



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCOLA TÈCNICA  
SUPERIOR  
D'ARQUITECTURA

Universitat Politècnica de València  
Escola Tècnica Superior d'Arquitectura

Captación de energía aplicada a  
una vivienda unifamiliar de consumo nulo.

Integración Arquitectónica

**Proyecto fin de carrera de:**

CARLOS PUCH VALLE

**Dirigido por:**

Jaime Langa Sanchis

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. OBJETIVO DEL PROYECTO.....	3
3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	3
3.1 DATOS DE PARTIDA.....	4
3.1.1 PARAMETROS CLIMÁTICOS.....	5
3.1.2 NORMATIVA.....	6
4. LA VIVIENDA.....	7
4.1 CONDICIONES DE DISEÑO.....	7
4.2 DISEÑO DE LA ENVOLVENTE.....	8
4.3 TRANSMITANCIA GLOBAL DE LA FACHADA.....	14
4.4 RESUMEN TRANSMITANCIAS.....	16
5. BALANCE DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS DE CALOR.....	17
5.1 DATOS DE PARTIDA (invierno).....	17
5.2 BALANCE DE CALOR EN EL MES DE DICIEMBRE.....	19
5.3 DATOS DE PARTIDA (verano).....	24
5.4 GANANCIAS EN EL MES DE AGOSTO.....	26
6. CALEFACCIÓN.....	31
6.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	31
6.2 DISEÑO DEL SISTEMA.....	32
6.3 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL PAVIMENTO.....	33
6.4 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.....	34
6.5 CAUDAL DEL AGUA.....	35
6.6 VELOCIDAD DEL AGUA.....	36
6.7 CÁLCULO DE LOS MONTANTES.....	37
6.8 CÁLCULO DEL INTERCAMBIADOR.....	40
7. AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).....	41
8. CONSUMOS ELÉCTRICOS.....	44
8.1 CÁLCULOS DE LOS CONSUMOS DEBIDOS A ELECTRODOMÉSTICOS.....	45
9. AIRE ACONDICIONADO.....	45
9.1 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS EN VENTANAS.....	48
9.2 BATERÍAS.....	50
9.3 INVERSORES.....	51
10. ESTUDIO COMPARATIVO.....	52
11. REFLEXIÓN FINAL.....	55
12. BIBLIOGRAFÍA.....	57

## 1. INTRODUCCIÓN.

La arquitectura pasiva, definida como aquella que se adapta a las condiciones climáticas de su entorno, existe desde la antigüedad. Sócrates (469-399 a.c) fue el primero en describir esta arquitectura por escrito: el megaron que propone, parte de la casa griega, pero modifica parte de su planta para darle una forma trapezoidal, y conseguir una mayor captación de energía solar en invierno y el mantenimiento de confort en verano por medio de los voladizos del porche.

Esta componente energética de lo local ha ido diluyéndose a lo largo del siglo xx, sobre todo a raíz del auge de la arquitectura del estilo internacional en la postguerra. Así, el proyecto y la ejecución de los edificios contemporáneos se han desarrollado según parámetros estéticos, funcionales y económicos, que es el marco en el cual se movía hasta ahora la libertad arquitectónica adoptada por nuestra sociedad.

Con la crisis del petróleo de la década de 1970 resurgió la preocupación por los aspectos medioambientales en la edificación, y en la actualidad se estima que el 90% de las causas del calentamiento global del planeta son las emisiones de CO<sub>2</sub>, que se derivan de actividades humanas.

En este marco de cambio climático global, destaca el papel clave del sector de la edificación. La energía necesaria para la construcción, el mantenimiento, y el uso de los edificios supone un 40% del consumo energético de la Unión Europea.

En la actualidad, el consumo de energía debido al uso de un edificio es responsable de la mayor parte de las emisiones de CO<sub>2</sub> del sector de la edificación, incluso en países con un clima suave, como el mediterráneo, la energía que se consume en calefacción refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación es la principal responsable de estas emisiones nocivas para el medioambiente.

Resulta de especial interés recuperar la relevancia de la arquitectura pasiva en la construcción o la rehabilitación de nuestros edificios, pues tiene un gran potencial de ahorro energético.

Por ello, en el presente trabajo acondicionaremos una vivienda unifamiliar situada en una zona rural de modo que no dependa de red eléctrica y pueda autoabastecerse de forma 100% renovable.

## 2. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

El presente trabajo se basará en el acondicionamiento de una vivienda patio, de dimensiones 20x20 m, con el objetivo de reducir al mínimo posible el consumo de energía.

Al mismo tiempo, se intentará captar esa energía mínima que toda vivienda necesita, mediante sistemas de captación totalmente renovables.

Así pues, para comenzar el siguiente trabajo, habrá que tener en cuenta los siguientes puntos:

- Conseguir un consumo mínimo, mediante la ejecución de sistemas constructivos que aseguren un ahorro energético.
- Introducir sistemas renovables de captación de energía, que permitan también el autoconsumo energético.
- Tener en cuenta, en los cálculos de la vivienda, todas las limitaciones que exige el modelo "Passive House".

## 3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.

La vivienda objeto de estudio se encuentra en el pueblo de Alzira, Valencia.

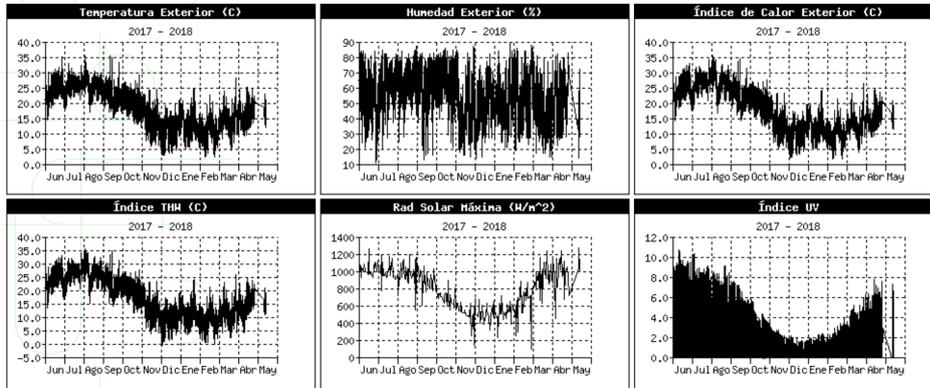
La vivienda tiene una planta en forma de L que vuelca a un patio totalmente accesible que actúa como jardín. Encontraremos un segundo patio, más pequeño que el anterior, en la zona Oeste, que sirve de desahogo para la zona de noche. Todo el programa se desarrolla en una sola planta con una altura máxima de 3 m.

La parcela tiene un Área total de 400m<sup>2</sup>, a la que se accederá a través de la cochera, situada en la zona Sur o mediante la puerta de entrada al salón situada en el lado Oeste.

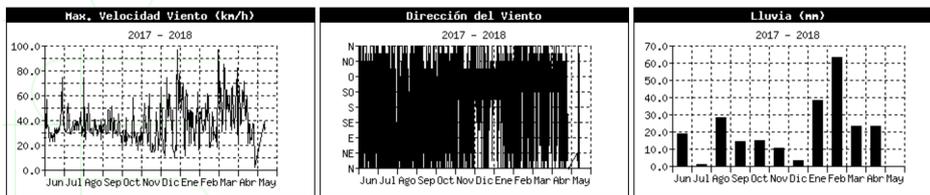
Dicha vivienda se encuentra en una zona clasificada como rural, donde todas las viviendas que hay a su alrededor son de su misma condición, viviendas unifamiliares de 1 o 2 alturas.

### 3.1 DATOS DE PARTIDA.

#### 3.1.1 Parámetros climáticos ( temperatura y precipitaciones )

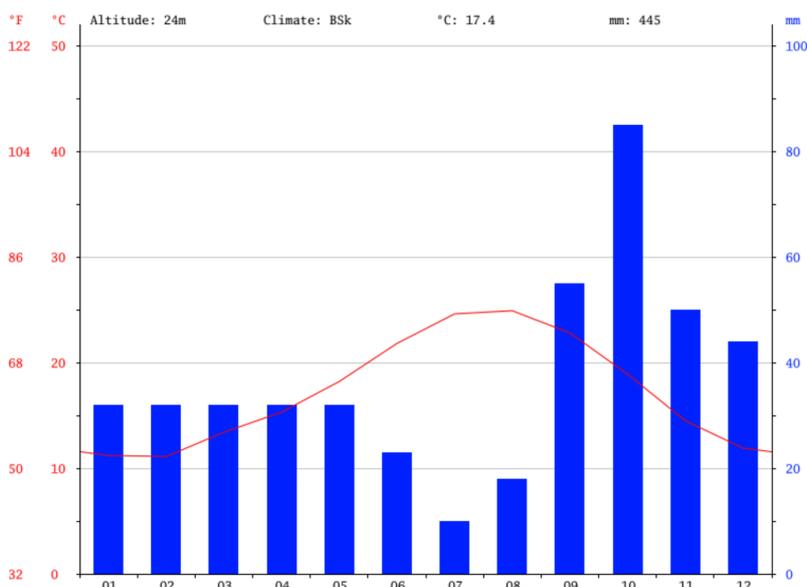


Datos de velocidad y dirección del viento, presión atmosférica y de precipitaciones



(3.1) Parámetros climáticos provincia de Valencia.

Todos estos datos los hemos encontrado en la página [www.metevalencia.es](http://www.metevalencia.es). De todos ellos, únicamente nos apoyaremos, a la hora de realizar los cálculos, en los que realmente nos importan, que son: las temperaturas, precipitaciones y los días nublados al año.



(3.2) Climograma provincia de Valencia

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	11.2	11.1	13.4	15.3	18.2	21.8	24.6	24.9	22.8	18.9	14.5	11.9
Temperatura min. (°C)	6.8	7.3	8.6	10.6	13.8	17.5	20.4	20.9	18.4	14.3	10	7.5
Temperatura máx. (°C)	15.7	15	18.3	20	22.7	26.1	28.8	29	27.3	23.5	19	16.3
Temperatura media (°F)	52.2	52.0	56.1	59.5	64.8	71.2	76.3	76.8	73.0	66.0	58.1	53.4
Temperatura min. (°F)	44.2	45.1	47.5	51.1	56.8	63.5	68.7	69.6	65.1	57.7	50.0	45.5
Temperatura máx. (°F)	60.3	59.0	64.9	68.0	72.9	79.0	83.8	84.2	81.1	74.3	66.2	61.3
Precipitación (mm)	32	32	32	32	32	23	10	18	55	85	50	44

### (3.3) Tabla temperaturas provincia de Valencia.

Con todos estos datos, observamos algo que ya sabíamos. Los meses más calurosos serán los comprendidos entre las estaciones de primavera y verano, donde se alcanzarán temperaturas máximas de hasta 30,5 °C en el mes de agosto. En cuanto a los días de lluvia, descubrimos que serán muy pocos, por lo tanto, los días totalmente nublados serán casi inexistentes durante este período de tiempo.

Por otra parte, los meses más fríos serán todos los que restan hasta completar el año. Durante este período nos enfrentaremos a temperaturas más bajas, llegando a mínimas de 6,8 °C en el mes de diciembre. En estos meses, sí se dan más días lluviosos, pero en ningún caso más de tres días seguidos.

Teniendo en cuenta todos estos datos, tenemos que elegir los sistemas de captación energética más eficientes atendiendo al tipo de vivienda y al clima en las dos situaciones del año.

### 3.1.2 Normativa.

A la hora de realizar el proyecto, he tenido que tener presente la siguiente normativa vigente:

- Código técnico de la edificación (CTE)
- Reglamento de las instalaciones térmicas de los edificios (RITE)
- Normas UNE correspondientes:
  1. Suelo radiante UNE-EN 1264:1998
  2. Colectores solares UNE-EN 12975-1:2001

Del mismo modo, que también he ido recogiendo datos de referencia en la página de las casas pasivas [www.passivehouse.org](http://www.passivehouse.org).

#### 4. LA VIVIENDA.

Antes de desarrollar una vivienda autosuficiente, es necesaria una atención previa de la orientación y los parámetros bioclimáticos de la zona. Nuestra vivienda, al encontrarse en una zona rural, sin edificaciones de gran altura a su alrededor, no se verá afectada por dichas edificaciones en la incidencia solar.



(4.1) Planta de la vivienda.

La vivienda posee un espacio continuo en la fachada norte destinado a la zona de salón-cocina, al oeste, los dormitorios y al su/este, se encuentra el patio rectangular de 10x15 metros (incluyendo cochera) que ilumina toda la vivienda. En la fachada sur se encuentra la entrada a al garaje y en la entrada oeste la peatonal

ESTANCIA	m2
Salón-cocina	74,5
Patio central	110
Patio lateral	30
Garaje	30
Estudio	30
Pasillo	12,5
Dormitorio 1	12
Dormitorio 2	12
Dormitorio 3	13
Baño 1	8
Baño 2	11
Baño 3	8

(4.2) Superficie de cada una de las estancias.

## 4.1 CONDICIONES DE DISEÑO.

Condiciones interiores:

Como condiciones de diseño de las estancias interiores, tendremos que tener en cuenta previamente a la adaptación de la vivienda, una serie de requisitos tales como, la humedad relativa, las temperaturas de confort para cada estancia, así como también requisitos de obligado cumplimiento, como pueden ser el número de ventilaciones de cada estancia.

Así pues, se adoptará para el interior de la vivienda una temperatura que oscilará entre los 21°C y 24°C según la temperatura de confort de cada una de ellas. Para conseguir mantener dichas temperaturas es necesaria la climatización de los espacios interiores, bien por medio de la calefacción o de la refrigeración, que dependerá del mes en el que nos encontremos.

Condiciones exteriores:

Las condiciones interiores están directamente relacionadas con lo que ocurra en el exterior, puesto que todos los consumos energéticos que se realicen para poder mantener los niveles de confort deseados en el interior de cada estancia tendrán que ser proporcionales a las pérdidas y ganancias provocadas por la temperatura exterior, de ese modo el flujo de calor o frío que se demandará, variará en función de la estación y día del año. Por ello, establecemos 2 valores para la temperatura exteriores, una para verano y otra para invierno, que permanecerán constantes para cada una de las dos estaciones. A estos dos valores los denominaremos temperatura exterior de diseño que corresponderá con la temperatura mínima en los meses mas fríos y la temperatura máxima en los más calurosos.

Para esta vivienda, las condiciones exteriores propias del mes de diciembre son:

- Temperatura exterior: 6,5°C

Para el mes de agosto, consideramos una temperatura media máxima de:

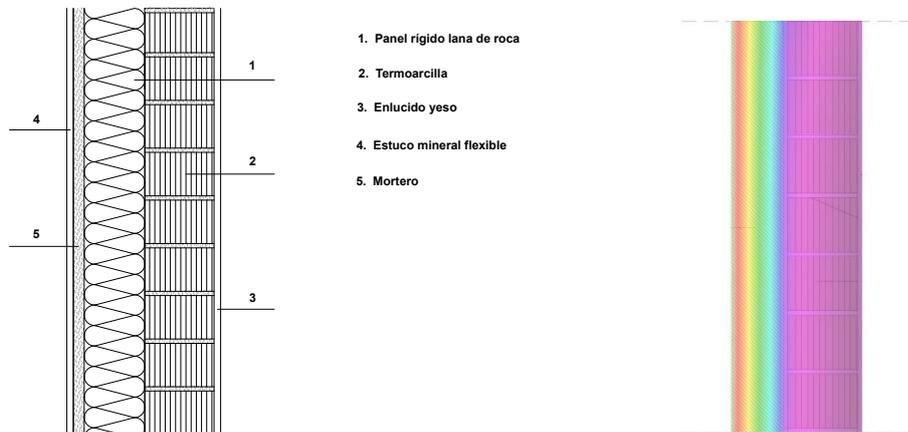
- Temperatura exterior: 30,5°C

## 4.2 DISEÑO DE LA ENVOLVENTE.

### CERRAMIENTO VERTICAL (FACHADAS)

La fachada se ha ejecutado con fábrica de termoarcilla de 24 cm de espesor, con una conductividad de 0,25 W(mk). Exteriormente se ha aplicado una capa de mortero hidrófugo de 15mm, doble panel rígido de lana de roca volcánica de doble densidad de 40mm + 160mm.

El aislamiento se ha colocado contrapeando los paneles y manteniendo la continuidad en todas las fachadas, eliminando los puentes térmicos en cantos de forjado y encuentro con solera y cubierta. El acabado exterior se ha realizado con un mortero de cemento, malla de refuerzo de fibra de vidrio y 2 capas de 1mm de mineral flexible.



(4.3) (4.4) Detalle constructivo del cerramiento y transmisión de calor.

MATERIAL	$\lambda$ (W/mK)	e (m)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Rse			0,04
Yeso	0,4	0,02	0,05
Termoarcilla	0,25	0,24	0,96
Panel rígido 40 mm	0,036	0,04	1,1
Panel rígido 160 mm	0,035	0,16	4,57
Mortero	1,3	0,015	0,012
Estuco mineral flexible	0,021	0,02	0,95
Rsi			0,13
<b>TOTAL</b>		<b>0,495</b>	<b>7,812</b>

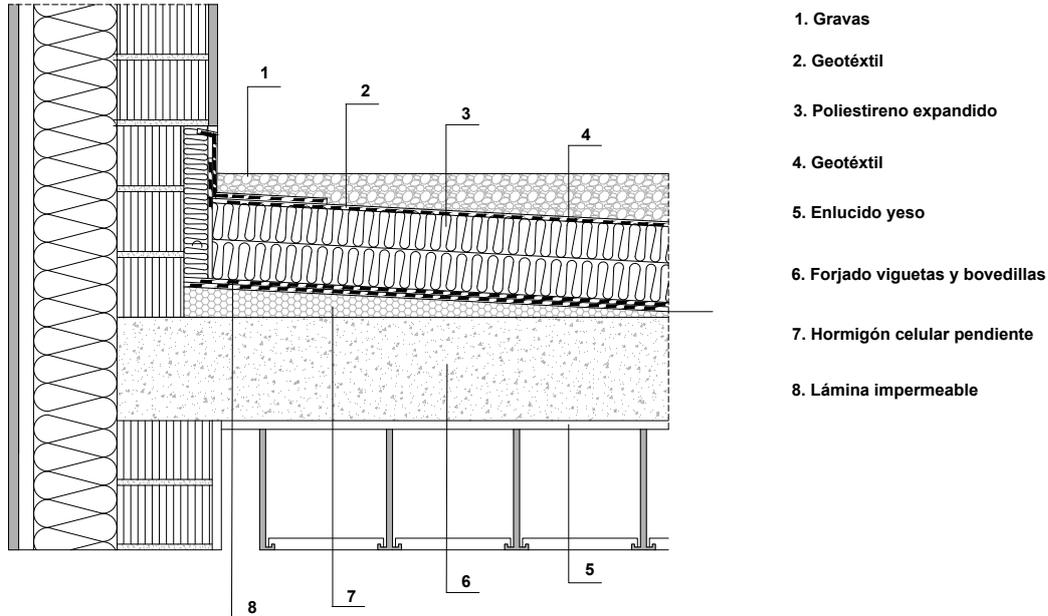
PASSIVEHOUSE = 0,15 W/m<sup>2</sup>

**U (W/m<sup>2</sup>K) = 0,1280**

(4.5) Transmitancias del cerramiento.

## CUBIERTA

Forjado de 30 cm de espesor, formación de pendiente de hormigón aligerado, lámina impermeabilizante de PVC armado con fieltro de fibra de vidrio y protección geotextil con un aislamiento térmico de doble plancha rígida de poliestireno expandido 100 + 100 mm de superficie lisa y canto a doble madera (0,038), mortero y gravas.



(4.6) Detalle constructivo cubierta.

MATERIAL	$\lambda$ (W/mK)	e (m)	R ( $m^2K/W$ )
Rse			0,04
Enlucido yeso	0,41	0,03	0,0732
Forjado viguetas y bovedillas	0,9	0,3	0,21
Hormigón de pendiente	1,15	0,1	0,09
Lámina impermeable	0,16	0,15	0,937
Geotextil	0,05	0,001	0,02
Poliestireno expand. (200mm)	0,038	0,2	5,263
Geotextil	0,41	0,001	0,02
Gravas	1	0,06	0,03
Rsi			0,1
<b>TOTAL</b>		<b>0,842</b>	<b>6,7832</b>

PASSIVEHOUSE = 0,15  
W/m<sup>2</sup>K

**U (W/m<sup>2</sup>K) = 0,1474**

(4.7) Transmitancias de la cubierta.

## PARTICIONES INTERIORES

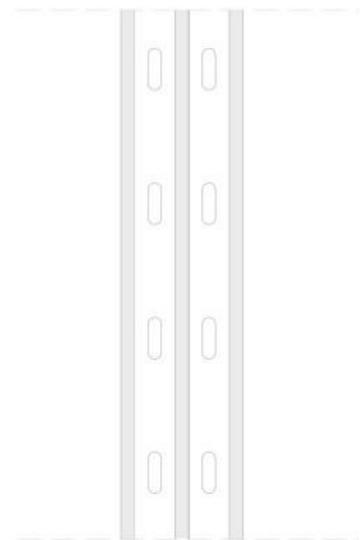
Como elemento separatorio entre dos estancias calefactadas, utilizaremos paneles de yeso laminado anclados a una subestructura metálica.

A continuación, calculo la transmitancia de estos paneles, aunque suele ser irrelevante, puesto que entre estancias calefactadas el salto térmico no supera los 2°C. Para la realización de estas particiones hemos escogido la marca comercial KNOUF.

MATERIAL	$\lambda$ (W/mK)	e (m)	R (m <sup>2</sup> K/W)
Panel yeso laminado	0,06	0,03	0,5
Cámara		0,045	0,18
Panel yeso laminado	0,06	0,03	0,25
Cámara		0,045	0,18
Panel yeso laminado	0,06	0,03	0,5
<b>TOTAL</b>		<b>0,18</b>	<b>1,61</b>

PASSIVEHOUSE = 0,15  
W/m<sup>2</sup>K

**U (W/m<sup>2</sup>K) = 0,6211**



(4.8) (4.9) Transmitancias particiones interiores y Detalle constructivo cubierta.

## LOS HUECOS

En la vivienda encontramos 3 tipos de huecos. Los ventanales corredizos que dan a los 2 patios de dimensiones 1,5 x 2,1, y los dos tipos de ventanas, unas mas grandes de 1,5 x 1,15 y las otras de menor tamaño 1,00 x 1,15.

Para este tipo de huecos se ha optado por elegir una solución de triple acristalamiento con marco de PVC llamado kommerling 76, idóneo para climas templados. Es una solución para ventanas muy expuestas al sol y de grandes dimensiones. Además, su vidrio con espejo, proporciona máximo aislamiento térmico y una elevada protección solar. Esto se consigue con un perfil de 76 mm de profundidad, manteniendo el refuerzo interior de acero zincado. Estos son los datos que nos garantiza el fabricante:

Uf: 1 w/m<sup>2</sup>k    Ug: 0,8 w/m<sup>2</sup>k    Uw: 0,73 w/m<sup>2</sup>k

HUECO 1 - (1,5 x 1,15)

$$A_{\text{hueco}} = 1,72$$

$$A_{\text{h vidrio}} = 1,13 \dots\dots\dots U_{\text{hv}} = 0,8$$

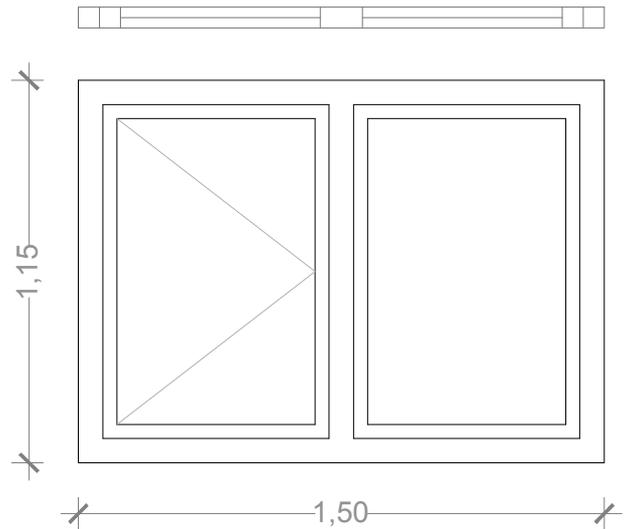
$$A_{\text{h marco}} = 0,59 \dots\dots\dots U_{\text{hm}} = 1$$

$$\Psi_v = 0,06 \text{ (PVC, triple acristalamiento)}$$

$$L_v = 2,3 \text{ m}$$

$$U_H = \frac{A_{H,v} \times U_{H,v} + A_{H,m} \times U_{H,m} + l_v \times \Psi_v}{A_{H,v} + A_{H,m}}$$

$$U_H = \frac{1,13 \times 0,8 + 0,59 \times 1 + 2,3 \times 0,06}{1,13 + 0,59} = \mathbf{0,8686}$$



(4.10) Ventana tipo 1

Factor solar modificado:  $F_H = F_S \times (F_V \times g_{\perp} + F_M \times 0,04 \times U_M \times \alpha)$

Fachada Sur:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{R}{W} = \frac{0,25}{1,5} = 0,16 \\ \frac{R}{H} = \frac{0,25}{1,15} = 0,217 \end{array} \right\} F_S = 0,51$$

$$F_H = 0,51 \times (0,343 \times 0,35 + 0,657 \times 0,04 \times 1 \times 0,2) = \mathbf{0,064}$$

Fachada Este y Oeste:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{R}{W} = \frac{0,25}{1,5} = 0,16 \\ \frac{R}{H} = \frac{0,25}{1,15} = 0,217 \end{array} \right\} F_S = 0,68$$

$$F_H = 0,51 \times (0,343 \times 0,35 + 0,657 \times 0,04 \times 1 \times 0,2) = \mathbf{0,085}$$

HUECO 2 - (1,5 x 2,1)

$$S_{\text{hueco}} = 3,15$$

$$S_{\text{vidrio}} = 2,26 \dots\dots\dots U_{\text{hv}} = 0,8$$

$$S_{\text{marco}} = 0,89 \dots\dots\dots U_{\text{hm}} = 1$$

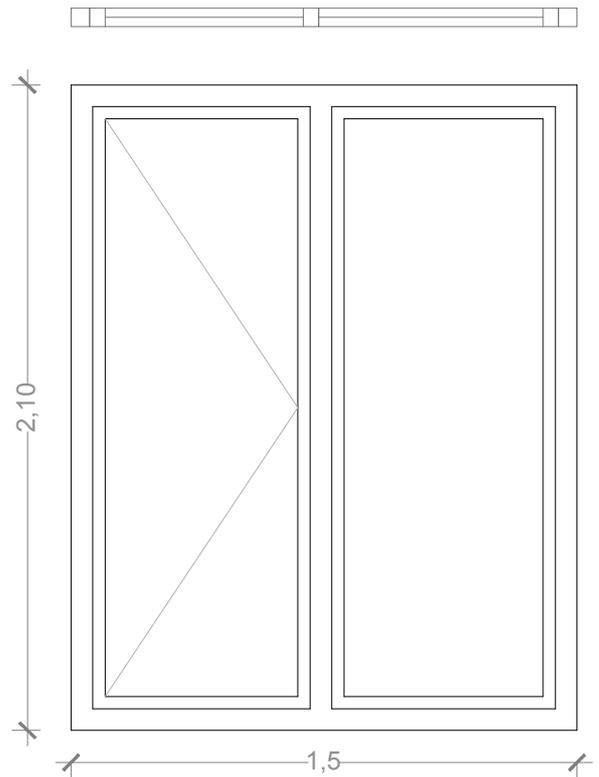
$$\Psi_v = 0,06 \text{ (PVC, triple acristalamiento)}$$

$$L_v = 3,25 \text{ m}$$

$$U_H = \frac{AH,v \times U_{H,v} + AH,m \times U_{H,m} + l_v \times \Psi_v}{AH,v + AH,m}$$

$$U_H = \frac{2,26 \times 0,8 + 0,89 \times 1 + 3,25 \times 0,06}{2,26 + 0,89} = \mathbf{0,856}$$

Factor solar modificado



(4.11) Ventana tipo 2

Fachada Sur:

$$\left. \begin{aligned} \frac{R}{W} = \frac{0,25}{2,1} = 0,16 \\ \frac{R}{H} = \frac{0,25}{1,5} = 0,12 \end{aligned} \right\} F_S = 0,64$$

$$F_H = 0,64 \times (0,72 \times 0,35 + 0,28 \times 0,04 \times 1 \times 0,2) = \mathbf{0,162}$$

Fachada Oeste:

$$\left. \begin{aligned} \frac{R}{W} = \frac{0,25}{2,1} = 0,16 \\ \frac{R}{H} = \frac{0,25}{1,5} = 0,12 \end{aligned} \right\} F_S = 0,67$$

$$F_H = 0,67 \times (0,72 \times 0,35 + 0,28 \times 0,04 \times 1 \times 0,2) = \mathbf{0,170}$$

HUECO 3 - (1 x 1,15)

$$S_{\text{hueco}} = 1,15$$

$$S_{\text{vidrio}} = 0,62 \dots\dots\dots U_{\text{hv}} = 0,8$$

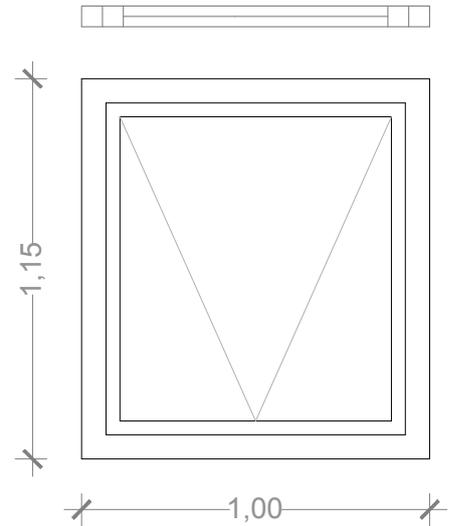
$$S_{\text{marco}} = 0,53 \dots\dots\dots U_{\text{hm}} = 1$$

$$\Psi_v = 0,06 \text{ (PVC, triple acristalamiento)}$$

$$L_v = 1,87 \text{ m}$$

$$U_H = \frac{AH,v \times U_{H,v} + AH,m \times U_{H,m} + l_v \times \Psi_v}{AH,v + AH,m}$$

$$U_H = \frac{1,15 \times 0,8 + 0,53 \times 1 + 1,87 \times 0,06}{1,15 + 0,53} = \mathbf{0,892}$$



(4.12) Ventana tipo 3

Factor solar modificado :  $F_H = F_S \times (F_v \times g_L + F_M \times 0,04 \times U_M \times \alpha)$

Fachada Sur:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{R}{W} = \frac{0,25}{1} = 0,25 \\ \frac{R}{H} = \frac{0,25}{1155} = 0,217 \end{array} \right\} F_S = 0,39$$

$$F_H = 0,39 \times (0,54 \times 0,35 + 0,46 \times 0,04 \times 1 \times 0,2) = \mathbf{0,075}$$

Fachada Oeste:

$$\left. \begin{array}{l} \frac{R}{W} = \frac{0,25}{1} = 0,25 \\ \frac{R}{H} = \frac{0,25}{1,15} = 0,217 \end{array} \right\} F_S = 0,47$$

$$F_H = 0,47 \times (0,54 \times 0,35 + 0,46 \times 0,04 \times 1 \times 0,2) = \mathbf{0,075}$$

#### 4.3 TRANSMITANCIA GLOBAL DE LA FACHADA.

Para establecer la transmitancia media de cada una de las 4 fachadas se utilizará la siguiente expresión:

$$U \text{ fachada: } \frac{U \text{ cerr} \times A \text{ cerr} + U \text{ hueco} \times A \text{ hueco}}{A \text{ cerr} + A \text{ hueco}}$$

Fachada Norte:

MACIZO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	
--------	------------------------	------------------------	--

Planta Baja	63,84	0,28	
-------------	-------	------	--

HUECO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	NÚMERO
-------	------------------------	------------------------	--------

TIPO 1	1,72	0,8686	3
--------	------	--------	---

Área de fachada	69 m <sup>2</sup>
Área de huecos	5,16 m <sup>2</sup>
Área muro ciego	63,84 m <sup>2</sup>
Hueco/Fachada	7,48%

U fachada	0,3240 W/m <sup>2</sup> K
-----------	---------------------------

(4.13) Transmitancia fachada norte.

Fachada Este:

MACIZO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	
--------	------------------------	------------------------	--

Planta Baja	31,65	0,28	
-------------	-------	------	--

HUECO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	NÚMERO
-------	------------------------	------------------------	--------

TIPO 2	3,15	0,856	9
--------	------	-------	---

Área de fachada	60 m <sup>2</sup>
Área de huecos	28,35 m <sup>2</sup>
Área muro ciego	31,65 m <sup>2</sup>
Hueco/Fachada	47,25%

U fachada	0,5521 W/m <sup>2</sup> K
-----------	---------------------------

(4.14) Transmitancia fachada este.

### Fachada Sur:

MACIZO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	
Planta Baja	69	0,28	

HUECO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	NÚMERO
TIPO 1	1,72	0,8686	1
TIPO 2	3,15	0,856	6
TIPO3	1,15	0,892	1

Área de fachada	69 m <sup>2</sup>
Área de huecos	21,77 m <sup>2</sup>
Área muro ciego	47,23 m <sup>2</sup>
Hueco/Fachada	31,55%

U fachada	<b>0,4626 W/m<sup>2</sup>K</b>
-----------	--------------------------------

(4.15) Transmitancia fachada sur.

### Fachada Oeste:

MACIZO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	
Planta Baja	60	0,28	

HUECO	ÁREA (m <sup>2</sup> )	U (W/m <sup>2</sup> K)	NÚMERO
TIPO 1	1,72	0,8686	1
TIPO 2	3,15	0,856	2
TIPO3	1,15	0,892	1
PUERTA ACCESO	1,89	1,1	2

Área de fachada	60 m <sup>2</sup>
Área de huecos	12,21 m <sup>2</sup>
Área muro ciego	47,79 m <sup>2</sup>
Hueco/Fachada	20,35%

U fachada	<b>0,4039 W/m<sup>2</sup>K</b>
-----------	--------------------------------

(4.16) Transmitancia fachada oeste.

#### 4.4 RESUMEN TRANSMITANCIAS.

En el siguiente cuadro-resumen, se plasman todas las transmitancias calculadas en los pasos anteriores. Además, se comparan con las recomendaciones del modelo PassiveHouse para asegurarnos que cumplen con la mayor calificación energética posible.

Una vez tenemos ya todas las transmitancias sacadas, podemos avanzar en el cálculo de los balances de ganancias y pérdidas de calor.

ELEMENTO	TRANSMITANCIA W/m2K	
<b>ENVOLVENTE</b>		
CERRAMIENTO		
	0,128	
Termoarquilla	0,1474	PASSIVEHOUSE: 0,15 - 0,45 W/m2K
CUBIERTA		
Cubierta		PASSIVEHOUSE: 0,15 - 0,45 W/m2K
HUECOS		
<b>VENTANAS</b>		
Tipo 1	0,8686	PASSIVEHOUSE: 1,1 W/m2K
Tipo 2	0,859	PASSIVEHOUSE: 1,1 W/m2K
Tipo 3	0,892	PASSIVEHOUSE: 1,1 W/m2K
<b>PUERTAS</b>		
Puerta acceso	1,1	PASSIVEHOUSE: 1,1 W/m2K
Puerta particiones	1,8	PASSIVEHOUSE: 1,1 W/m2K
<b>COMPARTIMENTACIÓN INTERIOR</b>		
Compartimentación sin instalaciones	0,6211	
<b>FACHADAS</b>		
Norte	0,3242	
Sur	0,4626	
Este	0,5521	
Oeste	0,4039	

(4.17) Resumen transmitancia vivienda.

## 5. BALANCE DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS DE CALOR.

### 5.1 DATOS DE PARTIDA (invierno).

Condiciones exteriores:

Temperatura mínima (T bulbo seco) = 6,8 °C

Humedad relativa media, Hr = 68

Condiciones interiores

Ámbito	Temperatura
Salón, Comedor	21 - 23
Baño, Aseo	22 - 25
Dormitorio	20 - 21
Pasillos, Recibidor	20 - 21
Cocina	20 - 21

(5.1) Temperaturas de confort interiores en invierno.

Índices de Ventilación

Viviendas	$\eta$
Dormitorios	1-1,5
Salón, Comedor	1-2
Cocina	2,5 - 3
Baños, Aseos	3-5
Pasillos, Recibidor, etc	1

(5.2) Índices de ventilación.

## Transmitancia U

DETALLE	W/m <sup>2</sup> · K	Kcal/K · m <sup>2</sup> · h
1. Fachada	0,128	0,11
2. Cubierta	0,1412	0,121
2. Forjado	0,38	0,327
3. Partición entre viviendas	0,2	0,172
4. Partición entre estancias	0,6211	0,534
5. Puertas interiores	1,8	1,548
6. Puerta acceso	1,1	0,946
7. Ventana 1	0,8686	0,747
8. Ventana 2	0,856	0,736
9. Ventana 3	0,892	0,767

(5.3) Transmitancias.

## Coefficiente corrector

Local	Valor de $f_L$
Orientación Norte	0,05 a 0,1 (0,05)
Orientación NO-NE	0,025 a 0,05 (0,025)
Posición expuesta a los vientos	0,05
Local con más de dos cerramientos	0,05

(5.4) Coeficientes de corrección según orientación.

## 5.2 PÉRDIDAS DE CALOR MES DE DICIEMBRE.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: SALÓN + COCINA + PASILLO			T° exterior = 6,8 °C	T° interior = 22 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	41,4	-15,2	-69,27
Patio interior	0,110	24	-15,2	-40,16
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	86,75	-15,2	-160,12
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	3,46	-15,2	-39,29
Ventana 2	0,736	31,5	-15,2	-352,47
<b>Partición entre estancias</b>				
Estudio	0,534	16,8	0	0,00
Baño 1	0,534	16,8	2	17,95
Habitación 1	0,534	20,16	-1	-10,77
Habitación 2	0,534	7,56	-1	-4,04
Habitación 3	0,534	3,36	-1	-1,79
Baño 2	0,534	12,376	2	13,22
<b>Puertas</b>				
Puerta 1	1,548	1,65	0	0,00
Puerta 2	1,548	1,65	2	5,11
Puerta 3	1,548	1,65	-1	-2,55
Puerta 4	1,548	1,65	-1	-2,55
Puerta 5	1,548	1,65	-1	-2,55
Puerta acceso	0,946	1,65	-15,2	-23,73
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				-673,02
Por infiltración: $Q_v = V \cdot C_e \cdot P_e \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	C <sub>e</sub> (Kcal/kg · °C)	P <sub>e</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
242,9	0,24	1,24	2,5	-15,2
Total pérdidas por infiltración $\sum Q_v =$				-2746,91
Suplementos: $F = F_1 + F_2 + F_3$				
Por orientación (F1) = 0,1; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,2
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q_1) \cdot (1 + F) =$				-4103,91

(5.5) Tablas de pérdidas de calor en invierno en cada una de las estancias.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: HABITACIÓN 1		T° exterior = 6,8 °C		T° interior = 21 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Patio interior	0,110	7,56	-14,2	-11,82
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	12	-14,2	-20,69
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	1,73	-14,2	-18,35
<b>Partición entre estancias</b>				
Salón-Pasillo	0,534	20,16	1	10,77
Baño 2	0,534	12,6	3	20,19
<b>Puertas</b>				
Puerta 3	1,548	1,65	1	2,55
Puerta 6	1,548	1,65	3	7,66
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				-9,68
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
33,6	0,24	1,24	1	-15,2
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				-151,99
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,1				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,2
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				-194,01

(5.6) Tabla de pérdidas de calor en invierno

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: HABITACIÓN 2		T° exterior = 6,8 °C		T° interior = 21 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Patio interior	0,110	7,56	-14,2	-11,82
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	12	-14,2	-20,69
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	1,73	-14,2	-18,35
<b>Partición entre estancias</b>				
Habitación 3	0,534	12,6	1	6,73
Baño 2	0,534	12,6	3	20,19
<b>Puertas</b>				
Puerta 4	1,548	1,65	1	2,55
Puerta 7	1,548	1,65	3	7,66
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				-13,72
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
33,6	0,24	1,24	1	-15,2
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				-151,99
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,1				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,2
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				-198,85

(5.7) Tabla de pérdidas de calor en invierno

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: HABITACIÓN 3			T° exterior = 6,8 °C	T° interior = 21 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	18,2	-14,2	-28,45
Patio interior	0,110	8,4	-14,2	-13,13
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	15	-14,2	-25,86
<b>Huecos</b>				
Ventana 2	0,736	6,3		
Ventana 3	0,767	1,15	-14,2	-12,53
<b>Partición entre estancias</b>				
Pasillo	0,534	3,36	1	1,79
Baño 3	0,534	8,4	3	13,46
Habitación 2	0,534	12,6	0	0,00
<b>Puertas</b>				
Puerta 5	1,548	1,65	1	2,55
Puerta 8	1,548	1,65	0	0,00
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				-75,62
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (n° renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
42	0,24	1,24	1	-15,2
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				-189,99
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por n° de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,15
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				-305,45

(5.8) Tabla de pérdidas de calor en invierno.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: BAÑO 1			T° exterior = 6,8 °C	T° interior = 24 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	16,8	-17,2	-31,81
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	8	-17,2	-16,71
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	1,73	-17,2	-22,23
<b>Partición entre estancias</b>				
Salón	0,534	16,8	-2	-17,95
<b>Puertas</b>				
Puerta 2	1,548	1,65	-2	-5,11
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				-93,80
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (n° renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
22,4	0,24	1,24	4	-15,2
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				-405,31
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por n° de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,15
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				-573,97

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: BAÑO 2			T° exterior = 6,8 °C	T° interior = 24 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Patio interior	0,110	12,376	-17,2	-23,43
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	11	-17,2	-22,97
<b>Huecos</b>				
Ventana 3	0,767	2,3	-17,2	-30,35
<b>Partición entre estancias</b>				
Habitación 1	0,534	12,6	-3	-20,19
Habitación 2	0,534	12,6	-3	-20,19
Pasillo	0,534	12,376	-2	-13,22
<b>Puertas</b>				
Puerta 6	1,548	1,65	-3	-7,66
Puerta 7	1,548	1,65	-3	
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				-138,02
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (n° renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
30,8	0,24	1,24	4	-15,2
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				-557,30
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por n° de fachadas (F3) = 0,1				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,2
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				-834,38

(5.10) Tabla de pérdidas de calor en invierno.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: BAÑO 3			T° exterior = 6,8 °C	T° interior = 24 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	16,8	-17,2	-31,81
Patio interior	0,110	8,4	-17,2	-15,90
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	8	-17,2	-16,71
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	1,73	-17,2	-22,23
<b>Partición entre estancias</b>				
Habitación 3	0,534	8,4	-3	-13,46
<b>Puertas</b>				
Puerta 8	1,548	1,65	-3	-7,66
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				-107,77
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (n° renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
22,4	0,24	1,24	4	-15,2
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				-405,31
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por n° de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,15
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				-590,04

(5.11) Tabla de pérdidas de calor en invierno.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: ESTUDIO		T° exterior = 6,8 °C		T° interior = 22 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	33,6	-15,2	-56,22
Patio interior	0,110	16,8	-15,2	-28,11
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	30	-15,2	-55,37
<b>Huecos</b>				
Ventana 2	0,736	9,45	-15,2	-105,74
<b>Partición entre estancias</b>				
Salón	0,534	168	0	0,00
<b>Puertas</b>				
Puerta 1	1,548	1,65	0	0,00
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				-245,44
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
84	0,24	1,24	1,5	-15,2
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				-569,96
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,15
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				-937,72

(5.11) Tabla de pérdidas de calor en invierno.

### 5.3 DATOS DE PARTIDA (verano).

Condiciones exteriores:

Temperatura mínima (T bulbo seco) = 30,5 °C

Humedad relativa media, Hr = 68

Condiciones interiores

Ámbito	Temperatura
Salón, Comedor	23 - 25
Baño, Aseo	22 - 25
Dormitorio	21 - 22
Pasillos, Recibidor	21 - 22
Cocina	21 - 22

(5.12) Temperaturas de confort interiores en verano.

Índices de Ventilación

Viviendas	$\eta$
Dormitorios	1-1,5
Salón, Comedor	1-2
Cocina	2,5 - 3
Baños, Aseos	3-5
Pasillos, Recibidor, etc	1

(5.13) Índices de ventilación.

## Transmitancia U

DETALLE	W/m <sup>2</sup> · K	Kcal/K · m <sup>2</sup> · h
1. Fachada	0,128	0,11
2. Cubierta	0,1412	0,121
2. Forjado	0,38	0,327
3. Partición entre viviendas	0,2	0,172
4. Partición entre estancias	0,6211	0,534
5. Puertas interiores	1,8	1,548
6. Puerta acceso	1,1	0,946
7. Ventana 1	0,8686	0,747
8. Ventana 2	0,856	0,736
9. Ventana 3	0,892	0,767

(5.14) Transmitancias.

## Coefficiente corrector

Local	Valor de $f_L$
Orientación Norte	0,05 a 0,1 (0,05)
Orientación NO-NE	0,025 a 0,05 (0,025)
Posición expuesta a los vientos	0,05
Local con más de dos cerramientos	0,05

(5.15) Coeficientes de corrección según orientación.

## 5.4 GANANCIAS EN EL MES DE AGOSTO

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: SALÓN + COCINA + PASILLO			T° exterior = 30,5 °C	T° interior = 24 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	41,4	6,5	29,62
Patio interior	0,110	24	6,5	17,17
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	86,75	6,5	68,47
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	3,46	6,5	16,80
Ventana 2	0,736	31,5	6,5	150,73
<b>Partición entre estancias</b>				
Estudio	0,534	16,8	0	0,00
Baño 1	0,534	16,8	0	0,00
Habitación 1	0,534	20,16	-1	-10,77
Habitación 2	0,534	7,56	-1	-4,04
Habitación 3	0,534	3,36	-1	-1,79
Baño 2	0,534	12,376	0	0,00
<b>Puertas</b>				
Puerta 1	1,548	1,65	0	0,00
Puerta 2	1,548	1,65	0	0,00
Puerta 3	1,548	1,65	-1	-2,55
Puerta 4	1,548	1,65	-1	-2,55
Puerta 5	1,548	1,65	-1	-2,55
Puerta acceso	0,946	1,65	6,5	10,15
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				268,68
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (n° renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
242,9	0,24	1,24	2,5	6,5
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				1174,66
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,1; Por uso (F2) = 0,05 Por n° de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,2
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				1732,01

(5.16) Tablas de pérdidas de calor en verano en cada una de las estancias.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: HABITACIÓN 1			T° exterior = 30,5 °C	T° interior = 23 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Patio interior	0,110	7,56	7,5	6,24
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	12	7,5	10,93
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	1,73	7,5	9,69
<b>Partición entre estancias</b>				
Salón-Pasillo	0,534	20,16	1	10,77
Baño 2	0,534	12,6	1	6,73
<b>Puertas</b>				
Puerta 3	1,548	1,65	1	2,55
Puerta 6	1,548	1,65	1	2,55
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				49,47
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
33,6	0,24	1,24	1	7,5
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				75,00
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,1				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,2
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				149,36

(5.17) Tabla de ganancias de calor en verano.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: HABITACIÓN 2			T° exterior = 30,5 °C	T° interior = 23 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Patio interior	0,110	7,56	7,5	6,24
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	12	7,5	10,93
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	1,73	7,5	9,69
<b>Partición entre estancias</b>				
Habitación 3	0,534	12,6	0	0,00
Baño 2	0,534	12,6	1	6,73
<b>Puertas</b>				
Puerta 4	1,548	1,65	0	0,00
Puerta 7	1,548	1,65	1	2,55
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				36,15
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
33,6	0,24	1,24	1	7,5
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				75,00
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,1				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,2
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				133,37

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: HABITACIÓN 3			T° exterior = 30,5 °C	T° interior = 23 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m2·h)	Sup. (m2)	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	18,2	7,5	15,03
Patio interior	0,110	8,4	7,5	6,93
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	15	7,5	13,66
<b>Huecos</b>				
Ventana 2	0,736	6,3		
Ventana 3	0,767	1,15	7,5	6,62
<b>Partición entre estancias</b>				
Pasillo	0,534	3,36	1	1,79
Baño 3	0,534	8,4	1	4,49
Habitación 2	0,534	12,6	0	0,00
<b>Puertas</b>				
Puerta 5	1,548	1,65	1	2,55
Puerta 8	1,548	1,65	0	0,00
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				46,59
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m3)	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m3)	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
42	0,24	1,24	1	7,5
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				93,74
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,15
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				161,38

(5.19) Tabla de ganancias de calor en verano.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: BAÑO 1			T° exterior = 30,5 °C	T° interior = 24 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m2·h)	Sup. (m2)	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	16,8	6,5	12,02
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	8	6,5	6,31
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	1,73	6,5	8,40
<b>Partición entre estancias</b>				
Salón	0,534	16,8	0	0,00
<b>Puertas</b>				
Puerta 2	1,548	1,65	0	0,00
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				26,73
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m3)	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m3)	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
22,4	0,24	1,24	4	6,5
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				173,32
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,15
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				230,07

(5.20) Tabla de ganancias de calor en verano.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: BAÑO 2			T° exterior = 30,5 °C	T° interior = 24 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Patio interior	0,110	12,376	6,5	8,86
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	11	6,5	8,68
<b>Huecos</b>				
Ventana 3	0,767	2,3	6,5	11,47
<b>Partición entre estancias</b>				
Habitación 1	0,534	12,6	-1	-6,73
Habitación 2	0,534	12,6	-1	-6,73
Pasillo	0,534	12,376	0	0,00
<b>Puertas</b>				
Puerta 6	1,548	1,65	-1	-2,55
Puerta 7	1,548	1,65	-1	-2,55
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				12,99
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
30,8	0,24	1,24	4	6,5
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				238,32
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,1				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,2
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				301,57

(5.21) Tabla de ganancias de calor en verano.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: BAÑO 3			T° exterior = 30,5 °C	T° interior = 24 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	16,8	6,5	12,02
Patio interior	0,110	8,4	6,5	6,01
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	8	6,5	6,31
<b>Huecos</b>				
Ventana 1	0,747	1,73	6,5	8,40
<b>Partición entre estancias</b>				
Habitación 3	0,534	8,4	-1	-4,49
<b>Puertas</b>				
Puerta 8	1,548	1,65	-1	-2,55
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				25,70
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
22,4	0,24	1,24	4	6,5
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				173,32
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,15
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				228,88

(5.22) Tabla de ganancias de calor en verano.

TABLA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CALOR				
Habitación: ESTUDIO			T° exterior = 30,5 °C	T° interior = 24 °C
Por transmisión: $QT = K \cdot S \cdot \Delta T$				
Elemento	K (Kcal/°C·m <sup>2</sup> ·h)	Sup. (m <sup>2</sup> )	$\Delta T$ (°C)	QT (kcal/h)
<b>Cerramiento</b>				
Fachada	0,110	33,6	6,5	24,04
Patio interior	0,110	16,8	6,5	12,02
<b>Cubierta</b>				
Techo cubierta	0,121	30	6,5	23,68
<b>Huecos</b>				
Ventana 2	0,736	9,45	6,5	45,22
<b>Partición entre estancias</b>				
Salón	0,534	168	0	0,00
<b>Puertas</b>				
Puerta 1	1,548	1,65	0	0,00
Total pérdidas de calor por transmisión $\sum QT =$				104,96
Por infiltración: $Qv = V \cdot Ce \cdot Pe \cdot n \cdot \Delta T$				
V (m <sup>3</sup> )	Ce (Kcal/kg · °C)	Pe (kg/m <sup>3</sup> )	n (nº renovaciones)	$\Delta T$ (°C)
84	0,24	1,24	1,5	6,5
Total pérdidas por infiltración $\sum Qv =$				243,73
Suplementos: $F = F1 + F2 + F3$				
Por orientación (F1) = 0,05; Por uso (F2) = 0,05 Por nº de fachadas (F3) = 0,05				
Total aumento por suplementos $\sum F =$				0,15
PÉRDIDAS DE CALOR TOTAL: $\sum Q = (QT + Q1) \cdot (1 + F) =$				401,00

(5.23) Tabla de ganancias de calor en verano.

## 6. CALEFACCIÓN.

Es posible combinar la vivienda pasiva con cualquier sistema de calefacción y tipo de energía del mercado. La diferencia respecto a una vivienda convencional es que necesita una carga mucho menor. La ventaja de una vivienda pasiva es poder trabajar con temperaturas de impulsión menores en invierno y mayores en verano, hecho que favorece la combinación del sistema activo con fuentes de energías renovables. Nuestra principal fuente de calor será la radiación solar y finalmente el sistema de distribución elegido es suelo radiante, que presenta las siguientes ventajas:

- Distribución de temperaturas uniforme. Esto provoca que se asemeje bastante a la distribución ideal, creando una atmósfera de bienestar mayor al resto de los sistemas.
- La instalación es de muy larga duración y bajo coste de mantenimiento.
- Ofrece al usuario economía a corto y largo plazo debido al ahorro energético.
- Se reducen considerablemente las pérdidas de calor por tuberías en el camino desde el equipo productor de calor a las zonas a calefactar.
- Compatible con casi cualquier fuente de energía.

### 6.1 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.

Toda la distribución del suelo radiante está bien definida en los planos aportados en el anejo.

La temperatura de trabajo del agua está entre los 30 y 50 °C, no superando nunca los 55°C. Los sistemas de radiadores funcionan con agua entre 70 y 90 °C.

Esto permite, usar generadores de calor a baja temperatura como pueden ser las bombas de calor o los paneles solares, así como cualquier tipo de caldera eléctrica, de gas o gasoil, evitando el riesgo de quemaduras.

Nuestras fuentes de energías serán las celdas fotovoltaicas (energía solar) y el gas que se queme en la caldera. De esta forma los captadores solares, aprovecharán la energía de la radiación solar, transformándola en energía térmica de baja temperatura que sirve para calentar el agua, que actuará como fluido caloportador, conducido por una red de tuberías termoplásticas a cada una de las estancias, donde se calentará el suelo y la transmisión de calor se realizará por diferencia de temperaturas.

Se quiere un sistema independiente para cada estancia, es decir la instalación de circuitos individuales para cada una de ellas. De esa manera se podrá regular la temperatura de forma individual ofreciendo una mayor eficiencia. Cada uno de esos circuito se podrá dirigir desde la centralita mediante un conjunto de electroválvulas y sondas de temperatura integradas en estos circuitos.

Estas sondas son las encargadas de mandar a la centralita la temperatura ambiente de cada estancia, que de ser inferior a la estipulada en la temperatura de confort, se activará la electroválvula para permitir la circulación del agua caliente por el circuito de la estancia a calentar.

Estos sistemas de calefacción solo se usarán durante un período de 6 meses, correspondientes a los más fríos.

Los datos que manejaremos sobre las pérdidas de calor, para ver lo que habrá que calefactar, no se incluirán las ganancias por radiación solar, puesto que habrá días en los que esa radiación sea nula.

## 6.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE CIRCUITOS.

Como se acaba de mencionar, se pretende que cada una de las estancias presente circuitos independientes, con el fin de poder regular la temperatura de forma individual.

Antes de realizar el diseño de estos circuitos es necesario conocer el área de las estancias. Posteriormente debe medirse la distancia existente entre el área a calefactar y el colector. El cálculo de la longitud L de cada circuito se determina:

$$L = A/e + 2 \cdot l$$

*A = Área a calefactar cubierta por el circuito*

*[m<sup>2</sup>] e = Distancia entre tubos [m]*

*l = Distancia entre el colector y el área a*

Cada una de las estancias tendrá una demanda distinta, y en el caso del circuito 1 (Salón, cocina y distribuidor) se ha dividido la demanda entre los tres espacios en función de su superficie ocupada.

ESTANCIA	CIRCUITO	SUPERFICIE (m2)	LONGITUD (m)	DEMANDA (w)
Comedor	1a	74,5	373,17	3514,26
Pasillo	1c	12,5	70,4	589,64
Estudio	2	30	165,67	937,72
Habitación 1	3	12	61,22	194,01
Habitación 2	4	12	74,06	198,85
Habitación 3	5	15	88,94	305,45
Baño 1	6	8	47,13	573,97
Baño 2	7	11	65,06	834,38
Baño 3	8	8	54,98	590,04

(6.1) Demanda (w) en cada circuito.

### 6.3 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL PAVIMENTO.

Con el objetivo de simplificar los cálculos, consideraremos la temperatura media superficial del pavimento ( $T_{ms}$ ) igual a la carga térmica del local (Q) y a la temperatura interior de diseño de mismo ( $T_i$ ). Se calcula de acuerdo con la expresión:

$$Q[\text{W/m}^2] = \alpha \cdot (T_{ms} - T_i)$$

$\alpha$  = Coeficiente de transmisión de calor del suelo [ $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ ]  
(en el rango de temperaturas que nos movemos su valor varía entre 10 y 12  
 $\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ .  $T_{ms}$  = temperatura superficial  
 $T_i$  = temperatura del local

Se recomienda, para incidir en el confort del usuario, que la temperatura media superficial del pavimento no supere los 30°C.

Se ha optado como tipo de tubería emisora por *UPONOR wirsbo-evalPEX 25x2,5*.

Una vez sabemos de cada estancia cuales son sus cargas térmicas (Q) y sus temperaturas interiores ( $T_i$ ), podremos calcular las temperaturas máximas superficiales de los pavimentos en las diferentes estancias a calefactar ( $T_s$ ).

ESTANCIA	CIRCUITO	DEMANDA (w)	DEMANDA POR m2	$\alpha$	Ti	Tª SUELO (°C)
Comedor	1a	3514,26	47,17	12	22	24,93
Pasillo	1c	589,64	47,17	12	22	24,93
Estudio	2	937,72	31,26	12	22	23,60
Habitación 1	3	194,01	16,17	12	21	21,35
Habitación 2	4	198,85	16,57	12	21	21,38
Habitación 3	5	305,45	20,36	12	21	21,70
Baño 1	6	573,97	71,75	12	24	28,98
Baño 2	7	834,38	75,85	12	24	29,32
Baño 3	8	590,04	73,76	12	24	29,15

(6.2) Cálculo temperatura del suelo en cada estancia.

#### 6.4 CÁLCULO DE LA TEMPERATURA DEL AGUA.

El salto térmico entre el agua de impulsión y el agua de retorno se fija en 10°C. La magnitud de la temperatura media del agua en las tuberías emisoras (Tma) depende de la demanda térmica de la vivienda (Q), la temperatura interior de diseño (Ti) y del coeficiente de transmisión térmica (Ka) según la fórmula:

$$Q [W/m^2] = Ka \cdot [Tma - Ti]$$

El coeficiente de transmisión térmica de la capa sobre tubos [Ka] se calcula aplicando la fórmula:

$$Ka [W/m^2 \text{ } ^\circ C] = 1 / [\Sigma(e/\lambda) + (1/\alpha)]$$

*e = Espesor de la capa [m]*

*$\lambda$  = Conductividad térmica del material de la capa [W/m°C]  $\alpha$  =*

*Coeficiente de transmisión de calor del suelo [W/ m² °C]*

Para la obtención de la Ka, tendremos que realizar 2 cálculos distintos, uno para cada tipo de acabado: uno presenta una superficie de parquet y el otro de gres porcelánico

ELEMENTO	$\lambda$	e	R
Gres porcelánico 2,3 g/cm3	1,3	0,025	0,019
Mortero 1900 kg/m3	1,5	0,04	0,027
			<b>U=0,046</b>

ELEMENTO	$\lambda$	e	R
Parquet	0,14	0,013	0,093
Mortero 1600 kg/m3	1	0,04	0,040
			<b>U=0,133</b>

(6.3) Cálculo transmitancia del suelo.

ESTANCIA	CIRCUITO	DEMANDA POR m2	Ka	Ti	Tma (°C)	Tª SUELO (°C)
Comedor	1a	47,17	7,6469	22	28,17	24,93
Pasillo	1c	47,17	7,6469	22	28,17	24,93
Estudio	2	31,26	7,6469	22	26,09	23,60
Habitación 1	3	16,17	7,6469	21	23,11	21,35
Habitación 2	4	16,57	7,6469	21	23,17	21,38
Habitación 3	5	20,36	7,6469	21	23,66	21,70
Baño 1	6	71,75	21,9077	24	27,27	28,98
Baño 2	7	75,85	21,9077	24	27,46	29,32
Baño 3	8	73,76	21,9077	24	27,37	29,15

(6.4) Cálculo temperatura del agua en cada circuito.

Basándonos en la temperatura máxima obtenida, establecemos una temperatura para los tubos de  $29,32 = 30^{\circ}\text{C}$

## 6.5 CAUDAL DEL AGUA

El caudal de agua a través de un circuito de calefacción por suelo radiante es función de la potencia térmica emitida, que suponemos de un valor idéntico a la carga térmica (Q), y del salto térmico entre la impulsión al circuito y el retorno desde éste.

Así pues, el caudal se obtendrá a través de la siguiente expresión:

$$[Q] = m \cdot C_p \cdot (T_{imp} - T_{ret}) [w]$$

$m$  = Caudal de agua [Kg/s]  
 $C_p$  = Calor específico del agua [4180 J/Kg °C ]  
 $T_{imp} - T_{ret}$  = Salto térmico impulsión - retorno =  $10^{\circ}\text{C}$

Los cabezales electro-térmicos, gracias a su ciclo de apertura y cierre, permitirán el paso del caudal calculado. De este modo se posibilita la regulación de cada local de forma independiente a todos los demás.

ESTANCIA	CIRCUITO	POTENCIA EMITIDA (w)	TEMPERATURA DE EMISIÓN (°C)	TEMPERATURA DE RETORNO (°C)	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (m3/s)
Comedor	1a	3514,26	30	20	0,08	8,40
Pasillo	1c	589,64	30	20	0,01	1,41
Estudio	2	937,72	30	20	0,02	2,24
Habitación 1	3	194,01	30	20	0,00	0,46
Habitación 2	4	198,85	30	20	0,00	0,48
Habitación 3	5	305,45	30	20	0,01	0,73
Baño 1	6	573,97	30	20	0,01	1,37
Baño 2	7	834,38	30	20	0,02	1,99
Baño 3	8	590,04	30	20	0,01	1,41

(6.5) Cálculo caudal de agua en cada circuito.

## 6.6 VELOCIDAD DEL AGUA.

Al paso del agua por las tuberías, se genera una fricción de está con las paredes de la misma, que pueden ocasionar problemas de ruido, por ello se decide limitar la velocidad del agua a 2 m/s como límite máximo.

Conociendo el caudal de cada circuito y el diámetro de la tubería *wirsbo eval pex de 25 mm* y espesor de 2,5 mm ( diámetro de conducción de 20mm) se procede al cálculo de la velocidad:

$$V(m/s) = Q(m^3 / s) / \pi r^2$$

ESTANCIA	CIRCUITO	CAUDAL (l/s)	POTENCIA EMITIDA (w)	VELOCIDAD AGUA (m/s)
Comedor	1a	0,08	3514,26	0,267
Pasillo	1c	0,01	589,64	0,045
Estudio	2	0,02	937,72	0,071
Habitación 1	3	0,00	194,01	0,015
Habitación 2	4	0,00	198,85	0,015
Habitación 3	5	0,01	305,45	0,023
Baño 1	6	0,01	573,97	0,044
Baño 2	7	0,02	834,38	0,063
Baño 3	8	0,01	590,04	0,045

(6.6) Cálculo velocidad del agua por cada circuito.

## 6.7 CÁLCULO DE LOS MONTANTES.

A través de estos montantes será donde se produzca la mayor pérdida de carga de todo el circuito, es decir, contando desde la impulsión del circulador hasta que vuelve a éste. Todas estas pérdidas de carga las obtenemos de las gráficas que tenemos en la página de UPONOR y que se pueden consultar en el anexo aportado. Además a todas estas pérdidas se le sumará también las pérdidas singulares: codos, válvulas, etc.

Entrando en el gráfico de los anexos con *UPONOR wirsbo-evalPEX 25x2,5* se obtienen las pérdidas de carga en los diferentes circuitos (kPa/m)

Cuando hayamos calculado las pérdidas de carga que se producen en cada circuito, se dimensionará una bomba que sea capaz de mover gran cantidad de volumen de agua .

$$HB = LT \cdot Hcl + \sum k(v^2/2g) + (Z2-Z1)$$

*LT*: longitud total del circuito primario

*Hcl*: pérdida de carga por metro de tubo

*Z2-Z1*: pérdidas por altura geométrica = 3 m

*K*: factor de pérdida característico de cada elemento.

ESTANCIA	CIRCUITO	LONGITUD (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS DE CARGA POR METRO DE TUBERÍA	PÉRDIDAS TOTALES DE CARGA EN EL CIRCUITO
Comedor	1a	373,17	0,08	0,04	14,93
Pasillo	1c	70,4	0,01	0,005	0,35
Estudio	2	165,67	0,02	0,01	1,66
Habitación 1	3	61,22	0,005	0,001	0,06
Habitación 2	4	74,06	0,005	0,001	0,07
Habitación 3	5	88,94	0,01	0,005	0,44
Baño 1	6	47,13	0,01	0,005	0,24
Baño 2	7	65,06	0,02	0,01	0,65
Baño 3	8	54,98	0,01	0,005	0,27

(6.7) Pérdidas de carga por circuito.

Pérdidas totales en tubos: 18,68 kPa

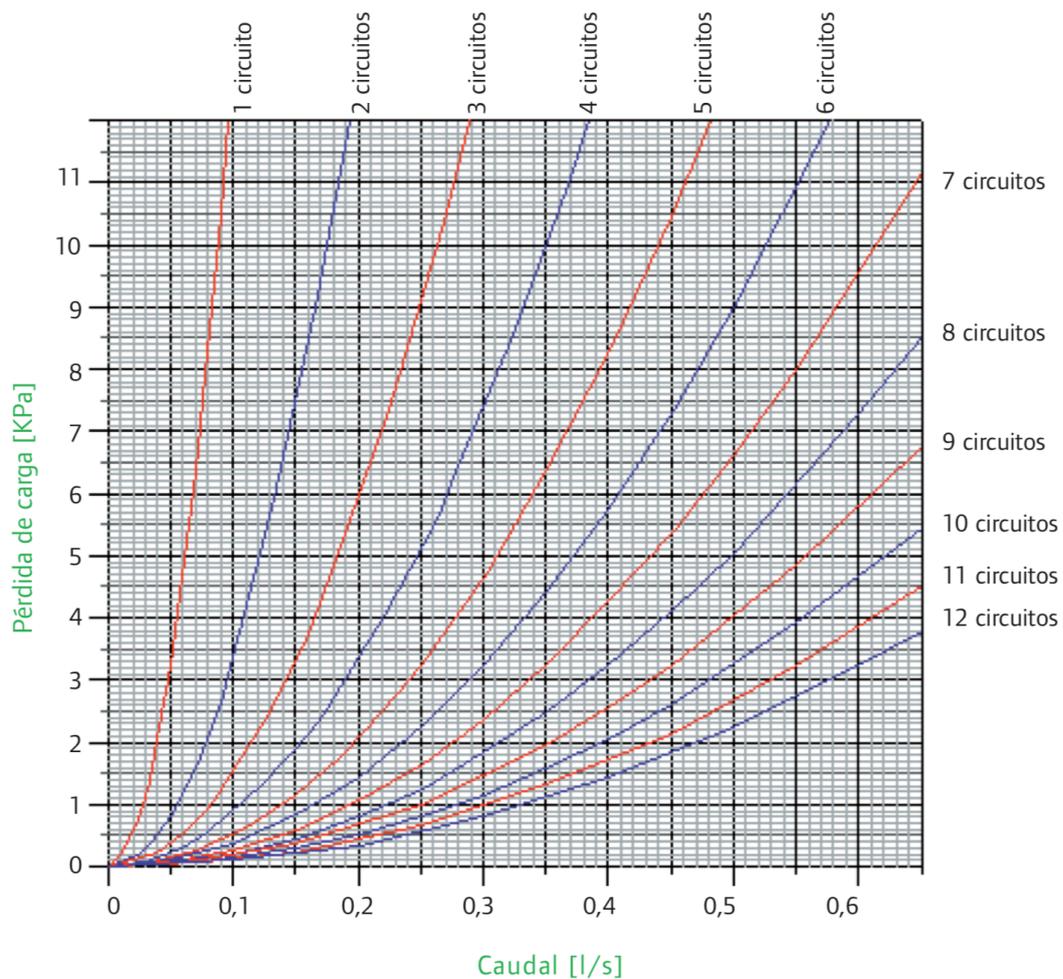
Calculamos también las pérdidas producidas en el circuito de alimentación y retorno de los colectores del suelo radiante.

Longitud del circuito mayor : 373,17 metros.

Pérdida de carga lineal para esta longitud: 0.04 Kpa/m

$$H_{TOTAL}(Kpa) = L_{total} \times H_{lineal} = 14,9268$$

Las pérdidas producidas en los colectores vienen determinadas por el caudal y el número de circuitos:



(6.8) Gráfica de pérdidas de carga en función del caudal.

Diagrama de pérdida de carga en el colector Uponor Q&E en función del caudal y número de circuitos.

Según el diagrama, para el colector 1 tenemos una pérdida de 0,1 Kpa.

Se calculan las cargas las pérdidas producidas en la valvurería incorporada.

	UNIDADES	LONGITUD EQUIVALENTE	PÉRDIDA TOTAL (Kpa)
Válvulas de corte	12	1,33	0,029
Codos	12	3,99	0,088
Pérdida total			0,117

(6.9) Pérdidas de la valvurería.

Datos obtenidos de la pagina de *UPONOR*, disponible en el anejo.

Las pérdidas de carga se establecen con metros de tubería equivalente.

**Pérdidas totales**= 18,68 + 0.1 + 0.117 + 14,9268= 24,447 kP = **33,8238**

Una vez calculas las pérdidas totales, podemos obtener cual es la altura de la bomba, en metros columna de agua, que se necesita para que el fluido circulo por la red de tuberías del suelo radiante.

ESTANCIA	CIRCUITO	LONGITUD (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS TOTALES DE CARGA EN EL CIRCUITO	ALTURA DE BOMBA (mca)
Comedor	1a	373,17	0,08	14,93	17,93
Pasillo	1c	70,4	0,01	0,35	3,35
Estudio	2	165,67	0,02	1,66	4,66
Habitación 1	3	61,22	0,005	0,06	3,06
Habitación 2	4	74,06	0,005	0,07	3,07
Habitación 3	5	88,94	0,01	0,44	3,44
Baño 1	6	47,13	0,01	0,24	3,24
Baño 2	7	65,06	0,02	0,65	3,65
Baño 3	8	54,98	0,01	0,27	3,27

(6.10) Cálculo de metros columnas de agua (mca) necesarios en cada circuito.

La bomba que necesitamos es aquella que sea capaz de impulsar 18 mca

Este tipo de bombas la encontramos en la marca comercial Salvador Escoda S.A, dentro del modelo Serie MEDIUM LARGE (M&L) hay muchas bombas que podrías utilizar para nuestra vivienda todas ellas llegan a los 18 metros de columna de agua, como seria el caso de la EVOPLUS M&L B 100/220, 40 M.

## 6.8 CÁLCULO DEL INTERCAMBIADOR.

Se necesita calcular un intercambiador para que eleve la temperatura del agua de retorno (20°C) a la temperatura necesaria de ida a los colectores para satisfacer las demandas caloríficas (30°C).

$$P = m * C * \Delta T$$

*P = potencia en Kw*

*m = flujo másico 0,277 Kg/s*

*C = calor específico: 4186 J/kgK*

*ΔT = salto térmico 10°C*

$$P = 11.59 \text{ kw}$$

Los sistemas de captación de agua caliente mediante la irradiación solar deberán cubrir una demanda de calor de 11.595 w

## 7. AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).

Calcular teniendo en cuenta el número de habitantes, el consumo de agua que se producirá a lo largo del día en la vivienda unifamiliar. Según el CTE, la relación existente entre estos factores es la siguiente:

TIPO VIVIENDA	Nº DORMITORIOS	HABITANTES	CONSUMO PERSONA AL DIA	TOTAL AL DIA
Unifamiliar	3	4	30	12

### (7.1) Datos del consumo diario de ACS.

Además, como se pretende que el suelo radiante instalado cubra sus necesidades térmicas a partir de la radiación solar, deberemos incorporar también su consumo térmico en la demanda. Teniendo en cuenta que se recomienda un consumo responsable, se considerará un uso simultáneo de la instalación de calefacción del 50%

MES	CONSUMO DIARIO (l/día)	Nº DÍAS DEL MES	CONSUMO MENSUAL (l/día)	Tª AGUA RED (Cº)	DEMANDA ENERGÉTICA ACS Qt(MJ)	DEMANDA ENERGÉTICA MENSUAL SUELO RADIANTE	DEMANDA ENERGÉTICA REAL SUELO RADIANTE	DEMANDA TOTAL (MJ/MES)
Enero	120	31	3720	10	778,78	5132,71	2566,36	3345,14
Febrero	120	28	3360	11	689,35	4636,00	2318,00	3007,35
Marzo	120	31	3720	12	747,63	5132,71	2566,36	3313,99
Abril	120	30	3600	13	708,44			708,44
Mayo	120	31	3720	15	700,90			700,90
Junio	120	30	3600	17	648,15			648,15
Julio	120	31	3720	19	638,60			638,60
Agosto	120	31	3720	20	623,03			623,03
Septiembre	120	30	3600	18	633,07			633,07
Octubre	120	31	3720	16	685,33	5132,71	2566,36	3251,69
Noviembre	120	30	3600	13	708,44	4967,14	2483,57	3192,01
Diciembre	120	31	3720	11	763,21	5132,71	2566,36	3329,56

### (7.2) Cálculo demanda de ACS y Calefacción.

Como hemos ido explicando anteriormente, solo se calculará la demanda energética del suelo radiante en los 6 meses mas fríos del año considerando la demanda máxima como la obtenida para el mes de diciembre, que precisará una potencia de 11,59 Kw para calefactar el agua. Por tanto, la demanda total para cada mes será el conjunto formado por las necesidades de agua caliente sanitaria, y por las demandas de suelo radiante con una reducción del 50%.

La demanda energética de ACS se obtiene considerando el cambio de temperatura de la red a la del circuito (60°C) mediante la expresión.

$$Qd \cdot 4,187 \cdot (60 - Tr) / 1000 \text{ (MJ)}$$

*Qd = consumo diario (l/día)*

*Tr = Temperatura de la red*

Así mismo, la demanda energética del suelo radiante se establece partiendo del 50% del consumo posible, al considerar un coeficiente de simultaneidad de 0,5. Puesto que necesitamos 11,59 kw para calefactar todo el sistema, supondremos un consumo máximo de 4 horas de calefacción. Por lo que la demanda energética del suelo radiante se obtendrá mediante la expresión:

$$0,5 \cdot Pot \text{ (MJ)} \cdot \text{días/mes} \cdot \text{horas (MJ)}$$

En la demanda total de agua mensual, se incluye tanto el consumo de agua caliente sanitaria como el del suelo radiante, y es aquí donde vemos la gran diferencia de consumo que existe entre los meses mas fríos con respecto a los mas calurosos.

A continuación, calcularemos los datos de irradiación solar, teniendo presente la inclinación del sol para cada mes del año según la Agencia Valenciana de la Energía IVACE:

MES	IRRADIACIÓN GLOBAL DIARIA MEDIA MENSUAL(MJ/m2)	COEFICIENTE ORIENTACIÓN	IRRADIACIÓN GLOBAL CONSIDERANDO INCLINACIÓN (90º)	Nº HORAS ÚTILES SOL	IRRADIANCIA (Gb W/m2)	TEMPERATURA AMBIENTE
Enero	15,8	1,14	18,01	8	625,42	12
Febrero	16,7	0,95	15,87	9	489,66	13
Marzo	20	0,73	14,60	9	450,62	15
Abril	20,6	0,5	10,30	9,5	301,17	17
Mayo	20,1	0,35	7,04	9,5	205,70	20
Junio	20,5	0,29	5,95	9,5	173,83	23
Julio	21,4	0,34	7,28	9,5	212,75	26
Agosto	21	0,5	10,50	9,5	307,02	27
Septiembre	20,7	0,76	15,73	9	485,56	24
Octubre	18,3	1,07	19,58	9	604,35	20
Noviembre	15,9	1,29	20,51	8	712,19	16
Diciembre	13,7	1,29	17,67	7,5	654,56	13

### (7.3) Cálculo de la irradiancia solar.

Los datos de la irradiancia global media mensual se obtienen de las tablas de *CENSOLAR* en MJ Así como los coeficientes de orientación.

Teniendo en cuenta que la máxima demanda de ACS se produce durante los meses más fríos, que son justamente los que el sol tiene una inclinación menor, se considera que la

inclinación ideal para las células fotovoltaicas es en la posición vertical, por ello los vidrios de la fachada sur son idóneos para su colocación.

El dato de la irradiancia solar se obtiene del producto:

$$\frac{\text{Irradiación solar (con pérdidas)} \times 10^6}{3600 \times n^{\circ} \text{ horas solares}}$$

Sabiendo los datos de la radiación solar y de las demandas energéticas, solo nos quedaría por saber el número de captadores necesarios para cubrir la demanda y el modelo que utilizaremos.

Se ha optado por unas células fotovoltaicas que se colocan en el vidrio. Estas células son semitransparentes por lo que dejan pasar los rayos del sol y siguen permitiendo las visuales interior-exterior.

Las células fotovoltaicas elegidas son de la marca comercial SunEwat XL, estas células pueden ser policristalinas o monocristalinas y las dimensiones son de 400 x 400 mm.. Se colocarán en los vidrios de la fachada sur y este que dan al patio principal, estos cristales tienen unas dimensiones de 1,5 x 2,1 m por lo que en cada vidrio colocaremos 15 células dejando separación entre ellas para permitir una mayor transparencia del vidrio.

Estas células pueden alcanzar un rendimiento del 20,6% y presentan una potencia máxima de 105 Wp.

MES	RENDIMIENTO CAPTADOR	CALOR OBTENIDO POR m2 DE CAPTADOR qt(MJ/m2)	CALOR ÚTIL OBTENIDO POR m2 qt(MJ/m2)	APORTE ENERGÉTICO SOLAR Qt,solar(MJ)	Nº HORAS ÚTILES SOL	m2 DE SUP. NECESARIA	ADOPTANDO 9 VIDRIOS
Enero	0,625	391,15	352,04	4550,18	8	12,93	7604
Febrero	0,490	239,77	215,79	1972,39	9	9,14	4661
Marzo	0,451	203,06	182,75	1701,94	9	9,31	3947
Abril	0,301	90,70	81,63	491,71	9,5	6,02	1763
Mayo	0,206	42,31	38,08	161,89	9,5	4,25	823
Junio	0,174	30,22	27,20	94,55	9,5	3,48	587
Julio	0,213	45,26	40,74	179,11	9,5	4,40	880
Agosto	0,307	94,26	84,84	538,29	9,5	6,35	1832
Septiembre	0,486	235,77	212,19	2060,64	9	9,71	4583
Octubre	0,604	365,24	328,72	4105,62	9	12,49	7100
Noviembre	0,712	507,21	456,49	6502,20	8	14,24	9860
Diciembre	0,655	428,45	385,60	5216,29	7	13,53	8329

#### (7.4) Cálculo del número de vidrios necesarios para cubrir mi demanda.

Los datos obtenidos de calor por m<sup>2</sup> de captador se obtienen por el producto de:

$$Q_t = \text{días del mes} \cdot \text{rendimiento del captador} \cdot \text{irradiancia solar}$$

El dato de  $m^2$  de superficie necesaria se obtiene mediante la relación entre la demanda y el calor útil obtenido por  $m^2$  de captador.

Así mismo, se supone un 90% de eficacia del captador por lo que el calor útil vendrá a ser del 0,9. -  $Q_{t, solar} = 0,9 \cdot Q$

Los metros cuadrados necesarios de superficie del captador se obtienen por la relación entre el calor obtenido y el calor útil:

$$m^2 \text{ necesarios} = Q_{t, solar} / Q$$

## 8. CONSUMOS ELÉCTRICOS.

Mirando la estimación de los consumos medios de cada uno de los electrodomésticos que se van a instalar en nuestra vivienda, realizamos una estimación del consumo diario, mensual y anual.

Todos los datos de potencias de conexión se han obtenido de los catálogos de productos de las empresas fabricantes. Hemos decidido, además, no considerar toda la potencia máxima de consumo que pone en los catálogos, haciendo una reducción de la misma, ya que todos los aparatos cuando están en funcionamiento, en la mayoría de los casos no funcionan al 100% de su potencia.

Del mismo modo, para poder realizar los calculo, se ha estipulado un tiempo de uso para cada uno de los diferentes elementos.

Con todo esto, se pretende demostrar que aunque nuestra vivienda sea de consumo nulo, y no este conectada a una red eléctrica, podríamos realizar la misma vida interior que en una convencional, utilizando de forma razonable los electrodomésticos que utilizaríamos de normal, mediante la utilización exclusivamente de energías renovables.

## 8.1 CÁLCULOS DE LOS CONSUMOS DEBIDOS A ELECTRODOMÉSTICOS.

ELEMENTO	UNIDADES	POTENCIA CONEXIÓN (w)	HORAS DE USO EFECTIVO	CONSUMO DIARIO (kwh)	CONSUMO MENSUAL (kwh)	CONSUMO ANUAL (kwh)
Nevera	1	160	2,5	0,4	12	144
Microondas	1	750	0,1	0,075	2,25	27
Campana	1	250	0,5	0,125	3,75	45
Vitro	1	1000	0.75	0,75	22,5	270
Lavadora	1	300	0,45	0,135	4,05	48,6
Lavavajillas	1	400	0,5	0,2	6	72
Bombillas Led	30	9	2	0,72	21,6	259,2
Televisión	2	200	3,5	0,7	21	252
Ordenador	1	75	6	0,9	27	324
Consumo total estimado				4,005	120,15	1441,8

(8.1) Cálculo del consumo de electrodomésticos.

## 9. AIRE ACONDICIONADO.

Es el sistema elegido para refrigerar las estancias durante los meses mas calurosos del año, y poder mantener las temperaturas de confort sin que aumente las temperaturas.

Para comenzar con los cálculos de refrigeración, es necesario saber que aparatos vamos a utilizar para conocer su consumo eléctrico y ver que cantidad de esa energía renovable generada por la vivienda, sería necesaria para su alimentación.

En cuanto a la estrategia que tomaremos para refrigerar la vivienda, será la de utilizar dos sistemas de demanda eléctrica reducida distintos. Un sistema estará integrado por el paquete de salón y cocina (zona de día) y el otro será el correspondiente a los 3 dormitorios (zona de noche).

Por tanto, ya sabemos que vamos a necesitar seguramente, dos modelos distintos para cada zona pero, para ello, hay que realizar los cálculos para ver que demanda se debe cubrir en cada uno de los casos.

En ellas nos basamos en la normativa vigente y estableceremos una demanda por carga de calor por cada habitante y una potencia mínima de 500W para los motores y otros equipos. La carga de iluminación la consideraremos despreciable por haber colocado bombillas LED que tienen un menor consumo eléctrico y una menor emisión de calor.

### DEMADA POTENCIA DE REFRIGERACION EN SALÓN-COCINA

CARGA CALOR SENSIBLE INTERIOR (SI)	HABITANTES	UNIDADES	POTENCIA (w)	CS	CARGA (w)
Ocupantes	4			50	200
Motores y equipos		1	500		500
Calor sensible interior					700
Carga de calor sensible exterior					1732,01
Ganancia total de calor sensible					2432,01

CARGA CALOR LATENTE INTERIOR (SL)	HABITANTES	UNIDADES	POTENCIA (w)	CS	CARGA (w)
Ocupantes	4			55	220
Motores y equipos		1	500		500
CARGA CALOR LATENTE VENTILACIÓN					550
Ganancia total calor latente interno					1270

Carga calor sensible	2432,01
Carga calor latente	1270
<b>CARGA REFRIGERACIÓN</b>	<b>3702,01</b>

(9.1) Cálculo refrigeración salón-cocina.

### DEMADA POTENCIA DE REFRIGERACION EN DORMITORIOS

CARGA CALOR SENSIBLE INTERIOR (SI)	HABITANTES	UNIDADES	POTENCIA (w)	CS	CARGA (w)
Ocupantes	4			50	200
Motores y equipos		1	500		500
Calor sensible interior					700
CARGA CALOR SENSIBLE EXTERIOR					444,11
Ganancia total de calor sensible					1144,11

CARGA CALOR LATENTE INTERIOR (SL)	HABITANTES	UNIDADES	POTENCIA (w)	CS	CARGA (w)
Ocupantes	4			55	220
Motores y equipos		1	500		500
CARGA CALOR LATENTE VENTILACIÓN					550
Ganancia total calor latente interno					1270

Carga calor sensible	1144,11
Carga calor latente	1270
<b>CARGA REFRIGERACIÓN</b>	<b>2414,11</b>

(9.2) Cálculo refrigeración dormitorios.

Una vez calculadas las cargas de refrigeración, solo nos resta establecer el modelo del sistema.

Colocaremos 2 sistemas multi-Split que sean capaces de cubrir la demanda de refrigeración en ambos sistemas.

Para la gran zona del salón-cocina tenemos una demanda de refrigeración de 3702,01w que equivale a 3183,16 kcal/h. Por lo que optaremos por el modelo Mitsubishi MSZ-AP42VG tiene una potencia de refrigeración de 3612 Kcal/h (4200,75 w) y un consumo eléctrico para esta potencia máxima de 1.3 kw.

En el caso de la refrigeración de los dormitorios colocaremos otro sistema multi-Split con 3 unidades de salida para cubrir la demanda de refrigeración de 2414,11w (2075 kcal/h). En este caso, emplearemos el modelo Mitsubishi MSZ-AP25VG, que tiene una potencia de refrigeración de 2150 Kcal/h con un consumo eléctrico máximo de 0,6 kw.

Siguiendo con el ejemplo de nuestra vivienda, donde defendemos un consumo de energías renovables y eficiente, supondremos que los dos sistemas multi-Split no se pondrán en funcionamiento de manera simultánea, incentivando ese consumo responsable y eficiente, además, al ser un sistema para la zona de día y otro para la zona de noche pueden ser totalmente compatibles. Por lo tanto, a la hora de dimensionar el sistema, estipularemos un consumo diario de unas 5 horas funcionando con un único sistema cada vez.

Como vemos, abastecer una vivienda a base de energía renovable no impide la utilización de ningún electrodoméstico, pero tampoco podemos realizar el consumo que hacemos de ellos normalmente y que, en muchos de los casos, llevan a aun malgasto energético totalmente evitable. Esta utilización más limitada de los electrodomésticos, independientemente de la energía gastada, nos ayudará a utilizar estos aparatos de manera más inteligente y únicamente cuando sean necesarios de verdad, potenciándonos a ser más cuidadosos con el derroche y despilfarro de energía.

Considerando un consumo de 5 h de refrigeración diaria durante los 6 meses, tendremos una demanda eléctrica al día de:

$$5 \text{ horas} \times 1.3 \text{ kw} = 6,5 \text{ kwh/día}$$

En este sistema, solo se utilizará durante 6 meses al año, concretamente durante los meses de verano, quedando muy reducido o casi anulado su consumo en el resto del año.

Por tanto, durante los meses fríos donde no se precise carga de refrigeración y el consumo eléctrico provenga de los electrodomésticos tendremos:

CONSUMO DE ELECTRODOMÉSTICOS DIARIO: 4.005 kwh

Y durante los meses de temperaturas más elevadas donde consideramos que es posible utilizar el sistema de refrigeración, la demanda de energía eléctrica pasará a ser de:

CONSUMO DIARIO TOTAL EN LOS MESES DE VERANO: 10,51 kwh

## SISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA

Con la demanda energética calculada, tanto para calefactar o refrigerar, solo nos quedará decidir el sistema de captación que utilizaremos para generar energía renovable.

### 9.1 CÉLULAS FOTOVOLTAICAS EN VENTANAS

El objetivo del proyecto desde un principio era la elección y desarrollo de un sistema de captación de energías renovables. Las celdas fotovoltaicas formaran parte de estos sistemas de generación eléctrica y son las que hemos escogido para aplicar en nuestra vivienda.

A la hora de conocer el número de células fotovoltaicas que debemos colocar, necesitaremos conocer de antemano el modelo de estas células fotovoltaicas.

Después de estudiar los modelos de varios fabricantes, me inclino por la marca comercial SunEwat XL, estas células pueden ser policristalinas o monocristalinas y las dimensiones son de 400 x 400 mm.

Se colocarán en los vidrios de la fachada sur y este dan al patio principal, estos cristales tienen unas dimensiones de 1,5 x 2,1 m por lo que en cada vidrio colocaremos 15 células dejando separación entre ellas para permitir una mayor transparencia del vidrio.

Estas células pueden alcanzar un rendimiento del 20,6% y presentan una potencia máxima de 105 Wp.

Primero calcularemos la energía que nos proporciona el Sol, que incide sobre la placa fotovoltaica, teniendo en cuenta su inclinación (90°C). Seguidamente, calcularemos a partir del rendimiento de esa célula fotovoltaica, la energía eléctrica real que nos puede suministrar cada placa, estableciendo un factor de pérdidas de energía eléctrica global del 10% para calcular de esta forma el número de placas necesarias.

MES	IRRADIACIÓN GLOBAL DIARIA MEDIA MENSUAL(MJ/m2)	COEFICIENTE ORIENTACIÓN	IRRADIACIÓN GLOBAL CONSIDERANDO INCLINACIÓN (90º)	Nº HORAS ÚTILES SOL	IRRADIANCIA (Gb W/m2)
Enero	7,6	1,14	8,66	8	300,83
Febrero	10,6	0,95	10,07	9	310,80
Marzo	14,9	0,73	10,88	9	335,71
Abril	18,1	0,5	9,05	9,5	264,62
Mayo	20,6	0,35	7,21	9,5	210,82
Junio	22,8	0,29	6,61	9,5	193,33
Julio	23,8	0,34	8,09	9,5	236,61
Agosto	20,7	0,5	10,35	9,5	302,63
Septiembre	16,7	0,76	12,69	9	391,73
Octubre	12	1,07	12,84	9	396,30
Noviembre	8,7	1,29	11,22	8	389,69
Diciembre	6,6	1,29	8,51	7,5	315,33

### (9.3) Cálculo irradiancia solar.

MES	RENDIMIENTO CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	m2 DE CÉLULA FOTOVOLTAICA	POTENCIA ELECTRICA GENERADA POR LA CÉLULA	ENERGÍA DIARIA GENERADA POR CÉLULA (Kw/h)	FACTOR PÉRDIDAS (10%)	ENERGÍA REAL DIARIA GENERADA POR CÉLULA (Kw/h)
Enero	0,206	0,6	4,56	0,04	0,10	0,03
Febrero	0,206	0,6	6,36	0,06	0,10	0,05
Marzo	0,206	0,6	8,94	0,08	0,10	0,07
Abril	0,206	0,6	10,86	0,10	0,10	0,09
Mayo	0,206	0,6	12,36	0,12	0,10	0,11
Junio	0,206	0,6	13,68	0,13	0,10	0,12
Julio	0,206	0,6	14,28	0,14	0,10	0,12
Agosto	0,206	0,6	12,42	0,12	0,10	0,11
Septiembre	0,206	0,6	10,02	0,09	0,10	0,08
Octubre	0,206	0,6	7,20	0,06	0,10	0,06
Noviembre	0,206	0,6	5,22	0,04	0,10	0,04
Diciembre	0,206	0,6	3,96	0,03	0,10	0,03

### (9.4) Cálculo de la energía diaria generada por célula fotovoltaica.

MES	ENERGÍA REAL DIARIA GENERADA POR CÉLULA (Kw/h)	CONSUMO DIARIO APARATOS ELECTRICOS (kwh)	DEMANDA ENERGÉTICA DIARIA DIARIA AIRE ACONDICIONADO (kwh)	DEMANDA TOTAL DIARIA (kwh)	CÉLULAS FOTOVOLTAICAS NECESARIAS	VIDRIOS NECESARIOS (1,5x2,1)m 15 células/vidrio
Enero	0,03	4,005		4,01	121,98	8,13
Febrero	0,05	4,005		4,01	77,74	5,18
Marzo	0,07	4,005		4,01	55,31	3,69
Abril	0,09	4,005	6,50	10,51	118,70	7,91
Mayo	0,11	4,005	6,50	10,51	97,55	6,51
Junio	0,12	4,005	6,50	10,51	87,58	5,84
Julio	0,12	4,005	6,50	10,51	87,58	5,84
Agosto	0,11	4,005	6,50	10,51	97,55	6,51
Septiembre	0,08	4,005	6,50	10,51	131,37	8,76
Octubre	0,06	4,005		4,01	68,67	4,58
Noviembre	0,04	4,005		4,01	106,56	7,10
Diciembre	0,03	4,005		4,01	149,83	9,99

(9.5) Cálculo del número de vidrios necesarios para cubrir mi demanda.

Necesitaremos un total de 10 vidrios del Tipo 2, cuyas dimensiones eran de 1,5 x 2,1m (150 células fotovoltaicas, 15 en cada vidrio) para cubrir la demanda del mes de diciembre.

## 9.2 BATERIAS.

Debido a que no tenemos la vivienda conectada a una red eléctrica para que la totalidad de la energía utilizada sea la generada por la propia, será preciso, tener un sistema secundario que pueda abastecer de energía a la vivienda durante un proceso concreto de tiempo.

Aunque es muy poco frecuente que no dispongamos de radiación solar, la instalación se llevará a cabo haciendo posible que el sistema de generación eléctrica sea capaz de almacenar energía en unas baterías que cubran nuestras demandas energéticas durante al menos 3 días. Así mismo, este sistema de baterías también cubrirá las demandas de electricidad durante la noche.

Las necesidades de consumo medias son de 8,51 kwh, que en 3 días suponen 25,53 kwh. Buscando en el mercado, hemos encontrado una nueva batería revolucionaria ya en muchas partes del mundo y que llegó a España en 2017, que es la batería tesla PowerWall.

Esta batería tiene una potencia que va de 7 kw en pico y a 5 kw en continuo, y, además, ofrece una capacidad de almacenaje de 13,5 kwh, por lo que nos proporciona un abastecimiento de forma ininterrumpida durante los cortes de suministro de la red eléctrica o días nublados hasta un período de 36 horas. Por lo tanto, con tan solo 2 de ellos, podríamos cubrir las necesidades de esos 3 días fijados anteriormente.

### 9.3 INVERSORES

Para poder transformar la corriente continua en corriente alterna se necesitan unos inversores, y con ellos ya daríamos por finalizada la instalación de producción eléctrica.

Los inversores que mejor funcionan en este tipo de casos (en los que no llega la corriente de la red eléctrica) son los híbridos. Éstos, además de transformar la corriente continua en corriente alterna, se encargan al mismo tiempo de almacenar y descargar la energía obtenida de sus placas solares en las baterías.

El inversor híbrido aprovecha al máximo todos los recursos disponibles e intenta que el excedente de energía en la red eléctrica sea el menor posible y se acumule en baterías para que su consumo sea mucho más eficiente.

Los inversores instalados han de ser capaces de dar respuesta a las necesidades de potencia eléctrica que se generarán con el uso del aire acondicionado y el de los electrodomésticos. Los cálculos de este inversor, los realizaremos teniendo en cuenta su capacidad para poder abastecer al mismo tiempo, la potencia derivada de la refrigeración de la zona del salón-comedor y del 75% de los electrodomésticos.

- Aire acondicionado: potencia eléctrica necesaria: 1,3 kw
- Electrodomésticos: potencia eléctrica total: 4,005 kw
- Utilización simultánea del 75% de los electrodomésticos: potencia necesaria: 3,007 kw
- TOTAL requerimiento de potencia:  $3,007 + 1,3 = 4,307$  kw

Para el cálculo del número de inversores a instalar únicamente deberemos dividir la potencia necesaria entre la potencia que soporta el inversor.

Tras un rastreo en el mercado de las marcas Comerciales, y sabiendo, que es lo que demanda mi vivienda, me he decantado por el Fronius, concretamente el Inversor Red FRONIUS Symo Hybrid 5.0-3-S 5kW.

Este modelo presenta una potencia admisible de 5 kw = 5000 w, por lo que con un solo inversor me sobraría para satisfacer la demanda generada (4307 w).

## 10. ESTUDIO COMPARATIVO.

Compararemos nuestro proyecto de vivienda autosuficiente, abastecida a base de energías renovables, obtenida a través de celdas fotovoltaicas dispuestas en los vidrios de la fachada al patio, y con una envolvente térmica muy estudiada y diseñada para ahorrar la máxima energía posible, con una vivienda ejecutada mediante los sistemas tradicionales de construcción:

- Fachadas de dos hojas de ladrillo hueco, con cámara de aire y 5 cm de ep.
- Cubierta con el mismo sistema, pero con poliestireno expandido de 10cm como aislante térmico.
- Los vidrios ya no serán de triple acristalamiento y de baja emisividad y los marcos serán de aluminio con rotura de puente térmico y no de PVC.

Mediante los mismos datos de temperaturas exteriores, tanto para los meses cálidos como fríos, sacaremos la carga necesaria de calefacción y refrigeración, teniendo en cuenta que los vidrios ya no tienen la misma eficiencia energética que los de nuestro proyecto y los sistemas constructivos tampoco responden al modelo PassiveHouse:

CARGA DE REFRIGERACIÓN EN EL SALON-COCINA	6438,8 kcal/h	7486 w
CARGA DE REFRIGERACIÓN EN LOS 3 DORMITORIOS	3572,05 kcal/h	4153 w

(10.1) Cálculo demanda en vivienda tradicional.

Como se puede observar, esta demanda de refrigeración queda muy lejos, sobre todo, del espacio central de los obtenidos con la vivienda perfectamente acondicionada.

CARGA DE REFRIGERACIÓN EN EL SALON-COCINA	3184,14 kcal/h	3702,01 w
CARGA DE REFRIGERACIÓN EN LOS 3 DORMITORIOS	2076,40 kcal/h	2414,11 w

(10.2) Cálculo demanda en vivienda pasiva.

Observamos que el hecho de cambiar el sistema constructivo de la envolvente a un método más tradicional implica que la carga de refrigeración en el salón sea casi doble de la de una vivienda acondicionada.

A la hora de buscar los sistemas multi-Split de refrigeración aptos para cubrir estas demandas, en el caso de la vivienda no acondicionada, deberíamos incorporar un sistema Mitsubishi MSZ-GF71VE, que tiene una potencia frigorífica de 7100 kcal/h y un consumo eléctrico de 3,4 Kw.

Para las habitaciones deberíamos colocar otro sistema de refrigeración que cubriera la potencia necesaria. Incorporaríamos el elemento Mitsubishi MSZ-AP42VG con una potencia frigorífica de 3612 Kcal/h y un consumo eléctrico de 1,3 kw.

Por lo tanto, basándonos en lo anteriormente dicho, calcularemos el consumo generado al utilizar al mismo tiempo, el sistema de refrigeración del salón-cocina con el del 75% de los electrodomésticos de la casa, teniendo en cuenta, además, que el aire acondicionado se usará aproximadamente durante 5 horas al día.

$$5 \text{ horas} \times 3,4 \text{ kw} = 17 \text{ kwh/día}$$

Que sumado a la demanda de gasto diario del 75% los electrodomésticos:

CONSUMO DE ELECTRODOMÉSTICOS DIARIO: 3,007 kwh

Por lo tanto:

CONSUMO DIARIO TOTAL EN LOS MESES DE VERANO: 20,007 kwh

En conclusión, al cambiar el sistema constructivo por uno más tradicional hemos pasado de un consumo diario de 10,51 kwh a 20,007 kwh. Hemos aumentado el consumo en 10kwh diarios en los meses de verano.

Si hubiéramos necesitado cubrir los 20,007 kwh con células fotovoltaicas, considerando las pérdidas por orientación y la eficiencia del captador, realizando los mismos cálculos que se han hecho en el apartado anterior, tendríamos que disponer de 250,0,9 células fotovoltaicas que equivaldrías a 17 vidrios, 7 más de los que actualmente necesitamos.

Este incremento de células fotovoltaicas y, por lo tanto, también un incremento de vidrios supondría en términos económicos:

- El Precio del vidrio de triple acristalamiento kommerling 76 de dimensiones 1,5 x 2,1m ronda los 500 euros, más las 15 celdas fotovoltaicas que se instalarán en el mismo el precio por cada vidrio ascendería a los 700 euros.

Por lo que este incremento de 7 vidrios supondría un gasto extra de:

$$700 \text{ €/Vidrio} \times 7 \text{ vidrios} = 4.900 \text{ €}$$

Para tener un orden de magnitud más normal, podríamos expresar estos 10 kwh diarios en función del precio en € por kw/h, lo que vendría a ser:

Consumo: Precio por kwh según la empresa ENDESA: 0,1634€ (Impuestos incluidos)

Potencia: Precio por kw según la empresa ENDESA:0,1463€/Kw día(Impuestos incluidos)

Hay que tener en cuenta que además del coste de la energía extra consumida (6 meses) tenemos el coste de la potencia extra necesaria para el aire acondicionado: 3,4 kw - 1,3kw = 2,33 kw. Esta potencia hay que pagarla durante todo el año. Los electrodomésticos no influyen, ni tampoco el aire acondicionado de las habitaciones, y que nunca será simultáneo con el del espacio central.

El aumento de coste anual de la energía consumida en la vivienda construida de forma tradicional será:

$$10 \text{ kwh/día} \cdot 180 \text{ días} \cdot 0,1634 \text{ €/kwh} = 294,12 \text{ €}$$

El aumento de potencia tendrá un coste de:

$$3,4 \text{ kw} \cdot 365 \text{ días} \cdot 0,1463 \text{ €/kw} \cdot \text{día} = 181,55 \text{ €}$$

Por lo que el sobrecoste de la energía eléctrica a final de año ascendería a: 475,67 €

Además, este precio sería mayor, si en vez de utilizar el suelo radiante como sistema de calefacción, utilizáramos otro de los que hay en el mercado como los radiadores.

Teniendo en cuenta que el precio del aislante es de:

Cerramiento: 132 m<sup>2</sup> de aislamiento

- Panel lana de roca de 40 mm – 13,44 €/m<sup>2</sup>
- Panel lana de roca de 160 mm – 35,26 €/m<sup>2</sup>

Cubierta: 230 m<sup>2</sup> de aislamiento

- Plancha rígida de poliestireno expandido 200 mm – 29,24 €/m<sup>2</sup>

El precio total del aislamiento de toda la piel térmica de la vivienda nos costaría:

$$48,7 \text{ €/m}^2 \times 132 + 29,24 \text{ €/m}^2 \times 230 = 13.153 \text{ €}$$

Por lo tanto, el correcto aislamiento de la vivienda nos supone un coste de 13.153 € y nos ahorra únicamente 475,67 € en electricidad anualmente.

Después de sacar todos los cálculos económicos de los dos tipos de vivienda, nos damos cuenta, que para amortizar lo invertido en la casa, deberán de pasar 27,65 años, a partir de los cuales empezaremos a horrar dinero gracias al ahorro energético.

## 11. CONCLUSIÓN FINAL.

Nuestro principal objetivo, es poder demostrar que una vivienda, utilizando exclusivamente energías 100 % renovables y no contaminantes, sea capaz de autoabastecerse sin renunciar a la calidad de vida que se tendría en una vivienda tradicional.

Objetivo que hemos podido cumplir con la realización del presente trabajo, en el que hemos demostrado que nuestra vivienda es capaz de obtener agua caliente sanitaria, conseguir la temperatura de confort en todas las estancias durante todo el año, haga frío o calor en el exterior, y hacer uso de los principales electrodomésticos que utilizamos diariamente, es decir, todo lo que tendríamos actualmente en las viviendas tradicionales.

La clave para que la energía obtenida a través de las celdas fotovoltaicas sea suficiente para poder cubrir toda nuestra demanda energética, ha sido el diseño de un buen sistema de elementos constructivos y la utilización de unos acristalamientos idóneos para aumentar el ahorro energético de la vivienda y provocar una reducción en las demandas de calefacción y refrigeración.

Además de este claro ahorro energético, nuestro segundo objetivo era el de hacer ver, que una casa energéticamente eficiente, no tiene porque ir ligado a un diseño arquitectónico vulgar mediante la implantación de placas solares en tejados o cualquier zona visible y que afean cualquier tipo de vivienda, sino que podemos integrar arquitectónicamente todas estas captaciones solares, haciendo unos diseños increíblemente modernos, tal y como ocurre en nuestra vivienda, donde las celdas fotovoltaicas se integran los vidrios de fachada.

Dicho esto, por un lado, tenemos un proyecto idóneo energéticamente hablando e integrado arquitectónicamente, con unos consumos muy bajos y funcionando únicamente con energías renovables pero, por otro lado, después de realizar el estudio comparativo, nos hemos dado cuenta de un dato demoledor para nuestra vivienda, que podría hacer inviable la propuesta objeto de estudio.

La vivienda no se amortizaría hasta los casi 28 años desde su construcción, lo que obligaría a los propietarios a hacer una gran inversión inicial y no todos están por la labor de gastarse esa cantidad de dinero extra en una vivienda, por ello es por lo que este sistema constructivo esta tardando en entrar en nuestro país.

Por suerte, no todas las elecciones se hacen mirando el ahorro económico, sino que hay aspectos importantes mas allá del dinero, como en este caso sería la contaminación hacia medio ambiente. Por eso creo que, aunque la amortización de la vivienda no se produzca a corto plazo, es una inversión que merece la pena.

Además, la sociedad está evolucionando hacia un consumo renovable que nos lleva a la eficiencia energética en la construcción, ya que la legislación y las normativas impulsadas desde muchos ayuntamientos, comienzan a exigir ciertos parámetros de ahorro energético en las viviendas.

Nosotros como proyectistas, somos los primeros que tenemos que impulsar este tipo de proyectos, e instar a la sociedad a realizar ese cambio de mentalidad y reducir el gasto eléctrico que es la principal fuente de consumo de nuestro país.

En definitiva, con el presente proyecto hemos sido capaces de autoabastecer una vivienda sin estar conectada a la red eléctrica y demostrar que es posible mediante la utilización de energías 100 % renovables, mantener todas las calidades de vida actuales.

El cambio ya está aquí y es posible la elaboración de una nueva vivienda tan interesante como eficiente, en la que nos liberamos de todas esas energías contaminantes.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

### IMÁGENES

(3.1) FUENTE: Recuperado de “ parámetros climáticos valencia”, 14 de junio, 2018.  
Recuperado de <http://www.meteovalencia.es/>.

(3.2) FUENTE: Recuperado de “ parámetros climáticos valencia”, 14 de junio, 2018.  
Recuperado de <http://www.meteovalencia.es/>.

(3.3) FUENTE: Recuperado de “ parámetros climáticos valencia”, 14 de junio, 2018.  
Recuperado de <http://www.meteovalencia.es/>.

(4.1) FUENTE: elaboración propia

(4.3) FUENTE: elaboración propia

(4.4) FUENTE: Recuperado de “La arquitectura pasiva en climas cálidos”, de Wassouf, M. 2014, Gustavo Gili.

(4.6) FUENTE: Recuperado de “La arquitectura pasiva en climas cálidos”, de Wassouf, M. 2014, Gustavo Gili.

(4.9) FUENTE: Recuperado de “La arquitectura pasiva en climas cálidos”, de Wassouf, M. 2014, Gustavo Gili.

(4.10) FUENTE: elaboración propia

(4.11) FUENTE: elaboración propia

(4.12) FUENTE: elaboración propia

(6.8) FUENTE: Recuperado de, “manual técnico de Climatización Invisible Uponor”, 24 de mayo de 2018. Recuperado de <http://www.solarcondicionado.pt/files/catalogs/Catálogo-Piso-Radiante-Uponor-2017.pdf>

### TABLAS

(4.2) FUENTE: elaboración propia

(4.5) FUENTE: elaboración propia

(4.7) FUENTE: elaboración propia

(4.8) FUENTE: elaboración propia

(4.13) FUENTE: elaboración propia

(4.14) FUENTE: elaboración propia

(4.15) FUENTE: elaboración propia

(4.16) FUENTE: elaboración propia

(4.17) FUENTE: elaboración propia

(5.1) FUENTE: Langa, J. (2017). Instalaciones de acondicionamiento higrotérmico.  
Material no publicado.

(5.2) FUENTE: Langa, J. (2017). Instalaciones de acondicionamiento higrotérmico.  
Material no publicado.

(5.3) FUENTE: Langa, J. (2017). Instalaciones de acondicionamiento higrotérmico.  
Material no publicado.

(5.5) FUENTE: elaboración propia

(5.6) FUENTE: elaboración propia

(5.7) FUENTE: elaboración propia

(5.8) FUENTE: elaboración propia

(5.9) FUENTE: elaboración propia

(5.10) FUENTE: elaboración propia

(5.11) FUENTE: elaboración propia

(5.12) FUENTE: Langa, J. (2017). Instalaciones de acondicionamiento higrotérmico.  
Material no publicado.

(5.13) FUENTE: Langa, J. (2017). Instalaciones de acondicionamiento higrotérmico.  
Material no publicado.

(5.14) FUENTE: Langa, J. (2017). Instalaciones de acondicionamiento higrotérmico.  
Material no publicado.

(5.16) FUENTE: elaboración propia

(5.217) FUENTE: elaboración propia

(5.18) FUENTE: elaboración propia

(5.19) FUENTE: elaboración propia

(5.20) FUENTE: elaboración propia

(5.21) FUENTE: elaboración propia

(5.22) FUENTE: elaboración propia

(5.23) FUENTE: elaboración propia

- (6.1) FUENTE: elaboración propia
- (6.2) FUENTE: elaboración propia
- (6.3) FUENTE: elaboración propia
- (6.4) FUENTE: elaboración propia
- (6.5) FUENTE: elaboración propia
- (6.6) FUENTE: elaboración propia
- (6.7) FUENTE: elaboración propia
- (6.9) FUENTE: elaboración propia
- (6.10) FUENTE: elaboración propia
- (7.1) FUENTE: Recuperado de “manual de la calefacción” de Miranda Barreras, A. L., Jutgoar Banyeras, L. & Villarubia López, M. 2011, Marcombo.
- (7.3) FUENTE: elaboración propia
- (7.4) FUENTE: elaboración propia

(8.1) FUENTE: elaboración propia

- (9.1) FUENTE: elaboración propia
- (9.2) FUENTE: elaboración propia
- (9.3) FUENTE: elaboración propia
- (9.4) FUENTE: elaboración propia
- (9.5) FUENTE: elaboración propia

- (10.1) FUENTE: elaboración propia
- (10.2) FUENTE: elaboración propia

## LIBROS

Manual de calefacción (libro)

De la casa pasiva al estándar PassiveHouse, La arquitectura pasiva en climas cálidos (libro)

## APUNTES

Apuntes de la asignatura de instalaciones energéticas de 4º de Arquitectura de la UPV

Apuntes de la asignatura de instalaciones hidráulicas de 4º de Arquitectura de la UPV

Apuntes de la asignatura criterios bioclimáticos en el diseño arquitectónico de 5º de Arquitectura de la UPV

## WEB

Plataforma de Edificación PassivHouse. Disponible en: <http://www.plataforma-pep.org/>

Información climática. Meteovalencia. Disponible en: <http://www.meteovalencia.es/>

[http://www.termoarcilla.com/ventajas.asp?id\\_cat=14](http://www.termoarcilla.com/ventajas.asp?id_cat=14)

[http://germans-segarra.cat/docs/MT\\_climatizacion\\_invisible.pdf](http://germans-segarra.cat/docs/MT_climatizacion_invisible.pdf)

<https://www.construnario.com/diccionario/swf/26092/manuales%20técnicos/calorificaci%20anexo.pdf>

<https://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado//productos/serie-msz-sfgf/datos-tecnicos>

<http://www.salvadorescoda.com/sf1/index.htm>