



Universidad de León



Escuela Superior y Técnica  
de Ingenieros de Minas

# GRADO EN INGENIERÍA DE LA ENERGÍA

TRABAJO FIN DE GRADO

ESTUDIO TÉCNICO-ECONÓMICO DE LA  
IMPLANTACIÓN DE UN SISTEMA  
ENERGÉTICO SIGUIENDO CRITERIOS DE  
EDIFICIO DE CONSUMO CASI NULO EN UNA  
VIVIENDA UNIFAMILIAR EN ZAMORA.

León, julio de 2016

Autor: Leyre Gude Urdangarín  
Tutor: Alberto González Martínez

El presente proyecto ha sido realizado por Dña. Leyre Gude Urdangarín, alumna de la Escuela Superior y Técnica de Ingenieros de Minas de la Universidad de León para la obtención del título de Grado en Ingeniería de la Energía.

La tutoría de este proyecto ha sido llevada a cabo por D. Alberto González Martínez, profesor del Grado en Ingeniería de la Energía.

Visto Bueno

Fdo.: Dña. Leyre Gude Urdangarín  
El autor del Trabajo Fin de Grado

Fdo.: D. Alberto González Martínez  
El Tutor del Trabajo Fin de Grado

## **RESUMEN**

La finalidad del presente estudio consiste en implementar sistemas energéticos en una vivienda unifamiliar en proyecto para aumentar su eficiencia energética hasta alcanzar los criterios exigidos a edificios de consumo energético casi nulo.

En primer lugar, se determina la energía demandada y consumida por la vivienda, así como las instalaciones térmicas utilizadas, con el objetivo de conocer el valor de la eficiencia energética que le corresponde.

Una vez determinados estos parámetros se estudian una serie de soluciones energéticas para aumentar la eficiencia energética de la vivienda. Las mejoras propuestas se analizan desde un punto de vista energético y económico, para comparar de forma representativa su viabilidad energética y económica.

Finalmente, se decide cuáles son las mejoras más eficientes y se determina la energía demandada y consumida por la vivienda, con el objetivo de conocer la eficiencia energética de la solución adoptada.

## **ABSTRACT**

The purpose of this study is to implement an energetic system in a project of a single family home, to upgrade it's energy efficiency untill reach the criteria required by nearly zero-energy buildings.

Firstly, it's determined the energy demand and consumption of the house, as well as the heating systems, in order to know the value of the energy efficiency.

When the parametres are determined, some energy solutions, to increase the energy efficiency, are studied. The proposed solutions are studied from an energetic and economic point of view, to compare, representatively, it's energetic and economic feasibility.

Finally, it's chosen the most efficient improvements and it's calculated the energy demand and consumption of the house, with the purpose of knowing the energy efficiency of the chosen solution.

# ÍNDICE

## Contenido

<b>1</b>	<b>Introducción.</b>	<b>1</b>
1.1	Conceptos generales.	1
1.1.1	Eficiencia energética.	1
1.1.2	Edificio de consumo energético casi nulo.	2
1.1.3	Arquitectura bioclimática.	2
1.1.4	Demanda energética.	2
1.1.5	Consumo energético.	3
1.1.6	Calificación energética.	3
<b>2</b>	<b>Alcance y objetivos principales.</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>Marco normativo.</b>	<b>5</b>
3.1	Código Técnico de la Edificación.	5
3.1.1	Sección HE 0: Limitación del consumo energético.	5
3.1.2	Sección HE 1: Limitación de la demanda energética	5
3.1.3	Sección HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas	6
3.1.4	Sección HE 3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación	6
3.1.5	Sección HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria	6
3.1.6	Sección HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica	6
3.2	Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).	6
3.2.1	PARTE I. Disposiciones generales	6
3.2.2	PARTE II. Instrucciones Técnicas	7
3.3	Directiva Europea 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios.	8
3.4	Directiva Europea 2012/27/UE, relativa a eficiencia energética.	8
3.5	Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.	8
<b>4</b>	<b>Características de la vivienda.</b>	<b>9</b>
4.1	Situación, entorno y ubicación geográfica.	9
4.1.1	Clima.	10
4.2	Distribución de espacios y huecos.	11

---

4.2.1	Distribución de espacios. ....	11
4.2.2	Distribución de huecos. ....	13
4.3	Dimensiones de la vivienda. ....	16
4.4	Características técnicas. ....	17
4.4.1	Cerramientos opacos de la envolvente térmica. ....	17
4.4.2	Compartimentación interior. ....	21
4.4.3	Huecos. ....	22
4.4.4	Caudal de ventilación. ....	24
4.4.5	Puentes térmicos. ....	26
<b>5</b>	<b>Demanda energética de climatización. ....</b>	<b>28</b>
5.1	Cuantificación de la exigencia. ....	28
5.1.1	Limitación de la demanda energética de calefacción. ....	28
5.1.2	Limitación de la demanda energética de refrigeración. ....	28
5.1.3	Limitación de descompensaciones. ....	28
5.2	Perfil de uso. ....	30
5.3	Cálculo de la demanda energética de la vivienda. ....	30
5.3.1	Demanda energética de calefacción. ....	31
5.3.2	Demanda energética de refrigeración. ....	31
5.3.3	Balance energético de la vivienda. ....	32
5.3.4	Transmisión de calor a través de los elementos constructivos. ....	34
<b>6</b>	<b>Demanda energética de agua caliente sanitaria. ....</b>	<b>35</b>
6.1	Demanda de ACS de la vivienda. ....	35
6.2	Demanda energética de ACS. ....	35
6.3	Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. ....	37
<b>7</b>	<b>Demanda térmica. ....</b>	<b>39</b>
7.1	Demanda térmica de calefacción. ....	39
7.2	Demanda térmica de refrigeración. ....	40
<b>8</b>	<b>Equipos instalados. ....</b>	<b>42</b>
8.1	Caldera de condensación de gas natural. ....	42
8.2	Bomba de calor reversible. ....	43
8.3	Instalación solar térmica. ....	43
<b>9</b>	<b>Consumo energético. ....</b>	<b>45</b>
9.1	Consumo energético final. ....	45

9.2	Consumo de energía primaria no renovable. ....	45
9.2.1	Cuantificación de la exigencia. ....	45
9.2.2	Consumo energético de energía primaria no renovable de la vivienda. ....	46
<b>10</b>	<b>Calificación energética de la vivienda. ....</b>	<b>47</b>
10.1	Calificación energética de la vivienda en emisiones. ....	47
10.2	Calificación energética de la vivienda en consumo de energía primaria no renovable. .	47
<b>11</b>	<b>Mejoras orientadas a reducir la demanda energética de la vivienda. ....</b>	<b>49</b>
11.1	Mejoras pasivas. ....	49
11.1.1	Mejoras en la envolvente térmica. ....	49
11.1.2	Muro trombe. ....	59
11.1.3	Galería acristalada. ....	65
11.1.4	Zonas tampón o de amortiguamiento térmico. ....	73
11.1.5	Comparación entre las mejoras pasivas. ....	79
11.1.6	Descripción de la solución adoptada. ....	81
11.2	Mejoras activas. ....	85
11.2.1	Ventilación mecánica con recuperación de calor. ....	85
<b>12</b>	<b>Mejoras destinadas a cubrir la demanda energética mediante energía procedente de fuentes renovables. ....</b>	<b>91</b>
12.1	Caldera de biomasa densificada. ....	91
12.1.1	Descripción de la solución estudiada. ....	91
12.2	Bomba de calor de alta eficiencia. ....	93
12.2.1	Descripción de la solución estudiada. ....	93
<b>13</b>	<b>Calificación energética de la vivienda con las mejoras propuestas. ....</b>	<b>95</b>
13.1	Calificación energética de la vivienda con mejoras en emisiones. ....	95
13.2	Calificación de la vivienda con mejoras en consumo de energía primaria no renovable. ....	95
<b>14</b>	<b>Estudio económico. ....</b>	<b>97</b>
14.1	Elementos estructurales. ....	98
14.1.1	Edificación inicial. ....	98
14.1.2	Edificación con mejoras. ....	98
14.2	Periodo de amortización de los elementos estructurales. ....	99
14.3	Instalaciones térmicas. ....	100
14.3.1	Instalaciones térmicas de la vivienda inicial. ....	100
14.3.2	Instalaciones térmicas propuestas. ....	101

---

14.4	Periodo de amortización de las instalaciones térmicas. ....	103
<b>15</b>	<b>Resumen de las mejoras propuestas y de los resultados obtenidos. ....</b>	<b>104</b>
<b>16</b>	<b>Conclusiones. ....</b>	<b>105</b>
<b>17</b>	<b>Bibliografía. ....</b>	<b>106</b>
<b>ANEXO I: CÁLCULOS</b>	<b>.....</b>	<b>108</b>
<b>ANEXO II: PLANOS</b>	<b>.....</b>	<b>134</b>
<b>ANEXO III: PRESUPUESTO</b>	<b>.....</b>	<b>139</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 – Ubicación de la vivienda: calle de Cabañales, Zamora. ....	9
Figura 4.2 – Orientación de la vivienda. ....	10
Figura 4.3 – Distribución de los espacios de la vivienda en la planta baja.....	12
Figura 4.4– Distribución de los espacios de la vivienda en la primera planta.....	13
Figura 4.5 – Distribución de los huecos en la fachada Oeste.....	14
Figura 4.6 – Distribución de huecos en la fachada Sur. ....	15
Figura 4.7– Distribución de los huecos en la fachada Norte.....	15
Figura 4.8– Distribución de los huecos en la fachada Este. ....	16
Figura 4.9 – Detalle de los componentes del suelo en contacto con el terreno.....	18
Figura 4.10 – Detalle de los componentes de la fachada. ....	19
Figura 4.11 – Detalle de los componentes de la cubierta tipo 1.....	20
Figura 4.12 – Detalle de los componentes de la cubierta tipo 2.....	21
Figura 4.13 – Detalle de los componentes de las particiones interiores verticales.....	21
Figura 4.14 – Detalle de los componentes del forjado entre plantas. ....	22
Figura 4.15 – Perfil de uso normalizado de la vivienda. Fuente: Código Técnico de la Edificación. ....	30
Figura 5.1 – Comparación entre el valor calculado y el límite de la demanda energética de calefacción. ....	31
Figura 5.2 – Comparación entre el valor calculado y el límite de la demanda energética de refrigeración. ....	32
Figura 5.3 – Gráfica del balance energético mensual de la vivienda. ....	33
Figura 5.4 – Gráfica de la demanda energética mensual de calefacción y de refrigeración. ....	33
Figura 5.5 – Gráfica de transmisión de calor a través de los elementos de la envolvente. ....	34
Figura 9.1 – Comparación entre el valor límite y el calculado del consumo energético de energía primaria no renovable.....	46
Figura 10.1 – Certificación energética de la vivienda. ....	47
Figura 10.2 – Calificación energética de la vivienda en emisiones. ....	47
Figura 10.3– Calificación energética de la vivienda en consumo de energía primaria no renovable.....	48



Figura 11.1 - Detalle constructivo de los componentes del suelo en contacto con el terreno tras la mejora. ....	50
Figura 11.2 – Detalle constructivo de los componentes de la fachada tras la mejora. ...	51
Figura 11.3 – Detalle constructivo de los componentes de la cubierta tipo 1 tras la mejora. ....	52
Figura 11.4 – Detalle constructivo de los componentes de la cubierta tipo 2 tras la mejora. ....	53
Figura 11.5 – Huecos añadidos en la fachada Sur. ....	56
Figura 11.6 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la implementación de las mejoras en la envolvente térmica.....	57
Figura 11.7 – Esquema del funcionamiento de un muro trombe. ....	60
Figura 11.8 – Circulación del aire entre el muro trombe y la vivienda en verano y en invierno. ....	61
Figura 11.9 – Detalle constructivo de los componentes del muro trombe. ....	62
Figura 11.10 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la incorporación del muro trombe. ....	64
Figura 11.11 – Esquema del proceso de efecto invernadero en una galería.....	65
Figura 11.12 – Circulación del aire entre la galería y la vivienda en invierno. ....	66
Figura 11.13 – Circulación del aire entre la galería y la vivienda en verano. ....	67
Figura 11.14 – Alzado Sur de la galería. ....	69
Figura 11.15 – Alzado Este de la galería.....	69
Figura 11.16 – Alzado Oeste de la galería. ....	70
Figura 11.17 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la incorporación de la galería.....	72
Figura 11.18 – Detalle constructivo de los componentes del suelo en contacto con el terreno del garaje. ....	74
Figura 11.19 – Detalle constructivo de los componentes de la fachada del garaje.....	75
Figura 11.20 – Detalle constructivo de los componentes del garaje. ....	75
Figura 11.21 – Alzado Oeste del garaje.....	76
Figura 11.22 – Alzado Norte del garaje.....	76
Figura 11.23 – Alzado Este del garaje. ....	77
Figura 11.24 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la incorporación del garaje. ....	78
Figura 11.25 – Gráfica comparativa entre la demanda energética obtenida con las diferentes mejoras propuestas. ....	80
Figura 11.26 – Alzado Oeste vivienda con las mejoras implementadas. ....	82
Figura 11.27 – Alzado Norte vivienda con las mejoras implementadas. ....	82

<b>Figura 11.28 – Alzado Este vivienda con las mejoras implementadas. ....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 11.29 – Alzado Sur vivienda con las mejoras implementadas. ....</b>	<b>83</b>
<b>Figura 11.30 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la implementación conjunta de las mejoras pasivas. ....</b>	<b>84</b>
<b>Figura 11.31 – Esquema del funcionamiento de un sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor. ....</b>	<b>85</b>
<b>Figura 11.32 – Esquema de funcionamiento de un intercambiador de flujo paralelo a contracorriente. ....</b>	<b>86</b>
<b>Figura 11.33 – Recuperador de calor serie FLEXEO, casa Soler &amp; Palau. ....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 11.34 – Curva de rendimiento del recuperador de calor. ....</b>	<b>87</b>
<b>Figura 11.35 - Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la implementación de las mejoras pasivas y del recuperador de calor. ....</b>	<b>89</b>
<b>Figura 11.36 – Gráfica comparativa de la potencia térmica de la vivienda antes y después de la implementación de las mejoras pasivas con recuperador de calor. ....</b>	<b>90</b>
<b>Figura 13.1 – Calificación energética de la vivienda con mejoras. ....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 13.2 – Calificación energética de la vivienda con mejoras en emisiones. ....</b>	<b>95</b>
<b>Figura 13.3 – Calificación energética de la vivienda con mejoras en consumo de energía primaria no renovable. ....</b>	<b>96</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1 – Coordenadas geográficas de la ubicación de la vivienda.....	9
Tabla 4.2 – Coordenadas UTM de la ubicación de la vivienda.....	9
Tabla 4.3 – Datos climatológicos de Zamora. Fuente: AEMET.....	11
Tabla 4.4– Distribución de los huecos según la planta y la orientación de la fachada. ...	14
Tabla 4.5– Superficie construida de la vivienda, total y por plantas. ....	16
Tabla 4.6 – Volumen y superficie útiles de la vivienda, total y por recintos. ....	17
Tabla 4.7 – Componentes del suelo en contacto con el terreno.....	18
Tabla 4.8 – Componentes de las fachadas. ....	19
Tabla 4.9 – Componentes de la cubierta tipo 1.....	20
Tabla 4.10 – Componentes de la cubierta tipo 2.....	20
Tabla 4.11 – Componentes de las particiones interiores verticales.....	21
Tabla 4.12 – Componentes del forjado entre plantas. ....	22
Tabla 4.13 – Características de las ventanas.....	23
Tabla 4.14 – Características de la puerta exterior.....	24
Tabla 4.15 – Caudales de ventilación mínimos exigidos por locales.....	25
Tabla 4.16 – Caudales de ventilación calculados por locales.....	26
Tabla 4.17 – Valores de los puentes térmicos.....	27
Tabla 4.18 – Comparación de las transmitancias térmicas de los elementos de la envolvente térmica con las transmitancias térmicas límites.....	29
Tabla 5.1 – Transmisión de calor a través de los distintos elementos de la envolvente térmica. ....	34
Tabla 6.1 – Cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria de la vivienda.....	35
Tabla 6.2 - Temperatura mensual del agua de la red en Zamora. ....	36
Tabla 6.3 – Demanda energética mensual de ACS. ....	37
Tabla 6.4 – Cálculo de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria. ....	38
Tabla 7.1 – Condiciones de ambiente interior y exterior en invierno.....	39
Tabla 7.2 – Demanda térmica máxima simultánea de refrigeración por recintos. ....	40
Tabla 7.3 – Condiciones de ambiente interior y exterior en verano.....	40
Tabla 7.4 – Demanda térmica máxima simultánea de refrigeración por recintos. ....	41
Tabla 8.1 – Características principales de la caldera a condensación de gas natural. ....	42
Tabla 8.2 – Características principales del gas natural.....	42

<b>Tabla 8.3 – Potencia térmica de los radiadores por recintos.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 8.4 – Características principales de la bomba de calor reversible.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla 9.1 – Consumos de energía final en la vivienda.....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 11.1 – Mejora de los componentes del suelo en contacto con el terreno.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla 11.2 – Mejora de los componentes de la fachada. ....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla 11.3 – Mejora de los componentes de la cubierta tipo 1.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 11.4 – Mejora de los componentes de la cubierta tipo 2.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 11.5 – Comparación de las transmitancias térmicas de los cerramientos opacos antes y después de mejorar los aislamientos. ....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 11.6 – Comparación de las características térmicas entre los huecos iniciales y los nuevos. ....</b>	<b>55</b>
<b>Tabla 11.7 – Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de las mejoras principales en la envolvente térmica. ....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla 11.8 – Coste de ejecución de las mejoras propuestas en la envolvente térmica... </b>	<b>59</b>
<b>Tabla 11.9 – Ventajas e inconvenientes del muro trombe.....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 11.10 – Componentes del muro trombe. ....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla 11.11 – Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la incorporación del muro trombe. ....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla 11.12 – Coste de ejecución del muro trombe.....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 11.13 – Distribución y dimensiones de los acristalamientos de la galería.....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 11.14 – Dimensiones de la galería.....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla 11.15 – Energía almacenada en la galería por ganancia de calor solar. ....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla 11.16 – Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la incorporación de la galería.....</b>	<b>72</b>
<b>Tabla 11.17 – Coste de ejecución de la galería. ....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla 11.18 – Componentes del suelo en contacto con el terreno del garaje.....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 11.19 – Componentes de la fachada del garaje.....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla 11.20 – Componentes de la cubierta del garaje. ....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 11.21 – Dimensiones del garaje. ....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla 11.22 – Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la incorporación del garaje. ....</b>	<b>78</b>
<b>Tabla 11.23 – Comparación energético-económica entre las mejoras pasivas propuestas. ....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla 11.24 – Ventajas e inconvenientes de las mejoras pasivas propuestas. ....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla 11.25 - Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la implementación conjunta de las mejoras pasivas. ....</b>	<b>84</b>

<b>Tabla 11.27 - Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la implementación de las mejoras pasivas y el recuperador de calor. ....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla 11.28 – Demanda térmica de climatización y de ACS de la vivienda antes y después de la implementación de las mejoras pasivas y el recuperador de calor. ....</b>	<b>89</b>
<b>Tabla 12.1 – Características principales de los pellets de madera estándar. ....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 12.2 - Características principales de la caldera pellets.....</b>	<b>92</b>
<b>Tabla 12.3 – Características principales de la bomba de calor. ....</b>	<b>93</b>
<b>Tabla 14.1 – Precios base de energía final. ....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 14.2 – Demanda energética total de la vivienda con y sin mejoras. ....</b>	<b>97</b>
<b>Tabla 14.3 – Presupuesto de los elementos estructurales de la edificación inicial. ....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 14.4 – Presupuesto de las mejoras orientadas a reducir la demanda energética de la vivienda. ....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 14.5 – Periodo de amortización de las mejoras orientadas a reducir la demanda energética de la vivienda. ....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 14.6 – Presupuesto de la instalación de la caldera de gas natural. ....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 14.7 – Presupuesto de la instalación solar térmica. ....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 14.8 – Presupuesto de la instalación de la bomba de calor reversible.....</b>	<b>101</b>
<b>Tabla 14.9 – Presupuesto de la instalación de la caldera de biomasa. ....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 14.10 – Presupuesto de la instalación de la bomba de calor reversible de alta eficiencia. ....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 14.11 – Periodo de amortización de la instalación térmica de refrigeración propuesta. ....</b>	<b>103</b>

## 1 Introducción.

La necesidad de estudiar soluciones para aumentar la eficiencia energética de los edificios surge de la creciente demanda energética en el sector residencial y del consumo monopolista de combustibles fósiles. Estas tendencias características del campo energético en la edificación, suponen un consumo de energía no renovable y, consecuentemente, unas emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera inaceptables.

En edificios de uso residencial prácticamente el 50 % del consumo energético se debe al consumo por climatización y, casi un 30 % al consumo derivado de la producción de agua caliente sanitaria.

La demanda energética de climatización puede reducirse drásticamente mediante una edificación que aproveche al máximo la energía solar de forma pasiva, es decir, construyendo edificios basados en los principios de arquitectura bioclimática. De esta forma, se reduce proporcionalmente el consumo de energía final en las viviendas.

Además, la mayoría de los edificios utilizan energía no renovable para cubrir su demanda energética. Si los sistemas de climatización convencionales se sustituyen por otros que utilicen energía procedente de fuentes renovables, se conseguirá, además de mejorar la eficiencia energética, reducir el coste anual derivado del consumo energético.

Esto significa que, combinando soluciones energéticamente eficientes en la edificación de las viviendas con sistemas térmicos de climatización de alta eficiencia y alimentados con energía renovable, es posible mejorar la calidad ambiental en el sector doméstico gastando menos dinero.

El objetivo de potenciar este tipo de soluciones en la edificación, además de reducir la demanda energética de los edificios y de utilizar energía más limpia y más barata, es que, a partir del año 2020 todos los edificios de nueva construcción deberán ser edificios de consumo energético casi nulo, de acuerdo con lo establecido en la Directiva Europea 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios.

En conclusión, mediante este estudio se pretende demostrar que es posible encontrar mejoras viables desde un punto de vista energético y económico para alcanzar consumos mínimos de energía en los edificios.

### 1.1 Conceptos generales.

A continuación se explican conceptos relacionados con el ahorro y la eficiencia energética en la edificación, con el objetivo de comprender el estudio de forma clara.

#### 1.1.1 Eficiencia energética.

La eficiencia energética en la edificación es una práctica basada en alcanzar el bienestar óptimo en el interior de edificios consumiendo una cantidad mínima de energía. De forma que únicamente se consuma la energía necesaria para alcanzar las condiciones de confort demandadas por las personas.

Esto se consigue mediante un diseño correcto del edificio o mediante la rehabilitación energética de edificios, en caso de los edificios existentes.

Además, mediante esta práctica se potencia el uso de energía de origen renovable para satisfacer la demanda energética de los edificios.

En conclusión, la eficiencia energética en la edificación se alcanza mediante un diseño óptimo del edificio y mediante la implantación directa e indirecta de energías renovables.

### 1.1.2 Edificio de consumo energético casi nulo.

Un edificio de consumo energético casi nulo es un edificio con un nivel de eficiencia energética muy elevado. En este tipo de edificaciones, la cantidad casi nula de energía requerida debe estar cubierta en muy amplia medida por energía procedente de fuentes renovables.

Un edificio de consumo casi nulo se caracteriza por alcanzar un óptimo confort térmico mediante un consumo energético mínimo. Esto se logra cumpliendo una serie de principios:

- Aislamiento bueno y continuo.
- Reducción al mínimo de los puentes térmicos.
- Ventilación mecánica con recuperación de calor.
- Huecos de elevadas prestaciones térmicas.
- Optimización del aprovechamiento térmico de la energía solar.
- Uso de instalaciones de alta eficiencia.
- Uso de instalaciones que utilicen energía procedente de fuentes renovables.

### 1.1.3 Arquitectura bioclimática.

La arquitectura bioclimática es una práctica en el diseño de edificios basada en aprovechar los recursos disponibles del entorno teniendo en cuenta las condiciones climáticas.

El objetivo de este tipo de diseño es reducir la demanda energética de los edificios, reduciendo así el impacto ambiental generado por los mismos.

La base de la arquitectura bioclimática es una óptima adaptación al clima, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Correcta distribución de los espacios y los huecos en función de la orientación del edificio.
- Introducción de elementos de protección solar.
- Óptimo aislamiento térmico de la envolvente térmica.

### 1.1.4 Demanda energética.

Es la energía útil necesaria que tendrían que proporcionar las instalaciones térmicas para mantener en el interior del edificio unas condiciones de bienestar definidas reglamentariamente. Se expresa en kWh/m<sup>2</sup>año.

Está constituida por la demanda de calefacción, de refrigeración y de producción de agua caliente sanitaria.

La demanda energética se considera únicamente para la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

### 1.1.5 Consumo energético.

Es la energía primaria necesaria para satisfacer la demanda energética de las instalaciones de calefacción, refrigeración y producción de agua caliente sanitaria. Se expresa en kWh/m<sup>2</sup>año.

El consumo energético se considera únicamente para la superficie útil de los espacios habitables del edificio.

### 1.1.6 Calificación energética.

La calificación energética se determina mediante la certificación energética, constituida por una letra que indica la clase de eficiencia energética para un parámetro determinado de un edificio.

En edificios nuevos la calificación energética varía desde A hasta E, en orden de mayor a menor eficiencia energética.

El objetivo de la calificación energética de un edificio es conocer la eficiencia energética del mismo. Para ello, se expresa en función de dos indicadores: el consumo de energía primaria no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>.



## **2 Alcance y objetivos principales.**

El objetivo del presente estudio es analizar las posibles mejoras energéticas para alcanzar los requisitos de edificio de consumo de energía casi nulo en una vivienda unifamiliar de nueva construcción, situada en Zamora.

En primer lugar, se debe determinar la energía demandada y consumida por la vivienda para conocer su nivel de eficiencia energética.

Una vez conocidos estos parámetros, se estudian una serie de mejoras energéticas con el objetivo de aumentar el nivel de eficiencia energética de la vivienda. Estas mejoras se analizarán desde un punto de vista energético y económico.

Finalmente, se decidirá cuáles son las mejoras más eficientes, teniendo en cuenta los resultados obtenidos.

### 3 Marco normativo.

A continuación se analiza el marco normativo relativo a la eficiencia energética en la edificación. Mediante dicho análisis se pretende enmarcar los criterios de diseño y de cálculo del presente estudio.

Dicho estudio se desarrolla siguiendo los criterios y las exigencias expuestas en las siguientes normas españolas y europeas:

#### 3.1 Código Técnico de la Edificación.

El Código Técnico de la Edificación (CTE) está constituido por los siguientes Documentos Básicos (DB), de obligado cumplimiento:

- Documento Básico SE: Seguridad estructural (DB-SE).
- Documento Básico SI: Seguridad en caso de incendio (DB-SI).
- Documento Básico SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad (DB-SUA).
- Documento Básico HE: Ahorro de energía (DB-HE).
- Documento Básico HR: Protección frente al ruido (DB-HR).
- Documento Básico HS: Salubridad (DB-HS).

El Documento Básico de Ahorro de energía (DB-HE) se analizará con más detalle, puesto que establece las exigencias relativas a la eficiencia energética en la edificación.

Este documento se divide en 5 secciones. Cada sección se corresponde con una exigencia básica que debe cumplirse y justificarse.

##### 3.1.1 Sección HE 0: Limitación del consumo energético

En esta sección se establece el cálculo para obtener los valores límites correspondientes al consumo de energía primaria de origen no renovable del edificio.

El consumo de energía primaria no renovable está limitado en función de la zona climática correspondiente a la ubicación del edificio y del uso previsto del mismo.

Para conocer el consumo energético de los distintos servicios que constituyen el edificio, esta sección remite a la justificación de las Exigencias Básicas HE 1, HE 2 y HE 3.

Por tanto, debe definirse la demanda energética de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación (exclusivamente en edificios terciarios) para calcular el consumo energético del edificio.

##### 3.1.2 Sección HE 1: Limitación de la demanda energética

En esta exigencia se determinan los valores límites de las demandas de calefacción y de refrigeración del edificio. Estos valores se establecen en función de la zona climática correspondiente a la ubicación del edificio y del uso previsto del uso previsto del mismo.

Con el objetivo de limitar la demanda energética del edificio, también se establecen unos valores límites de las transmitancias térmicas y de la permeabilidad al aire de los diferentes elementos de la envolvente del edificio. Estas limitaciones se establecen en función de la severidad climática en invierno correspondiente a la ubicación del edificio.

### 3.1.3 Sección HE 2: Rendimiento de las instalaciones térmicas

Esta sección remite directamente al Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

Dicho reglamento se analizará con detalle en el siguiente apartado.

### 3.1.4 Sección HE 3: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación

En esta sección se determinan los procesos para calcular el Valor de Eficiencia Energética de la Instalación (VEEI).

Además, se establecen los valores máximos del VEEI para cada zona del edificio y de la potencia total instalada a nivel global, que no han de superarse.

También se debe justificar la existencia de un sistema de control y, cuando sea necesario, de regulación que optimice el aprovechamiento de la luz natural.

Es importante destacar que esta sección no es de obligada aplicación al interior de viviendas.

### 3.1.5 Sección HE 4: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria

En esta sección se establece la contribución solar mínima para la demanda de agua caliente sanitaria, o de climatización de piscina cubierta, que ha de ser cubierta mediante sistemas de captación, de almacenamiento y de utilización de energía solar de baja temperatura.

El valor de la demanda que debe cubrirse mediante estos sistemas se establece en función de la severidad climática en verano correspondiente a la ubicación del edificio.

Además, se establecen los criterios para el diseño y el dimensionado de la instalación.

### 3.1.6 Sección HE 5: Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica

En esta sección se establece la contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica obtenida por captación de energía solar mediante sistemas fotovoltaicos para cubrir una parte de la demanda eléctrica o para suministro a la red.

Así, se establece la potencia mínima a instalar en función de la severidad climática en invierno correspondiente a la ubicación del edificio y del uso previsto del mismo.

## 3.2 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

En el RITE se establecen los criterios de diseño y de dimensionado de las instalaciones térmicas que constituyen el edificio. Siendo las instalaciones térmicas: las instalaciones fijas de climatización (calefacción, refrigeración y ventilación) y las destinadas a producción de agua caliente sanitaria.

Este reglamento se divide en dos partes:

### 3.2.1 PARTE I. Disposiciones generales

Esta parte está constituida por 10 capítulos en los que se establecen las exigencias técnicas de las instalaciones térmicas, las condiciones administrativas, las condiciones para la ejecución de las instalaciones térmicas, las condiciones para la puesta en servicio de la instalación, las condiciones para el uso y mantenimiento de la instalación, la inspección, las empresas habilitadas para la instalación y el mantenimiento de las

instalaciones térmicas, el régimen sancionador y la Comisión Asesora para las instalaciones térmicas de los edificios.

### **Exigencia técnica de eficiencia energética**

A continuación se analiza con más detalle la exigencia técnica de eficiencia energética.

En esta exigencia se establece la necesidad de reducir el consumo de energía por parte de las instalaciones térmicas y de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante el uso de sistemas energéticamente eficientes.

Con este fin se establecen los siguientes requisitos, que deben cumplirse en todas las instalaciones térmicas:

1. Rendimiento energético.
2. Distribución de calor y frío.
3. Regulación y control.
4. Contabilización de consumos.
5. Recuperación de energía.
6. Utilización de energías renovables.

### **3.2.2 PARTE II. Instrucciones Técnicas**

La segunda parte del reglamento está constituida por 4 Instrucciones Técnicas:

#### **1. INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT.1 DISEÑO Y DIMENSIONADO**

En esta IT se establecen los criterios a seguir en el diseño y dimensionado de las instalaciones térmicas relativos a las diferentes exigencias.

- Exigencia de bienestar e higiene.

En el caso de viviendas, los requisitos de calidad del aire interior se establecen en la Sección HS 3 del CTE.

- Exigencia de eficiencia energética.

Se establecen dos procedimientos para la verificación de esta exigencia: el procedimiento simplificado y el procedimiento alternativo.

Si se desarrolla siguiendo el procedimiento simplificado, deben seguirse una serie de verificaciones relativas a la exigencia de eficiencia energética.

- Exigencia de seguridad.

#### **2. INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT.2 MONTAJE**

El objetivo de esta IT es establecer el procedimiento de la puesta en servicio de las instalaciones térmicas del edificio.

#### **3. INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT.3 MANTENIMIENTO Y USO**

El objetivo de esta IT establece las exigencias que deben cumplir las instalaciones térmicas para asegurar que su funcionamiento sea energéticamente eficiente.

#### **4. INSTRUCCIÓN TÉCNICA IT.4 INSPECCIÓN**

En esta IT se establecen los procedimientos a seguir relativos a la inspección de las instalaciones térmicas de los edificios.

### **3.3 Directiva Europea 2010/31/UE, relativa a la eficiencia energética de los edificios.**

EL objetivo principal de esta Directiva Europea es fomentar la eficiencia energética de los edificios.

Mediante esta Directiva Europea se establecen los requisitos mínimos de eficiencia energética en los edificios. Estos requisitos deben alcanzarse mediante la implantación de las medidas necesarias por parte de los Estados miembros.

Para ello, se establece la necesidad de adoptar una metodología de cálculo de la eficiencia energética en los edificios.

También se adopta un procedimiento de cálculo de los niveles óptimos de rentabilidad de los requisitos mínimos de eficiencia energética.

En lo relativo a edificios de consumo de energía casi nulo, se garantiza que: *“los Estados miembros se asegurarán de que a más tardar el 31 de diciembre de 2020, todos los edificios nuevos sean edificios de consumo de energía casi nulo [...]”*.

### **3.4 Directiva Europea 2012/27/UE, relativa a eficiencia energética.**

Esta Directiva establece los requisitos que los estados miembros deben cumplir relativos a eficiencia energética. De forma que cada estado miembro deberá limitar un objetivo nacional de eficiencia energética.

Así, cada estado miembro deberá transponer dicha directiva aplicando una normativa nacional.

### **3.5 Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.**

El objetivo de este Real Decreto es fomentar la eficiencia energética de los edificios mediante la obligación de informar a compradores y usuarios sobre la eficiencia energética de un edificio mediante la certificación energética del mismo.

Con este objetivo se determinan las condiciones técnicas y administrativas para ejecutar las certificaciones energéticas de los edificios, estableciendo la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética.

Además, mediante este Real Decreto, se aprueba la etiqueta de eficiencia energética.

## 4 Características de la vivienda.

### 4.1 Situación, entorno y ubicación geográfica.

La vivienda se ubicará en la calle de Cabañales, Zamora. En la siguiente imagen se puede observar el emplazamiento concreto.



Figura 4.1 – Ubicación de la vivienda: calle de Cabañales, Zamora.

Las coordenadas geográficas correspondientes a la ubicación son (huso 30):

Tabla 4.1 – Coordenadas geográficas de la ubicación de la vivienda.

Latitud	Longitud
41°29'28.02"N	5°44'42.95"O

Las coordenadas UTM correspondientes a la ubicación son:

Tabla 4.2 – Coordenadas UTM de la ubicación de la vivienda.

X	Y
270820,04	4596997,64

La altitud del emplazamiento es igual a 650 m.

El entorno de la ubicación de la vivienda está formado por viviendas, la mayoría de obra nueva, y por parcelas sin edificar.



La entrada principal de la vivienda está orientada hacia el Oeste. Ninguna de las fachadas limita con otra vivienda.

En la siguiente imagen se puede observar la orientación del edificio. Se representa la orientación Sur, ya que es la que recibe una mayor radiación solar en los meses de invierno.

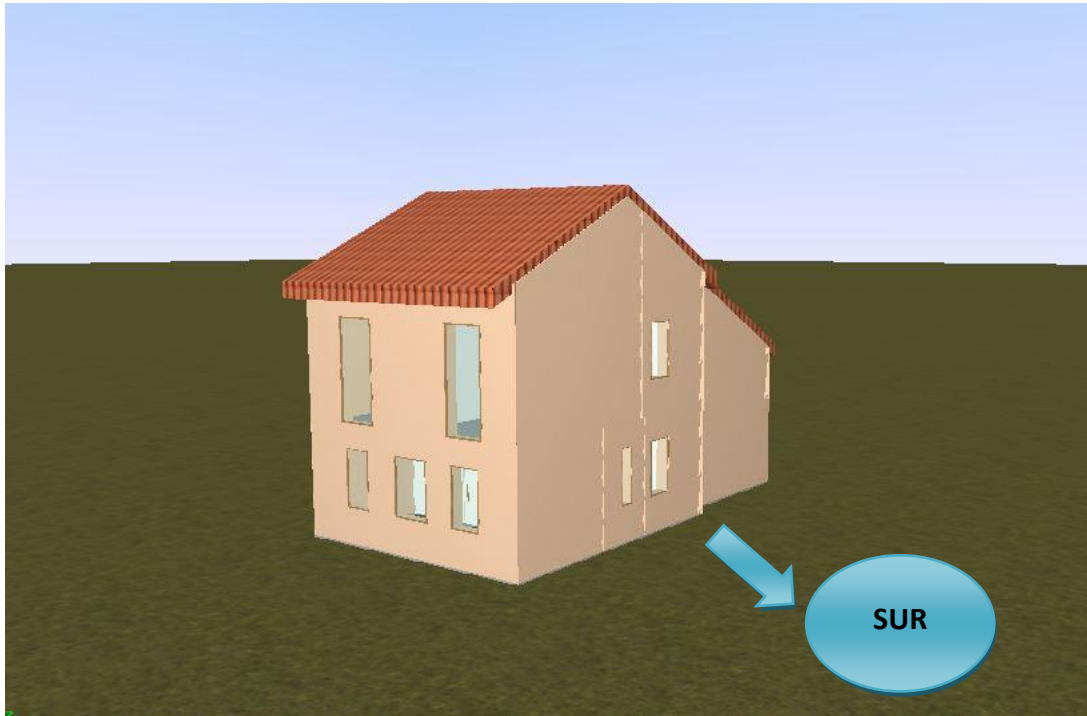


Figura 4.2 – Orientación de la vivienda.

#### 4.1.1 Clima

El clima es uno de los parámetros que más condicionan el comportamiento energético de los edificios. Los niveles de demanda energética de un mismo edificio variarán significativamente en función del clima correspondiente a su emplazamiento.

Además, las posibles mejoras a realizar en un edificio también están altamente condicionadas por el clima característico del emplazamiento. En edificios ubicados en climas secos y cálidos serán más eficientes unas determinadas mejoras, sin embargo, en climas más suaves serían poco acertadas.

Por este motivo es imprescindible estudiar de forma detallada el clima correspondiente al emplazamiento del edificio.

#### **Zona climática según el Código Técnico de la Edificación.**

De acuerdo con lo establecido en el Apéndice B de la Sección HE 1 del DB HE del CTE, a Zamora le corresponde una zona climática D2. Por tanto presenta:

- Una severidad climática de invierno D, lo que equivale a una severidad igual a 4 en una escala entre 1 y 5, en orden creciente de severidad.
- Una severidad climática de verano 2, que equivale a una severidad igual a 2 en una escala entre 1 y 4, en orden creciente de severidad.

#### **Datos climatológicos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)**

A partir de la información ofrecida por la AEMET se obtienen los siguientes datos, para la localidad de Zamora:

- La temperatura medias mensual/anual (T).
- La precipitación mensual/anual media (R).
- La humedad relativa media (H).

Estos datos se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla 4.3 – Datos climatológicos de Zamora. Fuente: AEMET.**

<b>Mes</b>	<b>T (°C)</b>	<b>R (mm)</b>	<b>H (%)</b>
<b>Enero</b>	4.6	32	82
<b>Febrero</b>	6.4	25	73
<b>Marzo</b>	9.5	22	63
<b>Abril</b>	11.2	39	62
<b>Mayo</b>	15.0	43	58
<b>Junio</b>	19.8	23	51
<b>Julio</b>	22.7	12	47
<b>Agosto</b>	22.3	13	50
<b>Septiembre</b>	18.8	28	57
<b>Octubre</b>	13.6	50	69
<b>Noviembre</b>	8.4	45	78
<b>Diciembre</b>	5.5	46	82
<b>Año</b>	13.1	31.5	64

## 4.2 Distribución de espacios y huecos.

A continuación se describe detalladamente la distribución de los recintos y de los huecos. La distribución, especialmente la de los huecos, supondrá una influencia considerable en la eficiencia energética de la vivienda.

### 4.2.1 Distribución de espacios.

La vivienda se divide en dos plantas: planta baja (PB) y primera planta (p1)

Las unidades de uso de la vivienda son: salón, cocina, dos baños y tres dormitorios dobles. Todos los espacios de la vivienda son habitables y presentan el mismo nivel de acondicionamiento.

La planta baja contiene los siguientes recintos:

- Recibidor.
- Salón.
- Cocina.
- Zona de lavado.



- Distribuidor 1.
- Baño 1.
- Dormitorio 1.

La primera planta contiene los siguientes recintos:

- Distribuidor 2.
- Baño 2.
- Dormitorio 2.
- Dormitorio 3.

En las siguientes imágenes se muestra la distribución de los recintos en cada planta.

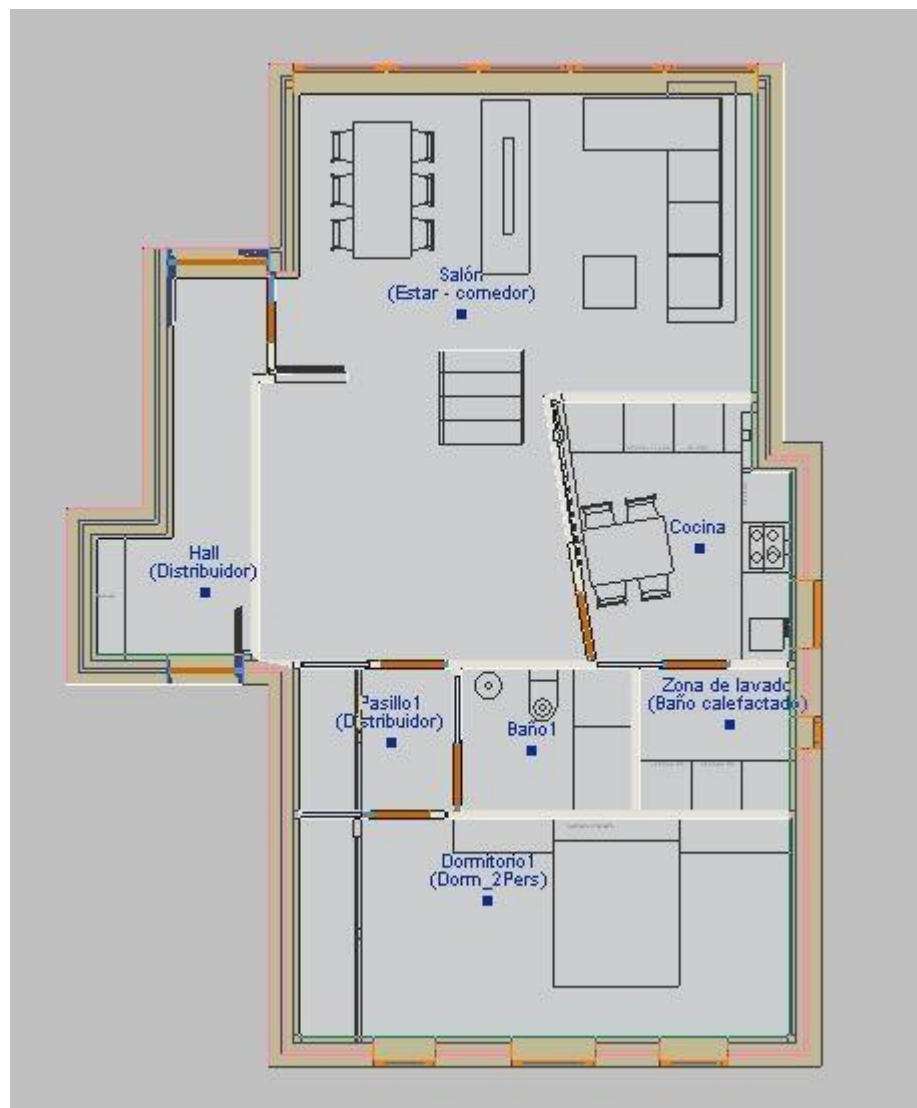


Figura 4.3 – Distribución de los espacios de la vivienda en la planta baja.

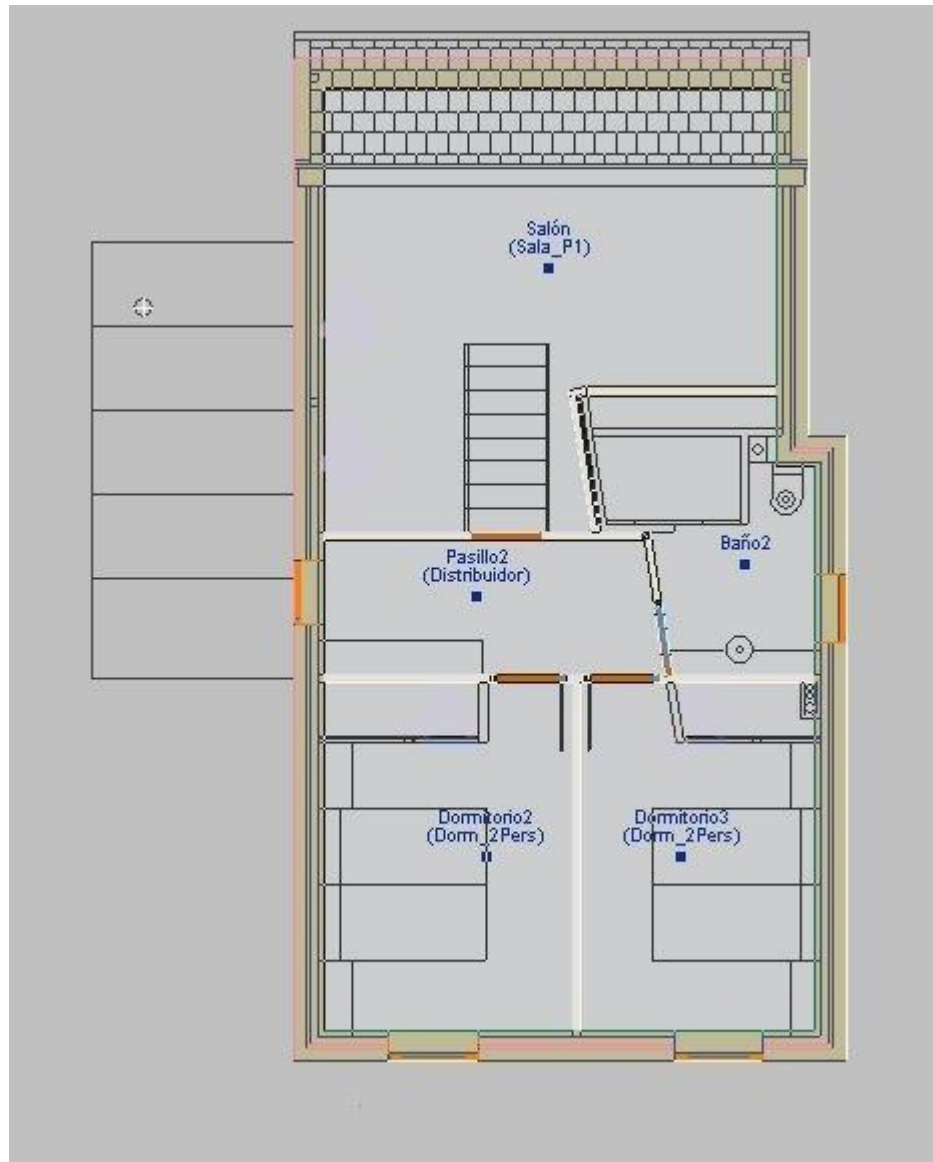


Figura 4.4– Distribución de los espacios de la vivienda en la primera planta.

#### 4.2.2 Distribución de huecos.

La vivienda cuenta con un total de catorce ventanas y una puerta exterior.

En la siguiente tabla se describe la distribución de los huecos según la planta y la fachada en la que estén ubicados.

Tabla 4.4– Distribución de los huecos según la planta y la orientación de la fachada.

Hueco	Cantidad	Planta	Fachada
Ventana 1	1	PB	Oeste
Ventana 2	1	PB	Oeste
Ventana 3	1	PB	Oeste
Ventana 4	2	P1	Oeste
Ventana 5	5	PB	Este
Ventana 6	1	P1	Norte
Ventana 7	1	PB	Sur
Ventana 8	1	PB	Sur
Ventana 9	1	P1	Sur
Puerta exterior 1	1	PB	Oeste

En las siguientes imágenes se muestra la descripción anterior relativa a la distribución de los huecos.



Figura 4.5 – Distribución de los huecos en la fachada Oeste.

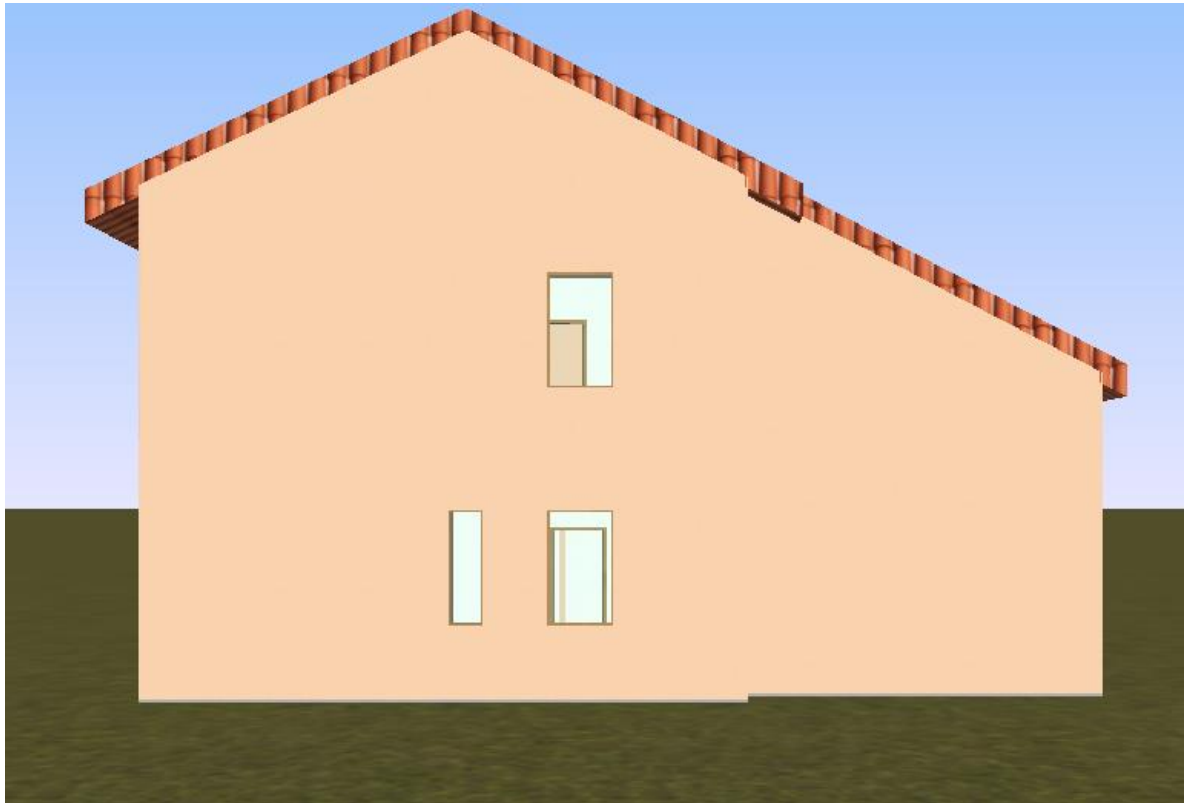


Figura 4.6 – Distribución de huecos en la fachada Sur.



Figura 4.7– Distribución de los huecos en la fachada Norte.



Figura 4.8– Distribución de los huecos en la fachada Este.

### 4.3 Dimensiones de la vivienda.

A continuación se determinan las diferentes dimensiones de la vivienda, según las plantas y los recintos que la constituyen.

#### Superficie construida:

Tabla 4.5– Superficie construida de la vivienda, total y por plantas.

Superficie construida (m <sup>2</sup> )	Planta baja (PB)	Primera planta (P1)	Total vivienda
	86.17	76.48	162.65

**Superficie y volumen útiles:**

Tabla 4.6 – Volumen y superficie útiles de la vivienda, total y por recintos.

Recinto	Volumen útil (m <sup>3</sup> )	Superficie útil (m <sup>2</sup> )
Recibidor	15.95	6.2
Salón	148.57	31.9 (PB)
		25.12 (P1)
Cocina	18.95	7.7
Zona de lavado	7.77	3.1
Baño 1	8.47	3.4
Distribuidor 1	7.97	3.2
Dormitorio 1	39.12	15.8
Distribuidor 2	29.5	6.8
Baño 2	28.02	7.3
Dormitorio 2	54.53	12.6
Dormitorio 3	51.84	12
<b>Total vivienda</b>	<b>410.97</b>	<b>135.12</b>

**4.4 Características técnicas.**

A continuación se describen las características de la vivienda más relevantes para realizar un estudio térmico.

**4.4.1 Cerramientos opacos de la envolvente térmica.**

La envolvente térmica de un edificio es el conjunto de cerramientos, horizontales y verticales, que separan los espacios interiores habitables del exterior. Se entiende como exterior: terreno, aire, otros edificios y espacios no habitables del mismo edificio.

Los cerramientos opacos de la envolvente son los muros en contacto con el exterior, suelos en contacto con el terreno y las cubiertas.

A continuación se detallan el espesor y las características térmicas de los materiales que constituyen la envolvente.

De acuerdo con lo establecido en el CTE, los materiales de los cerramientos se deben definir mediante las siguientes características:

- Espesor (cm).
- Conductividad térmica,  $\lambda$  (W/m·K).
- Factor de resistencia a la difusión del agua,  $\mu$ .
- Densidad,  $\rho$  (kg/m<sup>3</sup>).
- Calor específico,  $c_p$  (J/kg·K).

### 1. Suelo en contacto con el terreno:

Los componentes de los cerramientos horizontales se enumeran desde arriba hacia abajo.

Tabla 4.7 – Componentes del suelo en contacto con el terreno.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Madera frondosa de peso medio 565<d<750	2	0.180	50	660	1300
2-Poliestireno [PS]	1	0.160	100 00	1050	1300
3-Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	8	0.550	10	1250	1000
4-Forjado unidireccional 10+5 cm (Bovedilla de hormigón)	15	1.32	120	2000	1000
5-XPS expandido con CO <sub>2</sub>	12	0.034	100	37.5	1000
ESPESOR TOTAL	38				

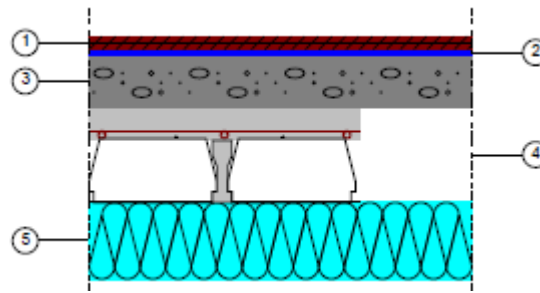


Figura 4.9 – Detalle de los componentes del suelo en contacto con el terreno.

## 2. Fachadas:

Los componentes de los cerramientos verticales se enumeran desde el exterior hacia el interior.

Tabla 4.8 – Componentes de las fachadas.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	2	0.550	10	1250	1000
2-Tabicón de LH doble Gran Formato	12	0.212	10	630	1000
3-Cámara de aire sin ventilar	3	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> ·K/W) = 0.18			
4-XPS expandido con CO <sub>2</sub>	10	0.034	100	37.5	1000
5-Tabicón de LH doble Gran Formato	8	0.212	10	630	1000
6-Enlucido de yeso 1000<d<1300	1.5	0.570	6	1150	1000
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>36.5</b>				

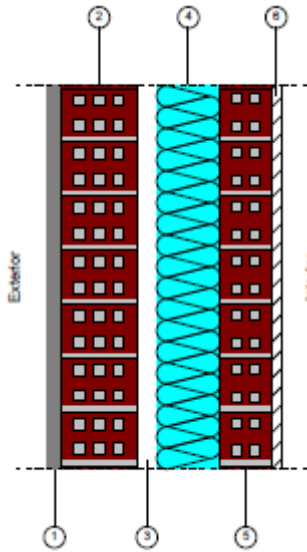


Figura 4.10 – Detalle de los componentes de la fachada.



### 3. Cubierta tipo 1:

Tabla 4.9 – Componentes de la cubierta tipo 1.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Zinc	0.3	110	$1 \cdot 10^6$	7200	380
2-Tableros de fibras incluyendo MDF 350<d<550	2	0.140	12	450	1700
3-Losa alveolar con capa de compresión	20	1.404	80	1810	1000
4-XPS expandido con CO <sub>2</sub>	8	0.034	10	37.5	1000
5-Enlucido de yeso	1.5	0.570	6	1150	1000
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>31.8</b>				

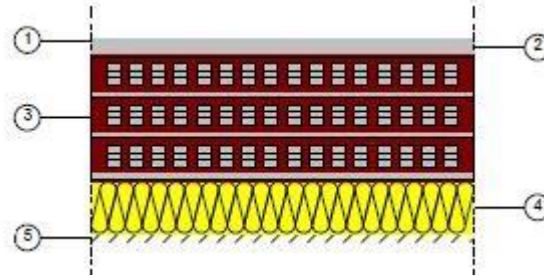


Figura 4.11 – Detalle de los componentes de la cubierta tipo 1.

### 4. Cubierta tipo 2:

Tabla 4.10 – Componentes de la cubierta tipo 2.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Esquisto pizarra	1	2.2	800	2400	1000
2-Cloruro de polivinilo [PVC]	0.3	0.170	$5 \cdot 10^5$	1390	900
3-Tablero contrachapado	1.2	0.170	90	550	1600
4-XPS expandido con CO <sub>2</sub>	12	0.034	10	37.5	1000
5-Forjado unidireccional 15+5 cm (Bovedilla de hormigón)	20	1.32	120	2000	1000
6- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	2	0.550	10	1250	1000
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>36.5</b>				

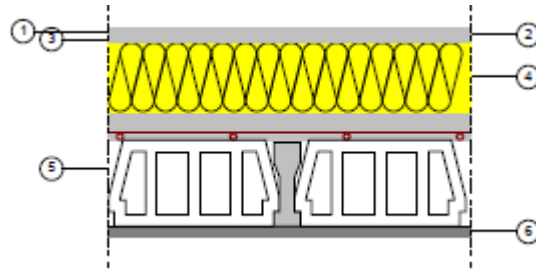


Figura 4.12 – Detalle de los componentes de la cubierta tipo 2.

#### 4.4.2 Compartimentación interior.

Las particiones interiores separan unidades de del mismo uso dentro de un edificio. Por tanto, estas unidades presentan el mismo nivel de climatización.

A continuación se describen los materiales de estas particiones, tanto las horizontales como verticales. También se definen sus características térmicas.

##### 1. Particiones interiores verticales:

Tabla 4.11 – Componentes de las particiones interiores verticales.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Enlucido de yeso	1	0.570	6	1150	1000
2-Tabicón de LH doble	8	0.212	10	630	1000
3-Enlucido de yeso	1	0.570	6	1150	1000
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>9</b>				

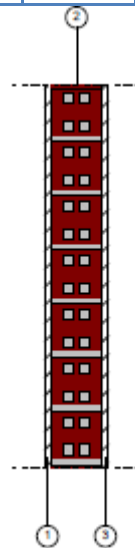


Figura 4.13 – Detalle de los componentes de las particiones interiores verticales.

## 2. Forjado entre plantas:

Tabla 4.12 – Componentes del forjado entre plantas.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Madera frondosa de peso medio	2	0.180	50	660	1300
2-Poliestireno [PS]	1	0.160	$1 \cdot 10^4$	1050	1300
3- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	8	0.550	10	1250	1000
4-Forjado unidireccional 25+5 cm (Bovedilla de hormigón)	30	1.32	120	2000	1000
5- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	2	0.550	10	1250	1300
ESPESOR TOTAL	43				

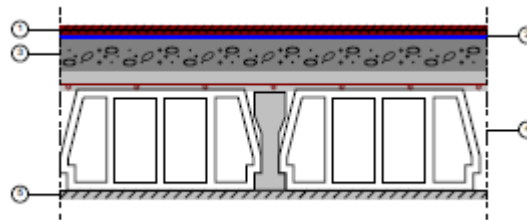


Figura 4.14 – Detalle de los componentes del forjado entre plantas.

### 4.4.3 Huecos.

Los huecos de la vivienda están constituidos por las ventanas y las puertas. Dichos huecos están formados por un vidrio y un marco. Se debe conocer el porcentaje de cada componente con el fin de calcular su transmitancia térmica.

De acuerdo con lo establecido en el CTE deben definirse las siguientes características de los huecos:

- La transmitancia térmica del vidrio y del marco ( $U_g$  y  $U_f$ ).
- La superficie del vidrio y del marco.
- El factor solar del vidrio.
- La absorptividad de la cara exterior del marco.
- En el caso de puertas cuya superficie semitransparente sea inferior al 50 %, se definirán únicamente la transmitancia térmica de la puerta y su absorptividad.
- La permeabilidad al aire del conjunto marco vidrio.

Previamente a realizar la descripción de los huecos se definen algunos conceptos con el objetivo de entender dicha descripción de forma óptima.

**Factor solar del vidrio:** es la relación entre la energía total que entra en un espacio a través de un vidrio y la radiación solar a incidencia normal. La energía total está constituida por la energía solar que entra por transmisión directa y la energía cedida por el vidrio al espacio interior, debido a su calentamiento.

**Absortividad del marco:** es la fracción de la radiación solar que es absorbida por la superficie sobre la que incide. La absortividad varía desde 0 hasta 1.

**Permeabilidad al aire:** es la capacidad de un hueco de dejar pasar el aire cuando se encuentra sometido a una presión diferencial determinada.

Los huecos se clasifican en función de si son ventanas o puertas. A continuación se especifica la cantidad de huecos y además, se describen sus principales características.

#### Ventanas:

En la vivienda se dispone de un total de 14 ventanas. 10 de ellas están situadas en la planta baja y las 4 restantes, en la primera planta.

Todas las ventanas están constituidas por un vidrio doble 4-12-4 en posición vertical. Este vidrio presenta aislamiento térmico reforzado y es de la casa Saint-Gobain, modelo PANITHERM ULTRA N.

Además, 9 de las ventanas están constituidas por un marco de apertura oscilobatiente, de la casa Exlabesa, modelo EXL-55. Las 5 ventanas restantes están constituidas por un marco de apertura tipo corredera, de la casa Exlabesa, modelo SLIDE. Los dos tipos de marcos son de PVC.

En la siguiente tabla se recogen las principales características de las ventanas.

Tabla 4.13 – Características de las ventanas.

Ventana	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9
Unidades	1	1	1	2	5	1	1	1	1
Superficie (m <sup>2</sup> )	1.18	1.05	1.44	2.5	2.86	0.81	0.56	1.12	1.12
% marco	10	10	10	10	10	10	10	10	10
U <sub>g</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6
U <sub>f</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Factor solar	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62	0.62
Absortividad	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Permeabilidad al aire	Clase 4	Clase 4	Clase 4	Clase 4	Clase 4	Clase 4	Clase 4	Clase 4	Clase 4

#### Puerta exterior:

La vivienda dispone de una puerta exterior, que está constituida exclusivamente por marco. Dicho marco es de PVC y pertenece a la casa Exlabesa, modelo EXL-55.

En la siguiente tabla se recogen las principales características de la puerta exterior

Tabla 4.14 – Características de la puerta exterior.

Puerta	P1
Superficie (m <sup>2</sup> )	2.25
% marco	100
U <sub>g</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	-
U <sub>f</sub> (W/m <sup>2</sup> K)	2.7
Factor solar	-
Absortividad	0.6
Permeabilidad al aire	Clase 4

#### 4.4.4 Caudal de ventilación.

El caudal de ventilación en las viviendas se determina a partir de lo establecido en la Sección HS 3: “Calidad del aire interior” del Documento Básico de Salubridad del Código Técnico de la Edificación.

Las viviendas deben disponer de un sistema de ventilación. El aire de admisión entra por los locales secos mediante las aberturas de admisión. Este aire circula hacia los locales húmedos a través de las zonas de paso. Por último, el aire de extracción se extrae por de los locales húmedos mediante las aberturas de extracción, que están conectadas a conductos de extracción.

La ventilación de la vivienda es forzada, es decir, se realiza por sistemas mecánicos.

El sistema de ventilación utilizado en la vivienda es mecánica controlada de doble flujo. Es decir, la instalación de ventilación está constituida por dos circuitos, un circuito de admisión y otro de extracción.

Este tipo de instalación de ventilación presenta una serie de ventajas, además de posibilitar la incorporación de elementos de recuperación de calor:

- Aumento de la estanqueidad al aire de la vivienda.
- Aumento del aislamiento acústico.
- Posibilidad de implementar sistemas de filtrado, aumentando la calidad del aire de admisión.
- Aumento de la calidad del aire interior derivado del control de los niveles de humedad y de CO<sub>2</sub>.
- Posibilidad de utilizar el aire de admisión como fluido caloportador.
- Posibilidad de controlar el caudal de aire.

El caudal de ventilación óptimo en una vivienda se calcula para evitar la estanqueidad del aire. Una mala ventilación puede provocar una reducción del confort térmico en el interior de la vivienda y la formación de humedades o condensaciones.

Esta caudal de ventilación suele expresarse como renovaciones/hora de la vivienda. Este término indica el número de veces que es necesario intercambiar el aire interior de la vivienda por aire nuevo del exterior, para mantener unas condiciones adecuadas de calidad de aire interior.

Para determinar las renovaciones/hora de la vivienda es necesario calcular previamente el caudal mínimo de ventilación de la misma, y el caudal real de ventilación.

### 1. Caudal de ventilación mínimo exigido:

En la siguiente tabla se muestran los caudales de ventilación mínimos por locales, definidos en el capítulo 2 de la Sección 3 del Documento Básico HS de Salubridad del Código Técnico de la Edificación.

Tabla 4.15 – Caudales de ventilación mínimos exigidos por locales.

Local	Tipo local	Caudal de ventilación mínimo ( $q_v$ )	
		l/s	m <sup>3</sup> /h
Salón	Seco	18	64.8
Cocina	Húmedo	15.02	54.072
Zona de lavado	Húmedo	60.06	21.816
Baño 1	Húmedo	15	54
Baño 2	Húmedo	15	54
Dormitorio 1	Seco	10	36
Dormitorio 2	Seco	10	36
Dormitorio 3	Seco	10	36

### 2. Caudal de ventilación calculado:

Se aplica un procedimiento de equilibrado de caudales de admisión ( $q_{va}$ ) y caudales de extracción ( $q_{ve}$ ), basado en la circulación del aire según la distribución de los locales. Así, se obtiene el caudal de ventilación real de la vivienda.

Tabla 4.16 – Caudales de ventilación calculados por locales.

Locales húmedos	Caudal de extracción, $q_{ve}$	
	l/s	m <sup>3</sup> /h
Cocina	16.9	60.84
Zona de lavado	6.1	21.96
Baño 1	15	54
Baño 2	15	54
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>190.8</b>
Locales secos	Caudal de admisión, $q_{va}$	
	l/s	m <sup>3</sup> /h
Salón	18	64.8
Dormitorio 1	15	54
Dormitorio 2	10	36
Dormitorio 3	10	36
<b>Total</b>	<b>53</b>	<b>190.8</b>

### 3. Renovaciones por hora necesarias:

Conociendo el caudal de ventilación de la vivienda (190.8 m<sup>3</sup>/h) y el volumen útil de la misma (410.69 m<sup>3</sup>), se obtiene un valor de ventilación igual a 0.46 renovaciones/hora.

#### 4.4.5 Puentes térmicos.

Los puentes térmicos (PT) son las zonas de la envolvente de la vivienda en las que se pierde la uniformidad constructiva. Esto da lugar a una reducción de la resistencia térmica en el punto con respecto al resto de la envolvente térmica.

Los puentes térmicos pueden ser de dos tipos:

1. Puentes térmicos integrados en fachada: se deben a un cambio constructivo en el cerramiento.
2. Puentes térmicos lineales: se deben a discontinuidades geométricas (encuentros entre cerramientos, elementos exteriores, etc).

Los puentes térmicos se estudian en la fase de proyecto. Es importante analizar las soluciones óptimas para minimizar las pérdidas energéticas a través de los puentes térmicos, ya que en viviendas muy bien aisladas los puentes térmicos mal dimensionados pueden suponer un 50 % de las pérdidas energéticas totales a través de los cerramientos.

Además, los puentes térmicos pueden dar lugar a la formación de condensaciones en los cerramientos de las viviendas, lo que supone una minoración considerable del confort térmico por problemas relacionados con la salubridad del aire interior.

Los puentes térmicos en la envolvente de la vivienda se calculan de acuerdo con el método general. Este método consiste en introducir los datos constructivos de la vivienda

en un software de cálculo, en este caso en CYPECAD MEP, mediante el que se obtienen los valores de los puentes térmicos.

Los puentes térmicos se calculan mediante dos parámetros:

- Longitud (m): es la longitud de la envolvente térmica afectada por el puente térmico considerado.
- Coeficiente lineal de pérdidas,  $\Psi$  (W/mK): representa el flujo de calor entre dos ambientes a diferente temperatura, por unidad de longitud y de temperatura.

En la siguiente tabla se muestran los valores calculados de puentes térmicos en la envolvente de la vivienda.

Tabla 4.17 – Valores de los puentes térmicos.

Puente térmico		Longitud (m)	$\Psi$ (W/mK)
Encuentro de fachada con suelo		35.99	0.31
Encuentro de fachada con forjado intermedio		32.72	0.31
Encuentro de fachada con cubierta		7.79	0.56
Encuentro entre fachadas	Esquinas salientes	41.6	0.05
	Esquinas entrantes	8.52	-0.07
Encuentro de fachada con carpintería	Alféizar	12.97	0.51
	Dintel	12.97	0.5
	Jambas	54.84	0.5



## 5 Demanda energética de climatización.

El cálculo de la demanda energética de la vivienda se realiza utilizando el software CYPECAD MEP.

En el cálculo, los parámetros de la vivienda relativos a su demanda energética se calculan de acuerdo con lo establecido en la Sección HE 1 del DB HE del CTE.

### 5.1 Cuantificación de la exigencia.

En la Sección HE 1 del DB HE del CTE se establecen los valores límites de demanda de calefacción y de demanda de refrigeración para edificios de uso residencial privado.

#### 5.1.1 Limitación de la demanda energética de calefacción.

La demanda energética de calefacción de la vivienda está limitada por la siguiente expresión:

$$D_{cal, lim} = D_{cal, base} + F_{cal, sup}/S$$

Siendo:

- $D_{cal, lim}$ : el valor límite de la demanda energética de calefacción, considerando la superficie útil de los espacios habitables. Se expresa en kWh/m<sup>2</sup>año.
- $D_{cal, base}$ : el valor base de la demanda energética de calefacción, que depende de la zona climática correspondiente a la ubicación del edificio. Se expresa en kWh/m<sup>2</sup>año.
- $F_{cal, sup}$ : el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, que depende de la zona climática correspondiente a la ubicación del edificio.
- $S$ : la superficie útil de los espacios habitables de la vivienda, expresada en m<sup>2</sup>.

Sabiendo que la zona climática correspondiente a la vivienda es D2, a partir de la tabla 2.1 de la Sección HE 1 del DB HE del CTE se obtienen los siguientes valores:

- $D_{cal, base} = 27 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2\cdot\text{año}$ .
- $F_{cal, sup} = 2000$ .

La superficie útil de los espacios habitables de la vivienda es igual a 135.12 m<sup>2</sup>.

Por tanto, el valor límite de la demanda energética de calefacción para la vivienda es igual a 41.8 kW·h/m<sup>2</sup>·año.

#### 5.1.2 Limitación de la demanda energética de refrigeración.

La demanda energética de calefacción está limitada por un valor que depende de la severidad climática de verano correspondiente a la ubicación de la vivienda.

Sabiendo que la zona climática de verano de la vivienda equivale a 2, el valor límite de la demanda energética de refrigeración ( $D_{ref, lim}$ ) es igual a 15 kWh/m<sup>2</sup>año.

#### 5.1.3 Limitación de descompensaciones.

**Transmitancia térmica.**

En primer lugar, se explica el concepto de transmitancia térmica con el objetivo de comprender claramente los valores que se describirán posteriormente.

La transmitancia térmica ( $U$ ) es la medida de flujo de calor que fluye a través de un área de un elemento constructivo que separa dos ambientes en los que existe un gradiente de temperatura. Se expresa en  $W/m^2K$ .

La transmitancia térmica de un elemento formado por varias capas de materiales se calcula según la siguiente expresión:

$$U = 1/R_T$$

Donde  $R_T$  es la suma de las resistencias térmicas de cada capa de material que constituyen el elemento constructivo.

La resistencia térmica de un material ( $R_i$ ) se calcula en función del espesor de la capa de dicho material ( $e_i$ ) y de la conductividad térmica de dicho material ( $\lambda_i$ ), según la siguiente expresión:

$$R_i = e_i / \lambda_i$$

La resistencia térmica se expresa en  $m^2K/W$ .

En conclusión, cuanto menor sea la transmitancia térmica de un elemento, menor será la energía cedida hacia el exterior del edificio, y por tanto, más eficiente será dicho edificio. Por ello, es importante utilizar elementos caracterizados por una resistencia térmica elevada. Esto se consigue eligiendo materiales caracterizados por una conductividad térmica mínima.

#### Cálculo de las descompensaciones.

Con el objetivo de limitar las descompensaciones, en la Sección HE 1 del DB HE del CTE se establecen unos valores límites referentes a la transmitancia térmica de los huecos y de los cerramientos que conformen la envolvente térmica.

Estos valores límites se establecen en función de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación de la vivienda.

En la siguiente tabla se comparan los valores límites para la zona climática de invierno D y los valores calculados para la vivienda de estudio.

Tabla 4.18 – Comparación entre las transmitancias térmicas de los elementos de la envolvente térmica con las transmitancias térmicas límites.

Elemento constructivo		$U_{max}$ para zona climática D ( $W/m^2K$ )	U calculada en la vivienda ( $W/m^2K$ )
Muros de fachada		0.66	0.23
Suelos		0.49	0.18
Cubiertas	Cubierta 1	0.38	0.36
	Cubierta 2		0.25
Huecos	Ventanas	2.7	1.71
	Puerta exterior		2.7

Como se puede observar en la tabla anterior, ninguno de los elementos constructivos supera la transmitancia térmica límite.

## 5.2 Perfil de uso.

El perfil de uso es la descripción hora a hora de las cargas internas y temperaturas de consigna de los espacios habitables de la vivienda.

Se determina a partir de los siguientes parámetros:

- El uso del espacio habitable.
- El nivel de cargas internas del espacio habitable.
- Su periodo de utilización.

Para la vivienda de estudio, estos parámetros son:

- Uso del espacio habitable: residencial privado.
- Nivel de cargas internas: único para uso residencial.
- Periodo de utilización: 24 horas.

De acuerdo con lo establecido en el Apéndice C de la Sección HE 1 del DB HE del CTE, para los parámetros anteriormente citados, se obtiene el siguiente perfil de uso normalizado:

USO RESIDENCIAL	(24h, BAJA)				
	1-7	8	9-15	16-23	24
<b>Temp Consigna Alta (°C)</b>					
Enero a Mayo	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre	27	-	-	25	27
Octubre a Diciembre	-	-	-	-	-
<b>Temp Consigna Baja (°C)</b>					
Enero a Mayo	17	20	20	20	17
Junio a Septiembre	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre	17	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	2,15
Sábado y Festivo	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
<b>Ocupación latente (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Laboral	1,36	0,34	0,34	0,68	1,36
Sábado y Festivo	1,36	1,36	1,36	1,36	1,36
<b>Iluminación (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Equipos (W/m<sup>2</sup>)</b>					
Laboral, Sábado y Festivo	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
<b>Ventilación verano<sup>1</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	4,00	4,00	*	*	*
<b>Ventilación invierno<sup>2</sup></b>					
Laboral, Sábado y Festivo	*	*	*	*	*

Figura 4.15 – Perfil de uso normalizado de la vivienda. Fuente: Código Técnico de la Edificación.

## 5.3 Cálculo de la demanda energética de la vivienda.

Los valores de la demanda energética de la vivienda se obtienen mediante el uso de la herramienta informática CYPECAD MEP.

### 5.3.1 Demanda energética de calefacción.

Se obtiene un valor de demanda energética de calefacción igual a 33.19 kWh/m<sup>2</sup>año.

Por tanto, el valor calculado de la demanda energética de calefacción es inferior al valor límite:

$$33.19 \text{ kWh/m}^2\text{año} < 41.8 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

En la siguiente gráfica se muestra la comparación entre el valor límite y el calculado de la demanda energética de calefacción:

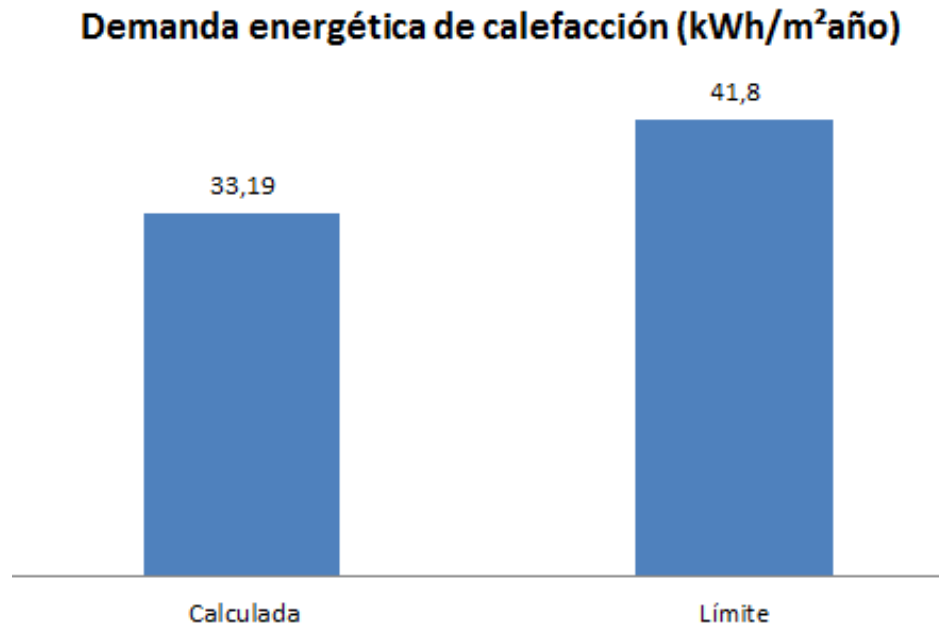


Figura 5.1 – Comparación entre el valor calculado y el límite de la demanda energética de calefacción.

### 5.3.2 Demanda energética de refrigeración.

Se obtiene un valor de demanda energética de refrigeración igual a 11.03 kWh/m<sup>2</sup>año.

Por tanto, el valor calculado de la demanda energética de calefacción es inferior al valor límite:

$$11.03 \text{ kWh/m}^2\text{año} < 15 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

En la siguiente gráfica se muestra la comparación entre el valor límite y el calculado de la demanda energética de refrigeración:

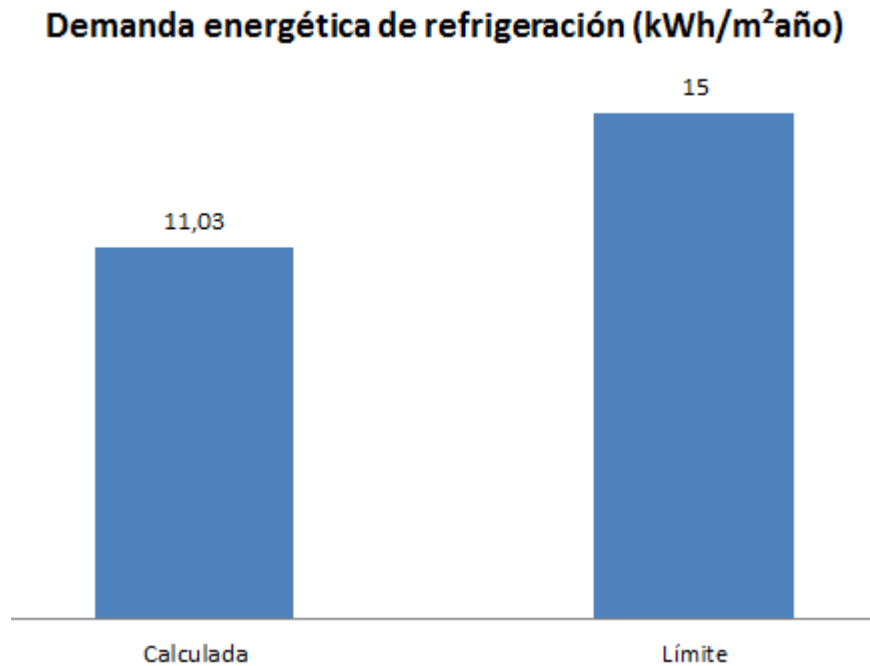


Figura 5.2 – Comparación entre el valor calculado y el límite de la demanda energética de refrigeración.

### 5.3.3 Balance energético de la vivienda.

En la siguiente gráfica se muestra el balance energético mensual de la vivienda. Para determinar el balance energético se consideran los siguientes parámetros:

- Energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de los elementos pesados ( $Q_{tr, op}$ ).
- Energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de los elementos ligeros ( $Q_{tr, w}$ ).
- Energía intercambiada por ventilación ( $Q_{ve}$ ).
- Ganancia interna sensible neta ( $Q_{int, s}$ ).
- Ganancia solar neta ( $Q_{sol}$ ).
- Calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio ( $Q_{edif}$ ).
- Aporte necesario de calefacción ( $Q_H$ ).
- Aporte necesario de refrigeración ( $Q_C$ ).

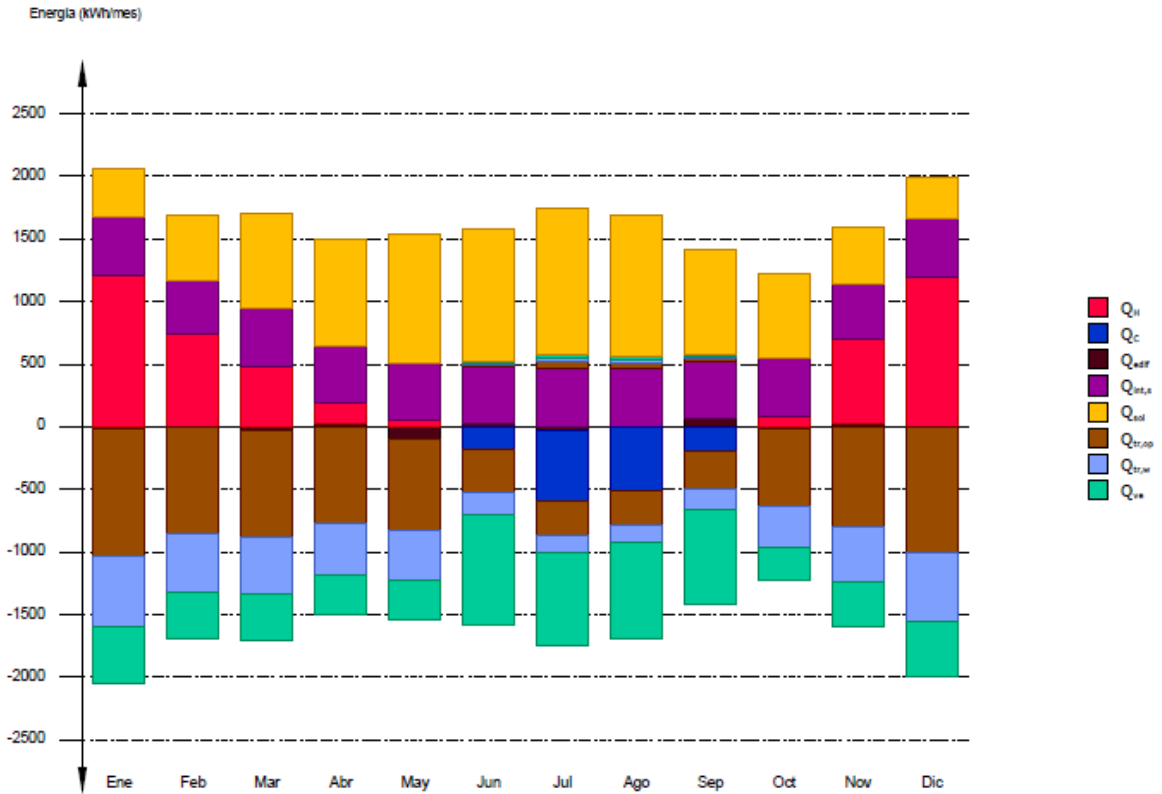


Figura 5.3 – Gráfica del balance energético mensual de la vivienda.

En la siguiente gráfica se muestra la demanda energética de calefacción y de refrigeración. Esta es la demanda energética que debe ser cubierta por los sistemas de climatización.

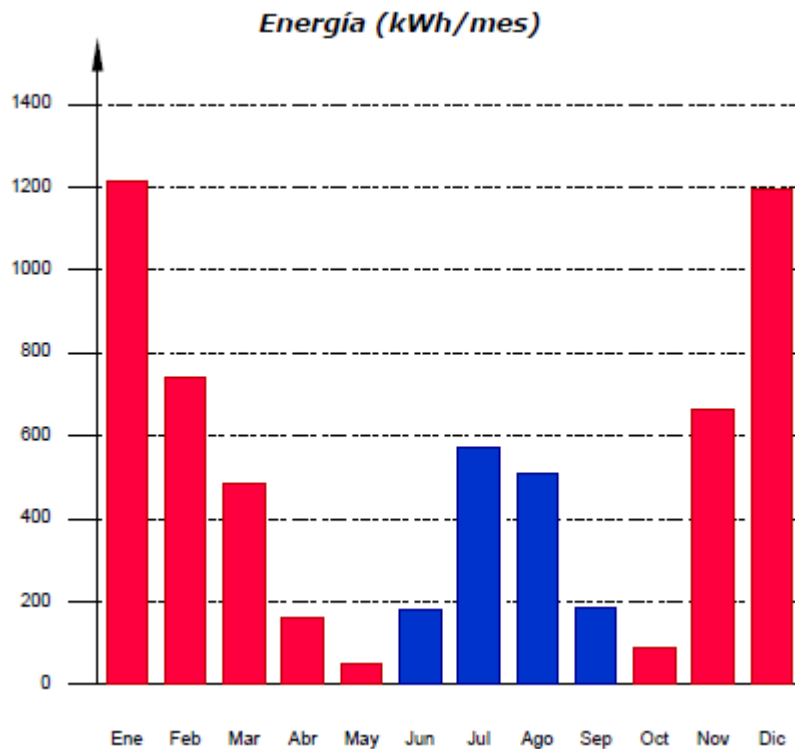


Figura 5.4 – Gráfica de la demanda energética mensual de calefacción y de refrigeración.

### 5.3.4 Transmisión de calor a través de los elementos constructivos.

Conocer los elementos constructivos en los que se producen mayores pérdidas energéticas, ayuda a determinar hacia qué elementos deben ir orientadas las mejoras energéticas. Por ello, se estudia detalladamente la cantidad de energía que se pierde hacia el exterior de la vivienda según el elemento constructivo.

El calor se transmite hacia el exterior de la vivienda a través de:

- Los elementos constructivos pesados de la envolvente térmica.
- Los elementos constructivos ligeros de la envolvente térmica.
- Los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica.

En la siguiente tabla se define la cantidad de calor transmitida hacia el exterior en función de los elementos anteriormente citados de la envolvente térmica.

Tabla 5.1 – Transmisión de calor a través de los distintos elementos de la envolvente térmica.

Elemento de la envolvente térmica	Transmisión de calor hacia el exterior	
	(kWh/año)	(kWh/m <sup>2</sup> año)
Elementos constructivos pesados	-5662.8	-43.1
Elementos constructivos ligeros	-4158.5	-31.9
Puentes térmicos	-2084.1	-16
<b>Total</b>	<b>-11905.4</b>	<b>-91</b>

En la siguiente gráfica se refleja los porcentajes de calor transmitido hacia el exterior en función de cada elemento de la envolvente térmica:

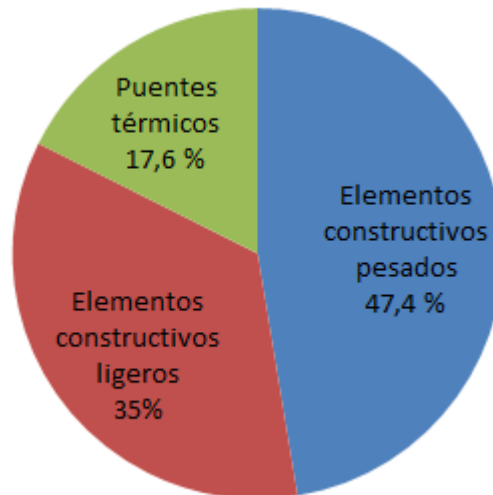


Figura 5.5 – Gráfica de transmisión de calor a través de los elementos de la envolvente.

## 6 Demanda energética de agua caliente sanitaria.

Es necesario conocer la demanda energética necesaria para la producción de agua caliente sanitaria, así como la correspondiente demanda térmica. En los siguientes apartados se desarrolla el procedimiento seguido para determinar de dichos parámetros

### 6.1 Demanda de ACS de la vivienda.

El cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria (ACS) de la vivienda se realiza de acuerdo con lo establecido en la Sección HE 4 del DB HE del CTE.

Según la tabla 4.1 de la Sección HE 4 del DB HE del CTE, para una temperatura de distribución de ACS de 60°C y para vivienda residencial, se obtiene una demanda igual a 28 l/día por persona.

Teniendo en cuenta que la vivienda cuenta con tres dormitorios, le corresponde un total de 4 personas.

Por tanto, la demanda total en la vivienda de ACS es igual a 112 l/día.

En la siguiente tabla se resume el cálculo de la demanda de ACS:

Tabla 6.1 – Cálculo de la demanda de agua caliente sanitaria de la vivienda.

Uso	Demanda (l/día·persona)	Número dormitorios	Personas	Demanda total ACS (l/día)
Residencial privado	28	3	4	112

### 6.2 Demanda energética de ACS.

Para la calcular la energía que será necesaria aportar para calentar el caudal de ACS calculado anteriormente, es necesario conocer la temperatura del agua de la red. La temperatura del agua de la red varía en función de la localización de la vivienda y, por tanto, de la temperatura exterior.



En la siguiente tabla se muestran los valores de la temperatura del agua de la red según los meses para la localidad de Zamora:

Tabla 6.2 - Temperatura mensual del agua de la red en Zamora.

Mes	Temperatura (°C)
Enero	6
Febrero	8
Marzo	9
Abril	10
Mayo	13
Junio	16
Julio	18
Agosto	18
Septiembre	16
Octubre	12
Noviembre	9
Diciembre	7
Media anual	11.8

La demanda de energía para ACS se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta T$$

Siendo:

M = masa de agua a calentar (kg).

$C_p$  = calor específico del agua (1 kcal/kg°C).

$\Delta T$  = salto térmico, es decir, la diferencia entre la temperatura de distribución (60°C) y la temperatura del agua de la red.

En la siguiente tabla se recogen los valores de la demanda energética de ACS mensual.

**Tabla 6.3 – Demanda energética mensual de ACS.**

<b>Mes</b>	<b>Demanda energética (Wh/día)</b>
<b>Enero</b>	7015.68
<b>Febrero</b>	6755.84
<b>Marzo</b>	6625.92
<b>Abril</b>	6496
<b>Mayo</b>	6106.24
<b>Junio</b>	5716.48
<b>Julio</b>	5456.64
<b>Agosto</b>	5456.64
<b>Septiembre</b>	5716.48
<b>Octubre</b>	6236.16
<b>Noviembre</b>	6625.92
<b>Diciembre</b>	6885.76

Como se puede observar en la gráfica anterior, la demanda energética es mayor en invierno, debido a que la temperatura del agua de la red es menor.

A partir de las demandas energéticas medias mensuales, se obtiene una demanda energética total para producción de ACS igual a 2252.8 kWh/año.

El cálculo de la carga térmica de consumo de ACS se lleva a cabo teniendo en cuenta las condiciones más desfavorables para garantizar el suministro de ACS. Por tanto, la potencia térmica se dimensiona para el mes de enero, al que le corresponde una demanda energética de ACS de 7015.68 Wh.

Para calcular la potencia térmica necesaria para cubrir la demanda de ACS es necesario determinar el tiempo que tarda en calentarse la masa de agua. En este caso se considera que el tiempo de calentamiento del volumen de ACS es igual a 2 horas.

$$P = 7015.68 \text{ Wh}/2\text{h} = 3507.84 \text{ W}$$

Es decir, la potencia necesaria de la instalación utilizada para cubrir la demandade ACS debe ser igual o mayor de 3.51 kW.

### **6.3 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.**

El cálculo de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (ACS) se realiza según lo establecido en la Sección HE 4 del DB HE del CTE.

El porcentaje mínimo producción de ACS que debe ser cubierto por energía solar térmica se establece en función de 2 parámetros:

- La zona climática correspondiente a la ubicación de la vivienda.
- La demanda total de ACS de la vivienda (l/d).

Por tanto, y de acuerdo con lo establecido en la tabla 2.1 de la Sección HE 4 del DB HE del CTE, se obtiene que la siguiente contribución solar mínima de ACS.

Tabla 6.4 – Cálculo de la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

Zona climática	Demanda total de ACS (l/d)	Contribución solar mínima de ACS
IV	112	50 %

En conclusión, se debe cubrir un mínimo de 56 l/d de la demanda total de ACS mediante energía solar térmica.

## 7 Demanda térmica.

La demanda térmica necesaria para cubrir la demanda energética del edificio se debe calcular con el fin de determinar de forma precisa la potencia térmica de la instalación térmica de climatización.

La demanda térmica del edificio se debe a una serie de pérdidas y de ganancias de calor. El calor perdido o ganado puede ser de dos tipos:

- Calor sensible: afecta a la temperatura seca del ambiente interior.
- Calor latente: afecta al contenido de humedad en el aire del ambiente interior.

El balance de las pérdidas y ganancias de calor se realiza mediante el estudio de las cargas térmicas.

Las cargas térmicas se clasifican en función de si afectan a la demanda térmica de calefacción o de refrigeración. En el estudio de cargas térmicas sólo se tienen en cuenta aquellas que generan pérdidas de calor.

Las cargas térmicas de calefacción se deben a:

- Cargas por transmisión a través de la envolvente térmica (pueden producirse a través de los cerramientos opacos o de los cerramientos transparentes).
- Cargas por ventilación.

Las cargas térmicas de refrigeración se deben a:

- Cargas por transmisión a través de la envolvente térmica (pueden producirse a través de los cerramientos opacos o de los cerramientos transparentes).
- Cargas por ocupación.
- Cargas por iluminación.
- Cargas por ventilación.
- Cargas por equipos.

### 7.1 Demanda térmica de calefacción.

La vivienda se diseña en base a unas condiciones de ambiente interior y exterior determinadas. Las condiciones del ambiente interior están limitadas por el RITE para verano y para invierno. Las condiciones del ambiente exterior dependen del emplazamiento del edificio.

En la siguiente tabla se definen las condiciones de ambiente interior y exterior de la vivienda en invierno:

Tabla 7.1 – Condiciones de ambiente interior y exterior en invierno.

	Condiciones ambiente en invierno	
	Interior	Exterior
Temperatura (°C)	21	-3.9
Humedad relativa (%)	50	90

Mediante el uso del software CYPECAD MEP se obtienen las cargas térmicas debidas a la transmisión de calor a través de la envolvente térmica y las debidas a la ventilación. A

partir de estas cargas se obtiene la demanda térmica máxima simultánea, que corresponde a la potencia que ha de tener la instalación térmica de calefacción.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

**Tabla 7.2 – Demanda térmica máxima simultánea de refrigeración por recintos.**

Recinto	Demanda térmica máxima simultánea (W)
Salón	2229.36
Dormitorio 1	747.52
Baño 1	462.14
Cocina	644.39
Distribuidor 1	46.4
Recibidor	607.89
Zona de lavado	515.39
Dormitorio 2	763.32
Dormitorio 3	728.60
Baño 2	663.50
Distribuidor 2	192.55
<b>Total vivienda</b>	<b>7601.1</b>

Por tanto, la instalación térmica de calefacción deberá tener una potencia térmica de, al menos, 7.6 kW.

## 7.2 Demanda térmica de refrigeración.

Las condiciones de ambiente internas y externas son diferentes en verano. Por tanto, en la siguiente tabla se definen los valores de las condiciones de ambiente interior y exterior de la vivienda en verano.

**Tabla 7.3 – Condiciones de ambiente interior y exterior en verano.**

	Condiciones ambiente en verano	
	Interior	Exterior
<b>Temperatura seca (°C)</b>	24	29.6
<b>Humedad relativa (%)</b>	50	-
<b>Temperatura húmeda (°C)</b>	-	19.2

Mediante el uso del software CYPECAD MEP se obtienen las cargas térmicas debidas a la transmisión de calor a través de la envolvente térmica, las debidas a la ocupación, a la iluminación, a los equipos y las debidas a la ventilación.

Una vez determinadas estas cargas térmicas, se obtiene la demanda térmica máxima simultánea. Esta demanda es la que determina la potencia térmica mínima de la instalación de refrigeración.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

**Tabla 7.4 – Demanda térmica máxima simultánea de refrigeración por recintos.**

<b>Recinto</b>	<b>Demanda térmica máxima simultánea (W)</b>
Salón	1283.74
Dormitorio 1	1338.65
Baño 1	529.58
Cocina	742.47
Distribuidor 1	6.97
Recibidor	100.37
Zona de lavado	538.82
Dormitorio 2	1068.36
Dormitorio 3	1063.42
Baño 2	651.04
Distribuidor 2	58.76
<b>Total vivienda</b>	<b>7382.2</b>

Por tanto, la instalación térmica de refrigeración deberá tener una potencia térmica de, al menos, 7.4 kW.

## 8 Equipos instalados.

A continuación se describen los sistemas utilizados para cubrir las demandas de climatización y de producción de agua caliente sanitaria de la vivienda.

### 8.1 Caldera de condensación de gas natural.

La demanda energética de calefacción de la vivienda y la fracción de la demanda de ACS no cubierta por energía solar térmica, están cubiertas mediante el uso de una caldera de condensación de gas natural.

La caldera proyectada es de la casa Ferroli, modelo BLUEHELIX PRO 25. En la siguiente tabla se definen las características principales de la caldera.

Tabla 8.1 – Características principales de la caldera a condensación de gas natural.

Caldera mixta de condensación BLUEHELIX PRO 25 Ferroli	
Potencia nominal (kW)	25
Potencia térmica útil (kW)	24.5
Rendimiento (%)	98
Rendimiento a carga parcial (%)	108.8
Presión máxima-mínima de trabajo	3 bar – 0.8 bar
Producción ACS (l/min)	15.5

Dado que el combustible de la caldera es gas natural, es importante conocer sus características principales. Éstas se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 8.2 – Características principales del gas natural.

Denominación	Gas natural
Densidad relativa respecto al aire	0.6
Presión máxima de suministro (kg/cm <sup>2</sup> )	4
Presión mínima de suministro (kg/cm <sup>2</sup> )	1
PCI (kWh/m <sup>3</sup> )	8.18
PCS (kWh/m <sup>3</sup> )	9.03

También se definen las potencias de las unidades terminales de la instalación de calefacción. En la siguiente tabla se analiza la potencia térmica de los radiadores para cubrir la demanda térmica de calefacción de cada recinto.

Los radiadores proyectados son de la casa Ferroli, modelo EUROPA 700 C. Cada radiador tiene una potencia térmica de 174.3 W.

Tabla 8.3 – Potencia térmica de los radiadores por recintos.

Recinto	Número de radiadores	Potencia total radiadores (W)
Salón	9	1568.7
Dormitorio 1	5	871.5
Baño 1	3	522.9
Cocina	4	697.2
Recibidor	6	1045.8
Zona de lavado	3	522.9
Dormitorio 2	5	871.5
Dormitorio 3	5	871.5
Baño 2	4	697.2
<b>Total vivienda</b>	<b>44</b>	<b>7669.2</b>

## 8.2 Bomba de calor reversible.

La demanda de refrigeración de la vivienda está cubierta mediante un sistema de climatización unizona por bombas de calor.

La bomba de calor proyectada es de la casa MITSUBISHI, modelo MSZ-HJ25VA.

Se instalan 4 bombas de calor para cubrir la demanda térmica de refrigeración de la vivienda. Se instalarán en el salón y en los tres dormitorios. Así, en estos recintos la demanda energética de refrigeración se cubre de forma directa, y en el resto de recintos por convección del aire.

En la siguiente tabla se describen las principales características de la bomba de calor reversible:

Tabla 8.4 – Características principales de la bomba de calor reversible.

Bomba de calor reversible MSZ-HJ25VA, MITSUBISHI	
Unidades	4
Tipo de energía	Electricidad
Potencia nominal (kW)	2.5
Consumo nominal (kW)	0.73
EER	3.42

## 8.3 Instalación solar térmica.

La instalación solar térmica cubre un 50 % de la demanda de producción de ACS.

Los captadores termosolares son de la casa Saunier Duval, modelo Helioset.



Las características principales de los captadores solares térmicos se definen a continuación:

- Número de captadores: 2
- Superficie útil por captador: 2.35 m<sup>2</sup>.
- Demanda de ACS cubierta: 50 %
- Factor óptico: 0.75.
- Pérdidas térmicas: 3.327 W/m<sup>2</sup>K.

## 9 Consumo energético.

El cálculo del consumo energético de la vivienda se realiza utilizando la Herramienta Unificada Lider Calener.

Con la ayuda de este programa se obtiene el valor del consumo de energía primaria no renovable.

Además, los parámetros de la vivienda relativos a su consumo energético se calculan de acuerdo con lo establecido en la Sección HE 0 del DB HE del CTE.

### 9.1 Consumo energético final.

Tras modelizar la vivienda en la Herramienta Unificada Lider Calener, se obtienen los siguientes valores de consumo de energía final de la vivienda.

La energía final es la energía transformada, transportada y apta para su uso directo por las instalaciones definidas.

En la siguiente tabla se definen los valores del consumo de energía final de la vivienda por instalaciones.

Tabla 9.1 – Consumos de energía final en la vivienda.

Instalación	Consumo energía final (kWh/m <sup>2</sup> año)	Consumo energía final (kWh/año)
Calefacción	36	5030.9
Refrigeración	5.2	720.1
ACS	10.1	1410.9
Global	51.3	7161.9

### 9.2 Consumo de energía primaria no renovable.

A continuación se determina el valor límite de consumo de energía primaria no renovable, de acuerdo con lo establecido en el CTE y el valor obtenido de consumo de energía primaria no renovable en la vivienda.

#### 9.2.1 Cuantificación de la exigencia.

En la Sección HE 0 del DB HE del CTE se establece el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS.

##### 9.2.1.1 Limitación del consumo energético de energía primaria no renovable.

El consumo energético de energía primaria no renovable de la vivienda está limitado por la siguiente expresión:

$$C_{ep, \text{lim}} = C_{ep, \text{base}} + F_{ep, \text{sup}} / S$$

Siendo:

- $C_{ep, lim}$ : el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS. Se determina en función de la superficie útil de los espacios habitables. Se expresa en kWh/m<sup>2</sup>año.
- $C_{ep, base}$ : el valor base del consumo energético de energía primaria no renovable. Se determina en función de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación de la vivienda. Se expresa en kWh/m<sup>2</sup>año.
- $F_{ep, sup}$ : el factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable. Se determina en función de la zona climática de invierno correspondiente a la ubicación de la vivienda.
- $S$ : la superficie útil de los espacios habitables de la vivienda, expresada en m<sup>2</sup>.

Aplicando la ecuación anterior, se obtiene que el valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable de la vivienda es igual a 78.45 kWh/m<sup>2</sup>año.

### 9.2.2 Consumo energético de energía primaria no renovable de la vivienda.

Mediante el cálculo con la Herramienta Unificada Lider Calener, se obtiene un valor de consumo energético de energía primaria no renovable igual a 64.95 kWh/m<sup>2</sup>año.

Por tanto, el valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable es inferior al valor límite, determinado en el apartado anterior:

$$64.95 \text{ kWh/m}^2\text{año} < 78.45 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

En la siguiente gráfica se muestra la comparación entre el valor límite y el calculado del consumo energético de energía primaria no renovable.

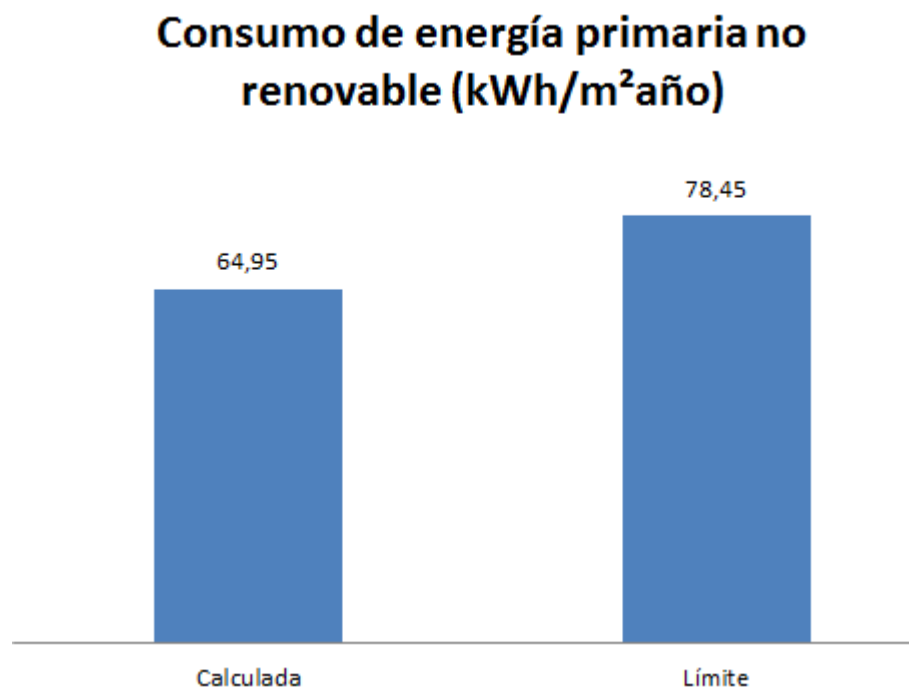


Figura 9.1 – Comparación entre el valor límite y el calculado del consumo energético de energía primaria no renovable.

## 10 Calificación energética de la vivienda.

La calificación energética de la vivienda se obtiene mediante la Herramienta Unificada Lider Calener.

La calificación energética se determina en función de dos parámetros:

- La cantidad de emisiones globales, expresada en  $\text{kgCO}_2/\text{m}^2\text{año}$ .
- El consumo de energía primaria no renovable, expresada en  $\text{kWh}/\text{m}^2\text{año}$ .

A continuación se muestra la certificación de la calificación energética de la vivienda:

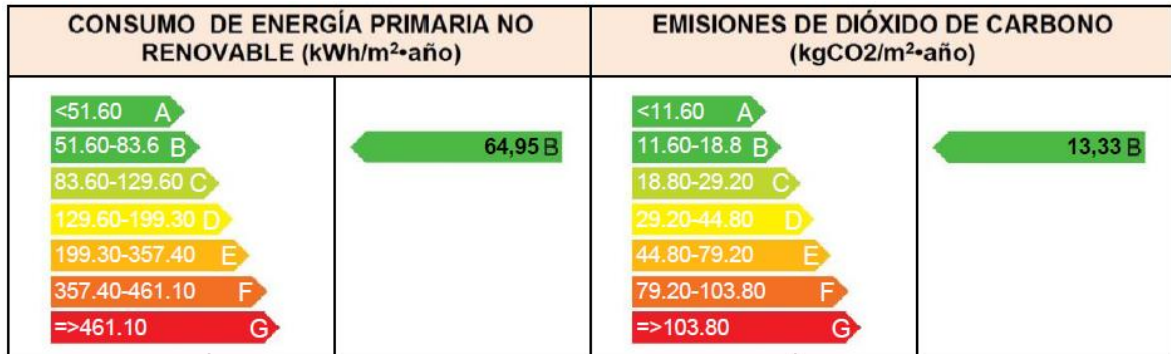


Figura 10.1 – Certificación energética de la vivienda.

### 10.1 Calificación energética de la vivienda en emisiones.

La calificación se expresa en términos de dióxido de carbono emitido a la atmósfera como consecuencia del consumo energético de la vivienda.

En la siguiente imagen se muestra la calificación de la vivienda en emisiones:

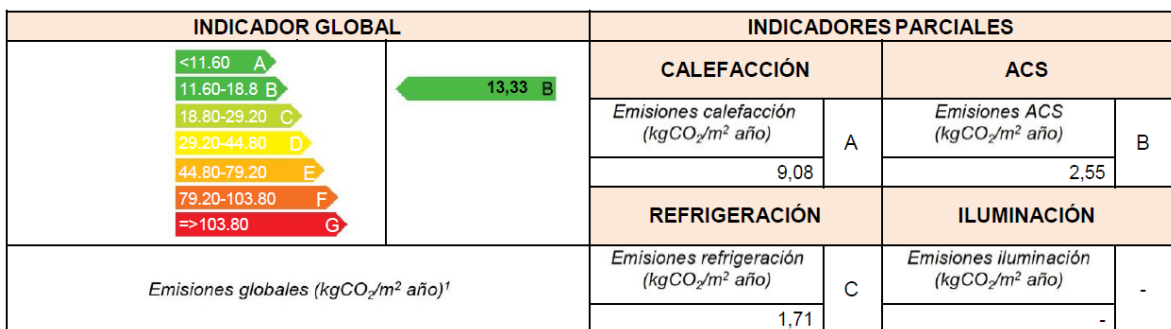


Figura 10.2 – Calificación energética de la vivienda en emisiones.

A partir de esta gráfica se concluye que el 15.18 % de las emisiones de  $\text{CO}_2$  se deben al consumo eléctrico de refrigeración y el 84.82 % restante, se debe al uso energético de combustibles fósiles.

### 10.2 Calificación energética de la vivienda en consumo de energía primaria no renovable.

La calificación se expresa en términos de energía primaria no renovable que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	64,95 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	B	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	B
		42,86		12,02	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	C	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	-
		10,07		-	

Figura 10.3– Calificación energética de la vivienda en consumo de energía primaria no renovable.

A partir de esta gráfica se concluye que del total del consumo energético de energía primaria no renovable, un 62.53 % se debe al sistema utilizado para satisfacer la demanda de calefacción, un 19.19 % se debe al sistema de apoyo para producción de ACS y un 18.28 % se debe al sistema utilizado para satisfacer la demanda de refrigeración.

## 11 Mejoras orientadas a reducir la demanda energética de la vivienda.

El objetivo de estas mejoras es reducir la demanda energética de la vivienda a valores mínimos.

Esto se consigue mediante:

- La implementación de sistemas solares pasivos, aprovechando al máximo la energía solar para aumentar las ganancias y reducir las pérdidas de calor.
- La implementación de sistemas activos de elevados rendimientos que aprovechen la energía calorífica.

Estas mejoras pueden estar basadas en el principio activo o en el principio pasivo.

Las mejoras basadas en el principio pasivo son aquellas que, por sus características constructivas, son capaces de aprovechar los recursos naturales del entorno, de tal forma que la demanda energética se reduce drásticamente. Este tipo de mejoras no se apoyan en sistemas electromecánicos, simplemente alcanzan un mayor aprovechamiento de la energía solar por sus características estructurales.

Las mejoras basadas en el principio activo son aquellas que, por su alta eficiencia y por su capacidad de aprovechamiento energético, suponen una reducción importante en la demanda energética de la vivienda. Sin embargo, este tipo de mejoras se apoyan en el uso de elementos electromecánicos.

En los siguientes apartados se describen las propuestas estudiadas para lograr este objetivo.

### 11.1 Mejoras pasivas.

A continuación se estudian diferentes mejoras pasivas o bioclimáticas. El objetivo de estas mejoras es aprovechar de forma eficiente la energía solar mediante modificaciones estructurales, sin recurrir al uso de sistemas electromecánicos.

#### 11.1.1 Mejoras en la envolvente térmica.

Las mejoras más habituales en la envolvente térmica, basadas en mejorar los componentes de los cerramientos opacos, utilizar vidrios de elevada eficiencia energética y protecciones solares, ayudan a reducir de forma considerable la demanda energética de climatización de la vivienda.

Por este motivo, se estudiarán como una mejora conjunta y los posteriores análisis de mejoras se realizarán en base a las soluciones alcanzadas en este apartado.

##### 11.1.1.1 Cerramientos opacos.

Mejorar los cerramientos opacos significa hacer uso de buenos aislantes térmicos. Es decir, de materiales caracterizados por una conductividad térmica muy reducida.

Además de buenos aislamientos, éstos deben tener un espesor importante, a pesar de que esto contradiga a la arquitectura tradicional en España. En los países punteros en eficiencia energética utilizan aislamientos con unos espesores que duplican o triplican los espesores típicos utilizados en nuestro país.

En conclusión, el objetivo de la implantación de este tipo de mejoras está orientado a mantener el calor en el interior de la vivienda modificando parámetros en su edificación.

Para alcanzar este objetivo, el aislamiento debe ser continuo en toda la envolvente. Si se pierde la continuidad del aislamiento, aparecerán puentes térmicos, lo que dará lugar a una merma significativa en el ahorro de la demanda energética de climatización.

A continuación se detallan los cambios estudiados para mejorar la envolvente térmica. Para ello, se definen los nuevos elementos constructivos de cada cerramiento.

Además, se comparan las transmitancias térmicas de los nuevos cerramientos con las iniciales y la correspondiente reducción de la demanda energética.

### 1. Suelo en contacto con el terreno:

Para mejorar la transmitancia térmica del suelo en contacto con el terreno se ha optado por utilizar más espesor de aislamiento, sin modificar el tipo de aislamiento.

Tabla 11.1 – Mejora de los componentes del suelo en contacto con el terreno.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Madera frondosa de peso medio 565<d<750	2	0.180	50	660	1300
2-Poliestireno [PS]	1	0.160	100 00	1050	1300
3-Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	8	0.550	10	1250	1000
4-Forjado unidireccional 10+5 cm (Bovedilla de hormigón)	15	1.32	120	2000	1000
5-XPS expandido con CO <sub>2</sub>	18	0.034	100	37.5	1000
ESPESOR TOTAL	44				

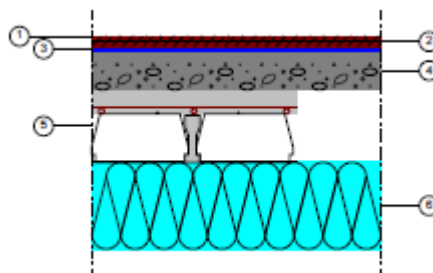


Figura 11.1 - Detalle constructivo de los componentes del suelo en contacto con el terreno tras la mejora.

## 2. Fachada:

Para disminuir la transmitancia térmica de la fachada se propone sustituir el aislamiento por uno de menor conductividad térmica y con mayor espesor.

Tabla 11.2 – Mejora de los componentes de la fachada.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	2	0.550	10	1250	1000
2-Tabicón de LH doble Gran Formato	12	0.212	10	630	1000
3-Cámara de aire sin ventilar	3	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> ·K/W) = 0.18			
4-PUR plancha con HFC o pentano	15	0.025	1·10 <sup>6</sup>	45	1000
5-Tabicón de LH doble Gran Formato	8	0.212	10	630	1000
6-Enlucido de yeso 1000<d<1300	1.5	0.570	6	1150	1000
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>41.5</b>				

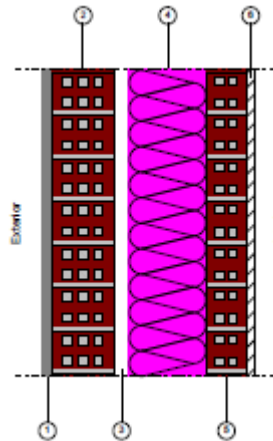


Figura 11.2 – Detalle constructivo de los componentes de la fachada tras la mejora.



### 3. Cubierta tipo 1:

Para disminuir la transmitancia térmica de esta cubierta se ha sustituido el zinc por tejas cerámicas, ya que presentan una menor conductividad térmica y una menor absorptividad. También se sustituye el material aislante por uno de menor conductividad térmica y se aumenta su espesor.

Tabla 11.3 – Mejora de los componentes de la cubierta tipo 1.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Teja de arcilla cocida	0.5	1	30	2000	800
2-Tableros de fibras incluyendo MDF 350<d<550	1.5	0.140	12	450	1700
3- XPS Expandido con HFC	16	0.025	100	37.5	1000
4-Losa alveolar con capa de compresión	20	1.404	80	1810	1000
5-Enlucido de yeso	1.5	0.570	6	1150	1000
ESPESOR TOTAL	39.5				

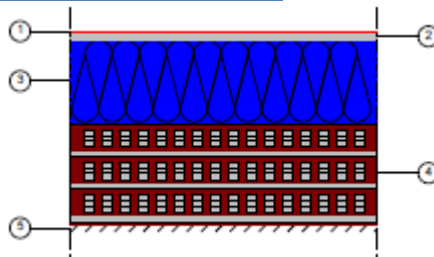


Figura 11.3 – Detalle constructivo de los componentes de la cubierta tipo 1 tras la mejora.

#### 4. Cubierta tipo 2:

La transmitancia térmica de esta cubierta se reduce sustituyendo la pizarra por teja cerámica, por las mismas razones que en la cubierta tipo 1. Además, se sustituye el aislamiento por uno de menor conductividad térmica y con un espesor mayor.

Tabla 11.4 – Mejora de los componentes de la cubierta tipo 2.

Material	e (cm)	$\lambda$ (W/m·K)	$\mu$	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$c_p$ (J/kg·K)
1-Teja de arcilla cocida	2	1	30	2000	800
2-Tableros de fibras incluyendo MDF 350<d<550	1.2	0.140	12	450	1700
3- XPS Expandido con HFC	18	0.025	100	37.5	1000
2-Cloruro de polivinilo [PVC]	0.3	0.170	5·10 <sup>5</sup>	1390	900
5-Forjado unidireccional 15+5 cm (Bovedilla de hormigón)	20	1.32	120	2000	1000
6- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	2	0.550	10	1250	1000
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>43.5</b>				

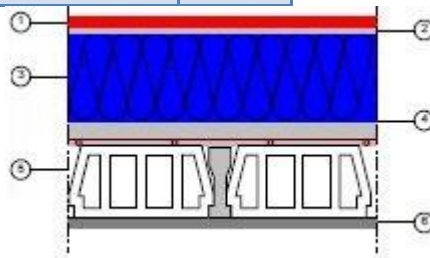


Figura 11.4 – Detalle constructivo de los componentes de la cubierta tipo 2 tras la mejora.

Una vez definidos los nuevos componentes de los cerramientos opacos, se comparan las transmitancias térmicas de dichos cerramientos antes y después de las soluciones adoptadas.

Tabla 11.5 – Comparación de las transmitancias térmicas de los cerramientos opacos antes y después de mejorar los aislamientos.

Tipo cerramiento	Transmitancia térmica inicial (W/m <sup>2</sup> K)	Transmitancia térmica tras la mejora (W/m <sup>2</sup> K)
Suelo en contacto con el terreno	0.18	0.12
Fachada	0.23	0.14
Cubierta tipo 1	0.36	0.15
Cubierta tipo 2	0.25	0.11

### 11.1.1.2 Huecos.

Tras disminuir la transmitancia térmica de los cerramientos opacos, se consigue disminuir las pérdidas energéticas, pero también supone una reducción del calor ganado a través de los mismos. Por lo que estas ganancias deben buscarse a través de los acristalamientos.

El objetivo de mejorar los huecos es aprovechar toda la energía solar posible mediante calentamiento solar directo, reduciendo así la demanda energética de calefacción.

Sin embargo, durante las épocas cálidas este aporte de calor a través de los vidrios es ineficiente desde un punto de vista térmico, ya que supone una mayor demanda energética de refrigeración. Por lo que es necesario estudiar posibles soluciones constructivas para evitar este aporte excesivo de calor.

De esta forma, las mejoras de los acristalamientos deberán estudiarse en función de las condiciones climatológicas. Se deben utilizar huecos que permitan una gran ganancia de calor en las épocas frías y, en las épocas cálidas, se deben buscar sombreamientos eficientes para reducir este aporte de calor.

#### **Mejoras orientadas a reducir la demanda de calefacción:**

La transmitancia térmica de los huecos está compuesta por la transmitancia térmica del vidrio y del marco. Disminuir la transmitancia global de los huecos supone reducir las pérdidas energéticas a través de los mismos, pero también supone una reducción de la ganancia de calor.

Por lo que será necesario combinar una serie de soluciones para alcanzar el comportamiento térmico óptimo de los acristalamientos. Estas soluciones se basan utilizar varias capas de vidrio, introducir gases entre las capas o implementar ventanas con vacío y utilizar recubrimientos de baja emisividad.

Con este objetivo, se han sustituido los vidrios y los marcos iniciales por unos con mejores prestaciones térmicas.

Se opta por el uso de carpinterías de la casa Román Clavero, modelo IV-68 HA TERMOSCUDO. Estas carpinterías están constituidas por:

- Marcos con perfiles de madera y de aluminio, entre los que se inserta un añadido de Poliéstireno XPS para reducir la transmitancia térmica de forma significativa.
- Doble vidrio bajo emisivo con un factor solar de 0.5.

En la siguiente tabla se comparan las características térmicas principales de los huecos antiguos y nuevos.

Tabla 11.6 – Comparación de las características térmicas entre los huecos iniciales y los nuevos.

Características térmicas	Transmitancia térmica del vidrio, $U_g$ (W/m <sup>2</sup> K)	Transmitancia térmica del marco, $U_f$ (W/m <sup>2</sup> K)	Transmitancia térmica global, $U_w$ (W/m <sup>2</sup> K)	Factor solar
<b>Ventanas iniciales</b>	1.6	2.7	1.71	0.62
<b>Ventanas nuevas</b>	0.5	0.82	0.7	0.5
<b>Puerta exterior inicial</b>	-	2.7	2.7	-
<b>Puerta exterior nueva</b>	-	0.82	0.82	-

Además, se estudia la posibilidad de introducir más huecos en la fachada Sur de la vivienda, ya que es la fachada que recibe una mayor cantidad de energía solar en invierno.

Estos huecos serán dos ventanas de tipo corredera, constituidas por el vidrio y marco analizados anteriormente, es decir, caracterizados por una transmitancia térmica de 0.7 W/m<sup>2</sup>K y por un factor solar de 0.5.

Las nuevas ventanas tendrán una superficie de 0.9x2.5 m<sup>2</sup>, siendo la superficie del marco un 10 % de la superficie total de la ventana.

La incorporación de estos huecos permitirá, además de reducir la demanda energética de calefacción, la posibilidad de añadir una forma de acceso para construir una galería en la fachada Sur.

En la siguiente imagen se pueden observar los huecos introducidos:



Figura 11.5 – Huecos añadidos en la fachada Sur.

### **Mejoras orientadas a reducir la demanda de refrigeración:**

En épocas cálidas, un aporte excesivo de calor a través de los huecos supone un aumento de la demanda de refrigeración y una minoración del confort térmico en el interior de la vivienda.

Por ello, deben estudiarse soluciones bioclimáticas para evitar el uso de sistemas activos para solventar dichos problemas.

Las mejoras en la edificación más eficientes para evitar el exceso de calor por radiación se basan en la utilización de protecciones exteriores en los huecos. Además, algunas de las protecciones exteriores también protegen contra los deslumbramientos debidos a excesos de luz natural.

Para realizar un estudio sobre las protecciones idóneas a colocar, primero se debe analizar en qué orientaciones el calentamiento a través de los huecos será más severo. Las orientaciones más críticas, de forma general, son la SE, la S y la NO, ya que son las que reciben radiación solar durante más horas a lo largo del día.

Las protecciones más eficientes son las móviles, ya que se ajustan a la radiación incidente en cada momento. Además, las protecciones móviles y de accionamiento automático dan lugar a un mayor ahorro energético. El inconveniente que presentan estas protecciones es que suelen ser menos económicas que las fijas y suelen requerir un mantenimiento mayor. Con este objetivo, se propone la instalación de persianas móviles automáticas.

Mediante la instalación de persianas automáticas exteriores se reduce la demanda de refrigeración hasta  $1.4 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ , lo que equivale a un 87.3 % de reducción. Las persianas utilizadas para el cálculo son de la casa Somfy.

### 11.1.1.3 Balance energético.

Mediante el análisis anterior sobre las características térmicas de los cerramientos opacos, de los vidrios y de las protecciones solares, se obtiene una demanda energética de climatización considerablemente inferior a la calculada inicialmente. Alcanzando una reducción importante en la demanda energética de la vivienda.

Estos resultados se calculan mediante el uso del software CYPECAD MEP.

En la siguiente tabla se resumen los valores de las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración, para la situación inicial y tras la aplicación de las mejoras en la envolvente térmica.

Tabla 11.7 – Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de las mejoras principales en la envolvente térmica.

	Demanda energética de calefacción ( $\text{kWh/m}^2\text{año}$ )	Demanda energética de refrigeración ( $\text{kWh/m}^2\text{año}$ )
<b>Inicial</b>	33.19	11.03
<b>Mejora envolvente térmica</b>	13.51	1.08

De esta forma, se ha reducido en  $19.68 \text{ kWh/m}^2\text{año}$  la demanda energética de calefacción, es decir, se alcanza una reducción del 59.29%.

Por otra parte, la demanda energética de refrigeración se ha reducido en  $9.95 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ , que equivale a una reducción del 90.21 %.

Para analizar los resultados de una forma más visual, a continuación se representan las demandas obtenidas y las reducciones correspondientes en una gráfica.

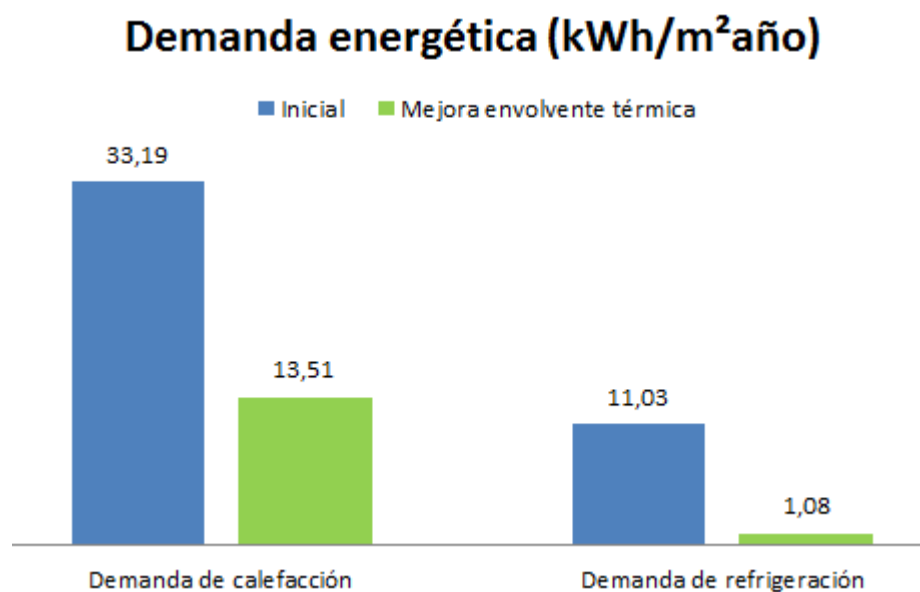


Figura 11.6 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la implementación de las mejoras en la envolvente térmica.

En consecuencia con los resultados obtenidos y, puesto que muchas mejoras se complementan con las calculadas en este apartado, se decide que éstas se van a implementar en la vivienda. Por tanto, los análisis de futuras mejoras, se realizarán en base a los valores de las demandas energéticas alcanzadas mediante la aplicación de estas mejoras.

#### **11.1.1.4 Coste de ejecución.**

A continuación se describe el coste que conlleva llevar a cabo estas mejoras. El cálculo del coste se realiza con el software Arquímedes.

El sobre coste debido a cambios en los cerramientos opacos se debe a la sustitución del aislamiento y a la sustitución de los componentes de las cubiertas. Sólo se tendrán en cuenta los gastos asociados a cambios en los elementos constituyentes de los cerramientos, ya que los elementos no modificados no implican un sobre coste sobre la vivienda inicial.

El coste debido a los cambios en los huecos se debe a la sustitución de todas las carpinterías y vidrios y a la construcción de dos huecos nuevos.

Los costes que se indican incluyen el coste del material y el coste asociado a la mano de obra para la ejecución de la mejora propuesta.

En la siguiente tabla se analizan los costes de ejecución asociados a cada cambio estudiado en la envolvente térmica de la vivienda.

Tabla 11.8 – Coste de ejecución de las mejoras propuestas en la envolvente térmica.

Cerramientos opacos	Mejora propuesta	Coste (€)
<b>Fachadas</b>	Sustitución del aislamiento	5393.27
<b>Suelo en contacto con el terreno</b>	Incremento del espesor del aislamiento	3874.35
<b>Cubierta tipo 1</b>	Sustitución del revestimiento de la cubierta	199.9
	Sustitución del aislamiento	247.55
<b>Cubierta tipo 2</b>	Sustitución del revestimiento de la cubierta	1839.26
	Sustitución del aislamiento	2565.77
<b>Coste total cerramientos opacos</b>		<b>14120.1</b>
Huecos	Mejora propuesta	Coste (€)
<b>Marcos</b>	Sustitución por marcos de mayor eficiencia energética	1667.1
<b>Vidrios</b>	Sustitución por vidrios de mayor eficiencia energética	5535.66
<b>Protecciones solares</b>	Implementación de persianas automáticas	1769.62
<b>Coste total huecos</b>		<b>8972.38</b>
<b>Coste total envolvente térmica</b>		<b>23092.48</b>

### 11.1.2 Muro trombe.

Un muro trombe es un elemento constructivo integrado en la vivienda constituido por un cerramiento vertical opaco en su cara interior de elevada masa (muro de inercia) y un cerramiento acristalado en su cara exterior, separados por una cámara de aire. El objetivo principal del muro trombe es captar la energía solar de forma pasiva.

El muro trombe debe orientarse hacia donde la ganancia solar en invierno sea mayor, es decir, debe estar orientado hacia el Sur.

#### 11.1.2.1 Funcionamiento.

El aporte de calor a través del muro trombe se basa en el efecto invernadero:

La radiación solar de longitud de onda corta atraviesa el vidrio y calienta el muro. El muro vuelve a emitir esta energía, pero con una longitud de onda larga (emite en infrarrojo), para la cual el vidrio es opaco. Por tanto, el aire almacenado en la cámara de aire se calienta alcanzando elevadas temperaturas.



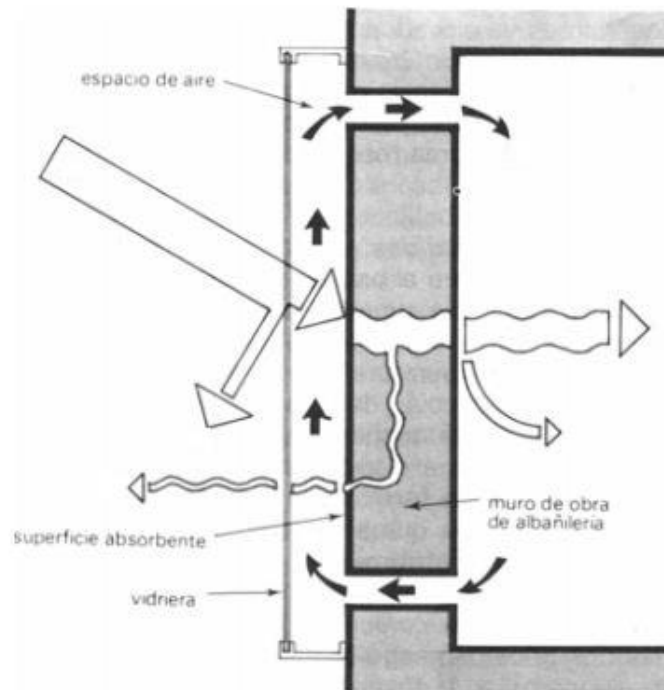


Figura 11.7 – Esquema del funcionamiento de un muro trombe.

Para incrementar la transmisión de calor hacia el interior de la vivienda, se incorporan unas aberturas practicables en la parte superior e inferior del muro de inercia. Estas aberturas disponen de ventiladores para aumentar la cantidad de caudal de aire intercambiando, incrementando así la eficiencia del sistema. Además, también se añaden unas aberturas en la parte superior e inferior del acristalamiento para liberar excesos de calor en verano.

En función de la temperatura exterior, el sistema funciona de la siguiente manera:

- En verano durante el día, las aberturas del muro acumulador permanecen cerradas y las de la superficie acristalada abiertas. De esta forma, el aire más frío entra por la abertura inferior, se calienta en la cámara de aire y sale hacia el exterior a través de la abertura superior.
- En verano durante la noche, las aberturas del muro acumulador permanecen abiertas y las de la superficie acristalada cerradas. Así, el aire caliente acumulado en el interior de la vivienda sale hacia la cámara de aire por la abertura superior, se enfría ligeramente y entra en la vivienda a través de la superficie inferior.
- En invierno durante el día, las aberturas del muro acumulador permanecen abiertas y las de la superficie acristalada cerradas. Así, el aire caliente acumulado en la cámara de aire circula hacia el interior de la vivienda por la abertura superior y el aire, a menor temperatura, almacenado en el interior de la vivienda sale hacia la cámara de aire por la abertura inferior.
- En invierno durante la noche, todas las aberturas permanecen cerradas. Así, únicamente se cede el aire almacenado durante el día en el muro acumulador o de inercia hacia el interior de la vivienda.

En la siguiente imagen se muestra la circulación del aire entre el muro trombe y la vivienda en función de la temperatura exterior.

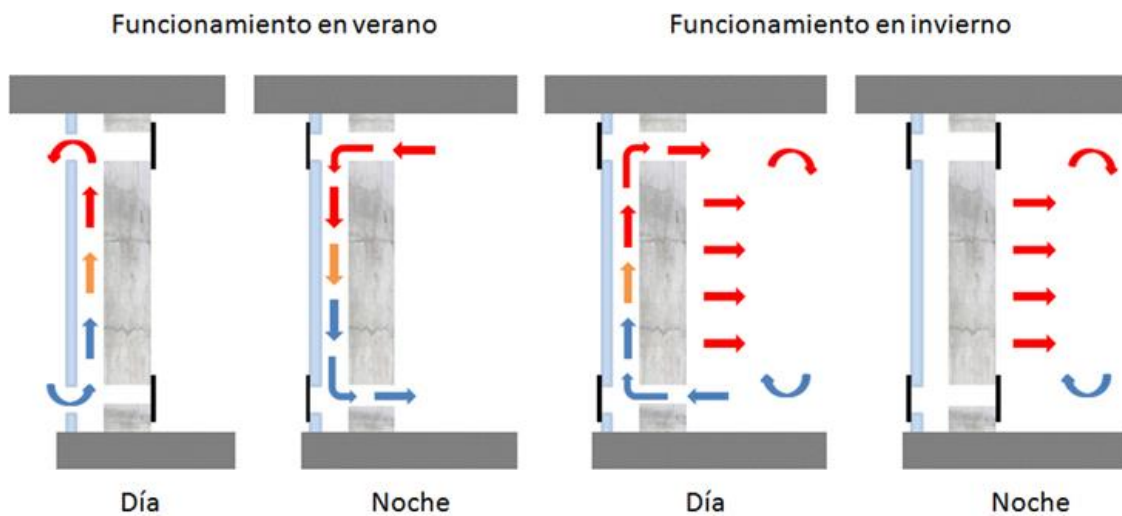


Figura 11.8 – Circulación del aire entre el muro trombe y la vivienda en verano y en invierno.

### 11.1.2.2 Ventajas e inconvenientes.

A continuación se analizan las ventajas y los inconvenientes del uso de un muro trombe como sistema de captación solar pasivo.

Ventajas	Inconvenientes
Ejecución sencilla	Necesidad de un muro ciego, limitando el aporte de luz natural en la vivienda y el calentamiento por radiación directa
Bajo coste	El efecto muro trombe se limita a una profundidad de la estancia y a media altura del muro trombe.
Mantenimiento reducido	Limpieza de las caras de vidrio y muro que delimitan la cámara de aire es compleja.

Tabla 11.9 – Ventajas e inconvenientes del muro trombe.

### 11.1.2.3 Características de los materiales a utilizar.

El muro debe estar constituido por materiales de alta densidad y de elevada inercia térmica, como fábricas de ladrillo, adobe, agua o mampostería de piedra. Debe ser de color oscuro para aumentar su absorptividad y por tanto, su capacidad de acumulación de calor. El espesor óptimo del muro de inercia depende de la conductividad térmica del material que lo constituye, de forma que, cuanto mayor sea la conductividad térmica, se necesitará un mayor espesor.

El vidrio debe ser doble bajo emisivo, ya que al presentar una menor transmitancia térmica, retiene hacia el interior una cantidad de energía mayor, aumentando la eficiencia del sistema. Para evitar sobrecalentamientos en verano, deberá contar con protecciones solares.

La cámara de aire debe presentar un espesor comprendido entre 3 y 15 cm. Espesores inferiores dan lugar a mayores pérdidas de calor y además, la circulación de aire por las aberturas se ve drásticamente limitada. Espesores superiores a 15 cm dan lugar a un aumento considerable en la circulación del aire por convección, disminuyendo el almacenamiento de calor.

#### 11.1.2.4 Descripción de la solución estudiada.

Los muros trombe se pueden utilizar con ventanas en la pared acumuladora o no. La ventaja de mantener las ventanas en el muro es que no se pierde iluminación natural en la vivienda. Además, la existencia de ventanas en el muro acumulador permite calentar la casa de forma directa por las mañanas, momento en el que el muro trombe se encuentra a una temperatura menor y no dispone de calor acumulado. Sin embargo, la eficiencia del sistema disminuye considerablemente, con respecto a un muro trombe sin ventanas en el muro acumulador, ya que la superficie acumuladora se reduce.

En el presente estudio se estudian las ganancias energéticas mediante un muro trombe en el que no existen ventanas, mediante la Herramienta Unificada Lider Calener

En primer lugar, se describen los materiales que conforman el muro trombe, desde el exterior hacia el interior:

Ha de tenerse en cuenta que en la Sección 2 del DB HE del CTE, se admite que las soluciones constructivas cuyo comportamiento no se describe adecuadamente mediante la transmitancia térmica, pueden superar los límites establecidos para la zona climática considerada. Por tanto, los materiales que componen el muro trombe se definen mediante unos parámetros diferentes a los de cerramientos habituales.

Tabla 11.10 – Componentes del muro trombe.

Material	Espesor (cm)	Factor solar	Absortividad	Transmitancia térmica (W/m <sup>2</sup> K)
Doble vidrio bajo emisivo	4	0.72	-	1.3
Cámara de aire	8	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> ·K/W) = 0.18		
Piedra	30	-	0.75	2.28

A continuación se muestra la sección transversal de los componentes del muro trombe.

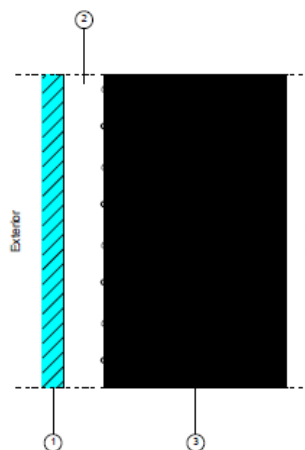


Figura 11.9 – Detalle constructivo de los componentes del muro trombe.

La superficie acristalada del muro trombe es fija, es decir, en verano no se podrá impedir la acumulación de calor por efecto invernadero en el muro trombe. Esto dará lugar a unos sobrecalentamientos inaceptables. Por ello, se propone la construcción de un voladizo en la parte superior del muro trombe con el objetivo de disminuir el incremento de la demanda energética de refrigeración derivado de la implementación del muro trombe.

El voladizo estará compuesto por los siguientes materiales:

- Mortero de cemento (2 cm).
- Fábrica de ladrillo (8 cm).
- Mortero de cemento (2 cm).

El voladizo tendrá una superficie total de 20.54 m<sup>2</sup>. Para esta superficie de voladizo, se calcula que en las horas de mayor radiación en verano, un 30 % del muro trombe no estará sombreado por el voladizo.

#### **11.1.2.5 Balance energético.**

Como se ha explicado anteriormente, el objetivo principal de la implementación de un muro trombe es captar energía solar para reducir la demanda energética de calefacción.

Sin embargo, en verano, la existencia de una superficie acristalada que ocupa toda la fachada Sur da lugar a un incremento considerable en la demanda energética de refrigeración.

Mediante el uso de la Herramienta Unificada Lider Calener se calcula la demanda energética de la vivienda tras la incorporación del muro trombe.

#### **Demanda energética de calefacción:**

La demanda energética de calefacción de la vivienda tras la incorporación del muro trombe es igual a 4 kWh/m<sup>2</sup>año.

#### **Demanda energética de refrigeración:**

Durante los meses cálidos no es posible cambiar la posición de los acristalamientos del muro trombe, de forma que el aire seguirá calentándose en la cámara de aire, dando lugar a sobrecalentamientos excesivos.

La implementación del voladizo no cubre al 100 % la superficie acristalada, por lo que se seguirán produciendo sobrecalentamientos, aunque en menor medida que sin la existencia del voladizo.

Esto dará lugar a un aumento en la demanda de refrigeración de la vivienda y, por tanto, será necesario cubrir esta demanda mediante otros sistemas.

El valor calculado de la demanda energética de refrigeración tras la implementación del muro trombe es igual a 14.3 kWh/m<sup>2</sup>año.

#### **Demanda energética de la vivienda:**

Una vez calculadas las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración, se analiza las modificaciones dadas en ambas demandas.

En la siguiente tabla se resumen los valores de las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración, para la situación inicial y tras la incorporación del muro trombe.

Es importante tener en cuenta que esta comparación se realiza en base a la demanda energética alcanzada con los cambios propuestos en el aislamiento y en los acristalamientos, definidos en el apartado 9.1.1, ya que estos cambios se incorporarán independientemente del estudio energético restante y se trata de mejoras complementarias.

Tabla 11.11 – Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la incorporación del muro trombe.

	Demanda energética de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	Demanda energética de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)
<b>Mejora envolvente térmica</b>	13.51	1.08
<b>Muro trombe</b>	4	14.6

Así, se ha reducido en 9.51 kWh/m<sup>2</sup>año la demanda energética de calefacción, es decir, se alcanza una reducción del 70.39%.

Por otra parte, la demanda energética de refrigeración ha aumentado en 13.52 kWh/m<sup>2</sup>año, que equivale a un incremento del 92.6 %.

De este análisis se concluye que un muro trombe es muy eficiente en climas fríos. Sin embargo, en climas medios o cálidos es muy poco eficiente, ya que la demanda energética de refrigeración aumenta considerablemente.

Para analizar los resultados de una forma más visual, se representan las demandas obtenidas y las reducciones e incrementos correspondientes en una gráfica.

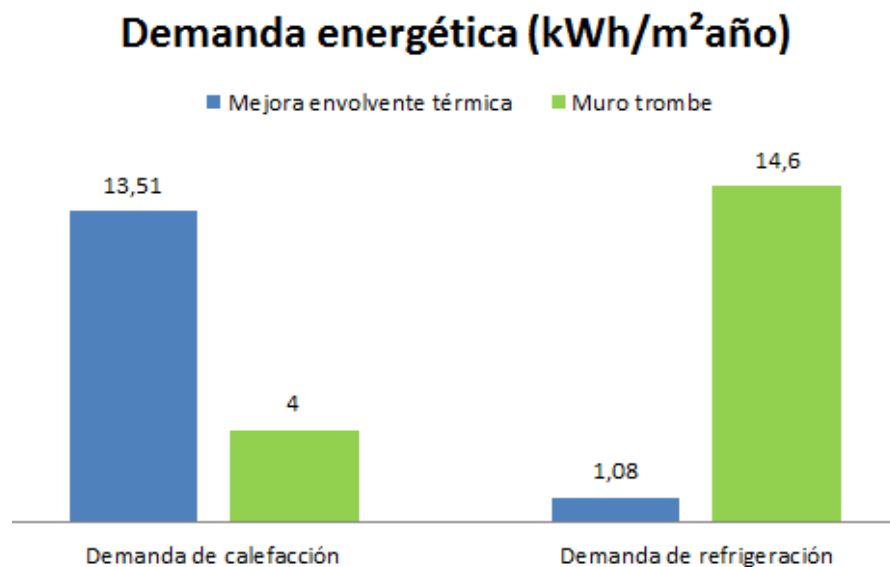


Figura 11.10 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la incorporación del muro trombe.

#### 11.1.2.6 Coste de ejecución.

A continuación se analiza el coste que conlleva la incorporación del muro trombe en la vivienda. El coste se deberá a la construcción del muro acumulador, la superficie acristalada y el voladizo.

Los costes que se indican incluyen el coste del material y el coste asociado a la mano de obra para la ejecución de la mejora propuesta.

En la siguiente tabla se analizan los costes estudiados a la construcción del muro trombe.

Tabla 11.12 – Coste de ejecución del muro trombe.

Cerramientos y componentes	Coste (€)
Muro acumulador	3741.72
Superficie acristalada	7283.39
Voladizo	852.01
<b>Total muro trombe</b>	<b>8135.40</b>

### 11.1.3 Galería acristalada.

Una galería acristalada es un elemento constructivo total o parcialmente acristalado, integrado en la vivienda y cuya función es captar energía solar de forma pasiva.

La galería debe estar orientada de tal forma que capte la mayor cantidad de radiación solar en invierno. Es decir, debe estar orientada al Sur, Sureste o Suroeste, pero nunca debe orientarse hacia el Norte, ya que no captaría radiación directa, sólo difusa.

#### 11.1.3.1 Funcionamiento.

El aporte de calor a través de las galerías se basa en el efecto invernadero:

El vidrio es permeable a longitudes de radiación de onda corta. Por ello, en torno a un 85 % de la radiación incidente atraviesa el vidrio, un 5 % se refleja y un 10 % es absorbida por el vidrio. La radiación que atraviesa el vidrio calienta los cuerpos del entorno, que vuelven a emitir esta energía, pero con una longitud de onda larga. El vidrio es opaco a longitudes de onda larga, de forma que esta energía queda atrapada dentro de la galería, calentando el aire almacenado en su interior.

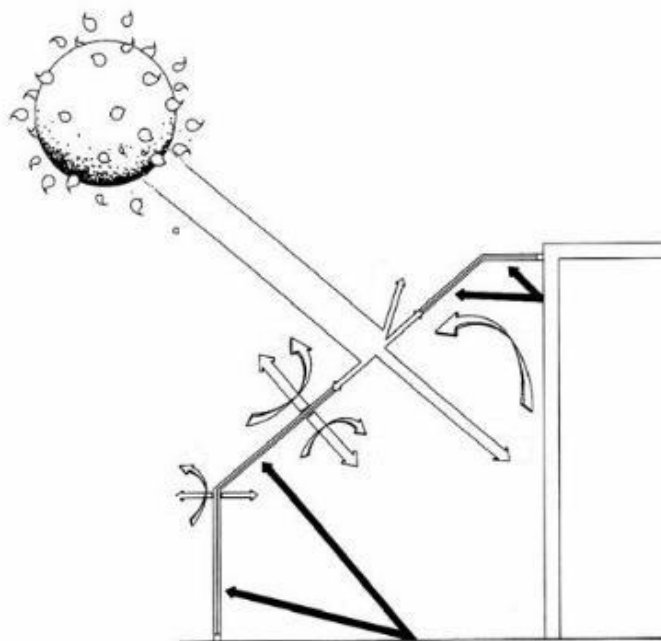


Figura 11.11 – Esquema del proceso de efecto invernadero en una galería.

Parte del calor almacenado en la galería es cedido al interior de la vivienda por conducción. Sin embargo, la mayoría del calor queda atrapado en el interior de la galería y para un aprovechamiento óptimo es necesario disponer de un mecanismo que provoque la circulación del aire.

Este mecanismo se basa en añadir unas aberturas practicables en la parte superior e inferior del muro que separa la galería de la vivienda y que, dependiendo de la época del año y de la temperatura del aire, generan la circulación del mismo en un sentido o en otro.

Según la temperatura exterior el aire circula de la siguiente manera:

- En invierno durante el día, el aire más caliente y por tanto, menos denso, circula desde la galería hacia el interior de la vivienda a través de las aberturas superiores. El aire más frío y más denso almacenado en el interior de la vivienda, circula hacia la galería a través de las aberturas inferiores, donde se calienta.
- En invierno durante la noche, el aire almacenado en la galería está a una temperatura inferior que el almacenado en el interior de la vivienda, por lo que las aberturas se cierran para no disminuir la temperatura en el interior de la vivienda.

En el siguiente esquema se representa la circulación del aire almacenado en la galería en invierno.



Figura 11.12 – Circulación del aire entre la galería y la vivienda en invierno.

- En verano durante el día, las ventanas correderas de la galería estarán completamente abiertas, por lo que no se almacenará aire en su interior y por tanto, se comporta como el resto de los muros de la vivienda.
- En verano durante la noche, el aire almacenado en la vivienda está a una temperatura superior que el aire exterior. Por lo que se abren las aberturas del

muro, el aire caliente sale hacia el exterior por la abertura superior y el aire frío entra en la vivienda por las aberturas inferiores.

En el siguiente esquema se representa la circulación del aire almacenado en la galería en verano.

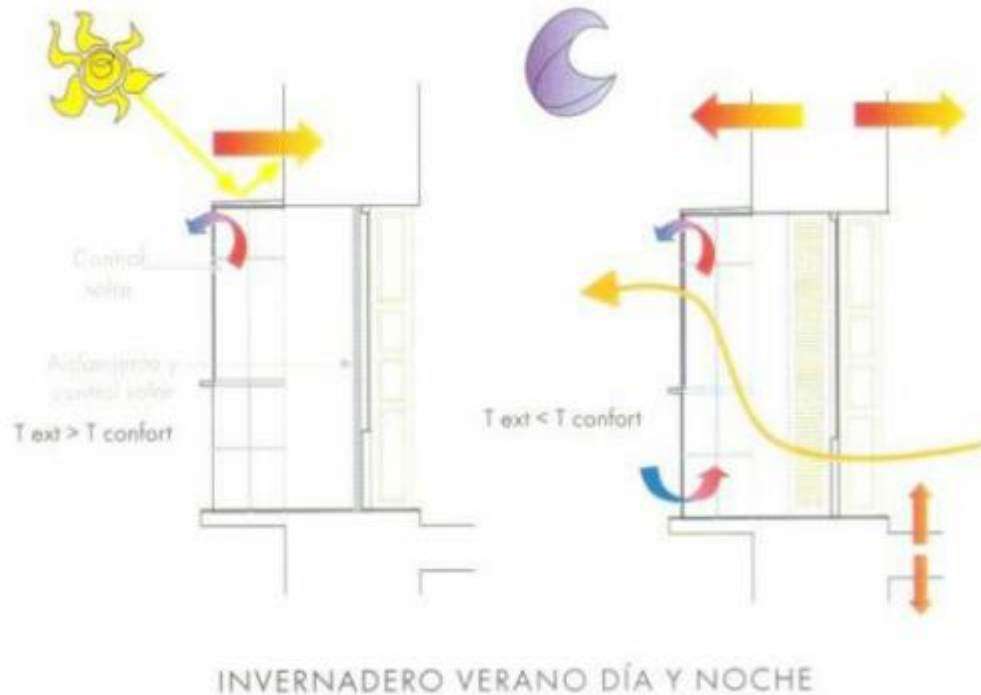


Figura 11.13 – Circulación del aire entre la galería y la vivienda en verano.

En estas aberturas se pueden integrar unos ventiladores comandados por un termostato, con el objetivo de aumentar el caudal de aire intercambiado y, por tanto, la eficiencia del sistema. El termostato se diseña para que funcione con dos temperaturas, una para verano y otra para invierno, de forma que, cuando se alcance la temperatura límite en verano o la temperatura límite en invierno, el termostato provoca la apertura de las aberturas y el movimiento de los ventiladores para que se produzca el intercambio de aire.

Es necesario dotar a la galería de protecciones solares para evitar que se produzcan sobrecalentamientos en verano. Las protecciones consistirán en unas persianas metálicas enrollables de forma manual.

#### 11.1.3.2 Descripción de la solución estudiada.

A continuación se describen los cerramientos de la galería.

Todos los cerramientos verticales de la galería están formados por acristalamientos, excepto el que comunica la galería con la vivienda. Este muro es el de la fachada Sur de la vivienda, definido en el apartado 9.1.1.1.

Los acristalamientos de la galería están constituidos por:



- Vidrios dobles bajo emisivos, caracterizados por un factor solar de 0.7 y una transmitancia térmica igual a  $1.2 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Marcos de madera, caracterizados por una transmitancia térmica de  $2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Así, la galería cuenta con un total de 12 acristalamientos: 10 ventanas tipo corredera en la fachada Sur, una practicable en la fachada Este y una practicable en la fachada Oeste.

En la siguiente tabla se describen las dimensiones de dichos acristalamientos:

**Tabla 11.13 – Distribución y dimensiones de los acristalamientos de la galería.**

Huecos	Orientación	Apertura	Alto (m)	Largo (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )
10	Sur	Deslizante	2.5	1.2	3
1	Este	Practicable	2.5	2.4	6
1	Oeste	Practicable	2.5	1.95	4.875

El forjado sanitario o suelo en contacto con el terreno de la galería es el mismo que el utilizado en la planta baja de la vivienda, definido en el apartado 9.1.1.1.

La cubierta de la galería es igual que la cubierta tipo 1, definida en el apartado 9.1.1.1.

Se propone el uso de una cubierta y un suelo con un grado tan elevado de aislamiento con el objetivo de no perder el calor ganado por efecto invernadero en la galería.

Una vez definidos los cerramientos constituyentes de la galería, se describen las dimensiones de la misma en la siguiente tabla:

**Tabla 11.14 – Dimensiones de la galería.**

Superficie construida (m <sup>2</sup> )	Superficie útil (m <sup>2</sup> )	Volúmen útil (m <sup>3</sup> )
29.5	24.6	61.74

La galería se ubica en la planta baja de la vivienda, en la fachada orientada hacia el Sur. En las siguientes imágenes se observa la ubicación de la galería respecto a la vivienda.



Figura 11.14 – Alzado Sur de la galería.



Figura 11.15 – Alzado Este de la galería.



Figura 11.16 – Alzado Oeste de la galería.

### 11.1.3.3 Ventajas.

Además de captar energía solar de forma pasiva, dando lugar a una reducción en la demanda energética de calefacción en invierno, la galería presenta otra serie de ventajas a tener en cuenta:

- Posibilidad de aprovechamiento como zona habitable durante largos periodos de tiempo.
- Es un elemento de cierto valor arquitectónico.
- Su ciclo de vida es largo, equivalente al de la vivienda.
- No requiere un mantenimiento elevado.
- La cubierta de la galería produce sombreadamientos en la fachada Sur de la vivienda, dando lugar a una reducción en la demanda energética de refrigeración en verano.
- Posibilidad de utilizar la azotea de la galería para instalar paneles termosolares y/o paneles fotovoltaicos. Esta cubierta es la más indicada de las de la vivienda para instalar estos sistemas activos de captación solar por dos motivos: es la única orientada al Sur y tiene una pendiente muy reducida, casi plana, facilitando el mantenimiento de los paneles en caso de instalarlos.

### 11.1.3.4 Balance energético.

Como se ha explicado anteriormente, el objetivo principal de la galería es captar energía solar para reducir la demanda energética de calefacción.

Sin embargo, en verano, la existencia de una superficie acristalada de tales dimensiones daría lugar a un aumento inadmisibles en la demanda energética de refrigeración. Por ello, durante las épocas cálidas, los acristalamientos de la galería se mantendrán constantemente abiertos y se protegerán con persianas para evitar sobrecalentamientos.

Mediante el uso del software CYPECAD MEP se calcula la demanda energética de la vivienda tras la incorporación de la galería.

#### **Demanda energética de calefacción:**

La demanda energética de calefacción tras la incorporación de la galería de la vivienda es igual a 8.99 kWh/m<sup>2</sup>año.

La reducción de la demanda energética de calefacción depende de la energía almacenada en la galería por ganancia de calor solar en los meses fríos. En la siguiente tabla se recoge la evolución mensual de la energía almacenada en la galería por ganancia de calor solar.

**Tabla 11.15 – Energía almacenada en la galería por ganancia de calor solar.**

<b>Mes</b>	<b>Energía almacenada (kWh)</b>
<b>Enero</b>	1168.7
<b>Febrero</b>	1451.7
<b>Marzo</b>	1745.5
<b>Abril</b>	1610.2
<b>Octubre</b>	1830.8
<b>Noviembre</b>	1358.3
<b>Diciembre</b>	1080.7
<b>Anual</b>	10245.9

Del total de la energía almacenada no se aprovecha el 100 %, ya que parte se pierde a través de los cerramientos opacos y de los acristalamientos.

#### **Demanda energética de refrigeración:**

Durante los meses cálidos, los acristalamientos permanecerán constante y completamente abiertos, por lo que no se almacenará aire en su interior, como ya se ha explicado anteriormente.

Además, estas ventanas estarán protegidas por unas persianas enrollables, que cubrirán el 100 % del hueco durante el verano. Por lo que funcionarán como sombreamientos sobre la fachada Sur de la vivienda.

La cubierta de la galería también genera sombreamientos sobre la fachada Sur de la vivienda en verano.

Teniendo en cuenta que la galería en verano permanece abierta y que los cerramientos de la misma funcionan como sombreamientos sobre la vivienda, se reduce la demanda energética de refrigeración de la vivienda.

El valor calculado de la demanda energética de refrigeración es igual a 1.42 kWh/m<sup>2</sup>año.

### Reducción total de la demanda energética de la vivienda:

Una vez calculadas las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración, se analiza las reducciones alcanzadas en ambas demandas.

En la siguiente tabla se resumen los valores de las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración, para la situación inicial y tras la incorporación de la galería.

Es importante tener en cuenta que esta comparación se realiza en base a la demanda energética alcanzada con los cambios propuestos en el aislamiento y en los huecos, definidos en el apartado 9.1.1, ya que estos cambios se incorporarán independientemente del resto de mejoras y se trata de mejoras complementarias.

Tabla 11.16 – Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la incorporación de la galería.

	Demanda energética de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	Demanda energética de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)
<b>Mejora envolvente térmica</b>	13.51	1.08
<b>Incorporación galería</b>	8.99	1.04

De esta forma, se ha reducido en 4.52 kWh/m<sup>2</sup>año la demanda energética de calefacción, es decir, se alcanza una reducción del 33.46 %.

Por otra parte, la demanda energética de refrigeración se ha reducido en 0.04 kWh/m<sup>2</sup>año, que equivale a una reducción del 3.7 %.

Para analizar los resultados de una forma más visual, a continuación se representan las demandas obtenidas y las reducciones correspondientes en una gráfica.

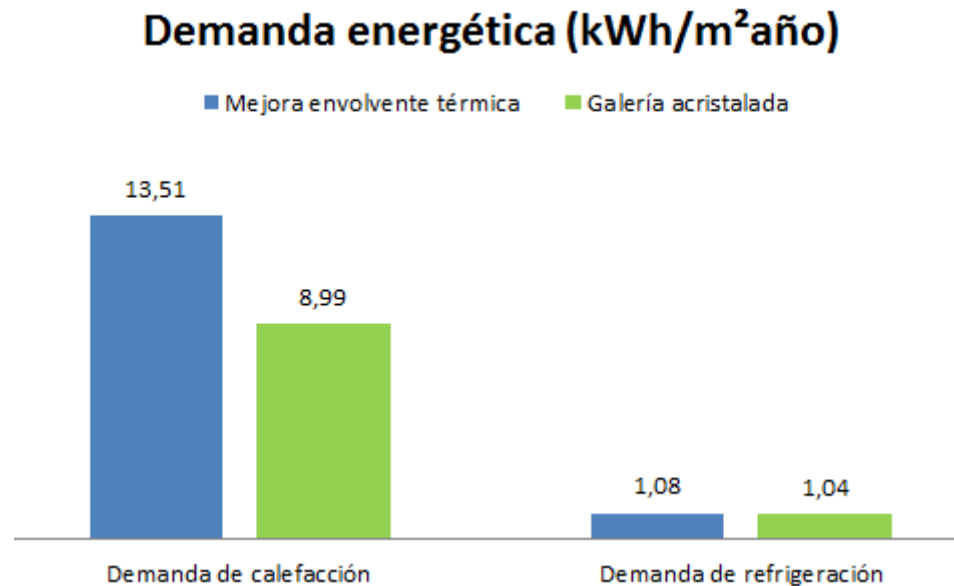


Figura 11.17 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la incorporación de la galería.

#### 11.1.3.5 Coste de ejecución.

A continuación se analiza el coste que conlleva la incorporación de la galería en la vivienda. El coste se deberá a la construcción del suelo, de la cubierta y de tres

cerramientos acristalados. También se analizan los costes derivados de la implementación de las protecciones solares.

Los costes que se indican incluyen el coste del material y el coste asociado a la mano de obra para la ejecución de la mejora propuesta.

En la siguiente tabla se analizan los costes estudiados a la construcción de la galería.

Tabla 11.17 – Coste de ejecución de la galería.

Cerramientos y componentes		Coste (€)
Cerramientos acristalados	Marcos	819.37
	Vidrios	4092.86
Suelo		2038.57
Cubierta		2071.18
Persianas enrollables		1277.11
<b>Total galería</b>		<b>10929.09</b>

#### 11.1.4 Zonas tampón o de amortiguamiento térmico.

Las zonas tampón son los espacios no climatizados ubicados entre la vivienda y el ambiente exterior, dando lugar a un mayor aislamiento de la vivienda y, por tanto, a una reducción de la demanda energética.

Estas zonas son aquellas que no requieren climatización, como garajes, bodegas o cuartos de instalaciones térmicas

Estos espacios deben orientarse hacia donde se reciba una menor cantidad de radiación solar directa, con el fin de no disminuir la superficie de captación solar directa y de aumentar la temperatura en las orientaciones más frías. Por ello, suelen ubicarse en la fachada Norte de las viviendas, ya que es la que se encuentra a una menor temperatura por recibir una menor cantidad de energía solar.

##### 11.1.4.1 Funcionamiento

La demanda energética de una vivienda es directamente proporcional al salto térmico entre la temperatura de confort en el interior de la vivienda y la temperatura exterior. Así, en zonas más templadas, el salto térmico es menor, siendo menor la demanda energética.

Una zona tampón se encuentra a una temperatura intermedia entre la temperatura exterior y la temperatura del interior de la vivienda. Entonces, su existencia dará lugar a una disminución del salto térmico y, por tanto, de la demanda energética de la vivienda. Es decir, funciona como un espacio de amortiguación térmica.

##### 11.1.4.2 Descripción de la solución estudiada.

Con el objetivo de reducir el salto térmico y la demanda energética de la vivienda, se estudia la posibilidad de disponer de un garaje.

Al tratarse de un local no climatizado, no pertenece a la envolvente térmica del edificio y, por tanto, sus cerramientos no deben cumplir con los mínimos térmicos exigidos en la Sección HE 1 del DB HE del CTE.

En primer lugar, se definen los cerramientos del garaje.

### 1. Suelo en contacto con el terreno: solera

Tabla 11.18 – Componentes del suelo en contacto con el terreno del garaje.

Material	Espesor (cm)	Transmitancia térmica, U (W/m <sup>2</sup> K)
1-Hormigón armado	20	0.76
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>20</b>	

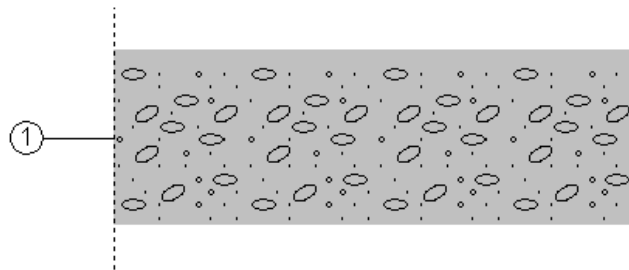


Figura 11.18 – Detalle constructivo de los componentes del suelo en contacto con el terreno del garaje.

### 2. Fachada

Tabla 11.19 – Componentes de la fachada del garaje.

Material	Espesor (cm)	Transmitancia térmica, U (W/m <sup>2</sup> K)
1- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	2	2.34
2-Tabicón LH doble	8	
3- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000<d<1250	2	
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>10</b>	

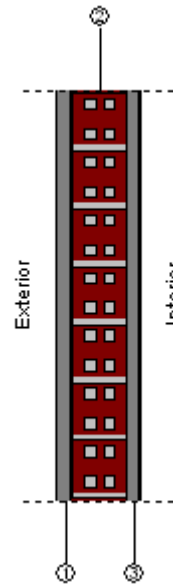


Figura 11.19 – Detalle constructivo de los componentes de la fachada del garaje.

### 3. Cubierta

Tabla 11.20 – Componentes de la cubierta del garaje.

Material	Espesor (cm)	Transmitancia térmica, U (W/m <sup>2</sup> K)
1- Teja cerámica	1.5	2.34
2-Tableros de fibras	2	
3- Capa alveolar con capa de compresión	20	
4-Enlucido de yeso	1.5	
<b>ESPESOR TOTAL</b>	<b>25</b>	

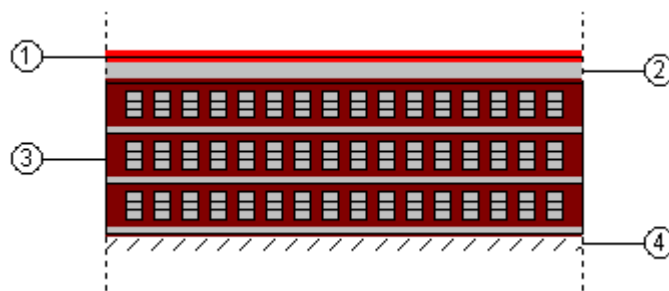


Figura 11.20 – Detalle constructivo de los componentes del garaje.

Una vez definidos los cerramientos constituyentes del garaje, se describen las dimensiones del mismo en la siguiente tabla:

Tabla 11.21 – Dimensiones del garaje.

Superficie construida (m <sup>2</sup> )	Superficie útil (m <sup>2</sup> )	Volúmen útil (m <sup>3</sup> )
47.8	41.6	109.78



El garaje dispone de una puerta enrollable automática metálica de  $400 \times 250 \text{ cm}^2$ . Esta puerta está caracterizada por una transmitancia térmica de  $4 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

En las siguientes figuras se muestra la ubicación del garaje respecto a la vivienda.



Figura 11.21 – Alzado Oeste del garaje.



Figura 11.22 – Alzado Norte del garaje.



Figura 11.23 – Alzado Este del garaje.

#### 11.1.4.3 Ventajas.

Además de la repercusión energética del garaje como zona tampón, presenta otra serie de ventajas a tener en cuenta:

- Posibilidad de uso para almacenamiento de automóviles, siendo éste el objetivo principal de la construcción de un garaje.
- Posibilidad de instalación de punto de carga de coches eléctricos en un futuro.
- Posibilidad de uso para almacenamiento tipo trastero.
- Coste de construcción se considera cero desde un punto de vista energético, ya que su construcción se realiza principalmente para su uso como almacenamiento de vehículos.
- Mantenimiento muy reducido.

#### 11.1.4.4 Balance energético

Como se ha explicado anteriormente, el objetivo principal de las zonas tampón es aislar más la vivienda del ambiente exterior para reducir la demanda energética de calefacción y de refrigeración.

Mediante el uso del software CYPECAD MEP se calcula la demanda energética de la vivienda tras la incorporación del garaje.

##### **Demanda energética de calefacción:**

Tras la incorporación del garaje, la demanda energética de calefacción de la vivienda es igual a 12.9 kWh/m<sup>2</sup>año.

##### **Demanda energética de refrigeración:**

El valor calculado de la demanda energética de refrigeración, tras la incorporación del garaje en la vivienda, es igual a 1.07 kWh/m<sup>2</sup>año.

### Reducción total de la demanda energética de la vivienda:

Una vez calculadas las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración, se analiza las reducciones alcanzadas en total.

En la siguiente tabla se resumen los valores de las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración, para la situación inicial y tras la incorporación del garaje.

Es importante tener en cuenta que esta comparación se realiza en base a la demanda energética alcanzada con los cambios propuestos en el aislamiento y en los acristalamientos, definidos en el apartado 9.1.1, ya que estos cambios se incorporarán independientemente del estudio energético restante y se trata de mejoras complementarias.

Tabla 11.22 – Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la incorporación del garaje.

	Demanda energética de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	Demanda energética de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)
<b>Inicial</b>	13.51	1.08
<b>Incorporación garaje</b>	12.12	1.07

De esta forma, la demanda energética de calefacción se reduce en 1.39 kWh/m<sup>2</sup>año, que equivale a una reducción del 10.28 %.

Por otra parte, la demanda energética de refrigeración se ha reducido en 0.01 kWh/m<sup>2</sup>año, que equivale a una reducción del 0.92 %.

Para analizar los resultados de una forma más visual, a continuación se representan las demandas obtenidas y las reducciones correspondientes en una gráfica.

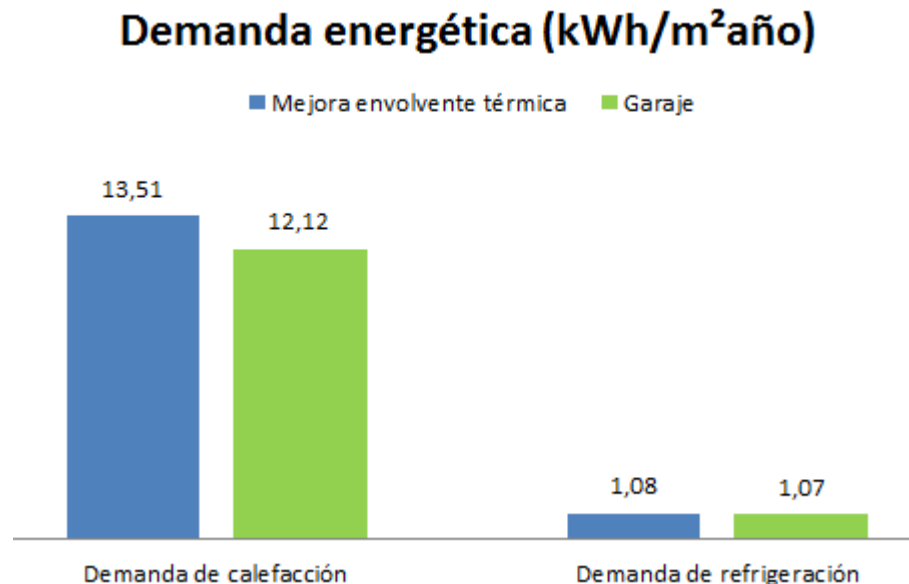


Figura 11.24 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la incorporación del garaje.

### 11.1.4.5 Coste de ejecución.

Desde un punto de vista de eficiencia energética, la construcción del garaje supone un coste cero. Esto se debe a que el motivo principal del uso del garaje y, por tanto, de su construcción, se debe al almacenamiento de vehículos, no de ahorro de energía.

Por tanto, se supone que el garaje tiene un coste cero, como mejora en la eficiencia energética de la vivienda.

### 11.1.5 Comparación entre las mejoras pasivas.

Una vez conocidos el balance energético y el coste de ejecución asociados a cada mejora constructiva, se procede al análisis comparativo de las mismas.

El objetivo de este análisis es determinar cuáles son las mejoras más eficientes desde un punto de vista energético y económico. También se determina si los cambios estudiados son excluyentes o complementarios, y, en caso de ser complementarios se analizará de nuevo la demanda energética de la vivienda implementando conjuntamente las mejoras elegidas.

Debe tenerse en cuenta que todas las mejoras propuestas se estudian incorporando la mejora en el aislamiento y en los huecos.

En la siguiente tabla se realiza una comparación energético-económica de las mejoras pasivas propuestas.

Tabla 11.23 – Comparación energético-económica entre las mejoras pasivas propuestas.

Mejora propuesta	Demanda energética de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	Demanda energética de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)	Coste de ejecución (€)
<b>1. Mejora en el aislamiento térmico y en los huecos.</b>	13.51	1.08	23042.98
<b>2. Construcción muro trombe.</b>	4	14.6	8135.40
<b>3. Construcción galería.</b>	8.99	1.04	10929.09
<b>4. Construcción garaje.</b>	12.12	1.07	0

Como se ha explicado anteriormente, la demanda energética derivada de la construcción del muro trombe, de la galería y del garaje se calculan partiendo de los cambios estudiados en el aislamiento y en los huecos.

A continuación se comparan las tres medidas propuestas, que se complementan con la mejora de la envolvente térmica, con el objetivo de decir cuál es la solución más eficiente como sistema de captación solar pasivo.

En primer lugar, es necesario saber si las mejoras son excluyentes o complementarias. Las posibles combinaciones de las mejoras son las siguientes:

- Muro trombe y garaje.
- Galería y garaje.

En la siguiente gráfica se compara la demanda energética de la vivienda en función de las mejoras estudiadas.

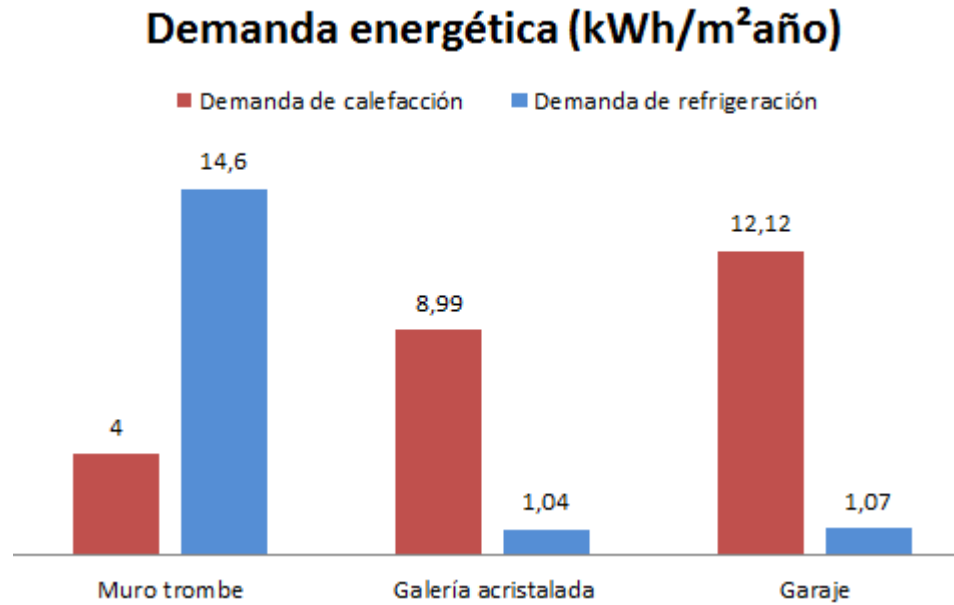


Figura 11.25 – Gráfica comparativa entre la demanda energética obtenida con las diferentes mejoras propuestas.

En base a los resultados obtenidos se pueden concluir una serie de ventajas y de inconvenientes derivados de la implementación de las mejoras propuestas. Además, se tienen en cuenta otros factores no energéticos ni económicos para el análisis.

Tabla 11.24 – Ventajas e inconvenientes de las mejoras pasivas propuestas.

Mejora	Ventajas	Inconvenientes
<b>Muro trombe</b>	Mayor reducción de la demanda energética de calefacción. Menor coste de ejecución.	Incremento considerable de la demanda energética de refrigeración. Necesidad de un muro ciego en orientaciones desde SE a SO.
<b>Galería</b>	Reducción de la demanda energética de calefacción y de refrigeración. Posibilidad de aprovechamiento como zona habitable. Posee valor arquitectónico. Posibilidad de instalación de sistemas solares activos en la cubierta.	Mayor coste de ejecución.
<b>Garaje</b>	Coste de ejecución cero (uso para almacenamiento de vehículos). Reducción de la demanda de calefacción y de refrigeración.	

Atendiendo a la demanda energética de la vivienda, al coste de ejecución y a las ventajas e inconvenientes de cada mejora, se concluye que la solución más eficiente tanto energética como económicamente, se basa en combinar las siguientes mejoras:

- Mejora en la envolvente térmica.
- Construcción de la galería.
- Construcción del garaje.

#### 11.1.6 Descripción de la solución adoptada.

Una vez determinada la combinación de mejoras óptima como solución para alcanzar los criterios exigidos a un edificio de consumo casi nulo, se describe la solución final.

Esta descripción abarca la definición constructiva de la vivienda como sistema de captación solar pasivo, la demanda energética de la vivienda y el consumo energético de la misma.

### 11.1.6.1 Descripción constructiva de la vivienda.

La vivienda estará constituida por los cerramientos opacos y por los huecos definidos en el apartado 9.1.1. Además, contará con una galería, definida en el apartado 9.1.3 y con un garaje que funciona como zona de amortiguamiento térmico, definido en el apartado 9.1.4.

En las siguientes imágenes se muestra el diseño de la vivienda tras la implementación conjunta de las mejoras escogidas.



Figura 11.26 – Alzado Oeste vivienda con las mejoras implementadas.

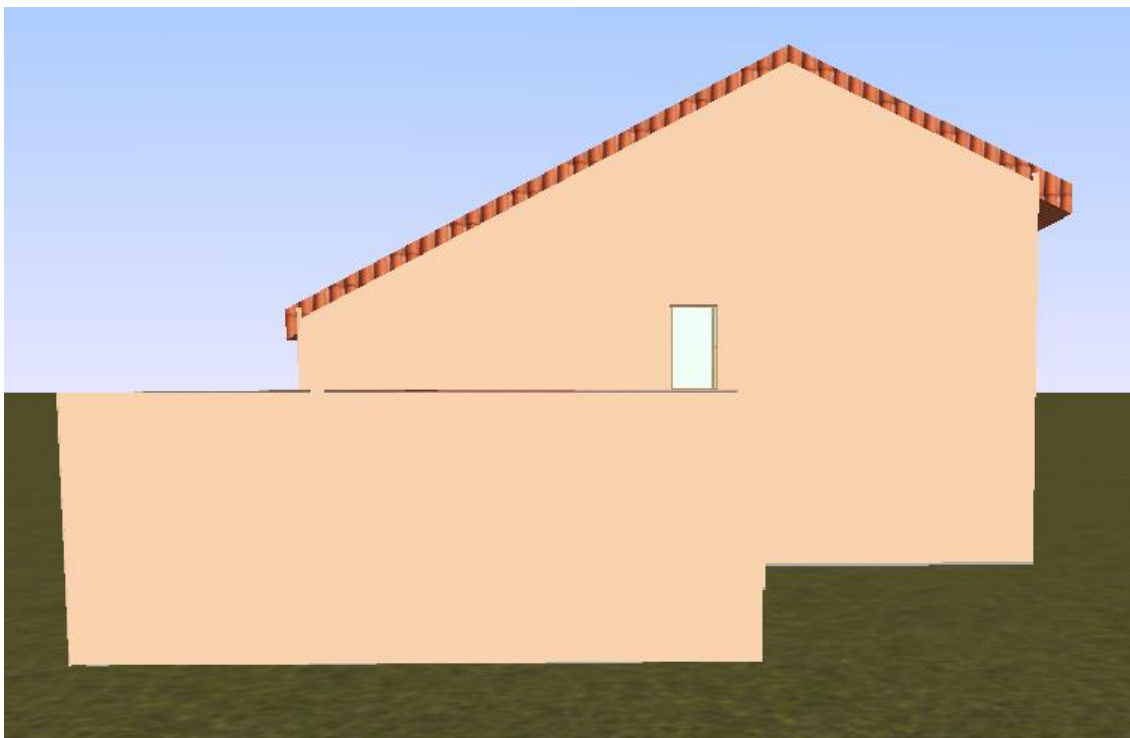


Figura 11.27 – Alzado Norte vivienda con las mejoras implementadas.



Figura 11.28 – Alzado Este vivienda con las mejoras implementadas.



Figura 11.29 – Alzado Sur vivienda con las mejoras implementadas.

#### **11.1.6.2 Demanda energética de la vivienda.**

A continuación se definen los valores de la demanda energética de calefacción y de refrigeración de la vivienda obtenidos mediante la implementación conjunta de las mejoras propuestas. Estos valores se calculan mediante el software CYPECAD MEP.

##### **Demanda energética de calefacción:**

El valor calculado de la demanda energética de calefacción es igual a  $7.89 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ .

De esta forma, se ha alcanzado una reducción en la demanda energética de calefacción de  $25.3 \text{ kWh/m}^2\text{año}$  sobre la demanda inicial de la vivienda, sin la implementación de mejoras. Este valor equivale a una reducción total del 76.22 %.



### Demanda energética de refrigeración:

El valor calculado de la demanda energética de refrigeración es igual a 1.04 kWh/m<sup>2</sup>año.

De esta forma, se ha alcanzado una reducción en la demanda energética de refrigeración de 9.99 kWh/m<sup>2</sup>año sobre la demanda inicial de la vivienda, sin la implementación de mejoras. Este valor equivale a una reducción total del 90.57 %.

### Reducción total de la demanda energética de la vivienda:

La demanda energética de la vivienda, tanto de calefacción como de refrigeración, se ha reducido de forma considerable únicamente implementando medidas basadas en el principio pasivo.

Esto significa que mediante un diseño óptimo de la vivienda, aprovechando la energía solar de forma pasiva, sin utilizar elementos mecánicos, una vivienda puede ser muy eficiente desde un punto de vista energético.

En la siguiente tabla se resumen los valores de las demandas energéticas de calefacción y de refrigeración, para la situación inicial y tras la implementación conjunta de las mejoras.

Tabla 11.25 - Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la implementación conjunta de las mejoras pasivas.

	Demanda energética de calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)	Demanda energética de refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)
<b>Inicial</b>	33.19	11.03
<b>Combinación de mejoras pasivas</b>	7.89	1.04

En la siguiente gráfica se representan las reducciones alcanzadas en la demanda energética de calefacción y de refrigeración, comparando la vivienda inicial y la vivienda implementando de forma conjunta las mejoras.

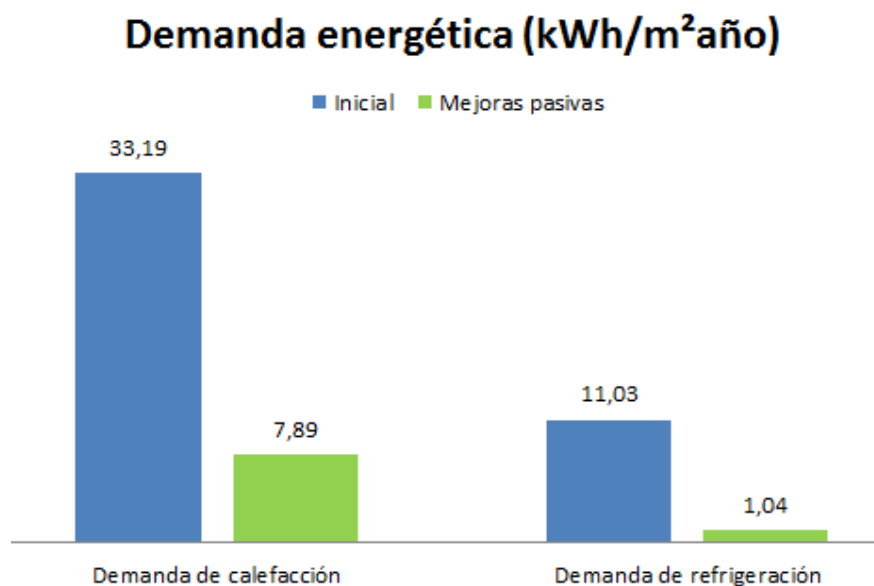


Figura 11.30 – Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la implementación conjunta de las mejoras pasivas.

## 11.2 Mejoras activas.

Las mejoras activas orientadas a reducir la demanda energética, son aquellas instalaciones que utilizan elementos electromecánicos, cuyo objetivo principal es aprovechar el calor de forma eficiente.

### 11.2.1 Ventilación mecánica con recuperación de calor.

La energía que entra y sale del edificio debe estar controlada para limitar la influencia de las condiciones exteriores sobre las condiciones interiores de la vivienda, con el objetivo de mantener en todo momento unas condiciones óptimas de confort térmico.

El control de la energía se realiza incorporando un aislamiento bueno y continuo y sustituyendo los huecos convencionales por ventanas y puertas de elevadas prestaciones térmicas. Una vez solucionados estos parámetros mediante un diseño correcto de la vivienda, se debe controlar el caudal de aire de ventilación, implementando sistemas de recuperación de calor.

Un recuperador de calor es un dispositivo que permite recuperar parte de la energía calorífica del aire del interior de la vivienda que se extrae de la misma, e intercambiarla con el aire de admisión. Este dispositivo se acopla a la instalación de ventilación mecánica controlada de doble flujo.

El recuperador de calor está constituido por un intercambiador aire/aire, por dos ventiladores de eficiencia elevada y por dispositivos de filtrado de los dos flujos (admisión y extracción).

En la siguiente imagen se muestra el esquema del funcionamiento de una instalación de ventilación con recuperación de calor:

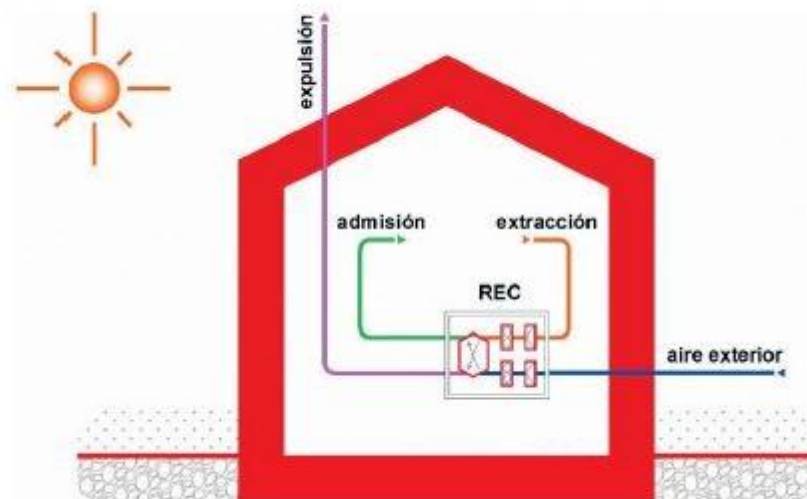


Figura 11.31 – Esquema del funcionamiento de un sistema de ventilación mecánica controlada con recuperación de calor.

Los intercambiadores de calor pueden ser de tres tipos: de flujo cruzado a contracorriente, de flujo paralelo a contracorriente y de flujo rotativo. Los más eficientes son los de flujo paralelo, de hecho, pueden presentar una eficiencia superior al 90 %.

Por este motivo, se estudiará la implementación de un recuperador de calor con intercambiador de flujo paralelo a contracorriente. Estos intercambiadores son de forma hexagonal, lo que permite aumentar la superficie de intercambio.

En el intercambiador de calor se produce el intercambio de energía entre los dos flujos (de admisión y de extracción), pero no de materia, ya que existe un circuito para cada flujo.

En la siguiente imagen se muestra el esquema de funcionamiento de un intercambiador aire/aire de flujo paralelo a contracorriente:



Figura 11.32 – Esquema de funcionamiento de un intercambiador de flujo paralelo a contracorriente.

La eficiencia de los recuperadores de calor depende de los siguientes parámetros:

- El caudal de aire intercambiado, cuanto mayor sea el caudal de aire intercambiado, menor será el rendimiento del recuperador de calor.
- El salto térmico entre el exterior y el interior, cuanto mayor sea el gradiente térmico, mayor será el rendimiento del recuperador de calor.

Se propone la instalación de un recuperador de calor de intercambiador aire/aire de flujo paralelo a contracorriente de la casa Soler & Palau, serie FLEXEO. Este equipo dispone de un intercambiador de calor estático, 2 motoventiladores (uno de extracción y otro de admisión), equipos de filtrado y control remoto.



Figura 11.33 – Recuperador de calor serie FLEXEO, casa Soler & Palau.

La eficiencia del recuperador de calor se determina en función del caudal de ventilación de la vivienda. Siendo el caudal de ventilación de la vivienda igual a  $190.8 \text{ m}^3/\text{h}$ , se determina el rendimiento correspondiente a este caudal en la curva de rendimiento del recuperador de calor, facilitado por el fabricante.

En la siguiente imagen se muestra la curva del recuperador de calor, indicando la eficiencia del mismo en función del caudal de ventilación de la vivienda.



Figura 11.34 – Curva de rendimiento del recuperador de calor.

Gráficamente se obtiene un rendimiento del 90.4 % para el recuperador de calor.

Instalando el recuperador de calor en la vivienda, se obtienen unos valores nuevos de demanda energética y de potencia térmica a instalar mediante el uso del software CYPECAD MEP.

### 11.2.1.1 Demanda energética.

Al incorporar un recuperador de calor en la instalación de ventilación, la demanda energética de climatización de la vivienda se reduce.

Esto se debe a que la demanda energética de climatización es directamente proporcional al salto térmico entre la temperatura del aire del exterior y la del aire del interior. Al introducir el recuperador de calor, este salto térmico disminuye de forma considerable, ya que el aire de admisión se calienta en el intercambiador de calor al entrar en la vivienda.

A continuación se analizan los valores obtenidos para la demanda energética de calefacción y de refrigeración mediante el uso del software CYPECAD MEP al modelizar la vivienda incluyendo el recuperador de calor.

- Demanda energética de calefacción: 1.2 kWh/m<sup>2</sup>año.
- Demanda energética de refrigeración: 0.83 kWh/m<sup>2</sup>año.

En la siguiente tabla se comparan los valores obtenidos entre la demanda energética de la vivienda inicial y la de la vivienda implementando las mejoras pasivas y el recuperador de calor.

**Tabla 11.27 - Valores de la demanda energética de la vivienda antes y después de la implementación de las mejoras pasivas y el recuperador de calor.**

	<b>Demanda energética de calefacción (kWh/m<sup>2</sup>año)</b>	<b>Demanda energética de refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>año)</b>
<b>Inicial</b>	33.19	11.03
<b>Mejoras pasivas con recuperador de calor</b>	1.2	0.83

De esta forma, se ha reducido en un total de 31.99 kWh/m<sup>2</sup>año la demanda energética de calefacción, que equivale a una reducción del 96.38 %.

Por otro lado, se ha alcanzado una disminución de 10.2 kWh/m<sup>2</sup>año en la demanda de energética de refrigeración, que equivale a una reducción del 92.48 %.

Con el objetivo de comprender los resultados más fácilmente, se representan los resultados obtenidos en la siguiente gráfica:

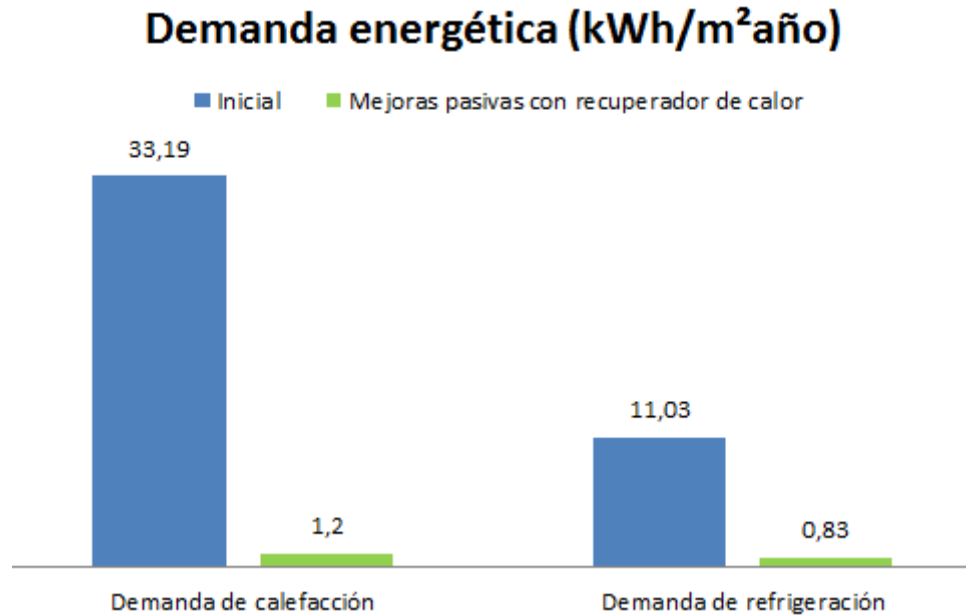


Figura 11.35 - Gráfica de las reducciones alcanzadas en la demanda energética tras la implementación de las mejoras pasivas y del recuperador de calor.

#### 11.2.1.2 Demanda térmica.

La reducción de la demanda energética de la vivienda, da lugar a una reducción de la potencia térmica que deben suministrar las diferentes instalaciones térmicas de climatización.

La potencia térmica que deben suministrar los equipos de ACS no varía, ya que esta demanda es independiente de la demanda energética de climatización del edificio.

Mediante la modelización de la vivienda en el software CYPECAD MEP se obtienen los siguientes valores de potencia térmica a instalar:

- Calefacción: 2.2306 kW (15 W/m<sup>2</sup>)
- Refrigeración: 3.2034 kW (23.7 W/m<sup>2</sup>)
- Producción de ACS: 3.131 kW

En la siguiente tabla se compara la demanda térmica de la vivienda con la implementación de las mejoras pasivas y el recuperador de calor con la demanda térmica inicial de la vivienda.

Tabla 11.28 – Demanda térmica de climatización y de ACS de la vivienda antes y después de la implementación de las mejoras pasivas y el recuperador de calor.

	Demanda térmica (kW)		
	Calefacción	Refrigeración	ACS
<b>Vivienda inicial</b>	7.6	7.4	3.51
<b>Vivienda con mejoras pasivas y recuperador de calor</b>	2.2	3.2	3.51

En la siguiente gráfica se representan la demanda térmica de la vivienda inicial y la demanda térmica de la vivienda tras incorporar las mejoras pasivas y el recuperador de calor:

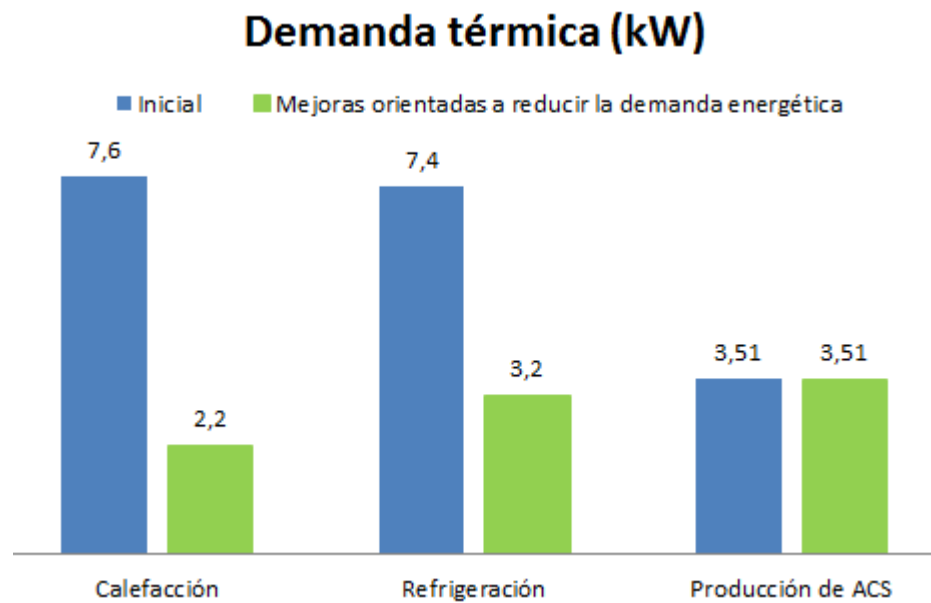


Figura 11.36 – Gráfica comparativa de la potencia térmica de la vivienda antes y después de la implementación de las mejoras pasivas con recuperador de calor.

## 12 Mejoras destinadas a cubrir la demanda energética mediante energía procedente de fuentes renovables.

Una vez minimizadas las demandas energética y térmica de la vivienda, el objetivo del estudio es cubrir la demanda energética obtenida mediante instalaciones que utilicen energía “limpia”. Es decir, se estudia la aplicación de diferentes sistemas basados en energía procedente de fuentes renovables.

El objetivo de estas mejoras será, por tanto, reducir al máximo el consumo de energía primaria no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

Para ello se proponen diferentes sistemas que cubran la demanda energética, sustituyendo el gas natural utilizado en la caldera y utilizando una bomba calor de alta eficiencia.

### 12.1 Caldera de biomasa densificada.

La primera medida que se propone es la sustitución de la caldera de gas natural por una caldera de biomasa densificada (pellets).

La nueva caldera de biomasa densificada se instalará para cubrir la demanda térmica de calefacción y la de ACS.

#### 12.1.1 Descripción de la solución estudiada.

Se propone la instalación de una caldera de biomasa debido a las ventajas que presenta:

- El balance de CO<sub>2</sub> emitido es neutro, debido a que el CO<sub>2</sub> emitido en la combustión de la biomasa es igual al CO<sub>2</sub> capturado por las plantas originarias de la biomasa durante el proceso de fotosíntesis.
- La biomasa se considera una energía renovable, por tanto, el uso de biomasa como combustible implica un consumo de energía primaria no renovable nulo (sin tener en cuenta la energía consumida en el transporte, procesos de secado y de densificación).
- El precio de la biomasa es estable, no depende de mercados internacionales como la gran mayoría de los combustibles fósiles.
- El contenido de cenizas en los pellets es muy reducido, en torno a un 0.5 %.

Sin embargo, el uso de calderas de biomasa también presenta una serie de inconvenientes:

- El poder calorífico de los biocombustibles es, en general, inferior al de los combustibles fósiles tradicionales. Esto se traduce en que se necesitará una cantidad mayor de biocombustible para cubrir una misma demanda energética.
- El rendimiento de las calderas de biomasa es, en general, inferior al de las calderas de combustibles fósiles convencionales, lo que atenta contra el principio de utilizar instalaciones térmicas de elevada eficiencia.

##### 12.1.1.1 Pellets.

Los pellets son un tipo de biocombustible que proceden de restos forestales y de restos de la industria maderera. Se utilizan en forma de cilindro granulado para aumentar el rendimiento como combustible.



En la siguiente tabla se describen las principales características de los pellets de madera estándar:

Tabla 12.1 – Características principales de los pellets de madera estándar.

<b>Características térmicas de los pellets</b>	
<b>Poder Calorífico Inferior, PCI (kcal/kg)</b>	4100
<b>Humedad en base húmeda (%)</b>	< 12
<b>Densidad (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1000 - 1400
<b>Longitud (mm)</b>	< 50
<b>Diámetro (mm)</b>	4 - 10

### 12.1.1.2 Caldera de pellets.

La caldera deberá tener una potencia térmica de, al menos, 5.71 kW. Esta potencia equivale a la suma de la demanda térmica de calefacción y la de producción de ACS.

Se propone la instalación de una caldera de pellets de la casa Domusa, modelo BioClass 9.

Equipamiento de la caldera:

- Sinfín de alimentación.
- Sistema antirretorno de llama.
- Sistema de autolimpieza de quemador.
- Quemador.
- Bomba de circulación.
- Válvula de retorno anticondensados.
- Válvula de seguridad.
- Sistema de autolimpieza pasos de humo.
- Motor ventilador.
- Programador horario.

En la siguiente tabla se recogen las características principales de la caldera:

Tabla 12.2 - Características principales de la caldera pellets.

<b>Características de la caldera de pellets</b>	
<b>Potencia nominal (kW)</b>	9.4
<b>Rendimiento a potencia nominal (%)</b>	92.4
<b>Capacidad almacenamiento pellets (kg)</b>	200 kg
<b>Volumen cámara de agua (l)</b>	46
<b>Combustible</b>	Pellets de madera

Además, se instala un depósito para acumulación de ACS de 120, dispone de una resistencia eléctrica. El depósito es de la casa Salvador Escoda, modelo vertical IVRS.

## 12.2 Bomba de calor de alta eficiencia.

Una bomba de calor es un equipo de climatización basado en la refrigeración reversible. El funcionamiento se basa en intercambiar calor entre un foco frío y un foco caliente a través de un fluido que cambia de estado al ceder o absorber calor.

En modo refrigeración, el fluido refrigerante absorbe calor del foco frío (interior de la vivienda) y lo cede al foco caliente (exterior de la vivienda). Para ello se aporta un trabajo mediante el consumo de energía eléctrica.

Se estudia la instalación de una bomba de calor aerotérmica, es decir, el aprovechamiento de la energía calorífica almacenada en el aire ambiente.

### 12.2.1 Descripción de la solución estudiada.

La bomba de calor deberá tener una potencia térmica de, al menos, 3.2 kW, para cubrir completamente la demanda energética de refrigeración de la vivienda.

Con este objetivo, se propone la instalación de una bomba de calor reversible de la casa DAIKIN, modelo URURU SARARA TXZ35N.

En la siguiente tabla se definen las características principales de la bomba de calor:

Tabla 12.3 – Características principales de la bomba de calor.

Bomba de calor URURU SARARA, DAIKIN	
Capacidad refrigeración (W)	3500
Consumo (W)	660
EER	5.3

En la siguiente imagen se muestra el etiquetado energético de la bomba de calor propuesta, facilitado por el fabricante:

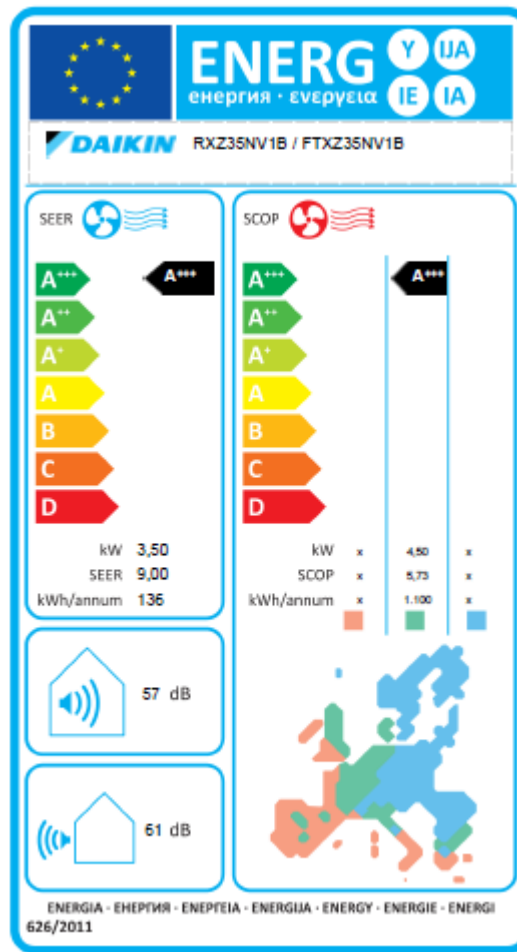


Figura 12.1 – Etiquetado energético de bomba de calor URURU-SARARA TXZ35N.

### 13 Calificación energética de la vivienda con las mejoras propuestas.

Se obtiene la calificación energética de la vivienda implementando de forma conjunta las mejoras escogidas mediante la modelización de la vivienda en la Herramienta Unificada Lider Calener.

La calificación energética se expresa en función de dos parámetros: el consumo de energía primaria no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub>.

En la siguiente imagen se muestra la certificación de calificación energética obtenida para la vivienda con la implementación de las mejoras:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m <sup>2</sup> ·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	
<p>&lt;51.60 A</p> <p>51.60-83.6 B</p> <p>83.60-129.60 C</p> <p>129.60-199.30 D</p> <p>199.30-357.40 E</p> <p>357.40-461.10 F</p> <p>=&gt;461.10 G</p>	2,79 A	<p>&lt;11.60 A</p> <p>11.60-18.8 B</p> <p>18.80-29.20 C</p> <p>29.20-44.80 D</p> <p>44.80-79.20 E</p> <p>79.20-103.80 F</p> <p>=&gt;103.80 G</p>	0,55 A

Figura 13.1 – Calificación energética de la vivienda con mejoras.

#### 13.1 Calificación energética de la vivienda con mejoras en emisiones.

La calificación se expresa en términos de dióxido de carbono emitido a la atmósfera como consecuencia del consumo energético de la vivienda.

En la siguiente imagen se muestra la calificación de la vivienda en emisiones:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<p>&lt;11.60 A</p> <p>11.60-18.8 B</p> <p>18.80-29.20 C</p> <p>29.20-44.80 D</p> <p>44.80-79.20 E</p> <p>79.20-103.80 F</p> <p>=&gt;103.80 G</p>	0,55 A	CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A	Emisiones ACS (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A	
		0,02		0,38		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
Emisiones globales (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		Emisiones refrigeración (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	A	Emisiones iluminación (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año)	-	
		0,15		-		

Figura 13.2 – Calificación energética de la vivienda con mejoras en emisiones.

#### 13.2 Calificación de la vivienda con mejoras en consumo de energía primaria no renovable.

La calificación se expresa en términos de energía primaria no renovable que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

En la siguiente imagen se muestra la calificación de la vivienda en consumo de energía primaria no renovable:

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
	<p>2.79 A</p>	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>		
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m <sup>2</sup> año)		A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m <sup>2</sup> año)	
		0,1			1,78	
		<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>		
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> año) <sup>1</sup>		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m <sup>2</sup> año)		A	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m <sup>2</sup> año)	
		0,91			-	

Figura 13.3 – Calificación energética de la vivienda con mejoras en consumo de energía primaria no renovable.

## 14 Estudio económico.

Una vez conocido el ahorro energético resultante de la implementación de las mejoras, se debe determinar el ahorro económico.

Para ello se deberá determinar el presupuesto de la vivienda inicial, tanto el estructural como el debido a las instalaciones. También se calcula la inversión económica asociada a la implementación de las mejoras propuestas.

Los presupuestos completos se definen en el Anexo III.

Una vez conocidos los valores de los presupuestos y de la inversión, se calculará el ahorro económico y el periodo de amortización de las mejoras.

El periodo de amortización se calcula por una parte, comparando la inversión derivada de la implementación de las mejoras destinadas a reducir la demanda energética de climatización con la inversión debida a la construcción inicial de la vivienda. Por otro lado, se compara la inversión de las instalaciones térmicas propuestas con las instalaciones térmicas diseñadas inicialmente para cubrir la demanda energética de la vivienda.

Para realizar este estudio se toman unos precios base relativos al coste de la energía eléctrica y de los diferentes combustibles utilizados.

Los precios base de las diferentes energías se han obtenido a partir de las tarifas generales para hogares de Iberdrola y del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

En la siguiente tabla se definen los precios base de energía final utilizados para el desarrollo del estudio económico.

Tabla 14.1 – Precios base de energía final.

Precios base energía	
Energía eléctrica (€/kWh)	0.130980
Gas natural (€/kWh)	0.066
Pelets de madera estándar (€/t)	183.62

Para determinar el periodo de amortización de las mejoras, es necesario tener en cuenta la demanda energética de la vivienda antes y después de la implementación de las mismas. Por ello, en la siguiente tabla se resumen los valores relativos a la demanda energética anual de la vivienda:

Tabla 14.2 – Demanda energética total de la vivienda con y sin mejoras.

	Demanda energética total vivienda sin mejoras (kWh/año)	Demanda energética total vivienda con mejoras (kWh/año)
Calefacción	4484.4	162.2
Refrigeración	1490.1	112.15
ACS	2252.8	2252.8

## 14.1 Elementos estructurales.

En primer lugar se determina el coste debido a los elementos que constituyen la edificación inicial. Este coste incluye el coste de los cerramientos opacos de la envolvente térmica y el de los huecos.

Posteriormente se determina el coste debido a los elementos que constituyen la edificación con mejoras. Este coste incluye el coste de los cerramientos opacos de la envolvente térmica mejorados, el de los huecos propuestos, el de la galería y el del recuperador de calor.

El presupuesto de cada partida incluye los costes debidos a los materiales y a la mano de obra.

No se tendrán en cuenta los costes de parámetros que no varíen al introducir las mejoras, ya que no supondrán una inversión, como las particiones interiores o el forjado entre pisos.

### 14.1.1 Edificación inicial.

A continuación se detalla el coste de ejecución de los cerramientos que constituyen la envolvente térmica de la vivienda. Es decir, se describe el presupuesto de los cerramientos opacos de la vivienda y de los huecos proyectados inicialmente, sin implementar las mejoras propuestas.

Tabla 14.3 – Presupuesto de los elementos estructurales de la edificación inicial.

Costes estructurales de la vivienda sin mejoras.	
Tipo de elemento	Coste (€)
Cerramientos opacos	33441.61
Cerramientos transparentes	1868.40
<b>Total</b>	<b>35310.01</b>

### 14.1.2 Edificación con mejoras.

A continuación se detalla el coste de ejecución de los nuevos cerramientos opacos de la envolvente térmica, de los huecos propuestos, de la galería acristalada y del recuperador de calor.

El coste de la instalación del recuperador de calor se tiene en cuenta en este apartado aunque no se trate de un elemento estructural, porque su objetivo es reducir la demanda energética de la vivienda, no es una instalación térmica y el coste debido al consumo de energía final es despreciable, ya que sólo consume 100 W eléctricos.

El presupuesto incluye el coste de los materiales y de la mano de obra.

Tabla 14.4 – Presupuesto de las mejoras orientadas a reducir la demanda energética de la vivienda.

<b>Costes estructurales de la vivienda con mejoras.</b>	
<b>Tipo de elemento</b>	<b>Coste (€)</b>
<b>Cerramientos opacos</b>	33717.37
<b>Huecos</b>	5964.34
<b>Galería acristalada</b>	10929.09
<b>Recuperador de calor</b>	1001.44 €
<b>Total</b>	<b>50610.8</b>

## 14.2 Periodo de amortización de los elementos estructurales.

Una vez definidas la inversión de la vivienda inicial y la inversión de la vivienda implementando las mejoras estructurales y el recuperador de calor, puede determinarse el periodo de amortización del conjunto de las soluciones propuestas en la edificación de la vivienda.

El periodo de amortización de los elementos estructurales se calcula a partir de la demanda energética de la vivienda antes y después de implementar los cambios estructurales descritos y del coste por consumo de energía final.

Para que la comparación económica sea representativa, el coste debido al consumo de energía final se calcula teniendo en cuenta el mismo tipo de energía final en los dos tipos de edificaciones. Así, se supondrá que la demanda térmica de climatización está cubierta por el uso de gas natural y que la demanda térmica de refrigeración está cubierta por energía eléctrica.

Además, para realizar este cálculo no se tienen en cuenta los rendimientos de las instalaciones térmicas, ya que sólo interesa conocer el ahorro económico debido a la reducción de la demanda energética.

En la siguiente tabla se determina el periodo de amortización de los elementos estructurales.

Tabla 14.5 – Periodo de amortización de las mejoras orientadas a reducir la demanda energética de la vivienda.

<b>Inversión (€)</b>		<b>Coste anual por consumo energético (€/año)</b>	
Vivienda inicial	Vivienda con mejoras	Vivienda inicial	Vivienda con mejoras
33310.01	50610.8	491.145	25.395
<b>Sobreinversión (€)</b>		<b>Ahorro económico (€/año)</b>	
17300.79		465.75	
<b>Periodo de amortización (años)</b>			
<b>37.146 (37 años y 2 meses)</b>			



### 14.3 Instalaciones térmicas.

A continuación se determina el coste debido a las instalaciones térmicas. Este coste incluye la inversión correspondiente a las instalaciones de los equipos térmicos y el coste por consumo de energía final.

Una vez determinados estos costes, se calcula el periodo de amortización de las instalaciones térmicas propuestas en el presente estudio.

#### 14.3.1 Instalaciones térmicas de la vivienda inicial.

Los sistemas definidos en la vivienda inicial para cubrir la demanda energética de la misma son: una caldera de biomasa, instalación solar térmica y cuatro bombas de calor reversibles.

A continuación se calculan los costes asociados a cada uno de ellos.

##### 14.3.1.1 Caldera a condensación de gas natural.

A continuación se detallan los costes debidos a la instalación de la caldera de gas natural.

Por un lado, se determinan los costes debidos a la propia instalación de la caldera. Estos costes incluyen el precio de los equipos que conforman la instalación y la mano de obra necesaria para realizar dicha instalación.

Además, se determinan los costes debidos al consumo de energía final. El consumo de energía final depende de la demanda energética de la vivienda, del rendimiento de la caldera, así como del combustible utilizado.

EL coste asociado al consumo energético (CE), se calcula dividiendo la demanda energética (DE) a cubrir por la caldera de gas natural (demanda energética de calefacción más el 50 % de la demanda energética de ACS), entre el rendimiento de la caldera.

$$CE = \frac{DE}{\eta} = \frac{4484.4 \frac{kWh}{año} + 1126.4 \frac{kWh}{año}}{1.088} = 5156.985 \text{ kWh/año}$$

Una vez obtenido el consumo de energía final, se calcula el precio asociado al mismo, en función del coste del combustible, en este caso gas natural.

$$\text{Coste anual} = CE * \text{coste gas natural} = 5156.985 \frac{kWh}{año} * 0.066 \frac{€}{kWh} = 340.36 \text{ €/año.}$$

Tabla 14.6 – Presupuesto de la instalación de la caldera de gas natural.

Presupuesto caldera gas natural	
Instalación caldera	2440.77 €
Consumo energético	340.36 €/año

### 14.3.1.2 Instalación solar térmica.

En este caso sólo se determinan los costes debidos a la instalación de los equipos, que incluyen el coste de los materiales y de la mano de obra necesaria para llevar a cabo la instalación.

Tabla 14.7 – Presupuesto de la instalación solar térmica.

Presupuesto instalación solar térmica	
Instalación	3287.298 €

### 14.3.1.3 Bomba de calor reversible.

Por un lado se determinan los costes debidos a la propia instalación del equipo. Estos costes incluyen el precio de los equipos que conforman la instalación y la mano de obra necesaria para realizar dicha instalación.

Además, se determinan los costes debidos al consumo de energía final. El consumo de energía final depende de la demanda energética de refrigeración de la vivienda, de la potencia frigorífica de la bomba de calor, así como del precio de la electricidad.

EL coste asociado al consumo energético (CE), se calcula dividiendo la demanda energética (DE) a cubrir por la bomba de calor, entre la potencia frigorífica de la bomba de calor.

$$CE = \frac{DE}{\eta} = \frac{1490.1 \frac{kWh}{año}}{3.42} = 435.7 kWh/año$$

Una vez obtenido el consumo de energía final, se calcula el precio asociado al mismo, en función del coste de la energía utilizada, en este caso energía eléctrica.

$$\text{Coste anual} = CE * \text{coste energía eléctrica} = 435.7 \frac{kWh}{año} * 0.130980 \frac{€}{kWh} = 57.07 €/año$$

Tabla 14.8 – Presupuesto de la instalación de la bomba de calor reversible.

Presupuesto bomba de calor	
Instalación bomba de calor (4 unidades)	1778.36 €
Consumo energético	57.07 €/año

## 14.3.2 Instalaciones térmicas propuestas.

Las instalaciones térmicas estudiadas para aumentar la eficiencia energética de la vivienda son: una caldera de biomasa densificada y una bomba de calor de alta eficiencia.

A continuación se calculan los costes asociados a cada una de ellas.

### 14.3.2.1 Caldera de biomasa.

Por un lado, se determinan los costes debidos a la propia instalación de la caldera. Estos costes incluyen el precio de los equipos que conforman la instalación y la mano de obra necesaria para realizar dicha instalación.

Además, se determinan los costes debidos al consumo de energía final. El consumo de energía final depende de la demanda energética de la vivienda, del rendimiento de la caldera, así como del combustible utilizado.

EL coste asociado al consumo energético (CE), se calcula dividiendo la demanda energética (DE) a cubrir por la caldera de biomasa (demanda energética de calefacción y demanda energética de ACS), entre el rendimiento de la caldera.

$$CE = \frac{DE}{\eta} = \frac{162.2 \frac{kWh}{año} + 2252.8 \frac{kWh}{año}}{0.924} = 2613.63 \text{ kWh/año}$$

Una vez obtenido el consumo de energía final, se calcula el precio asociado al mismo, en función del coste del combustible, en este caso biomasa densificada (pellets).

$$\text{Coste anual} = 2613.63 \frac{kWh}{año} * \frac{1 \text{ kg}}{4.756 \text{ kWh}} * \frac{1 \text{ t}}{1000 \text{ kg}} * 183.62 \frac{€}{t} = 100.9 \text{ €/año.}$$

Tabla 14.9 – Presupuesto de la instalación de la caldera de biomasa.

Presupuesto caldera biomasa	
Instalación caldera	3600 €
Consumo energético	100.9 €/año

#### 14.3.2.2 Bomba de calor reversible de alta eficiencia.

A continuación se detallan los costes debidos a la instalación de la bomba de calor reversible de la casa DAIKIN.

Por un lado se determinan los costes debidos a la propia instalación del equipo. Estos costes incluyen el precio de los equipos que conforman la instalación y la mano de obra necesaria para realizar dicha instalación.

Además, se determinan los costes debidos al consumo de energía final. El consumo de energía final depende de la demanda energética de refrigeración de la vivienda, de la potencia frigorífica de la bomba de calor, así como del precio de la electricidad.

EL coste asociado al consumo energético (CE), se calcula dividiendo la demanda energética (DE) a cubrir por la bomba de calor, entre la potencia frigorífica de la bomba de calor.

$$CE = \frac{DE}{\eta} = \frac{112.15 \frac{kWh}{año}}{5.3} = 21.16 \text{ kWh/año}$$

Una vez obtenido el consumo de energía final, se calcula el precio asociado al mismo, en función del coste de la energía utilizada, en este caso energía eléctrica.

$$\text{Coste anual} = CE * \text{coste energía eléctrica} = 21.16 \frac{kWh}{año} * 0.130980 \frac{€}{kWh} = 2.77 \text{ €/año.}$$

Tabla 14.10 – Presupuesto de la instalación de la bomba de calor reversible de alta eficiencia.

Presupuesto bomba de calor	
Instalación bomba de calor	2138 €
Consumo energético	2.77 €/año

#### 14.4 Periodo de amortización de las instalaciones térmicas.

Una vez definidas la inversión debida a las instalaciones térmicas proyectadas en la vivienda inicial y la inversión debida a las instalaciones térmicas propuestas para mejorar la eficiencia térmica del edificio, además del coste por consumo de energía final de cada instalación térmica, puede determinarse el periodo de amortización de las instalaciones propuestas.

El periodo de amortización de las instalaciones térmicas se calcula a partir de la sobreinversión debida a la instalación de los equipos térmicos propuestos, del consumo energético de la vivienda y del coste por consumo de energía final.

El periodo de amortización de las instalaciones térmicas de calefacción y ACS no se calcula, ya que la inversión correspondiente a las mejoras propuestas es inferior a la de las instalaciones iniciales y el coste anual por consumo energético también es inferior. Por lo que la caldera de biomasa es más rentable desde el momento de la instalación.

En la siguiente tabla se determina el periodo de amortización de la instalación térmica de refrigeración.

Tabla 14.11 – Periodo de amortización de la instalación térmica de refrigeración propuesta.

Instalación térmica de refrigeración			
Inversión (€)		Coste anual por consumo energético (€/año)	
Inicial	Propuesta	Inicial	Propuesta
1778.36	2138	57.07	2.77
Sobreinversión (€)		Ahorro económico (€/año)	
359.64		54.3	
Periodo de amortización (años)			
6.62 (6 años y 8 meses)			

## **15 Resumen de las mejoras propuestas y de los resultados obtenidos.**

## 16 Conclusiones.

Tras finalizar el estudio sobre la implementación de sistemas energéticos para alcanzar los criterios exigidos a edificios de consumo energético casi nulo en una vivienda, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

Mediante la incorporación de mejoras en la edificación que aprovechen la energía solar de forma pasiva, es decir, implementando criterios basados en la arquitectura bioclimática, es posible reducir la demanda energética de la vivienda a valores casi nulos. Así, se puede obtener una vivienda cuya demanda energética quede cubierta por instalaciones térmicas que presentan un consumo de energía final mínimo.

Con el objetivo de cubrir la mínima demanda energética alcanzada mediante la implementación de las mejoras propuestas, se estudian instalaciones térmicas de alta eficiencia y alimentadas mediante energía procedente de fuentes renovables. De esta forma, se logra reducir drásticamente el consumo de energía primaria no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub>, contribuyendo a frenar el calentamiento global y la dependencia energética de los combustibles fósiles.

Las mejoras que se propongan para aumentar la eficiencia energética de los edificios deben ser económicamente viables, además de energéticamente eficientes. Es importante determinar el periodo de amortización de las mejoras estudiadas, ya que si es superior al periodo de vida útil del elemento que constituye la mejora, no será viable su implementación.

Una vez que se consigue reducir la demanda energética de climatización a valores mínimos, no es viable utilizar sistemas como instalaciones solares térmicas o instalaciones fotovoltaicas para cubrir las necesidades térmicas de la vivienda, ya que suponen una inversión demasiado elevada en comparación con el gasto anual en consumo de energía final, dando lugar a un periodo de amortización excesivo.

Uno de los parámetros de mayor influencia en los estudios energéticos en la edificación es el clima. Ya que, dependiendo de las condiciones del entorno, será necesario potenciar unas medidas u otras. Así, mejoras energéticas que resulten muy eficientes en climas fríos, serán contraproducentes en climas cálidos. Por lo que, todo estudio de eficiencia energética debe desarrollarse en función de las condiciones climáticas correspondientes al emplazamiento del edificio de estudio.

El método utilizado para determinar la calificación energética de los edificios es insuficiente, ya que únicamente considera dos criterios: el consumo de energía primaria no renovable y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Por lo que, si las instalaciones térmicas de un edificio utilizan energía renovable, aunque la demanda energética del edificio sea exageradamente elevada por no ser estructuralmente eficiente desde un punto de vista térmico, le corresponderá una calificación energética tipo A.

## 17 Bibliografía.

E. Mazria. Energía solar pasiva.1983.

J. Neila. Arquitectura bioclimática en un entorno sostenible: buenas prácticas edificatorias.2000.

Guía de Rehabilitación Energética de Edificios de Viviendas. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid.

Guía de renovación de aire eficiente en el sector residencial. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid.

Guía del Estándar Passivhaus: Edificios de consumo energético casi nulo. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid.

Guía sobre Materiales Aislantes y Eficiencia Energética. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid.

Guía Técnica: "Ahorro y recuperación de energía en instalaciones de climatización". Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios: Soluciones de Aislamiento con Vidrios y Cerramientos. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

Manual práctico de soluciones constructivas bioclimáticas para la arquitectura contemporánea. Junta de Castilla y León.

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). [www.aemet.es](http://www.aemet.es)

Asociación Española de valorización energética de la biomasa. [www.avebiom.org](http://www.avebiom.org)

Beyond Sustainable. [www.beyondsustainable.net](http://www.beyondsustainable.net)

BIOURB-Diversidad bioconstructiva. [www.biourb.net](http://www.biourb.net)

Calor y frío. [www.caloryfrio.com](http://www.caloryfrio.com)

Certificados Energéticos. [www.certificadosenergeticos.com](http://www.certificadosenergeticos.com)

Click Renovables. [www.clickrenovables.com](http://www.clickrenovables.com)

Código Técnico de la Edificación. [www.codigotecnico.org](http://www.codigotecnico.org)

Efinovatic. [www.efinovatic.es](http://www.efinovatic.es)

El periódico de la energía. [www.elperiodicodelaenergia.com](http://www.elperiodicodelaenergia.com)

Energía y Minería en Castilla y León. [www.energia.jcyl.es](http://www.energia.jcyl.es)

ENERGIEHAUS EDIFICIOS PASIVOS. [www.energiehaus.es](http://www.energiehaus.es)

Escuela de Organización Industrial. [www.eoi.es](http://www.eoi.es)

IBERDROLA. [www.iberdrola.es](http://www.iberdrola.es)

IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. [www.idae.es](http://www.idae.es)

Ingemecánica. [www.ingemecanica.com](http://www.ingemecanica.com)

Instalaciones y eficiencia energética. [www.instalacionesyeficienciaenergetica.com](http://www.instalacionesyeficienciaenergetica.com)

Ovacen. [www.ovacen.com](http://www.ovacen.com)

Passipedia: The Passive House Resource. [www.passipedia.org](http://www.passipedia.org)

Plataforma Edificación Passivhaus. [www.plataforma-pep.org](http://www.plataforma-pep.org)

Plataforma para un nuevo modelo energético. [www.nuevomodeloenergetico.org](http://www.nuevomodeloenergetico.org)

Probico Arquitectura Studio. [www.probicosl.com](http://www.probicosl.com)

Promateriales de construcción y arquitectura actual. [www.promateriales.com](http://www.promateriales.com)

Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios. Ministerio de Industria Energía y Turismo. [www.minetur.gob.es](http://www.minetur.gob.es)

S.LOW.ENERGY: Plataforma para sostenibilidad de la energía en España.  
[www.tecno.sostenibilidad.org](http://www.tecno.sostenibilidad.org)

Schneider Electric. [www.schneiderelectric.es](http://www.schneiderelectric.es)



## ANEXO I: CÁLCULOS

1. Demanda energética de climatización inicial de la vivienda. ....	110
2. Demanda térmica inicial de la vivienda.. ....	111
3. Demanda energética de climatización de la vivienda con mejoras en la envolvente térmica. ....	112
4. Demanda energética de climatización de la vivienda con mejoras en la envolvente térmica y con muro trombe. ....	113
5. Demanda energética de climatización de la vivienda con mejoras en la envolvente térmica y con galería acristalada. ....	114
6. Demanda energética de climatización de la vivienda con mejoras en la envolvente térmica y con zona tampón. ....	115
7. Demanda energética de climatización e la vivienda con las mejoras pasivas implementadas de forma conjunta. ....	116
8. Demanda energética de climatización de la vivienda con las mejoras pasivas implementadas de forma conjunta y con el recuperador de calor. ....	117
9. Demanda térmica de la vivienda con las mejoras orientadas a reducir su demanda energética de climatización.....	118
10. Certificación energética inicial de la vivienda. ....	120
11. Certificación energética de la vivienda con las mejoras propuestas.....	128

# 1. Demanda energética de climatización inicial de la vivienda.

## 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{cal,edificio} = 33.19 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 41.8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{cal,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 135.12 m<sup>2</sup>.

$$D_{ref,edificio} = 11.03 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{ref,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$		$D_{cal,base}$ (kWh (m <sup>2</sup> ·año))	$F_{cal,sup}$	$D_{cal,lim}$ (kWh (m <sup>2</sup> ·año))	$D_{ref}$		$D_{ref,lim}$ (kWh (m <sup>2</sup> ·año))
		(kWh /año)	(kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))				(kWh /año)	(kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))	
Vivienda unifamiliar	135.12	4484.4	33.2	27	2000	41.8	1490.1	11.0	15.0
	<b>135.12</b>	4484.4	<b>33.2</b>	27	2000	<b>41.8</b>	1490.1	<b>11.0</b>	<b>15.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 2. Demanda térmica inicial de la vivienda.

### 1.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS

#### Refrigeración

Conjunto: Viv													
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m <sup>2</sup> )	Sensible (W)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Salón	Planta baja	3628.68	255.89	325.67	4389.56	4466.32	64.80	-66.58	-3.44	139.87	4322.98	1102.53	4462.89
Dormitorio1	Planta baja	958.52	135.42	170.31	1236.16	1274.54	36.00	67.04	89.85	86.17	1303.19	1338.65	1364.38
Baño1	Planta baja	0.00	425.01	634.35	480.27	710.54	54.00	-5.86	35.97	217.61	474.41	529.58	746.51
Cocina	Planta baja	2.90	496.67	929.30	564.51	1040.41	60.80	-6.60	40.50	140.93	557.91	742.47	1080.91
Pasillo1	Planta baja	0.00	10.67	10.67	12.06	12.06	0.00	0.00	0.00	3.74	12.06	6.97	12.06
Hall	Planta baja	72.03	16.79	16.79	100.37	100.37	0.00	0.00	0.00	16.26	100.37	100.37	100.37
Zona de lavado	Planta baja	2.32	421.44	630.78	478.85	709.13	54.00	-5.86	35.97	236.75	472.99	538.82	745.10
Dormitorio2	Planta 1	714.68	122.42	157.31	945.92	984.30	36.00	67.04	89.85	84.94	1012.96	1068.36	1074.14
Dormitorio3	Planta 1	714.71	119.87	154.76	943.07	981.45	36.00	67.04	89.85	89.12	1010.11	1063.42	1071.29
Baño2	Planta 1	16.24	473.27	682.61	553.14	783.41	54.00	-5.86	35.97	112.86	547.28	651.04	819.38
Pasillo2	Planta 1	33.56	18.44	18.44	58.76	58.76	0.00	0.00	0.00	8.66	58.76	58.76	58.76
Salón	Planta 1	54.56	0.00	0.00	61.66	61.66	0.00	0.00	0.00	2.46	61.66	24.05	61.66
<b>Total</b>							<b>395.6</b>			<b>Carga total simultánea</b>		<b>7225.0</b>	

#### Calefacción

Conjunto: Viv							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m <sup>2</sup> )	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Salón	Planta baja	1038.65	64.80	540.08	49.48	1578.73	1578.73
Dormitorio1	Planta baja	447.47	36.00	300.04	47.21	747.52	747.52
Baño1	Planta baja	12.08	54.00	450.07	134.72	462.14	462.14
Cocina	Planta baja	137.65	60.80	506.74	84.01	644.39	644.39
Pasillo1	Planta baja	46.40	0.00	0.00	14.38	46.40	46.40
Hall	Planta baja	607.89	0.00	0.00	98.47	607.89	607.89
Zona de lavado	Planta baja	65.32	54.00	450.07	163.76	515.39	515.39
Dormitorio2	Planta 1	463.28	36.00	300.04	60.36	763.32	763.32
Dormitorio3	Planta 1	428.56	36.00	300.04	60.61	728.60	728.60
Baño2	Planta 1	213.44	54.00	450.07	91.39	663.50	663.50
Pasillo2	Planta 1	192.55	0.00	0.00	28.39	192.55	192.55
Salón	Planta 1	420.38	0.00	0.00	16.80	420.38	420.38
<b>Total</b>			<b>395.6</b>	<b>Carga total simultánea</b>		<b>7370.8</b>	

### 3. Demanda energética de climatización de la vivienda con mejoras en la envolvente térmica.

#### 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

##### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{\text{cal,edificio}} = 13.51 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{cal,lim}} = D_{\text{cal,base}} + F_{\text{cal,sup}}/S = 41.8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{\text{cal,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 135.12 m<sup>2</sup>.

$$D_{\text{ref,edificio}} = 1.08 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{ref,lim}} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{\text{ref,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

##### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{\text{cal}}$ (kWh/ /año)		$D_{\text{cal,base}}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{\text{cal,sup}}$	$D_{\text{cal,lim}}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{\text{ref}}$ (kWh/ /año)		$D_{\text{ref,lim}}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	135.12	1824.1	13.5	27	2000	41.8	145.9	1.08	15.0
	<b>135.12</b>	1824.1	<b>13.5</b>	27	2000	<b>41.8</b>	145.9	<b>1.08</b>	<b>15.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{\text{cal}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 4. Demanda energética de climatización de la vivienda con mejoras en la envolvente térmica y con muro trombe.

### 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

#### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{cal,edificio} = 4.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 41.8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{cal,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 135.11 m<sup>2</sup>.

$$D_{ref,edificio} = 14.6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{ref,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

#### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$ (kWh/ /año)	$D_{cal,base}$ (kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))	$F_{cal,sup}$	$D_{cal,lim}$ (kWh/ /(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{ref}$ (kWh/ /año)	$D_{ref,lim}$ (kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))	$D_{ref,lim}$ (kWh/ /(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	135.11	540.5	4.0	2000	41.8	1972.8	14.6	15.0
	<b>135.11</b>	<b>540.5</b>	<b>4.0</b>	<b>2000</b>	<b>41.8</b>	<b>1972.8</b>	<b>14.6</b>	<b>15.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 5. Demanda energética de climatización de la vivienda con mejoras en la envolvente térmica y con galería acristalada.

### 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

#### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{cal,edificio} = 8.99 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 41.8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{cal,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 135.12 m<sup>2</sup>.

$$D_{ref,edificio} = 1.04 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{ref,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

#### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$ (kWh/año)	$D_{cal}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{cal,base}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{cal,sup}$	$D_{cal,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{ref}$ (kWh/año)	$D_{ref}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{ref,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	135.12	1214.9	9.0	27	2000	41.8	140.5	1.04	15.0
	<b>135.12</b>	1214.9	<b>9.0</b>	27	2000	<b>41.8</b>	140.5	<b>1.04</b>	<b>15.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 6. Demanda energética de climatización de la vivienda con mejoras en la envolvente térmica y con zona tampón.

### 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

#### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{cal,edificio} = 12.12 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 41.8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{cal,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 135.12 m<sup>2</sup>.

$$D_{ref,edificio} = 1.07 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{ref,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

#### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$ (kWh/año)	$D_{cal}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{cal,base}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{cal,sup}$	$D_{cal,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{ref}$ (kWh/año)	$D_{ref}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{ref,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	135.12	1638.4	12.1	27	2000	41.8	144.6	1.07	15.0
	<b>135.12</b>	1638.4	<b>12.1</b>	27	2000	<b>41.8</b>	144.6	<b>1.07</b>	<b>15.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 7. Demanda energética de climatización de la vivienda con las mejoras pasivas implementadas de forma conjunta.

### 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

#### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{cal,edificio} = 7.89 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 41.8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{cal,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 135.12 m<sup>2</sup>.

$$D_{ref,edificio} = 1.04 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{ref,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

#### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$ (kWh/año)	$D_{cal}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{cal,base}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{cal,sup}$	$D_{cal,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{ref}$ (kWh/año)	$D_{ref}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{ref,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	135.12	1065.4	7.9	27	2000	41.8	140.5	1.04	15.0
	<b>135.12</b>	1065.4	<b>7.9</b>	27	2000	<b>41.8</b>	140.5	<b>1.04</b>	<b>15.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).



## 8. Demanda energética de climatización de la vivienda con las mejoras pasivas implementadas de forma conjunta y con el recuperador de calor.

### 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

#### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{cal,edificio} = 1.20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 41.8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{cal,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 135.12 m<sup>2</sup>.

$$D_{ref,edificio} = 0.83 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{ref,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

#### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$		$D_{cal,base}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{cal,sup}$	$D_{cal,lim}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{ref}$		$D_{ref,lim}$ (kWh /(m <sup>2</sup> ·año))
		(kWh /año)	(kWh/ m <sup>2</sup> ·a)				(kWh /año)	(kWh/ m <sup>2</sup> ·a)	
Vivienda unifamiliar	135.12	162.2	1.2	27	2000	41.8	112.2	0.8	15.0
	<b>135.12</b>	162.2	<b>1.2</b>	27	2000	<b>41.8</b>	112.2	<b>0.8</b>	<b>15.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 27 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 2000.

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 9. Demanda térmica de la vivienda con las mejoras orientadas a reducir su demanda energética de climatización.

### 1.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS

#### Refrigeración

Conjunto: Viv													
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructural (W)	Sensible interior (W)	Total interior (W)	Sensible (W)	Total (W)	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Sensible (W)	Carga total (W)	Por superficie (W/m <sup>2</sup> )	Sensible (W)	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Salón	Planta baja	8.20	483.26	692.60	555.35	785.62	64.80	-7.03	-2.21	24.55	548.32	783.41	783.41
Dormitorio1	Planta baja	54.37	219.40	254.29	309.36	347.74	36.00	5.61	7.47	22.43	314.98	320.79	355.21
Baño1	Planta baja	0.00	87.81	122.70	99.22	137.60	0.00	0.00	0.00	40.11	99.22	137.60	137.60
Cocina	Planta baja	0.00	445.68	878.31	503.61	979.51	0.00	0.00	0.00	127.71	503.61	979.51	979.51
Pasillo1	Planta baja	-1.02	16.51	16.51	17.51	17.51	0.00	0.00	0.00	5.43	17.51	11.59	17.51
Hall	Planta baja	31.60	28.11	28.11	67.48	67.48	0.00	0.00	0.00	10.93	67.48	25.44	67.48
Zona de lavado	Planta baja	0.00	86.91	121.80	98.20	136.58	0.00	0.00	0.00	43.40	98.20	136.58	136.58
Dormitorio2	Planta 1	42.51	188.95	223.84	261.56	299.94	36.00	5.61	7.47	24.31	267.17	304.69	307.41
Dormitorio3	Planta 1	6.38	196.44	266.22	229.18	305.94	36.00	-3.91	-1.23	25.35	225.28	303.21	304.71
Baño2	Planta 1	4.69	103.26	138.15	121.98	160.36	0.00	0.00	0.00	22.09	121.98	155.33	160.36
Pasillo2	Planta 1	2.99	34.72	34.72	42.61	42.61	0.00	0.00	0.00	6.28	42.61	27.05	42.61
Salón	Planta 1	22.70	0.00	0.00	25.66	25.66	0.00	0.00	0.00	1.03	25.66	11.63	25.66
<b>Total</b>						<b>172.8</b>	<b>Carga total simultánea</b>				<b>3196.8</b>		

**Calefacción**

<b>Conjunto: Viv</b>							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (W)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Carga total (W)	Por superficie (W/m <sup>2</sup> )	Máxima simultánea (W)	Máxima (W)
Salón	Planta baja	393.79	64.80	51.85	13.97	445.64	445.64
Dormitorio1	Planta baja	196.02	36.00	28.80	14.20	224.83	224.83
Baño1	Planta baja	7.95	0.00	0.00	2.32	7.95	7.95
Cocina	Planta baja	42.90	0.00	0.00	5.59	42.90	42.90
Pasillo1	Planta baja	27.93	0.00	0.00	8.66	27.93	27.93
Hall	Planta baja	360.79	0.00	0.00	58.57	360.79	360.79
Zona de lavado	Planta baja	19.56	0.00	0.00	6.22	19.56	19.56
Dormitorio2	Planta 1	214.94	36.00	28.80	19.27	243.74	243.74
Dormitorio3	Planta 1	195.52	36.00	28.80	18.67	224.32	224.32
Baño2	Planta 1	116.96	0.00	0.00	16.11	116.96	116.96
Pasillo2	Planta 1	93.24	0.00	0.00	13.75	93.24	93.24
Salón	Planta 1	215.74	0.00	0.00	8.62	215.74	215.74
<b>Total</b>			<b>172.8</b>	<b>Carga total simultánea</b>		<b>2023.6</b>	

**2.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE RECINTOS**

<b>Refrigeración</b>		
Conjunto	Potencia por superficie (W/m <sup>2</sup> )	Potencia total (W)
Viv	23.7	3196.8

<b>Calefacción</b>		
Conjunto	Potencia por superficie (W/m <sup>2</sup> )	Potencia total (W)
Viv	15.0	2023.6

## **10. Certificación energética inicial de la vivienda.**















## **11. Certificación energética de la vivienda con las mejoras propuestas.**

















## ANEXO II: PLANOS

<b>Alzados vivienda .....</b>	<b>1</b>
<b>Plantas vivienda.....</b>	<b>1</b>
<b>Alzados vivienda con galería y garaje .....</b>	<b>1</b>
<b>Plantas vivienda con galería y garaje.....</b>	<b>1</b>









## **ANEXO III: PRESUPUESTO**

<b>1. Presupuesto de construcción de envolvente térmica inicial. ....</b>	<b>138</b>
<b>2. Presupuesto de instalación de caldera de gas natural .....</b>	<b>144</b>
<b>3. Presupuesto de de instalación solar térmica. ....</b>	<b>145</b>
<b>4. Presupuesto de de instalación de aire acondicionado. ....</b>	<b>146</b>
<b>5. Presupuesto de construcción de envolvente térmica con mejoras propuestas. ....</b>	<b>147</b>
<b>6. Presupuesto de construcción de galería acristalada. ....</b>	<b>153</b>
<b>7. Presupuesto de construcción envolvente térmica inicial. ....</b>	<b>154</b>



# 1. Presupuesto de construcción envolvente térmica inicial.

## 1.1.- FACHADAS

1.1.1	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Enfoscado maestreado y fratasado, de 20 mm de espesor en toda su superficie, con mortero de cemento y arena de río M15 según UNE-EN 998-2, sobre paramentos verticales, con maestras cada metro, i/preparación y humedecido de soporte, limpieza, medios auxiliares con empleo, en su caso, de andamiaje homologado, así como distribución de material en tajos y p.p. de costes indirectos.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total		180,1				180,100	
						180,100	180,100
				<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>180,100</b>	<b>10,25</b>	<b>1.846,03</b>
1.1.2	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Fábrica de 1 pie de espesor de ladrillo hueco doble de 25x12x9 cm, sentado con mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río M5 según UNE-EN 998-2, para posterior terminación, i/p.p. de roturas, replanteo, aplomado y nivelación según CTE/DB-SE-F.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [180.1]						180,100	
						180,100	180,100
				<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>180,100</b>	<b>20,98</b>	<b>3.778,50</b>
1.1.3	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Fábrica de 1 pie de espesor de ladrillo hueco doble de 25x12x9 cm, sentado con mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río M5 según UNE-EN 998-2, para posterior terminación, i/p.p. de roturas, replanteo, aplomado y nivelación según CTE/DB-SE-F.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [180.1]						180,100	
						180,100	180,100
				<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>180,100</b>	<b>20,98</b>	<b>3.778,50</b>
1.1.4	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Tendido de yeso grueso YG de 15 mm de espesor sobre superficies verticales, i/formación de rincones, aristas y otros remates, guardavivos de chapa galvanizada, distribución de material en planta, limpieza posterior de los tajos, medios auxiliares y p.p. de costes indirectos, s/NTE/RPG-8.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [180.1]						180,100	
						180,100	180,100
				<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>180,100</b>	<b>4,95</b>	<b>891,50</b>
1.1.5	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Aislamiento de cámara de aire con placa rígida de poliestireno extruido WALLMATE CW de 50 mm de espesor, perfectamente colocado.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal

TOTAL	180,1				180,100			
					180,100		180,100	
				<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>180,100</b>	<b>14,20</b>	<b>2.557,42</b>	
<b>1.1.6</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup>. Aislamiento de cámara de aire con placa rígida de poliestireno extruido WALLMATE CW de 50 mm de espesor, perfectamente colocado.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
TOTAL	180,1					180,100		
						180,100	180,100	
				<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>180,100</b>	<b>14,20</b>	<b>2.557,42</b>	
<b>Total subcapítulo 1.1.- FACHADAS:</b>							<b>15.409,37</b>	
<b>1.2.- FS</b>								
<b>1.2.1</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup>. Revestimiento de paramento con friso de madera MDF laminada, de 10 mm de espesor, totalmente colocado sobre rastreles, i/ barnizado o pintado y remate superior y esquinas en cantonera del mismo material y limpieza y p.p. de costes indirectos.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [71.39]						71,390		
						71,390	71,390	
				<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>71,390</b>	<b>20,71</b>	<b>1.478,49</b>	
<b>1.2.2</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup>. Enlucido fino realizado con pasta de cemento de alta resistencia, sobre superficies enfoscadas aún no endurecidas, hasta conseguir un acabado totalmente liso, i/medios auxiliares, distribución del material en tajo y p.p. de costes indirectos.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [71.39]						71,390		
						71,390	71,390	
				<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>71,390</b>	<b>2,22</b>	<b>158,49</b>	
<b>1.2.3</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup>. Forjado 17+5 cm, formado a base de semiviguetas de hormigón pretensado, separadas 70 cm entre ejes, bovedilla de 60x25x17 cm y capa de compresión de 5 cm de HA-25/P/20/ Ila N/mm<sup>2</sup>, con tamaño máximo del árido de 20 mm, elaborado en central, con p.p. de zunchos, i/armadura con acero B-500 S en refuerzo de zona de negativos (3,36 kg/m<sup>2</sup>), conectores y mallazo de reparto, encofrado y desencofrado, totalmente terminado según EHE-08. (Carga total 650 kg/m<sup>2</sup>).</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [71.39]						71,390		
						71,390	71,390	
				<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>71,390</b>	<b>36,81</b>	<b>2.627,87</b>	

1.2.4	<b>M<sup>2</sup></b>	<p>Suministro y colocación de aislamiento por el interior en cerramiento de doble hoja de fábrica para revestir formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión <math>\geq 300</math> kPa, resistencia térmica <math>1,8 \text{ m}^2\text{K/W}</math>, conductividad térmica <math>0,034 \text{ W/(mK)}</math>, fijado con pelladas de adhesivo cementoso. Incluso p/p de cortes, adhesivo de colocación y limpieza.</p> <p>Incluye: Corte y preparación del aislamiento. Colocación del aislamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>								
		<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">Uds.</td> <td style="width: 15%;">Largo</td> <td style="width: 15%;">Ancho</td> <td style="width: 15%;">Alto</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: right;">Parcial</td> <td style="width: 15%; text-align: right;">Subtotal</td> </tr> </table>		Uds.	Largo	Ancho	Alto		Parcial	Subtotal
	Uds.	Largo	Ancho	Alto		Parcial	Subtotal			
total [71.39]		71,390								
		71,390								
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>71,390</b>	<b>18,09</b>			<b>1.291,45</b>			

1.2.5	<b>M<sup>2</sup></b>	<p>Suministro y colocación de aislamiento por el interior en cerramiento de doble hoja de fábrica para revestir formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión <math>\geq 300</math> kPa, resistencia térmica <math>1,8 \text{ m}^2\text{K/W}</math>, conductividad térmica <math>0,034 \text{ W/(mK)}</math>, fijado con pelladas de adhesivo cementoso. Incluso p/p de cortes, adhesivo de colocación y limpieza.</p> <p>Incluye: Corte y preparación del aislamiento. Colocación del aislamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>								
		<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">Uds.</td> <td style="width: 15%;">Largo</td> <td style="width: 15%;">Ancho</td> <td style="width: 15%;">Alto</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: right;">Parcial</td> <td style="width: 15%; text-align: right;">Subtotal</td> </tr> </table>		Uds.	Largo	Ancho	Alto		Parcial	Subtotal
	Uds.	Largo	Ancho	Alto		Parcial	Subtotal			
total [71.39]		71,390								
		71,390								
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>71,390</b>	<b>18,09</b>			<b>1.291,45</b>			
		<b>Total subcapítulo 1.2.- FS:</b>					<b>6.847,75</b>			

### 1.3.- CUB1

1.3.1	<b>M<sup>2</sup></b>	<p>m<sup>2</sup>. Cubierta de cobre, sobre soporte base de hormigón o madera (no incluido), conformada por los siguientes elementos: chapa de zincitanio natural de 0,8 mm de espesor (s/UNE 37-301) y 700 mm de ancho, perfilada (anchura final de la banda una vez perfilada 630mm), doblados los bordes longitudinales de chapas contiguas en ángulo recto con altura de 30 y 40 mm y engatillado posterior de bordes, i/fijación a la base soporte por medio de patillas de anclaje, conformado de limas, caballetes, quiebros,... etc., pequeño material de clavazón y medios auxiliares.</p>								
		<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%;">Uds.</td> <td style="width: 15%;">Largo</td> <td style="width: 15%;">Ancho</td> <td style="width: 15%;">Alto</td> <td style="width: 15%;"></td> <td style="width: 15%; text-align: right;">Parcial</td> <td style="width: 15%; text-align: right;">Subtotal</td> </tr> </table>		Uds.	Largo	Ancho	Alto		Parcial	Subtotal
	Uds.	Largo	Ancho	Alto		Parcial	Subtotal			
TOTAL		7,76								
		7,760								
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>7,760</b>	<b>53,54</b>			<b>415,47</b>			

1.3.2	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Revestimiento de paramento con friso de madera MDF laminada, de 10 mm de espesor, totalmente colocado sobre rastreles, i/ barnizado o pintado y remate superior y esquinas en cantonera del mismo material y limpieza y p.p. de costes indirectos.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [7.76]							7,760	
							7,760	7,760
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>					<b>7,760</b>	<b>20,71</b>	<b>160,71</b>	
1.3.3	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Aislamiento de cámara de aire con placa rígida de poliestireno extruido WALLMATE CW de 40 mm de espesor, perfectamente colocado.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
TOTAL							7,76	
							7,760	7,760
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>					<b>7,760</b>	<b>11,62</b>	<b>90,17</b>	
<b>Total subcapítulo 1.3.- CUB1:</b>								<b>756,52</b>

**1.4.- CUB2**

1.4.1	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Cubierta de pizarra, de mediana dificultad de trazado y ejecución, conformada por los siguientes elementos: faldón inclinado constituido por entarimado de tabla de 23 mm, canto liso, clavada sobre cabrios o parecillos estructurales (no incluidos estos); cobertura de pizarra de 30x20 cm, calidad económica, fijada con puntas o ganchos clavados a la tarima, por hiladas paralelas al alero, i/p.p. de piezas especiales, material de anclaje, formación de limas con acabado de pizarra, plancha de zinc de 0.65 mm de espesor en limas, quiebros, cumbreras, ...etc., y cualquier tipo de medio auxiliar.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
TOTAL							71,4	
							71,400	71,400
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>					<b>71,400</b>	<b>42,10</b>	<b>3.005,94</b>	
1.4.2	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Revestimiento de paramento con friso de madera MDF laminada, de 10 mm de espesor, totalmente colocado sobre rastreles, i/ barnizado o pintado y remate superior y esquinas en cantonera del mismo material y limpieza y p.p. de costes indirectos.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	

total [71.4]					71,400		
					71,400	71,400	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,400</b>	<b>20,71</b>	<b>1.478,69</b>		
<b>1.4.3</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>Suministro y colocación de aislamiento por el interior en cerramiento de doble hoja de fábrica para revestir formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión &gt;= 300 kPa, resistencia térmica 1,8 m<sup>2</sup>K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK), fijado con pelladas de adhesivo cementoso. Incluso p/p de cortes, adhesivo de colocación y limpieza.</b>					
		<b>Incluye: Corte y preparación del aislamiento. Colocación del aislamiento.</b>					
		<b>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</b>					
		<b>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b>					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.4]					71,400		
					71,400	71,400	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,400</b>	<b>18,09</b>	<b>1.291,63</b>		
<b>1.4.4</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>Suministro y colocación de aislamiento por el interior en cerramiento de doble hoja de fábrica para revestir formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión &gt;= 300 kPa, resistencia térmica 1,8 m<sup>2</sup>K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK), fijado con pelladas de adhesivo cementoso. Incluso p/p de cortes, adhesivo de colocación y limpieza.</b>					
		<b>Incluye: Corte y preparación del aislamiento. Colocación del aislamiento.</b>					
		<b>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</b>					
		<b>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</b>					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.4]					71,400		
					71,400	71,400	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,400</b>	<b>18,09</b>	<b>1.291,63</b>		
<b>1.4.5</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup>. Forjado 17+5 cm, formado a base de semiviguetas de hormigón pretensado, separadas 70 cm entre ejes, bovedilla de 60x25x17 cm y capa de compresión de 5 cm de HA-25/P/20/ Ila N/mm<sup>2</sup>, con tamaño máximo del árido de 20 mm, elaborado en central, con p.p. de zunchos, i/armadura con acero B-500 S en refuerzo de zona de negativos (3,36 kg/m<sup>2</sup>), conectores y mallazo de reparto, encofrado y desencofrado, totalmente terminado según EHE-08. (Carga total 650 kg/m<sup>2</sup>).</b>					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.4]					71,400		
					71,400	71,400	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,400</b>	<b>36,81</b>	<b>2.628,23</b>		

1.4.6 M<sup>2</sup> m<sup>2</sup>. Enfoscado maestreado y fratasado, de 20 mm de espesor en toda su superficie, con mortero de cemento y arena de río M15 según UNE-EN 998-2, sobre paramentos verticales, con maestras cada metro, i/preparación y humedecido de soporte, limpieza, medios auxiliares con empleo, en su caso, de andamiaje homologado, así como distribución de material en tajos y p.p. de costes indirectos.

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total	71,4				71,400	
					71,400	71,400
				<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>	<b>71,400</b>	<b>10,25</b>
						<b>731,85</b>
						<b>Total subcapítulo 1.4.- CUB2:</b>
						<b>10.427,97</b>
						<b>Total presupuesto parcial nº 1 CERRAMIENTOS :</b>
						<b>33.441,61</b>

## 2. Presupuesto de instalación de caldera de gas natural.

ICG232 Ud Caldera a gas, doméstica, de condensación, mural, para calefacción y A.C.S.

2.440,77€

Caldera mural de condensación a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea con microacumulación, cámara de combustión estanca y tiro forzado, potencia de 25 kW, caudal específico de A.C.S. según UNE-EN 625 de 14,3 l/min, dimensiones 710x400x330 mm, panel de mandos con display digital, con termostato de ambiente, comunicación digital vía bus a 2 hilos.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
mt38cmj013a	Ud	Caldera mural de condensación a gas N, para calefacción y A.C.S. instantánea con microacumulación, cámara de combustión estanca y tiro forzado, potencia de 25 kW, caudal específico de A.C.S. según UNE-EN 625 de 14,3 l/min, dimensiones 710x400x330 mm, panel de mandos con display digital, encendido electrónico y seguridad por ionización, sin llama piloto, equipamiento formado por: cuerpo de caldera, panel de control y mando, programador digital para programación semanal del circuito de calefacción y A.C.S., encastrado en el frontal de la caldera, vaso de expansión con purgador automático, kit estándar de evacuación de humos y plantilla de montaje.	1,000	2.169,38	2.169,38
mt38scj012a	Ud	Termostato de ambiente, comunicación digital vía bus a 2 hilos, con pantalla digital, alimentación a 24 V.	1,000	58,20	58,20
mt35aia010a	m	Tubo curvable de PVC, corrugado, de color negro, de 16 mm de diámetro nominal, para canalización empotrada en obra de fábrica (paredes y techos). Resistencia a la compresión 320 N, resistencia al impacto 1 julio, temperatura de trabajo -5°C hasta 60°C, con grado de protección IP 545 según UNE 20324, no propagador de la llama. Según UNE-EN 61386-1 y UNE-EN 61386-22.	8,000	0,26	2,08
mt35cun020a	m	Cable unipolar ES07Z1-K (AS), no propagador de la llama, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm <sup>2</sup> de sección, con aislamiento de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1), siendo su tensión asignada de 450/750 V. Según UNE 211025.	16,000	0,41	6,56
	Ud	Material auxiliar para instalaciones de calefacción y A.C.S.	1,000	2,10	2,10
	h	Oficial 1º calefactor.	2,760	15,83	43,69
	h	Ayudante calefactor.	2,760	14,93	41,21
	%	Medios auxiliares	2,000	2.323,22	46,46
	%	Costes indirectos	3,000	2.369,68	71,09
Coste de mantenimiento decenal: 2.318,73€ en los primeros 10 años.				Total:	2.440,77

### 3. Presupuesto de instalación solar térmica.

ICB005 Ud Captador solar térmico para instalación individual, sobre cubierta plana.

2.694,69€

Captador solar térmico completo, partido, para instalación individual, sistema Helioset "SAUNIER DUVAL", formado por interacumulador de 150 litros, para sistema de drenaje automático, eficiencia energética clase B, captador solar térmico plano de un panel SRD 2.3 V, para colocación sobre cubierta plana, montaje vertical, superficie útil 2,35 m<sup>2</sup>, con conexiones hidráulicas para sistema de drenaje automático y soporte para captador solar térmico de un panel, para colocación sobre cubierta plana, montaje vertical.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
mt38css022hc	Ud	Captador solar térmico plano de un panel SRD 2.3 V, para colocación sobre cubierta plana, montaje vertical, superficie útil 2,35 m <sup>2</sup> , con conexiones hidráulicas para sistema de drenaje automático, "SAUNIER DUVAL", rendimiento óptico 0,8, coeficiente de pérdidas primario 3,327 W/m <sup>2</sup> K, coeficiente de pérdidas secundario 0,015 W/m <sup>2</sup> K, según UNE-EN 12975-2, superficie absorbente y conductos de cobre y cubierta protectora de vidrio de seguridad.	2,000	620,00	1.240,0
mt38css020a	Ud	Interacumulador de 150 litros, para sistema de drenaje automático, eficiencia energética clase B, "SAUNIER DUVAL", con bomba de circulación solar, centralita solar térmica programable, vaina de inmersión para la sonda de temperatura, grupo de seguridad, ánodo de protección de magnesio y limitador de temperatura.	1,000	1.230,00	1.230,00
mt38css300	Ud	Bidón de 10 l de solución agua-glicol para relleno de captador solar térmico, "SAUNIER DUVAL".	1,000	40,00	40,00
mt38css602	Ud	Sonda de temperatura para captador solar térmico con conexión a centralita de control para sistema de captación solar térmica, "SAUNIER DUVAL".	1,000	20,00	20,00
mt38css601	Ud	Sonda de temperatura para acumulador con conexión a centralita de control para sistema de captación solar térmica, "SAUNIER DUVAL".	1,000	20,00	20,00
38css030j	Ud	Soporte para captador solar térmico de un panel, para colocación sobre cubierta plana, montaje vertical, "SAUNIER DUVAL".	1,000	220,00	220,00
38css035a	Ud	Tubería flexible de 10m de longitud, con aislamiento térmico, para sistema de drenaje automático, "SAUNIER DUVAL".	1,000	200,00	200,00
38css700a	Ud	Vaso de expansión cerrado, capacidad 18 l, "SAUNIER DUVAL", especial para aplicaciones de energía solar térmica.	1,000	70,00	70,00
38css700f	Ud	Vaso de expansión cerrado, capacidad 51, "SAUNIER DUVAL", especial para aplicaciones de energía solar térmica.	1,000	60,00	60,00
o009	h	Oficial 1º instalador de captadores solares.	2,760	15,83	43,69
o108	h	Ayudante instalador de captadores solares.	2,760	14,93	41,21
	%	Medios auxiliares	2,000	2.564,90	51,30
	%	Costes indirectos	3,000	2.616,20	78,49
Íste de mantenimiento decenal: 2.047,96€ en los primeros 10 años.				Total:	3287,298



## 4. Presupuesto de instalación de aire acondicionado.

ICN100 Ud Unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split.

444,59€

Unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 2,5 kW, potencia calorífica nominal 3,4 kW.

Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
mt42mhi100ca	Ud	Unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 2,5 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 3,4 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 294x798x229 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 21 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 474 m³/h, con filtro enzimático y filtro desodorizante, control inalámbrico, con programador semanal y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio).	1,000	394,88	394,88
mo005	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	0,920	15,83	14,56
mo104	h	Ayudante instalador de climatización.	0,920	14,93	13,74
	%	Medios auxiliares	2,000	423,18	8,46
	%	Costes indirectos	3,000	431,64	12,95
Coste de mantenimiento decenal: 124,49€ en los primeros 10 años.				Total:	444,59

## 5. Presupuesto de construcción de envolvente térmica con mejoras propuestas.

### 1.1.- FACHADAS

1.1.1	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Enfoscado maestreado y fratasado, de 20 mm de espesor en toda su superficie, con mortero de cemento y arena de río M15 según UNE-EN 998-2, sobre paramentos verticales, con maestras cada metro, i/preparación y humedecido de soporte, limpieza, medios auxiliares con empleo, en su caso, de andamiaje homologado, así como distribución de material en tajos y p.p. de costes indirectos.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total		180,1				180,100	
						180,100	180,100
				<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>180,100</b>	<b>10,25</b>	<b>1.846,03</b>
1.1.2	M <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> . Aislamiento mediante espuma rígida de poliuretano fabricada "in situ" por proyección sobre la cara interior o exterior del cerramiento de fachada, con una densidad de 35 kg/m <sup>3</sup> .					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
volumen [27.015]						27,015	
						27,015	27,015
				<b>Total m<sup>3</sup> .....</b>	<b>27,015</b>	<b>199,64</b>	<b>5.393,27</b>
1.1.3	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Fábrica de 1 pie de espesor de ladrillo hueco doble de 25x12x9 cm, sentado con mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río M5 según UNE-EN 998-2, para posterior terminación, i/p.p. de roturas, replanteo, aplomado y nivelación según CTE/DB-SE-F.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [180.1]						180,100	
						180,100	180,100
				<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>180,100</b>	<b>20,98</b>	<b>3.778,50</b>
1.1.4	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Fábrica de 1 pie de espesor de ladrillo hueco doble de 25x12x9 cm, sentado con mortero de cemento CEM II/A-P 32,5 R y arena de río M5 según UNE-EN 998-2, para posterior terminación, i/p.p. de roturas, replanteo, aplomado y nivelación según CTE/DB-SE-F.					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [180.1]						180,100	
						180,100	180,100
				<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>180,100</b>	<b>20,98</b>	<b>3.778,50</b>
1.1.5	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Tendido de yeso grueso YG de 15 mm de espesor sobre superficies verticales, i/formación de rincones, aristas y otros remates, guardavivos de chapa galvanizada, distribución de material en planta, limpieza posterior de los tajos, medios auxiliares y p.p. de costes indirectos, s/NTE/RPG-8.					

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [180.1]					180,100		
					180,100	180,100	
			<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>180,100</b>	<b>4,95</b>	<b>891,50</b>	
			<b>Total subcapítulo 1.1.- FACHADAS:</b>			<b>15.687,80</b>	

**1.2.- FS**

**1.2.1 M<sup>2</sup> m<sup>2</sup>. Revestimiento de paramento con friso de madera MDF laminada, de 10 mm de espesor, totalmente colocado sobre rastreles, i/ barnizado o pintado y remate superior y esquinas en cantonera del mismo material y limpieza y p.p. de costes indirectos.**

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.39]					71,390	
					71,390	71,390
			<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,390</b>	<b>20,71</b>	<b>1.478,49</b>

**1.2.2 M<sup>2</sup> m<sup>2</sup>. Enlucido fino realizado con pasta de cemento de alta resistencia, sobre superficies enfoscadas aún no endurecidas, hasta conseguir un acabado totalmente liso, i/medios auxiliares, distribución del material en tajo y p.p. de costes indirectos.**

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.39]					71,390	
					71,390	71,390
			<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,390</b>	<b>2,22</b>	<b>158,49</b>

**1.2.3 M<sup>2</sup> m<sup>2</sup>. Forjado 17+5 cm, formado a base de semiviguetas de hormigón pretensado, separadas 70 cm entre ejes, bovedilla de 60x25x17 cm y capa de compresión de 5 cm de HA-25/P/20/ Ila N/mm<sup>2</sup>, con tamaño máximo del árido de 20 mm, elaborado en central, con p.p. de zunchos, i/armadura con acero B-500 S en refuerzo de zona de negativos (3,36 kg/m<sup>2</sup>), conectores y mallazo de reparto, encofrado y desencofrado, totalmente terminado según EHE-08. (Carga total 650 kg/m<sup>2</sup>).**

	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.39]					71,390	
					71,390	71,390
			<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,390</b>	<b>36,81</b>	<b>2.627,87</b>

1.2.4	M <sup>2</sup>	<p>Suministro y colocación de aislamiento por el interior en cerramiento de doble hoja de fábrica para revestir formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión <math>\geq 300</math> kPa, resistencia térmica <math>1,8 \text{ m}^2\text{K/W}</math>, conductividad térmica <math>0,034 \text{ W/(mK)}</math>, fijado con pelladas de adhesivo cementoso. Incluso p/p de cortes, adhesivo de colocación y limpieza.</p> <p>Incluye: Corte y preparación del aislamiento. Colocación del aislamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.39]						71,390	
						71,390	71,390
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>					<b>71,390</b>	<b>18,09</b>	<b>1.291,45</b>
1.2.5	M <sup>2</sup>	<p>Suministro y colocación de aislamiento por el interior en cerramiento de doble hoja de fábrica para revestir formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión <math>\geq 300</math> kPa, resistencia térmica <math>1,8 \text{ m}^2\text{K/W}</math>, conductividad térmica <math>0,034 \text{ W/(mK)}</math>, fijado con pelladas de adhesivo cementoso. Incluso p/p de cortes, adhesivo de colocación y limpieza.</p> <p>Incluye: Corte y preparación del aislamiento. Colocación del aislamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.39]						71,390	
						71,390	71,390
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>					<b>71,390</b>	<b>18,09</b>	<b>1.291,45</b>
1.2.6	M <sup>2</sup>	<p>Suministro y colocación de aislamiento por el interior en cerramiento de doble hoja de fábrica para revestir formado por panel rígido de poliestireno extruido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 60 mm de espesor, resistencia a compresión <math>\geq 300</math> kPa, resistencia térmica <math>1,8 \text{ m}^2\text{K/W}</math>, conductividad térmica <math>0,034 \text{ W/(mK)}</math>, fijado con pelladas de adhesivo cementoso. Incluso p/p de cortes, adhesivo de colocación y limpieza.</p> <p>Incluye: Corte y preparación del aislamiento. Colocación del aislamiento.</p> <p>Criterio de medición de proyecto: Superficie medida según documentación gráfica de Proyecto.</p> <p>Criterio de medición de obra: Se medirá la superficie realmente ejecutada según especificaciones de Proyecto.</p>					
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
total [71.39]						71,390	
						71,390	71,390
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>					<b>71,390</b>	<b>18,09</b>	<b>1.291,45</b>

**Total subcapítulo 1.2.- FS: 8.139,20**

**1.3.- CUB1**

1.3.1	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Cobertura de teja plana Alicantina, color rojo, recibida con mortero de cemento y arena de río M5 según UNE-EN 998-2, i/p.p. de piezas especiales y costes indirectos.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [7.76]									
							7,760		
							7,760	7,760	
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>							<b>7,760</b>	<b>25,76</b>	<b>199,90</b>

1.3.2	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Revestimiento de paramento con friso de madera MDF laminada, de 10 mm de espesor, totalmente colocado sobre rastreles, i/ barnizado o pintado y remate superior y esquinas en cantonera del mismo material y limpieza y p.p. de costes indirectos.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [7.76]									
							7,760		
							7,760	7,760	
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>							<b>7,760</b>	<b>20,71</b>	<b>160,71</b>

1.3.3	M <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> . Aislamiento mediante espuma rígida de poliuretano fabricada "in situ" por proyección sobre la cara interior o exterior del cerramiento de fachada, con una densidad de 35 kg/m <sup>3</sup> .	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
vol total [1.24]									
							1,240		
							1,240	1,240	
<b>Total m<sup>3</sup> .....:</b>							<b>1,240</b>	<b>199,64</b>	<b>247,55</b>

1.3.4	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Tendido de yeso grueso YG de 15 mm de espesor sobre superficies verticales, i/formación de rincones, aristas y otros remates, guardavivos de chapa galvanizada, distribución de material en planta, limpieza posterior de los tajos, medios auxiliares y p.p. de costes indirectos, s/NTE/RPG-8.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [7.76]									
							7,760		
							7,760	7,760	
<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>							<b>7,760</b>	<b>4,95</b>	<b>38,41</b>

**Total subcapítulo 1.3.- CUB1: 646,57**

**1.4.- CUB2**

1.4.1	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Cobertura de teja plana Alicantina, color rojo, recibida con mortero de cemento y arena de río M5 según UNE-EN 998-2, i/p.p. de piezas especiales y costes indirectos.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
-------	----------------	---	------	-------	-------	------	---------	----------

total [71.40]						71,400		
						71,400	71,400	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,400</b>	<b>25,76</b>	<b>1.839,26</b>			
<b>1.4.2</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup>. Revestimiento de paramento con friso de madera MDF laminada, de 10 mm de espesor, totalmente colocado sobre rastreles, i/ barnizado o pintado y remate superior y esquinas en cantonera del mismo material y limpieza y p.p. de costes indirectos.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [71.4]						71,400		
						71,400	71,400	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,400</b>	<b>20,71</b>	<b>1.478,69</b>			
<b>1.4.3</b>	<b>M<sup>3</sup></b>	<b>m<sup>3</sup>. Aislamiento mediante espuma rígida de poliuretano fabricada "in situ" por proyección sobre la cara interior o exterior del cerramiento de fachada, con una densidad de 35 kg/m<sup>3</sup>.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
vol total [12.852]						12,852		
						12,852	12,852	
		<b>Total m<sup>3</sup> .....</b>	<b>12,852</b>	<b>199,64</b>	<b>2.565,77</b>			
<b>1.4.4</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup>. Forjado 17+5 cm, formado a base de semiviguetas de hormigón pretensado, separadas 70 cm entre ejes, bovedilla de 60x25x17 cm y capa de compresión de 5 cm de HA-25/P/20/ Ila N/mm<sup>2</sup>, con tamaño máximo del árido de 20 mm, elaborado en central, con p.p. de zunchos, i/armadura con acero B-500 S en refuerzo de zona de negativos (3,36 kg/m<sup>2</sup>), conectores y mallazo de reparto, encofrado y desencofrado, totalmente terminado según EHE-08. (Carga total 650 kg/m<sup>2</sup>).</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total [71.4]						71,400		
						71,400	71,400	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,400</b>	<b>36,81</b>	<b>2.628,23</b>			
<b>1.4.5</b>	<b>M<sup>2</sup></b>	<b>m<sup>2</sup>. Enfoscado maestreado y fratasado, de 20 mm de espesor en toda su superficie, con mortero de cemento y arena de río M15 según UNE-EN 998-2, sobre paramentos verticales, con maestras cada metro, i/preparación y humedecido de soporte, limpieza, medios auxiliares con empleo, en su caso, de andamiaje homologado, así como distribución de material en tajos y p.p. de costes indirectos.</b>						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
total		71,4				71,400		
						71,400	71,400	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....</b>	<b>71,400</b>	<b>10,25</b>	<b>731,85</b>			
						<b>Total subcapítulo 1.4.- CUB2:</b>	<b>9.243,80</b>	

**Total presupuesto parcial nº 1 CERRAMIENTOS : 33.717,37**

## 6. Presupuesto de construcción de galería acristalada.

1.1	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Puerta o ventana en hojas correderas de aluminio (para una superficie mayor de 1,80 m <sup>2</sup> ) modelo con rotura de puente térmico, AR fusion C71RPT de SAPAGROUP con un ancho de marco de 71 mm y con un ancho de hoja de 28 mm en su versión a testa, medida del frente de 117 mm, con sistema de cámara europea, con espesor de perfil de 1,5 mm, variante de cerco y hojas perimetrales con unión a inglete mediante escuadras aislantes, con acristalamiento para vidrios hasta 20 mm, anodizada (15 micras) o lacado (entre 60-100 micras) en color (RAL estándar: blanco, gris...), mainel para persiana (ancho total de conjunto de carpintería+persiana 14mm), herrajes de colgar, p.p. de cerradura Tesa o similar y costes indirectos. Homologada con Clase 2 en el ensayo de permeabilidad al aire según norma UNE-EN 1026:2000. La transmitancia máxima del marco es de 4 W/m <sup>2</sup> K, y cumple en las zonas A, B, y C, según el CTE/DB-HE 1.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		marco [3.36]				3,360		
						3,360	3,360	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>				<b>3,360</b>	<b>243,86</b>	<b>819,37</b>
1.2	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Doble acristalamiento Climalit, formado por un vidrio float Planilux incoloro de 10 mm y un vidrio laminado de seguridad Stadip 66.1 incoloro de 12 mm, cámara de aire deshidratado de 10, 12 ó 16 mm con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, fijado sobre carpintería con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales y sellado en frío con silicona neutra, incluso cortes de vidrio y colocación de junquillos, segúnsegún UNE 85222:1985. Nivel de seguridad de uso según UNE EN 12600: NPD/2B2.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		vidrio [43.863]				43,863		
						43,863	43,863	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>				<b>43,863</b>	<b>93,31</b>	<b>4.092,86</b>
1.3	M <sup>2</sup>	m <sup>2</sup> . Persiana enrollable de aluminio lacado, tipo Aluminicolor de Gradhermetic, con lamas de 40x9 mm de caras planas, i/accesorios, montaje y p.p. de costes indirectos.						
		Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal	
		superficie persiana [21.54]				21,540		
						21,540	21,540	
		<b>Total m<sup>2</sup> .....:</b>				<b>21,540</b>	<b>59,29</b>	<b>1.277,11</b>
<b>Total presupuesto parcial nº 1 SUPERFICIE ACRISTALADA :</b>						<b>6.189,34</b>		





