1	10
	VITOSOL 300								
VISSMANN	T SP 3A 2m2	0,756	1,28	0,0063	1,469	2030 x 1412 x 145	2,886	2,145	6

Tabla 5-1: Comparativa de colectores de tubos de vacío

Tras evaluar parámetros como precio, eficiencia óptica, coeficiente de pérdidas, se opta por los captadores solares que ofrecen un mejor dato de eficiencia óptica, los BAXI AR 30 selectivo de 4,25 m² de superficie bruta, y 3,23 m² de superficie útil de captación, para montaje sobre cubierta plana, cubierta inclinada o en fachada horizontal o vertical. Su ecuación característica es la siguiente:

$$\eta = 0,832 - 1,14 \cdot \Delta T - 0,014 \cdot G \cdot \Delta T^2$$

Según el certificador se trata de un 'colector plano altamente selectivo fabricado en hoja. Tubos unidos por su parte superior a un colector coaxial de cobre aislado y cubierto por una carcasa de aluminio. Coeficiente absorción = 0,95. Tubos fácilmente ajustables para asegurar una óptima orientación. Permite conexiones en serie hasta 120 tubos mediante racores de compresión, según zona climática. Medidas 1996x2127x97 mm. Referencia 144808001.'

5.2 DEPÓSITOS INTERCAMBIADORES

Para el dimensionado de los interacumuladores, se emplea el valor de volumen de acumulación para la instalación proyectada calculado por la hoja Excel F-CHART:

Número de colectores:	31	Número de colectores:	2
Area colectores [m ²]:	100,07	Area colectores [m ²]:	6,46
Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	51	Inclinación óptima (CTE-06) [°]:	40
Volumen de acumulación [L]:	8.005	Volumen de acumulación [L]:	172
Emissiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	6186,6	Emissiones CO ₂ evitadas [kg CO ₂]:	686,8

Tabla 5-2: Datos de salida de excel F-CHART para Calefacción y ACS (Fuente: Excel F-Chart)

Al tratarse de un gran volumen de acumulación (8177 l) se opta por dos depósitos modelo ASA-4000-1 y ASA-5000-1 de BAXI con un serpentín dispuestos en paralelo:

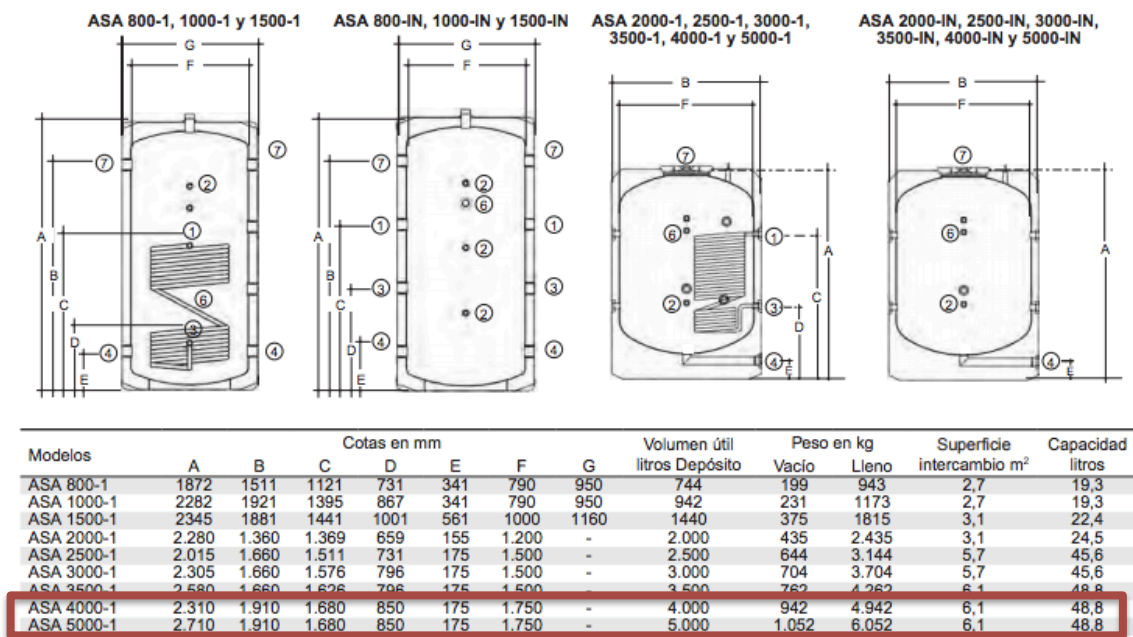


Figura 5-1: Datos técnicos de los interacumuladores ASA (Fuente: Catálogo BAXI)

Estos interacumuladores necesitan un accesorio envolvente tal y como figura en el catálogo de BAXI, se tendrá en cuenta en el apartado económico.

5.3 VASO DE EXPANSIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO

Para el dimensionado se emplea una hoja Excel en la cual, mediante la introducción de los datos que definen el circuito, se obtiene el valor del volumen del vaso de expansión. Los datos a introducir son los siguientes:

- Nº colectores: 33
- Volumen unitario de colector: 5,6 l. Dato extraído de la ficha técnica del colector.

	AR 20	AR 30
Superficie total	2,83 m ²	4,25 m ²
Superficie de apertura	2,153 m ²	3,228 m ²
Capacidad	3,8 litros	5,6 litros
Peso vacío	54,8 Kg	61,4 Kg
Peso lleno/sup.total	20,70 Kg/m ²	20,47 Kg/m ²
Presión máxima de trabajo	8 bar	8 bar
Temperatura de estancamiento	286°C	286°C
Tratamiento selectivo TINOX		
Absorbancia	95 % ± 1 %	
Emitancia	5 % ± 2 %	

Figura 5-2: Datos colector AR-20, AR-30 (Fuente: Catálogo BAXI)

- Volumen de agua en el intercambiador: 97,6 l El volumen total de cada serpentín en los intercambiadores será de 48,8 l (dato obtenido de la figura 5.1).
- Longitud tubería para cada diámetro. Se establece un diámetro unitario de dos pulgadas (44mm) para la tubería principal y una pulgada (22 mm) para las ramificaciones de cada batería. Se estima la longitud total a partir del morfología de la instalación solar y de la distancia mínima entre colectores calculada a posteriori (3,68m). Se tomará una longitud de 150 m y 3 m respectivamente.
- Presión mínima en el punto más alto: se toma 1,5 bar = 1,53 kg/cm²
- Presión máxima del circuito primario:

$$P_{max} = P_{min} + \text{Diferencia de altura colector y vaso expansión}$$

- Distancia desde parte superior de captadores hasta vaso de expansión (m): 1 metro
- Coeficiente de expansión del fluido caloportador: 0,05 para el agua, 0,065 para una mezcla de agua con anticongelante.

Los datos de entrada en la Excel serán los siguientes:

VOLUMEN CIRCUITO HIDRAULICO			
1 Volumen agua colectores		184,8	
Tipo de colector	Volumen unitario (L)	nº colectores	Volumen total (l)
Plano	5,6	33	184,8
2 Volumen agua intercambiadores		97,6	
Dato del fabricante :		97,6	
3 Volumen agua tuberías de cobre		182,763	
Diámetro (mm)	Longitud (m)	Volumen unitario (l/m)	Volumen total (l)
12	0	0,093	0,00
15	0	0,151	0,00
18	0	0,254	0,00
22	33	0,311	10,26
28	0	0,531	0,00
35	0	0,809	0,00
42	150	1,15	172,50
54	0	2,03	0,00
63	0	3,09	0,00
80	0	4,4	0,00
100	0	7,73	0,00
		Total	182,76
Total volumen en circuito (1)			465,16
Presión mínima del circuito primario (kg/cm presión admisión)			1,50
Presión máxima del circuito primario (kg/cm bomba presión impulsión)			2,50
Distancia desde parte superior de captadores hasta vaso de expansión (m)			1
Coeficiente de expansión del fluido caloportador			0,065
Volumen de reserva: Vr (l)			6,97745
Volumen de vaporización: Vvap (l)			0

Tabla 5-3: Datos de entrada Excel para el dimensionado de vasos de expansión (Fuente: Excel dimensionado vaso expansión/bomba)

La hoja de cálculo devuelve el siguiente resultado:

Vaso de expansión cerrado con membrana: **144,7 litros**

Por tanto se escogerá un vaso de expansión de 150 l. Tras realizar una comparativa de productos se opta por el modelo **GERCE 150 de ELBI**.



Figura 5-2: Vasos de Expansión GERCE (Fuente: Catálogo ELBI)

5.4 BOMBA DE RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO PRIMARIO

Para dimensionar la bomba del circuito primario, se emplea la misma hoja de cálculo Excel, en este caso se obtiene la pérdida de carga total en mm de columna de agua. Este es el dato, junto con el caudal necesario con el que se elegirá la bomba. Los datos a introducir en dicha hoja Excel son los siguientes:

- Caudal de diseño para el circuito

Para calcular el caudal, el documento básico HE 4 de la CTE, dice textualmente "*El caudal del fluido portador se determinará de acuerdo con las especificaciones del fabricante como consecuencia del diseño de su producto. En su defecto su valor estará comprendido entre 1,2 l/s y 2 l/s por cada 100 m² de red de captadores*". En el caso de la instalación a estudio, tras acudir al manual del fabricante se obtiene que el caudal óptimo ha de ser:

El caudal recomendado debería estar entre 0,1 y 0,25 l/min/tubo.
Con estos valores de caudal la eficiencia de los colectores oscilará un $\pm 5\%$ con respecto a su capacidad máxima.

AR 20: entre 2 y 5 l/min AR 30: entre 3 y 6 l/min
--

Figura 5-3: Caudal recomendado en colector (Fuente: Catálogo BAXI)

- Superficie útil del colector elegido: 3,228 m
- Número total de colectores que hay en el circuito: 33
- Nº bancadas de colectores en serie: 9 (8 de cuatro colectores en serie y una de un único colector)
- Número de captadores dentro de cada tramo: 4
- Longitud total de cada tramo: 3 m para las baterías en serie y 150 para la principal.
- Diámetro exterior de la tubería para cada tramo. Se itera hasta conseguir que cumpla la normativa. En el caso a estudio, para la tubería principal 44 mm y para las bancadas 22 mm.
- Se introducen el número de válvulas antiretorno, codos, Ts y válvulas de esfera de cada tramo.
- Pérdida de carga en los colectores: 440 mm.c.a. Este dato se obtiene de multiplicar el número de colectores en cada batería por la pérdida de carga facilitada por el fabricante (110 mm.c.a.).
- Pérdida de carga en el intercambiador de calor: se toma 300 mm.c.a.

Se itera el caudal total hasta conseguir el valor de caudal por batería óptimo (será el mismo que el que circule por cada captador):

CALCULO DE PERDIDAS DE CARGA EN CIRCUITOS HIDRAULICOS

Caudal (l/h.m2)	30	Pérdida de carga total por rozamiento	3144	mm.c.a.
Area unitaria captador	3,228	Caudal global	3,20	m ³ /h.
Numero de captadores	33			
Nº baterias en serie	9 (1, si todas en paralelo)			
Caudal global (l/h)	3195,72			
Caudal unitario (l/h)	355,08	5,918		

1 PERDIDAS DE CARGA EN TUBERIAS Y ACCESORIOS

Número tramo	Número captadores	Longitud (m)	Caudal (l/h)	Diámetro exterior (mm)	Velocidad (m/s)	Diámetro interior (mm)	mm.c.a./m	mm.c.a. tramo	mm.c.a. acumulado
COLECTORES	(4)	3	355,08	22	0,31	20	7,62	22,85	22,85
PRINCIPAL	33	150	3195,72	44	0,64	42	12,01	1801,32	1.824,17
Total pérdidas de carga en tuberías (mm.c.a.)									1.824,17

Nº válv. retención	Nº codos	Nº T90	Nº válvulas esfera	Longitud equivalente (m)	Total tramo accesorios (mm.c.a.)
1	2	0	2	4,16	32
1	4	20	2	45,68	549
Total pérdidas de carga en valvulería (mm.c.a.)					580

2 PERDIDAS DE CARGA EN COLECTORES

Pérdidas de carga en colectores (mm.c.a.) **440**

3 PERDIDAS DE CARGA EN INTERCAMBIADOR

De tablas (mm.c.a.) **300**

Tabla 5-4: Datos de entrada en Excel para el cálculo de la pérdida de carga (Fuente: Excel dimensionado vaso expansión/bomba)

La pérdida de carga a compensar por la bomba será de **3144 mm.c.a**

Tras consultar varios catálogos se escoge la bomba de circulación Grundfos UPS 25-55:



Figura 5-4: Bomba de circulación Grundfos UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

En la siguiente tabla proporcionada por el fabricante se especifica el caudal y la pérdida de carga que puede compensar. En el caso a estudio, los valores serán, respectivamente, y 3,19 m³/h y 3,144 m.c.a.

Modelo	Tensión	Caudal Q																	
		m ³ /h →	0	0,4	0,8	1	1,6	2	2,4	3	3,2	4	4,0	5	6	7	8	9	10
UPS 25-25 / 32-25	M	1,9	1,9	1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,3	1,1	0,6	0,4					
UPS 25-55	M	4,7	4,3	4,2	4,2	4,1	4	3,8	3,7	3,3	2,8	2,3	1,5						
UPS 32-55	M	5	4,9	4,8	4,7	4,7	4,5	4,2	3,9	3,8	3,5	3,2	2,5	1,8	1,2	0,5			
UPS 25-80	M	7,2	7,1	6,9	6,8	6,7	6,5	6,2	5,9	5,8	5,5	5,2	4,5	3,5	2,5	1,9			
UPS 32-80/F	M	7,5	7,5	7,3	7,2	7	6,8	6,5	6,4	6,2	6	5,6	5,3	4,6	3,8	3	2,2	1,6	
UPS 25-100	M	10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9	9	9	8,5	8	7,5	7	6	5	4,3	
UPS 32-100/F	M	10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9	9	9	8,5	8	7,5	7	6	5	4,3	
UPS 32-50 F / 40-50 F	M	5,2	5	4,9	4,8	4,6	4,5	4,2	4	3,9	3,6	3,5	2,7	1,9	1,3	0,5			
UPS 80-80 F	M	7,6	7,4	7,3	7,1	7,1	6,9	6,7	6,4	6,4	6,3	6	5,2	4,5	3,8	3	2,2	1,5	
UPS 40-100 F	M	10	10	9,8	9,7	9,7	9,5	9,3	9	9	8,5	8	7,5	7	6,3	5,5	4,5		

Tabla 5-5: Caudal y Altura en m.c.a. del modelo UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

Los datos de la bomba son los siguientes:

Modelo	Código	Conexión bomba	Longitud (mm)	Tensión	P _i (W) Velocidad			I _a (A) Velocidad			Clase Energética
					1	2	3	1	2	3	
UPS 25-25	95906400	G 1 1/2	180	1x230 V	25	40	50	0,12	0,18	0,22	C
UPS 32-25	95906401	G 2	180	1x230 V	25	40	50	0,12	0,18	0,22	C
UPS 25-55	95906404	G 1 1/2	180	1x230 V	65	80	85	0,3	0,36	0,38	C
UPS 32-55	95906409	G 2	180	1x230 V	75	100	105	0,32	0,44	0,46	C
UPS 25-80	95906429	G 1 1/2	180	1x230 V	110	155	165	0,5	0,7	0,7	C
UPS 32-80	95906442	G 2	180	1x230 V	135	200	220	0,6	0,9	0,98	C
UPS 25-100	95906480	G 1 1/2	180	1x230 V	280	340	345	1,3	1,5	1,52	C
UPS 32-100	95906500	G 2	180	1x230 V	280	340	345	1,3	1,5	1,52	C
UPS 32-50 F	95906415	DN 32	220	1x230 V	75	100	105	0,32	0,44	0,46	C
UPS 32-80 F	95906458	DN 32	220	1x230 V	135	200	220	0,6	0,9	0,98	C
UPS 32-100 F	95906483	DN 32	220	1x230 V	280	340	345	1,3	1,5	1,52	C
UPS 40-50 F	95906420	DN 40	250	1x230 V	75	100	105	0,32	0,44	0,46	C
UPS 40-80 F	95906462	DN 40	250	1x230 V	135	200	220	0,6	0,9	0,98	C
UPS 40-100 F	95906486	DN 40	250	1x230 V	280	340	345	1,3	1,5	1,5	C

Tabla 5-6: Características técnicas del modelo UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

Según el RITE, 'En instalaciones superiores a 50 m² se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.'

Por tanto, en el caso a estudio, se incluyen **dos bombas modelo UPS 25-55 de GRUNDFOS**.

5.5 VASO EXPANSIÓN CIRCUITO SECUNDARIO

Para dimensionar el vaso de expansión en el circuito secundario, se empleará la siguiente fórmula:

$$V_{\text{vaso exp}} = V_{\text{instalación}} \cdot C_d \cdot C_p$$

Siendo:

C_p = coeficiente de presión = (válvula seguridad) = 2,10

C_d = coeficiente de dilatación del fluido caloportador

El coeficiente de expansión C_e o C_d es siempre positivo y menor que la unidad y representa la relación entre el volumen útil del vaso de expansión, que debe ser igual al volumen de fluido expansionado, y el volumen de fluido contenido en la instalación:

$$C_d = \frac{V_u}{V}$$

Según el RITE se calcula con la fórmula:

$$C_d = (3,24 \cdot T^2 + 102,13 \cdot T - 2708,3) \cdot 10^{-6}$$

Donde una vez sustituida la T por el valor deseado tenemos los siguientes valores:

Temperatura	Cd	Cd (%)
30 °C	0,00328	0,328
40 °C	0,00656	0,656
50 °C	0,0105	1,05
60 °C	0,0151	1,51
70 °C	0,0204	2,04
80 °C	0,0262	2,623
90 °C	0,0328	3,28
100 °C	0,0400	4

Tabla 5-7: Coeficiente de expansión frente a temperatura

En el caso a estudio, la temperatura será de 80 °C, por tanto se toma $C_e = 0,0262$

Para calcular el volumen de la instalación se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

$$V_{\text{instalación}} = V_{\text{acumulador}} + V_{\text{emisor}} \cdot N_{\text{emisores}} + V_{\text{tuberías}}$$

Siendo:

$$V_{\text{acumulador}} = 9000 \text{ l} (5000 \text{ l} + 4000 \text{ l})$$

$$N_{\text{emisores}} = 15$$

$$V_{\text{emisor}} = 3 \text{ l}$$

Se asumen unos 0,3 l por módulo y una media de 10 módulos por emisor y por tanto:

$$0,3\text{l/módulo} \cdot 10 \text{ módulos} = 3 \text{ l/emisor}$$

$$V_{\text{tuberías}} = 150 \text{ m} \cdot \pi \cdot 0,011 \text{ m}^2 = 0,05 \text{ m}^3 = 50 \text{ l}$$

$$V_{\text{instalación}} = 9000 \text{ l} + 45 \text{ l} + 50 \text{ l} = 9095 \text{ l}$$

Ahora se sustituyen todos los valores en la fórmula inicial:

$$V_{\text{vaso exp}} = V_{\text{instalación}} \cdot C_d \cdot C_p$$

$$V_{\text{vaso exp}} = 9095 \text{ l} \cdot 0,0262 \cdot 2,10 \approx 500 \text{ l}$$

Atendiendo a esta necesidad se escoge el modelo **GERCE 500 de ELBI**.



Figura 5-5: Modelo GERCE (Fuente: Catálogo ELBI)

6 ANEXO VI: DIMENSIONADO Y CÁLCULOS DEL CASO I DE CALEFACCIÓN DE PROPANO CON APOYO SOLAR DEL 10%

6.1 VASO DE EXPANSIÓN DEL CIRCUITO PRIMARIO

Los datos para el dimensionado del caso I son los siguientes:

VOLUMEN CIRCUITO HIDRAULICO			
1 Volumen agua colectores		11,2	
Tipo de colector	Volumen unitario (L)	nº colectores	Volumen total (l)
Plano	5,6	2	11,2
2 Volumen agua intercambiadores		50	
Dato del fabricante : 50			
3 Volumen agua tuberías de cobre		3,732	
Diámetro (mm)	Longitud (m)	Volumen unitario (l/m)	Volumen total (l)
12	0	0,095	0,00
15	0	0,151	0,00
18	0	0,254	0,00
22	12	0,311	3,73
28	0	0,531	0,00
35	0	0,809	0,00
42	0	1,15	0,00
54	0	2,03	0,00
63	0	3,09	0,00
80	0	4,4	0,00
100	0	7,73	0,00
		Total	3,73
Total volumen en circuito (l)			64,93
Presión mínima del circuito primario (kg/cm presión admisión)			1,50
Presión máxima del circuito primario (kg/cm bomba presión impulsión)			2,50
Distancia desde parte superior de captadores hasta vaso de expansión (m)			1
Coeficiente de expansión del fluido caloportador			0,065
Volumen de reserva: Vr (l)			1
Volumen de vaporización: Vvap (l)			0
Coefficiente de presión (Cp)=		3,89	
Vaso de expansión cerrado con membrana :		20,3 litros	

Tabla 6-1: Excel de cálculo de vaso de expansión para los datos del caso I (Fuente: Excel dimensionado vaso expansión/bomba)

Se obtiene una estimación del volumen del vaso de expansión con membrana de 20,3 l. Se elige el vaso de expansión ELBI GERCE 24 para el circuito primario:

ELBI GERCE 24: 48 € sin IVA

6.2 VASO DE EXPANSIÓN DEL CIRCUITO SECUNDARIO

En el ANEXO V se explica la metodología de dimensionado del vaso de expansión del circuito secundario que quedará resumida a continuación:

$$V_{vaso\ exp} = V_{instalación} \cdot C_d \cdot C_p$$

$$V_{instalación} = V_{acumulador} + V_{emisor} \cdot N_{emisores} + V_{tuberías}$$

Siendo:

$$V_{acumulador} = 300\ l \quad N_{emisores} = 15$$

$$V_{emisor} = 3\ l \quad V_{tuberías} = 50\ l$$

$$V_{instalación} = 300\ l + 45\ l + 50\ l = 395\ l$$

Ahora se sustituyen todos los valores en la fórmula inicial:

$$V_{vaso\ exp} = 395\ l \cdot 0,0262 \cdot 2,10 \approx 217\ l$$

Se obtiene un volumen de 217 l que sugiere la elección de un vaso de expansión de 250 l:

ELBI GERCE 250: 410 € sin IVA

6.3 BOMBA DE RECIRCULACIÓN DE CIRCUITO PRIMARIO

En la misma hoja Excel se introducen los datos del circuito estimado: los caudales necesarios para un óptimo rendimiento de los 2 colectores, los datos relativos a la morfología de la instalación y a los elementos empleados... Se obtienen los siguientes datos:

Caudal (l/h.m2)	30	Pérdida de carga total por rozamiento	476	mm.c.a.
Area unitaria captador	3,228	Caudal global	0,19	m³/h.
Número de captadores	2			
Nº baterías en serie	1 (1, si todas en paralelo)			
Caudal global (l/h)	193,68			
Caudal unitario (l/h)	193,68	3,228		

Tabla 6-2: Pérdida de carga total del circuito primario en la instalación I (Fuente: Excel dimensionado vaso expansión/bomba)

Con los datos de caudal $0,19 \text{ m}^3/\text{h}$ y pérdida de carga de $0,476 \text{ mca.}$ Se acude a la tabla siguiente para determinar el modelo de bomba:

Modelo	Caudal Q																	
	m ³ /h →	0	0,4	0,8	1,2	1,6	2	2,4	2,8	3,0	3,2	3,3	4	5	6	7	8	9
UPS 25-40		3,9	3,5	3,0	2,6	2,1	1,7	1,3	0,9	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-
UPS 25-50		4,7	4,3	3,8	3,3	2,8	2,2	1,8	1,3	1,2	1,0	-	-	-	-	-	-	-
UPS 25-60		5,7	5,2	4,7	4,1	3,5	3,0	2,4	1,8	1,6	1,3	1,2	-	-	-	-	-	-

Tabla 6-3 Tabla de dimensionamiento del modelo UPS (Fuente: Catálogo GRUNDFOS)

Bastaría con el UPS 25-40 que es capaz de compensar una pérdida de altura de entre 3 y $3,5 \text{ m}$ de columna de agua con un caudal de entre $0,4$ y $0,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

GRUNDFOS UPS 25-40: 100 € sin IVA

7 ANEXO VII: MATERIALES Y BIBLIOGRAFÍA

7.1 INDICE DE TABLAS

TABLA 1-1: DATOS PROMEDIOS TEMPERATURA (FUENTE: HTTP://ES.CLIMATE-DATA.ORG/)	4
TABLA 2-1: CUADRO DE SUPERFICIES DE LA VIVIENDA	8
TABLA 3-1: CERRAMIENTOS DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	16
TABLA 3-2: HUECOS DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	16
TABLA 3-3: PUENTES TÉRMICOS DE LA VIVIENDA (FUENTE: CE3X)	17
TABLA 3-4: CÁLCULO Q_A	19
TABLA 5-1: DATOS DE SALIDA DE EXCEL F-CHART PARA CALEFACCIÓN Y ACS (FUENTE: EXCEL F-CHART)	37
TABLA 5-2: DIMENSIONADO DE LOS 9 CASOS	44
TABLA 5-3: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LOS 9 CASOS A ESTUDIO (FUENTES: EXCEL F-CHART, CE3X)	45
TABLA 5-4: EMISIONES/AÑO DEL CICLO DE VIDA SEGÚN COMBUSTIBLE (FUENTE: GUÍA PRÁCTICA SISTEMAS DE CALEFACCIÓN CON BIOMASA)	47
TABLA 5-5: EMISIONES Y GENERACIÓN DE EMPLEO (FUENTE: BIOMASA: EDIFICIOS. IDAE)	47
TABLA 5-6: AUTONOMÍA DE LA CALDERA PARA DIVERSOS COMBUSTIBLES	51
TABLA 6-1: PODER CALORÍFICO SUPERIOR E INFERIOR DE DIVERSOS COMBUSTIBLES (FUENTE: PETROMERCADO.COM)	53
TABLA 6-2: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA CALDERA. RENDIMIENTO SOBRE EL PCI (FUENTE: CATÁLOGO SAUNIER DUVAL)	53
TABLA 6-3: PRECIOS DE VENTA DE VENTA DE PROPANO Y BUTANO (FUENTE: REPSOL.COM)	54
TABLA 6-4: PRESUPUESTO INSTALACIÓN 100% SOLAR TÉRMICA	58
TABLA 6-5 PRECIOS DE COLECTORES Y ACUMULADORES	60
TABLA 6-6: PRECIOS DE VASOS DE EXPANSIÓN Y BOMBAS DE RECIRCULACIÓN DE TODOS LOS CASOS PROPUESTOS	61
TABLA 6-7: HORAS Y COSTE DE MANO DE OBRA EN CADA CASO	62
TABLA 6-8: PRESUPUESTOS DE TODOS LOS CASOS INTERMEDIOS	62
TABLA 6-9: GASTO ANUAL DE PROPANO EN TODOS LOS CASOS	63
TABLA 6-10: PRESUPUESTO INSTALACIÓN BIOMASA	63
TABLA 6-11: PRECIO DE PELLETS SEGÚN MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN (FUENTE: ÍNDICE DE PRECIOS AVEBIOM)	64
TABLA 6-12: PRECIO DE ASTILLAS Y HUESO DE ACEITUNA SEGÚN MÉTODO DE DISTRIBUCIÓN (FUENTE: ÍNDICE DE PRECIOS AVEBIOM)	65
TABLA 6-13: RESUMEN INVERSIÓN INICIAL, GASTOS Y AHORROS ANUALES PARA TODOS LOS CASOS	67
TABLA 6-14: BENEFICIOS ANUALES (AHORRO) + IPC 0,7%. EN EUROS	68
TABLA 6-15: GASTO TOTAL ACUMULADO EN CADA CASO. EN EUROS	69
TABLA 6-16: AÑO DE AMORTIZACIÓN DE CADA INVERSIÓN	69
TABLA 6-17: VAN Y TIR A 5, 10, 20 Y 31 AÑOS	70
TABLA 6-18: INCREMENTO ANUAL DERIVADO DE LA MEJORA EN LA CERTIFICACIÓN	74
TABLA 6-19: BENEFICIOS ANUALES (INCREMENTO EN EL ALQUILER) + IPC 0,7%	75
TABLA 6-20: GASTO TOTAL ACUMULADO	75

ANEXOS

TABLA 4-1: DATOS GEOGRÁFICOS Y CLIMATOLÓGICOS (FUENTE: EXCEL F-CHART)	99
TABLA 4-2: EVOLUCIÓN ANUAL DE TEMPERATURAS Y RADIACIÓN EN LA ZONA (FUENTE: EXCEL F-CHART)	100
TABLA 4-3: PORCENTAJE DE OCUPACIÓN (FUENTE: EXCEL F-CHART)	100
TABLA 4-4: NECESIDADES DE CALEFACCIÓN (FUENTE: EXCEL F-CHART)	100
TABLA 4-5: CERRAMIENTOS, SUPERFICIE Y TRANSMITANCIA (FUENTE: EXCEL F-CHART)	101
TABLA 4-6: DATOS DE LA INSTALACIÓN (FUENTE: EXCEL F-CHART)	102
TABLA 4-7: NECESIDADES ENERGÉTICAS ANUALES (FUENTE: EXCEL F-CHART)	102
TABLA 4-8: DATOS DE SALIDA (FUENTE: EXCEL F-CHART)	103
TABLA 4-9: EVOLUCIÓN ANUAL DE DEMANDA, AHORROS Y EXCEDENTES (FUENTE: EXCEL F-CHART)	103
TABLA 4-10: PORCENTAJE DE OCUPACIÓN EN ACS (FUENTE: EXCEL F-CHART)	104

TABLA 4-11: DEMANDA DE AGUA CALIENTE SANITARIA (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	105
TABLA 4-12: EVOLUCIÓN ANUAL DEMANDA DE ACS (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	105
TABLA 4-13: DATOS DE LA INSTALACIÓN (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	105
TABLA 4-14: DEMANDA, AHORRO Y EXCECENTES (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	106
TABLA 5-1: COMPARATIVA DE COLECTORES DE TUBOS DE VACÍO.....	107
TABLA 5-2: DATOS DE SALIDA DE EXCEL F-CHART PARA CALEFACCIÓN Y ACS (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	108
TABLA 5-3: DATOS DE ENTRADA EXCEL PARA EL DIMENSIONADO DE VASOS DE EXPANSIÓN (FUENTE: EXCEL DIMENSIONADO VASO EXPANSIÓN/BOMBA).....	110
TABLA 5-4: DATOS DE ENTRADA EN EXCEL PARA EL CÁLCULO DE LA PÉRDIDA DE CARGA (FUENTE: EXCEL DIMENSIONADO VASO EXPANSIÓN/BOMBA).....	112
TABLA 5-5: CAUDAL Y ALTURA EN M.C.A. DEL MODELO UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	113
TABLA 5-6: CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL MODELO UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	113
TABLA 5-7: COEFICIENTE DE EXPANSIÓN FRENTE A TEMPERATURA.....	114
TABLA 6-1: EXCEL DE CÁLCULO DE VASO DE EXPANSIÓN PARA LOS DATOS DEL CASO I (FUENTE: EXCEL DIMENSIONADO VASO EXPANSIÓN/BOMBA).....	116
TABLA 6-2: PÉRDIDA DE CARGA TOTAL DEL CIRCUITO PRIMARIO EN LA INSTALACIÓN I (FUENTE: EXCEL DIMENSIONADO VASO EXPANSIÓN/BOMBA).....	117
TABLA 6-3 TABLA DE DIMENSIONAMIENTO DEL MODELO UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	118

7.2 ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1: VISTA GENERAL DE TORRELAGUNA (MADRID) (FUENTE: GOOGLE MAPS).....	2
FIGURA 1-2: ORIENTACIÓN DE LA VIVIENDA (FUENTE: GOOGLE MAPS).....	3
FIGURA 1-3: ORIENTACIÓN DE LAS FACHADAS (FUENTE: DOCUMENTO BÁSICO HE).....	3
FIGURA 2-2: VISTA NORTE.....	6
FIGURA 2-3: VISTA OESTE.....	7
FIGURA 2-5: DETALLE DE VUELO Y VENTANA.....	9
FIGURA 2-6: DISTRIBUCIÓN DE LA PRIMERA SUPERIOR DE LA VIVIENDA.....	9
FIGURA 2-7: MEDIDAS TOMADAS EN LA VIVIENDA.....	10
FIGURA 2-8: DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA INFERIOR DE LA VIVIENDA.....	10
FIGURA 2-9: ENVOLVENTE TÉRMICA.....	11
FIGURA 2-10: ESQUEMA BÁSICO DE LA INSTALACIÓN PROPUESTA POR EL FABRICANTE (FUENTE: CATÁLOGO SAUNIER DUVAL).....	12
FIGURA 2-11: ESQUEMA DEL SISTEMA ACTUAL DE CALEFACCIÓN DE LA VIVIENDA.....	13
FIGURA 3-1: CAPTURA DE PANTALLA DE UNA PESTAÑA DEL MENÚ (FUENTE: PROGRAMA CE3X).....	14
FIGURA 3-2: DATOS ADMINISTRATIVOS (FUENTE: CE3X).....	15
FIGURA 3-3: DATOS GENERALES (FUENTE: CE3X).....	16
FIGURA 3-4: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA ACTUAL DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X).....	17
FIGURA 5-1: RADIACIÓN SOLAR EN EUROPA (FUENTE: WWW.ICEDITORIAL.COM).....	22
FIGURA 5-2: SISTEMA DE COLECTORES DE TUBOS DE VACÍO. WWW.GASFRIOCALOR.COM.....	24
FIGURA 5-3: DIAGRAMA FLUJO DIRECTO. WWW.SOLARWEB.NET.....	25
FIGURA 5-4: DIAGRAMA HEAT-PIPE. WWW.APRICUS.COM.....	25
FIGURA 5-5: DIAGRAMA U-PIPE. CATÁLOGO SUNRINE.....	25
FIGURA 5-6: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN SOLAR.....	27
FIGURA 5-7: ÁNGULO ÓPTIMO DE UNA SUPERFICIE PARA ABSORBER LA MÁXIMA IRRADIACIÓN ANUAL (FUENTE: PV- GIS).....	28
FIGURA 5-8: ESQUEMA ÁNGULO ÓPTIMO Y ÁNGULO DE INCLINACIÓN SOBRE EL TEJADO.....	28
FIGURA 5-9: PORCENTAJE DE ENERGÍA RESPECTO AL MÁXIMO COMO CONSECUENCIA DE PÉRDIDAS POR ORIENTACIÓN E INCLINACIÓN (FUENTE: DOCUMENTO BÁSICO HE).....	29
FIGURA 5-10: EJEMPLO DE GRÁFICA DE CURVAS DE F. WWW.IJSER.ORG.....	32
FIGURA 5-11: GRÁFICO AHORRO-NECESIDADES DE CALEFACCIÓN Y DE ACS PARA LA VIVIENDA (FUENTE: EXCEL F- CHART).....	33
FIGURA 5-13: ESQUEMA DE LA DISPOSICIÓN DE LOS COLECTORES.....	35

FIGURA 5-14: DISTANCIA ENTRE COLECTORES (FUENTE: PCT INSTALACIONES DE BAJA TEMPERATURA)	36
FIGURA 5-15: DIMENSIONES COLECTOR (FUENTE: CATÁLOGO BAXI).....	36
FIGURA 5-16: OMICRON 150 (FUENTE: CATÁLOGO BIOSAN)	37
FIGURA 5-17: FUNCIONAMIENTO DE UN VASO DE EXPANSIÓN CERRADO (FUENTE: WWW.SAINCAL.COM)	38
FIGURA 5-18: VASOS DE EXPANSIÓN GERCE (FUENTE: CATÁLOGO ELBI)	39
FIGURA 5-19: BOMBA DE CIRCULACIÓN GRUNDFOS UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	39
FIGURA 5-20: MODELO GERCE (FUENTE: CATÁLOGO ELBI)	40
FIGURA 5-21: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA INSTALACIÓN SOLAR (FUENTE: CE3X)	41
FIGURA 5-22: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE PROPANO CON APOYO SOLAR.....	43
FIGURA 5-23: MENÚ CONTRIBUCIONES ENERGÉTICAS DENTRO DE LA SECCIÓN INSTALACIONES DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	44
FIGURA 5-24: ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN DE BIOMASA	48
FIGURA 5-25: FICHA TÉCNICA CALDERA BIOSAN GG35K 3205 (FUENTE: CATÁLOGO BIOSAN)	49
FIGURA 5-26: CALDERA BIOSAN GG35K 3205 (FUENTE: CATÁLOGO BIOSAN)	50
FIGURA 5-27: FICHA TÉCNICA INTERACUMULADOR OMICRON 150 L (FUENTE: CATÁLOGO BIOSAN).....	50
FIGURA 5-28: CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA CON SISTEMA DE BIOMASA (FUENTE: CE3X).....	51
FIGURA 6-1: CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA A ESTUDIO (FUENTE: CE3X)	52
FIGURA 6-2: COLECTORES SOLARES TUBOS DE VACÍO SELECCIONADOS (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	55
FIGURA 6-3: DEPÓSITOS ACUMULADORES CON UN SERPENTÍN SELECCIONADOS (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	56
FIGURA 6-4: ENVOLVENTES PARA DEPÓSITOS ACUMULADORES (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	56
FIGURA 6-5: COLECTORES SOLARES TUBOS DE VACÍO SELECCIONADOS (FUENTE: CATÁLOGO BAXI).....	59
FIGURA 6-6: DEPÓSITOS ACUMULADORES CON DOS SERPENTINES (FUENTE: CATÁLOGO BAXI).....	59
FIGURA 6-7: DEPÓSITOS ACUMULADORES SIN SERPENTÍN. DEPÓSITOS DE INERCIA (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	60
FIGURA 6-8: ENVOLVENTES PARA DEPÓSITOS ACUMULADORES (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	60
FIGURA 6-9: EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DEL PELLET (FUENTE: ÍNDICE DE PRECIOS AVEBIOM)	64
FIGURA 6-10: EVOLUCIÓN DE LOS PRECIOS DEL HUESO. AVEBIOM	65
FIGURA 6-11: EVOLUCIÓN DEL IPC EN ESPAÑA DESDE 1999 (FUENTE: INE.ES)	68
FIGURA 6-12: FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO EN FUNCIÓN DEL TIEMPO	69
FIGURA 6-13: AUMENTO DE VALOR DE VIVIENDA Y PRECIO DE ALQUILER POR CADA ASCENSO DE LETRA EN LA CERTIFICACIÓN ENERGÉTICA (FUENTE: DG ENERGY)	71
FIGURA 6-14: AUMENTO DEL PRECIO DE TASACIÓN Y DE ALQUILER POR CADA MEJORA DE UNA LETRA (FUENTE: DG ENERGY)	71
FIGURA 6-15: INCREMENTO DEL VALOR DE LA VIVIENDA EN FUNCIÓN DE QUÉ TIPO DE MEJORA EN LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA EXISTE (FUENTE: 'AN INVESTIGATION OF THE EFFECT OF EPC RATINGS ON HOUSE PRICES' DCEC)	73
FIGURA 6-16: EVOLUCIÓN FLUJO DE EFECTIVO ACUMULADO PARA EL ARRENDADOR.....	76

ANEXOS

FIGURA 1-1: TIPO DE EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	79
FIGURA 1-2: DATOS ADMINISTRATIVOS (FUENTE: CE3X).....	80
FIGURA 1-3: ZONA CLIMÁTICA POR PROVINCIA Y ALTURA (FUENTE: DOCUMENTO BÁSICO HE, TABLA B1).....	81
FIGURA 1-4: ZONA CLIMÁTICA POR MUNICIPIO (FUENTE: DOCUMENTO DE APOYO AL DB HE).....	81
FIGURA 1-5: MAPA DE LAS ZONAS CLIMÁTICAS (FUENTE: HE-4)	82
FIGURA 1-6: DATOS GENERALES (FUENTE: CE3X)	82
FIGURA 1-7: ENVOLVENTE TÉRMICA (FUENTE: MANUAL CE3X)	83
FIGURA 1-8: CERRAMIENTOS (FUENTE: CE3X)	84
FIGURA 1-9: PARTICIÓN SUPERIOR (FUENTE: CE3X)	84
FIGURA 1-10: PARTICIÓN INFERIOR / GARAJE (FUENTE: CE3X).....	85
FIGURA 1-11: PARTICIÓN INFERIOR / CÁMARA SANITARIA (FUENTE: CE3X).....	86
FIGURA 1-12: LIBRERÍA DE CERRAMIENTOS (FUENTE: CE3X)	87
FIGURA 1-13: MURO DE FACHADA (FUENTE: CE3X)	87
FIGURA 1-14: RESUMEN HUECOS (FUENTE: CE3X).....	88
FIGURA 1-15: VENTANA TIPO DE LA VIVIENDA (FUENTE: CE3X).....	88
FIGURA 1-16: ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO (FUENTE: MANUAL CE3X).....	89
FIGURA 1-17: ELEMENTOS DE SOMBREAMIENTO (FUENTE: CE3X)	89
FIGURA 1-18: RETRANQUEOS Y VOLADIZOS (FUENTE: CE3X).....	89
FIGURA 1-19: PUERTA PRINCIPAL (FUENTE: CE3X)	90
FIGURA 1-20: PUENTES TÉRMICOS (FUENTE: CE3X)	90

FIGURA 1-21: LISTA PUENTES TÉRMICOS (FUENTE: CE3X)	91
FIGURA 1-22: INSTALACIONES DEL EDIFICIO (FUENTE: CE3X)	91
FIGURA 2-1: PROGRAMA DE ANÁLISIS DE DATOS CLIMÁTICOS (FUENTE: AEMET)	92
FIGURA 3-1: TABLA 2.1 HS4 (FUENTE: GUÍA TÉCNICA ACS)	95
FIGURA 3-2: COEFICIENTES PARA EL DIMENSIONADO DE ACS (FUENTE: GUÍA TÉCNICA AGUA SANITARIA CENTRAL)	96
FIGURA 3-3: TEMPERATURAS DEL AGUA DE RED (FUENTE: UNE 94.002/95)	97
FIGURA 4-1: GRÁFICA DE AHORROS FRENTE A NECESIDADES (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	104
FIGURA 4-2: GRÁFICA DE AHORROS FRENTE A NECESIDADES (FUENTE: EXCEL F-CHART).....	106
FIGURA 5-1: DATOS TÉCNICOS DE LOS INTERACUMULADORES ASA (FUENTE: CATÁLOGO BAXI).....	108
FIGURA 5-2: VASOS DE EXPANSIÓN GERCE (FUENTE: CATÁLOGO ELBI).....	110
FIGURA 5-3: CAUDAL RECOMENDADO EN COLECTOR (FUENTE: CATÁLOGO BAXI)	111
FIGURA 5-4: BOMBA DE CIRCULACIÓN GRUNDFOS UPS (FUENTE: CATÁLOGO GRUNDFOS).....	112
FIGURA 5-5: MODELO GERCE (FUENTE: CATÁLOGO ELBI).....	115

7.3 GLOSARIO

Sc:	Superficie construida (m)
Su:	Superficie útil (m)
Q_a :	Carga térmica mensual (J/mes)
Δ_t :	Variación de temperaturas
C_e :	Calor específico del agua = 4187 J/(KgA°C)
C:	Caudal (l)
T_{ACS} :	Temperatura ACS (°C)
I:	Irradiancia (W/m ²)
η :	Rendimiento
U:	Coefficiente de transmitancia del elemento (W/m ² K)
P _{CAL} :	Potencia de la calefacción (W)
D ₁ , D ₂ :	Parámetros adimensionales que relacionan energía absorbida y perdida con carga calorífica respectivamente.
Q_a :	Carga calorífica mensual (J/mes)
E_a :	Energía absorbida por el colector (J/colector)
S_c :	Superficie del colector (m ²)
$F'_r(\tau\alpha)$:	Factor de eficacia corregida del captador
$F_r(\tau\alpha)$:	Factor de eficiencia óptica del captador
$\left[\frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}\right]$:	Modificador del ángulo de incidencia
F_{ci} :	Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador
R_1 :	Radiación diaria media mensual (kJ/m ²)
R_2 :	Radiación solar horizontal (J).
F_T :	Factor de corrección
$F'_R U_L$:	Coefficiente global de pérdidas
t_n :	Temperatura media mensual (°C)
K_1 :	Factor de corrección derivado del almacenamiento
K_2 :	Factor de corrección para el agua caliente
E_p :	Energía perdida en el colector (kWh)
C_p :	Coefficiente de presión
C_d :	Coefficiente de dilatación
PCI:	Poder Calorífico Inferior (kWh/kg)
μ_{PCI} :	Rendimiento sobre el Poder Calorífico Inferior

- K_g : Media ponderada de los coeficientes de transmisión de un edificio de calor (W/m^2K)
- Q_C : Caudal simultáneo de cálculo (l/s).

7.4 BIBLIOGRAFÍA

- PROCESOS TÉRMICOS EN ENERGÍA SOLAR. Duffie, John A; Beckman, William A. Editorial Grupo Cero, ISBN:84-85498-07-0 1ª EDICIÓN.
- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA INSTALADORES. M. Carlos Tobajas; Editorial Cano Pina, S.L. – Ediciones Ceysa. ISBN: 978-84-96960-71-8. D.L: B-4324-2012. 4ª EDICION.
- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA. Javier María Méndez Muñiz; Rafael Cuervo García; Bureau Veritas Formación. Editorial Fundación Confemetal. ISBN: 978-84-967743-99-1; DL: M-26606-2009. 2ª Edición.
- SISTEMAS SOLAR-TÉRMICOS: ALGORITMO OPERATIVO PARA APLICAR EL MÉTODO F-CHART EN LA EVALUACIÓN DE COLECTORES SOLARES. Franklin Obaco, Jorge Jaramillo. UTPL 2010
- GUÍA TÉCNICA: AGUA CALIENTE SANITARIA CENTRAL. IDAE
- GUÍA TÉCNICA: INSTALACIONES DE CALEFACCIÓN INDIVIDUAL. IDAE
- GUÍA: FRECUENCIAS HORARIAS EN REPETICIÓN DE TEMPERATURA (INTERVALO 24H). IDAE
- GUÍA TÉCNICA: INSTALACIONES DE BIOMASA TÉRMICA EN EDIFICIOS. IDAE
- BIOMASA. EDIFICIOS. IDAE
- GUÍA DE RECOMENDACIONES DE EFICIENCIA ENERGÉTICA. CERTIFICACIÓN DE EDIFICIOS EXISTENTES CE3X. IDAE
- MANUAL DE USUARIO DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE EDIFICIOS EXISTENTES CE3X. IDAE
- ENERGÍA SOLAR TÉRMICA: MANUAL DEL PROYECTISTA, Edita: Junta de Castilla y León – Consejería de Economía y empleo, Ente Regional de la Energía de Castilla y León (EREN). ISBN:84-9718-112-3. 1ª EDICIÓN
- Norma Básica de la edificación “NBE-CT-79” sobre Condiciones Térmicas de los Edificios
- Documento Básico HE Ahorro de la Energía abril 2009
- RITE 2007. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios