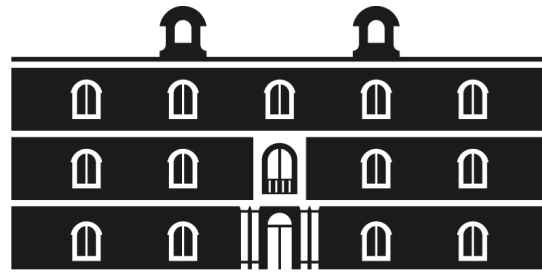




Universidad  
Politécnica  
de Cartagena



**industriales**  
etsii UPCT

*Estudio comparativo de  
instalaciones renovables para ACS  
y calefacción en un edificio*

**Titulación:** Máster en Energías Renovables

**Autora:** Isabel M<sup>a</sup> López Guirao

**Directora:** Ana Nieto Morote

Septiembre 2013

## ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS .....	2
ÍNDICE DE FIGURAS .....	4
1. INTRODUCCIÓN .....	6
2. ÁMBITO DE APLICACIÓN .....	8
3. OBJETIVOS.....	11
4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	13
5. CÁLCULO DE COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DEL CALOR.....	18
6. DEMANDA DE CALEFACCIÓN .....	33
7. DEMANDA DE ACS .....	46
8. SISTEMA DE CALEFACCIÓN CON SUELO RADIANTE .....	51
9. INSTALACIÓN DE BIOMASA CON HUESO DE OLIVA .....	55
9.1. SELECCIÓN DE LA CALDERA .....	59
9.2. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL SILO.....	60
9.3. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL ACUMULADOR .....	64
10. INSTALACIÓN SOLAR TERMICA .....	67
10.1. ELECCIÓN DEL CAPTADOR.....	70
10.2. NÚMERO DE CAPTADORES Y APORTE SOLAR.....	72
10.3. INTERACUMULADORES.....	78
10.4. SISTEMA DE APOYO .....	79
11. ANÁLISIS ECONÓMICO .....	82
12. CNCLUSIONES .....	86
13. BIBLIOGRAFÍA .....	88
15. PLANOS .....	91

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Superficies de vivienda A.....	14
Tabla 2: Superficies de vivienda B.....	14
Tabla 3: Superficies de vivienda C.....	15
Tabla 4: Superficies de vivienda D.....	15
Tabla 5: Superficies de vivienda E.....	16
Tabla 6: Superficies de patios interiores por vivienda.....	16
Tabla 7: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m <sup>2</sup> K/W. FUENTE: CTE.....	18
Tabla 8: Resistencias térmicas de cámaras de aire en m <sup>2</sup> K/W. FUENTE: CTE.....	19
Tabla 9: Transmitancia térmica de fachada.....	21
Tabla 10: Transmitancia térmica de medianera.....	23
Tabla 11: Transmitancia térmica de cubierta.....	25
Tabla 12: Transmitancia térmica de suelo.....	27
Tabla 13: Transmitancia térmica de ventana.....	29
Tabla 14: Transmitancia térmica de puerta principal.....	30
Tabla 15: Transmitancia térmica de puertas acristaladas.....	31
Tabla 16: Cargas térmicas para calefacción anuales.....	33
Tabla 17: Cargas térmicas para calefacción en enero.....	35
Tabla 18: Cargas térmicas para calefacción en febrero.....	36
Tabla 19: Cargas térmicas para calefacción en marzo.....	37
Tabla 20: Cargas térmicas para calefacción en abril.....	38
Tabla21: Cargas térmicas para calefacción en noviembre.....	39
Tabla 22: Cargas térmicas para calefacción en diciembre.....	40
Tabla 23: Número de personas por dormitorio. FUENTE: CTE HE4.....	46
Tabla 24: Demanda de referencia a 60°C. FUENTE: CTE HE4.....	46
Tabla 25: Tª red de agua de Murcia. FUENTE: IDEA.....	47
Tabla 26: Cargas térmicas para ACS.....	49
Tabla 27: Elección de caldera.....	55
Tabla 28: Distribución de superficie de olivar por sistema de cultivo. FUENTE: ESYRCE.....	58

Tabla 29: Potencia de la caldera seleccionada. FUENTE: Hergom.....	59
Tabla 30: Características del hueso de oliva. FUENTE: IDAE.....	60
Tabla 31: Dimensiones de la caldera seleccionada.....	61
Tabla 32: Dimensionado del silo.....	62
Tabla 33: Dimensiones del silo. FUENTE: Supersilo.....	63
Tabla 34: Dimensiones de los acumuladores. FUENTE: Burderus.....	65
Tabla 35: Contribución solar mínima. FUENTE: CTE HE4.....	68
Tabla 36: Demandas de ACS y calefacción.....	64
Tabla 37: Inclinación del captador. FUENTE: Estación meteorológica en Murcia.....	70
Tabla 38: Características del captador. FUENTE: Chromagen.....	71
Tabla 39: Latitud y temperatura mínima histórica, en °C. FUENTE: CENSOLAR.....	71
Tabla 40: Demandas totales combustible.....	72
Tabla 41: Tarifas de Gas Natural en 2012 por el BOE.....	74
Tabla 42: Datos iniciales de la instalación.....	75
Tabla 43: Factor de aporte para calefacción.....	76
Tabla 44: Acumulación de calefacción y ACS.....	78
Tabla 45: Interacumulador para ACS. FUENTE: Fagor.....	78
Tabla 46: Interacumulador para calefacción. FUENTE: Saunier duval.....	78
Tabla 47: Necesidades cubiertas por caldera de gas.....	80
Tabla 48: Costes de las instalaciones.....	83
Tabla 49: Análisis económico.....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estructura de consumos según Usos Energéticos. FUENTE: IDEA.....	8.
Figura 2: Fuente de consumo energético en calefacción. FUENTE: IDAE.....	9
Figura 3: Fuente de consumo energético en ACS. FUENTE: IDAE.....	9
Figura 4: Situación del edificio.....	13
Figura 5: Sección transversal fachada.....	21
Figura 6: Sección transversal medianera.....	23
Figura 7: Sección transversal cubierta.....	25
Figura 8: Sección transversal suelo.....	27
Figura 9: Cargas térmicas para calefacción anuales.....	34
Figura 10: Sección transversal del duelo radiante.....	51
Figura 11: Distribución vertical de temperaturas para diferentes sistemas de calefacción.....	52
Figura 12: Instalación de suelo radiante.....	53
Figura 13: Distribución provincial de la superficie de olivar/superficie geográfica. FUENTE: ESYRCE.....	58
Figura 14: Detalle de la caldera. FUENTE: Hergom.....	54
Figura 15: Silo de almacenamiento. FUENTE: Supersilo.....	63
Figura 16: Acumuladores 5000 l y 600l. FUENTE: Buderus.....	65
Figura 17: Zonas climáticas. FUENTE: CTE HE4.....	68
Figura 18: Irradiación para distintas inclinaciones. FUENTE: Estación meteorológica en Murcia.....	70
Figura 19: Beneficio por el nº de captadores.....	75
Figura 21: Interacumulador para calefacción. FUENTE: Saunier duval.....	78
Figura 20: Interacumulador para ACS. FUENTE: Fagor.....	78
Figura 21: Interacumulador para calefacción. FUENTE: Saunier duval.....	79
Figura 22: Caldera. FUENTE: Fagor.....	80
Figura 23: Comparativa de costes.....	84

# I: INTRODUCCIÓN

## 1. INTRODUCCIÓN

Hasta hace unos años se pensaba que los recursos energéticos eran inagotables de modo que todas nuestras comodidades en el hogar nunca se verían afectadas por un gasto desorbitado de materias primas, a día de hoy este gasto es de más de 9 Gtep/año de energía primaria. Y además con las combustiones originadas de sustancias químicas como carbón petróleo y gas natural se vierten a la atmósfera gases nocivos que con el tiempo afectarán tanto a la naturaleza como a nuestra salud.

Los seres humanos en nuestra vivienda utilizamos estos combustibles fósiles para proporcionar agua caliente, calefacción y aire acondicionado, calor para cocinar, transporte de esos alimentos, etc.

Para hacer frente a este problema sin deshacernos del confort, tenemos que replantearnos el tipo de viviendas actuales, de modo que la vivienda del futuro nos ayude a obtener beneficios de la naturaleza de la que nos rodeamos.

Por todo ello, se podrían integrar en las viviendas existentes o construir obra nueva, teniendo como objetivo principal el consumo moderado de energía agotable apoyándonos en la medida de lo posible en las energías renovables.

El objeto de este estudio es disminuir lo posible intentando erradicar el consumo en las viviendas de materias primas fósiles, cambiándolo por energías renovables y demostrando la rentabilidad tanto a nivel económico como energético además de saber que el uso de estas energías renovables:

- Son una fuente inagotable de recursos.
- Bajas emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases contaminantes que se vierten a la atmósfera, que ayuda a la disminución del efecto invernadero.
- Independencia con el exterior, aprovechando los recursos más abundantes de cada zona donde se desean desarrollar las energías.

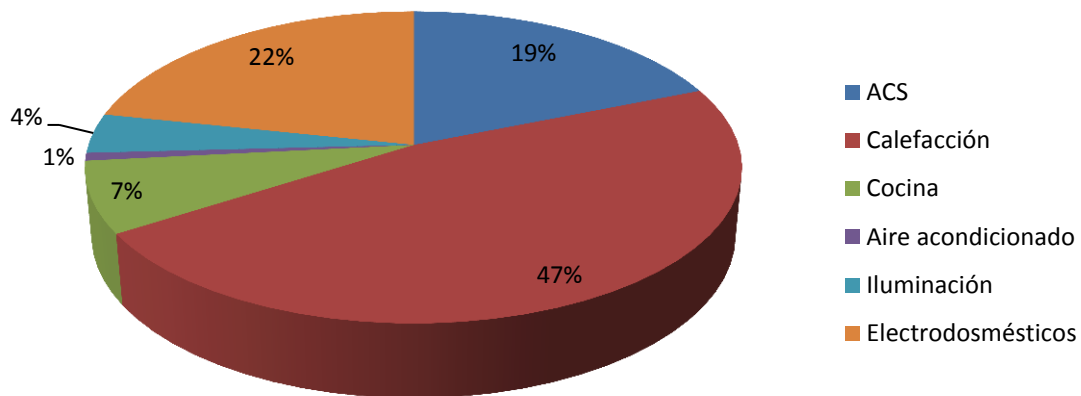
## **II: ÁMBITO DE APLICACIÓN**



## 2. ÁMBITO DE APLICACIÓN

Para saber que instalaciones son las que mayor consumo de energía demandan y por tanto las que un cambio de sistemas convencionales a renovables sería más interesante, se estudian los consumos de usos energéticos en España.

### CONSUMOS USOS ENERGÉTICOS



**Figura 1: Estructura de consumos según Usos Energéticos. FUENTE: IDAE.**

En la Figura 1 el servicio de la calefacción es el que mayor energía demanda, con cerca de la mitad de todo el consumo del sector, le siguen en orden de magnitud los electrodomésticos, el agua caliente sanitaria, la cocina, la iluminación y el aire acondicionado.

Con el anterior análisis podemos deducir cuales son las instalaciones en las que tenemos que centrarnos para reducir el consumo energético del edificio, que serán calefacción y ACS.

Por tanto el estudio se va a centrar en calefacción y ACS, que consumen distintas materias dependiendo de la fuente energética de la que provengan, como se ven en las Figuras 2 y 3, se obtienen estos datos porcentuales para edificios en España.

## CALEFACCIÓN

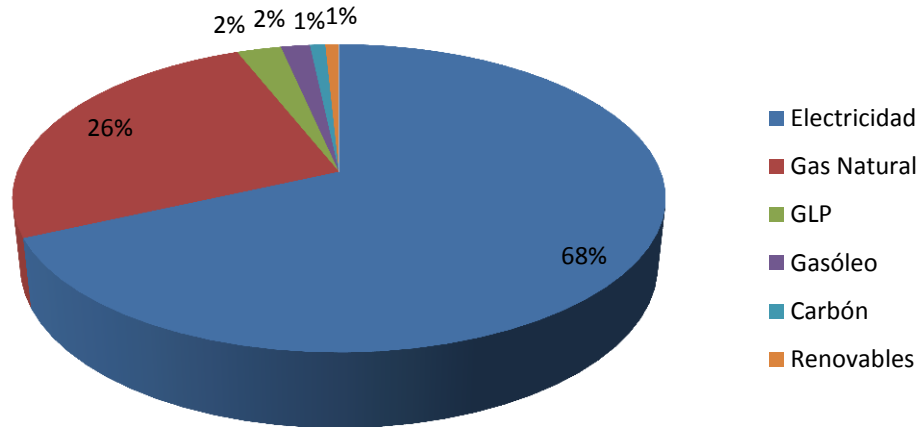


Figura 2: Fuente de consumo energético en calefacción. FUENTE: IDAE.

## ACS

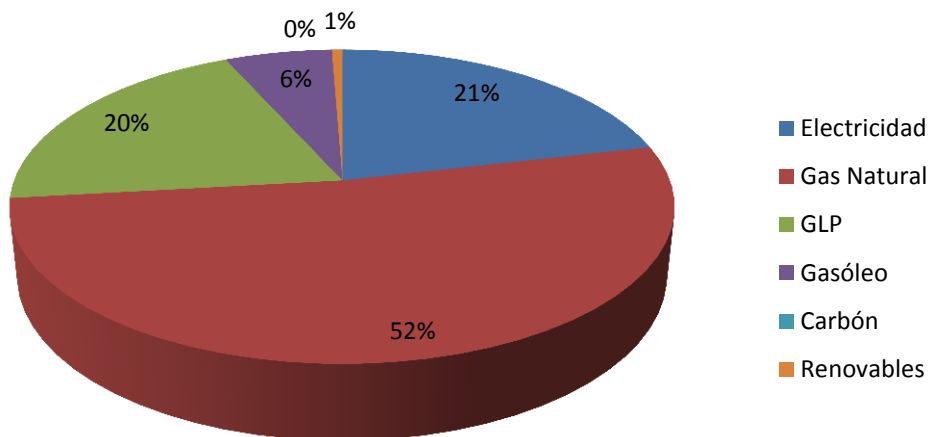


Figura 3: Fuente de consumo energético en ACS. FUENTE: IDAE.

En calefacción la fuente más importante es eléctrica con un 68% y en ACS es el gas natural con un 52%, en ambos casos las energías renovables sólo representan el 1% como fuente de origen para cubrir la demanda de calefacción y ACS.

## **III: OBJETIVOS**

### 3. OBJETIVOS

En la actualidad el ahorro económico se ve motivado desde la administración del estado, en forma de normativa y planes al efecto. En el caso concreto del sector residencial, los principales referentes son el *Código Técnico de la Edificación (CTE)* a través de sus exigencias básicas de ahorro de energía (HE) y el *Plan de Energías Renovables para España 2005 -2010 (PER)*.

El PER ha sido elaborado con el propósito de reforzar los objetivos del Gobierno, que son la garantía de la seguridad y calidad del suministro eléctrico y el respeto al medio ambiente, y con la determinación de dar cumplimiento a los compromisos de España en el ámbito internacional (*Protocolo de Kioto, Plan Nacional de Asignación*), y a los que se derivan de nuestra pertenencia a la Unión Europea.

Estos proyectos en desarrollo ayudan a lograr que las personas sigan viviendo al mismo nivel de confort pero con un respeto por el medio ambiente hasta ahora inexistente en la mentalidad de los usuarios. Es por ello que una evolución en el campo de las energías renovables, y más concretamente en la vivienda, permiten dar un gran paso a nivel individual que desemboca en un adelanto social energético.

Así el proyecto persigue un ahorro del consumo energético de los hogares, manteniendo el bienestar.

Los puntos a desarrollar en este estudio son:

- Obtener las demandas de ACS y calefacción de las viviendas que componen el edificio.
- Diseño de una instalación de biomasa para ACS y calefacción que supla las necesidades de los clientes.
- Diseño de una instalación de energía solar térmica para abastecer el ACS y la calefacción del edificio.
- Comprobar que ambos sistemas sigan las pautas fijadas por la legislación.
- Obtener un análisis económico de las opciones para comparar la que más nos interesa.
- Concluir con la elección del mejor sistema para el edificio.

## **IV: DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO**

#### 4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio ubicado en Alcantarilla (Murcia), es un bloque de 4 plantas destinadas a 20 viviendas, con una longitud de  $37^{\circ} 58' 20''$  N y una latitud de  $1^{\circ} 12' 34''$  O, se encuentra a 62 metros de altitud.



**Figura 4: Situación del edificio.**

En el caso de la energía solar se instalan los captadores en el tejado y cuando se biomasa se instala en la sala de calderas que se encuentra en la planta baja.

De aquí en adelante se realizarán las declaraciones, estimaciones y cálculos en referencia a 5 viviendas iguales tipo "A", "B", "C", "D" y "E" son idénticas en las tres plantas en superficies, distribución y orientación, haciéndose notar aquello en que se pudieran diferenciar en el apartado correspondiente.

Cada planta consta de las siguientes superficies:

<b>VIVIENDA A</b>				
Estancia	Planta	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Pasillo/Hall	P02/P03/P04/P05	22,38	2,8	62,664
Galería		2,38		6,664
Dormitorio simple 3		9,96		27,888
Dormitorio simple 2		9,84		27,552
Dormitorio doble 1		13,48		37,744
Salón comedor		22,07		61,796
Baño 1		4,73		13,244
Baño 2		5,37		15,036
Cocina		11,63		32,564
<b>Total</b>		<b>101,84</b>		<b>285,152</b>

Tabla 1: Superficies de vivienda A.

<b>VIVIENDA B</b>				
Estancia	Planta	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Pasillo/Hall	P02/P03/P04/P05	1,67	2,8	4,676
Galería		2,42		6,776
Dormitorio simple 3		11,4		31,92
Dormitorio simple 2		12,71		35,588
Dormitorio doble 1		12,14		33,992
Salón comedor		22,07		61,796
Baño 1		4,4		12,32
Baño 2		4,91		13,748
Cocina		10,77		30,156
<b>Total</b>		<b>82,49</b>		<b>230,972</b>

Tabla 2: Superficies de vivienda B.

<b>VIVIENDA C</b>				
Estancia	Planta	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Pasillo/Hall	P02/P03/P04/P05	11,73	2,8	32,844
Galería		3,24		9,072
Dormitorio simple 3		9,39		26,292
Dormitorio simple 2		9,39		26,292
Dormitorio doble 1		13,9		38,92
Salón comedor		25,54		71,512
Baño 1		4,03		11,284
Baño 2		4,58		12,824
Cocina		10,77		30,156
<b>Total</b>		<b>92,57</b>		<b>259,196</b>

Tabla 3: Superficies de vivienda C.

<b>VIVIENDA D</b>				
Estancia	Planta	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Pasillo/Hall	P02/P03/P04/P05	8,73	2,8	24,444
Galería		1,96		5,488
Dormitorio simple 3		10,3		28,84
Dormitorio simple 2		11,23		31,444
Dormitorio doble 1		11,07		30,996
Salón comedor		23,14		64,792
Baño 1		3,7		10,36
Baño 2		5,68		15,904
Cocina		9,94		27,832
<b>Total</b>		<b>85,75</b>		<b>240,1</b>

Tabla 4: Superficies de vivienda D.



VIVIENDA E				
Estancia	Planta	Área (m <sup>2</sup> )	Altura (h)	Volumen (m <sup>3</sup> )
Pasillo/Hall	P02/P03/P04/P05	14,24	2,8	39,872
Galería		2,62		7,336
Dormitorio simple 3		9,59		26,852
Dormitorio simple 2		11,97		33,516
Dormitorio doble 1		11,39		31,892
Salón comedor		22,74		63,672
Baño 1		3,74		10,472
Baño 2		5,09		14,252
Cocina		9,62		26,936
<b>Total</b>				<b>91</b>

Tabla 5: Superficies de vivienda E.

Teniendo en cuenta que la primera planta además tiene patios interiores y en las viviendas:

ESTANCIA	VIVIENDA A	VIVIENDA B	VIVIENDA C	VIVIENDA D	VIVIENDA E
Patio interior	4,35	4,35	5,09	4,31	3,92

Tabla 6: Superficies de patios interiores por vivienda.

El plano 1 recoge esta distribución en la planta primera y que se repite en las tres plantas superiores, exceptuando el patio interior de la Tabla 6 que sólo se dará en la primera planta.

# **V: CÁLCULO DE COEFICIENTE GLOBAL DE TRANFERENCIA DE CALOR**

## 5. CÁLCULO DE COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DEL CALOR

Para el cálculo de cargas térmicas vamos a utilizar el Código Técnico de Edificación (CTE), para poder obtener la calefacción necesaria de cada vivienda que aporte condiciones interiores confortables. Para ello se obtendrá la potencia de calefacción que nos hará falta en el edificio y así diseñar la instalación.

La carga térmica es el fenómeno que tiende a modificar el calor sensible que modifica la temperatura seca del aire y el calor latente que modifica la humedad absoluta del aire en un local. Una vez que conseguimos calcular estas cargas térmicas podemos diseñar los elementos de la instalación.

Los cerramientos en contacto con el aire exterior.

La transmitancia térmica  $U$  ( $W/m^2K$ ) viene dada por la siguiente expresión:

$$U = 1 / R_t$$

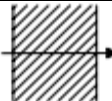
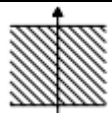
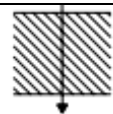
Siendo  $R_t$  la resistencia térmica total del componente constructivo [ $m^2 K/W$ ].

La resistencia térmica total  $R_t$  de un componente constituido por capas térmicamente homogéneas debe calcularse mediante la expresión:

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Siendo:

- $R_1, R_2, \dots, R_n$  las resistencias térmicas de cada capa definidas [ $m^2 K/W$ ].
- $R_{si}$  y  $R_{se}$  las resistencias térmicas superficiales correspondientes al aire interior y exterior respectivamente, tomadas de la tabla 9 de acuerdo a la posición del cerramiento, dirección del flujo de calor y su situación en el edificio [ $m^2K/W$ ].

Posición del cerramiento y sentido del flujo		$R_{se}$	$R_{si}$
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos verticales y flujo descendente		0,04	0,17

**Tabla 7: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $m^2 K/W$ . FUENTE: CTE.**

La resistencia térmica de una capa térmicamente homogénea viene definida por la expresión:

$$R = e / \lambda$$

Siendo:

- e el espesor de la capa [m].
- $\lambda$  la conductividad térmica de diseño del material que compone la capa, calculada a partir de valores térmicos declarados según la norma UNE EN ISO 10 456:2001 o tomada de Documentos Reconocidos, [W/m K].

La resistencia térmica de las cámaras de aires sin ventilar viene definida en la tabla 10 en función de su espesor. Los valores intermedios se pueden obtener por interpolación lineal.

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
3	0,16	0,18

**Tabla 8: Resistencias térmicas de cámaras de aire en m<sup>2</sup>K/W. FUENTE: CTE.**

- **Fachada (M)**

Según el CTE, para hacer el cálculo del coeficiente global de transferencia del calor habrá que sumar la resistencia de las distintas capas, para posteriormente calcular el coeficiente de transferencia de calor de dicho elemento.

En el caso de la fachada, encontramos que está compuesta por:

- Fábricas de ladrillo, 1/2pié de LM métrico o catalán de espesor 11'5 cm:

$$\lambda_{ladrillo} = 0'991 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_{t \text{ ladrillo}} = \frac{e}{\lambda} = 0,166 m^2 \cdot K/W$$

- Enfoscado de cemento de 15 cm de espesor, densidad  $1600 < d < 1800$ :

$$\lambda_{cemento} = 1 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_{t \text{ cemento}} = \frac{e}{\lambda} = 0,015 m^2 \cdot K/W$$

- Cámara de aire de 2 cm:

$$R_{t \text{ camara de aire}} = 0'17 m^2 \cdot K/W$$

- Aislante de 3 cm de lana mineral de 0,5 W/m.K:

$$\lambda_{aislante} = 0,05 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_{t \text{ aislante}} = \frac{e}{\lambda} = 0,6 m^2 \cdot K/W$$

- Fábricas de ladrillo, tabicón LH doble una de 7 cm:

$$\lambda_{ladrillo} = 0'432 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_{t \text{ ladrillo}} = \frac{e}{\lambda} = 0,162 m^2 \cdot K/W$$

- Enlucido de yeso de 15 cm de espesor, densidad  $1000 < d < 1300$ :

$$\lambda_{yeso} = 0,57 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_{t yeso} = \frac{e}{\lambda} = 0,026 m^2 \cdot K/W$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,13 m^2 \cdot K/W$$

$$R_{se} = 0,04 m^2 \cdot K/W$$

$$R_{tM} = \sum R = 1,259 m^2 \cdot K/W$$

$$U_M = \frac{1}{R_{tM}} = 0,794 W/K \cdot m^2$$

Nº	Material	Esesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res. Térmica
1	½ pie LM métrico o catalán	0,115	0,991	2170	1000	
2	Mortero de cemento 1600 < d < 1800	0,015	1,000	1525	1000	
3	Cámara de aire sin ventilar vertical 2 cm					0,170
4	MW Lana mineral (0,05 W/mK)	0,030	0,05	40	1000	
5	Tabicón LH doble	0,070	0,432	930	1000	
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015	0,570	1150	1000	
					<b>U (W/m²K)</b>	
					0,79	

Tabla 9: Transmitancia térmica de fachada.

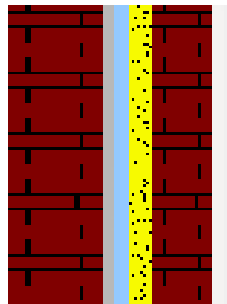


Figura 5: Sección transversal fachada.

- **Medianería (MD)**

En el caso de la medianera, encontramos que está compuesta por:

- Mortero de cemento de 15 cm de espesor, densidad  $1600 < d < 1800$ :

$$\lambda_{\text{cemento}} = 1 \frac{W}{m} K$$

$$R_{\text{cemento}} = \frac{e}{\lambda} = 0,015 m^2 \cdot K/W$$

- Fábrica de ladrillo, tabicón LH doble una de 7 cm:

$$\lambda_{\text{ladrillo}} = 0,432 \frac{W}{m} K$$

$$R_{\text{ladrillo}} = \frac{e}{\lambda} = 0,162 m^2 \cdot K/W$$

- Enfoscado de cemento de 15 cm de espesor, densidad  $1600 < d < 1800$ :

$$\lambda_{\text{cemento}} = 1 \frac{W}{m} K$$

$$R_{\text{cemento}} = \frac{e}{\lambda} = 0,015 m^2 \cdot K/W$$

- Aislante de 3 cm de lana mineral de 0,5 W/m.K:

$$\lambda_{\text{aislante}} = 0,05 \frac{W}{m} K$$

$$R_{\text{aislante}} = \frac{e}{\lambda} = 0,6 m^2 \cdot K/W$$

- Fábricas de ladrillo, tabicón LH doble una de 4 cm:

$$\lambda_{\text{ladrillo}} = 0,445 \frac{W}{m} K$$

$$R_{\text{ladrillo}} = \frac{e}{\lambda} = 0,09 m^2 \cdot K/W$$

- Enlucido de yeso de 15 cm de espesor, densidad  $1000 < d < 1300$ :

$$\lambda_{\text{yeso}} = 0,57 \frac{W}{m} K$$

$$R_{yeso} = \frac{e}{\lambda} = 0'026 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_{tMD} = \sum R = 1,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U_{MD} = \frac{1}{R_{tMD}} = 0,927 \text{ W}/\text{K} \cdot \text{m}^2$$

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res. Térmica
1	Mortero de cemento 1600 < d < 1800	0,015	1,000	1525	1000	
2	Tabicón de LH doble	0,070	0,432	930	1000	
3	Mortero de cemento 1600 < d < 1800	0,015	1,000	1525	1000	
4	MW Lana mineral (0,05 W/mK)	0,030	0,05	40	1000	
5	Tabicón LH sencillo	0,040	0,445	1000	1000	
6	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,015	0,570	1150	1000	
<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>					0,93	

Tabla 10: Transmitancia térmica de medianera.

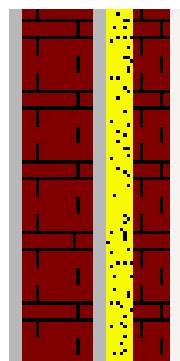


Figura 6: Sección transversal medianera.



- **Cubierta (C):**

En el caso de la cubierta, encontramos que está compuesta por:

- Baldosa cerámica de espesor 2 cm:

$$\lambda_{baldosa} = 1 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t baldosa} = \frac{e}{\lambda} = 0,02 m^2 \cdot K/W$$

- Mortero de cemento de 2 cm de espesor, densidad  $600 < d < 800$ :

$$\lambda_{mortero} = 1,3 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t mortero} = \frac{e}{\lambda} = 0,015 m^2 \cdot K/W$$

- Polietileno de alta densidad (HDPE), espesor 1cm:

$$\lambda_{mortero} = 0,5 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t mortero} = \frac{e}{\lambda} = 0,02 m^2 \cdot K/W$$

- Aislante de 3 cm de lana mineral de 0,5 W/m.K:

$$\lambda_{aislante} = 0,05 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t aislante} = \frac{e}{\lambda} = 0,6 m^2 \cdot K/W$$

- Mortero de áridos ligeros 10 cm:

$$\lambda_{mortero a.ligeros} = 0,41 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t mortero a.ligeros} = \frac{e}{\lambda} = 0,244 m^2 \cdot K/W$$

- Forjado unidireccional de hormigón, espesor 30 cm:

$$\lambda_{forjado} = 1,422 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t \text{ forjado}} = \frac{e}{\lambda} = 0,211 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

- Enlucido de yeso de 15 cm de espesor, densidad  $1000 < d < 1300$ :

$$\lambda_{\text{yeso}} = 0,57 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$R_{t \text{ yeso}} = \frac{e}{\lambda} = 0,026 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_{tc} = \sum R = 1,227 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U_c = \frac{1}{R_{tc}} = 0,783 \text{ W}/\text{K} \cdot \text{m}^2$$

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res. Térmica
1	Baldosa cerámica	0,020	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento $1600 < d < 1800$	0,020	1,000	1525	1000	
3	Polietileno alta densidad (HDPE)	0,010	0,500	980	1800	
4	MW Lana mineral (0,05 W/mK)	0,030	0,05	40	1000	
5	Mortero áridos ligeros	0,100	0,410	900	1000	
6	FU-Entrevigado de hormigón –Canto 300 mm	0,300	1,422	1240	1000	
7	Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$	0,015	0,570	1150	1000	
<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>					<b>0,78</b>	

Tabla 11: Transmitancia térmica de cubierta.

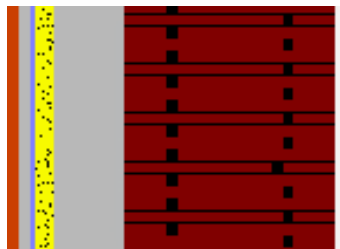


Figura 7: Sección transversal cubierta.

- **Suelo (S):**

En el caso del suelo, encontramos que está compuesta por:

- Baldosa cerámica de 2cm de espesor:

$$\lambda_{baldosa} = 2,3 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t\ baldosa} = \frac{e}{\lambda} = 0,009 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

- Mortero de nivelación de 5cm de espesor:

$$\lambda_{mortero} = 0,4 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t\ mortero} = \frac{e}{\lambda} = 0,125 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

- Hormigón armado espesor 20 cm:

$$\lambda_{HA} = 2,3 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t\ HA} = \frac{e}{\lambda} = 0,087 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

- Subcapa fieltro 0,5 cm:

$$\lambda_{Fieltro} = 0,05 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t\ fieltro} = \frac{e}{\lambda} = 0,1 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

- Arena y grava de densidad  $1700 < d < 2200$ , con espesor de 10 cm:

$$\lambda_{Arena/grava} = 2 \frac{W}{m} K$$

$$R_{t\ HA} = \frac{e}{\lambda} = 0,05 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$R_{tS} = \sum R = 0,54 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$$

$$U_S = \frac{1}{R_{tS}} = 1,85 \text{ W}/\text{K} \cdot \text{m}^2$$

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res. Térmica
1	Plaqueta de gres	0,020	2,300	2500	1000	
2	Mortero de cemento 750 < d < 1000	0,050	0,400	875	1000	
3	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,200	2,300	2400	1300	
5	Subcapa de fieltro	0,005	0,050	120	1300	
6	Arena y grava (1700 < d < 2200)	0,100	2,00	1450	1050	
<b>U (W/m<sup>2</sup>K)</b>					1,85	

Tabla 12: Transmitancia térmica de suelo.

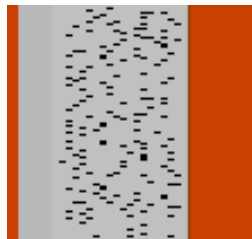


Figura 8: Sección transversal suelo.

- **Ventana (H):**

En el caso de la ventana, encontramos que está compuesta por el vidrio por una parte y el marco por otra:

- Vidrio acristalamiento doble 4-6-4 con cámara de aire de 6 mm y de 1,4 cm de espesor:

$$\lambda_{\text{vidrio}} = 3,3 \frac{W}{m \cdot K}$$

$$R_{t \text{ vidrio}} = \frac{e}{\lambda} = 0,042 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{t \text{ vidrio}} = \sum R = 0,212 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$U_{\text{vidrio}} = \frac{1}{R_{t \text{ vidrio}}} = 4,708 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

En el caso del marco, encontramos que está compuesta por:

- Marco de aluminio sin rotura de puente térmico:

$$U_{\text{marco}} = 5,7 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

$$R_{t \text{ marco}} = \frac{1}{U_{\text{marco}}} = 5,7 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{t \text{ marco}} = \sum R = 5,87 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$U_{\text{marco}} = \frac{1}{R_{\text{marco}}} = 0,17 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

En caso de ventanas de aluminio, el porcentaje del total de la ventana es del 20%, con lo cual:

$$U_H = (1 - 0'2) \cdot U_{\text{vidrio}} + 0'2U_{\text{marco}} = 3,77 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

Material	Espesor	U (W/m <sup>2</sup> K)
Ventanas	0,014	3,77

**Tabla 13: Transmitancia térmica de ventana.**

- **Puerta principal:**

En el caso de la puerta, estará compuesta tanto por la puerta en sí como por el propio marco:

- Puerta de madera con espesor de 4 cm:

$$\lambda_{\text{puerta}} = 17 \frac{\text{W}}{\text{m} \cdot \text{K}}$$

$$R_{t \text{ puerta}} = \frac{e}{\lambda} = 0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$R_{t \text{ puerta}} = \sum R = 0,172 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$$

$$U_{\text{puerta}} = \frac{1}{R_{t \text{ puerta}}} = 5,802 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

En el caso del marco, encontramos que está compuesta por:

- Marco de madera de pino de alta densidad:

$$U_{\text{marco}} = 2,2 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

$$R_{t\ marco} = \frac{1}{U_{marco}} = 0,45\ m^2 \cdot K/W$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,13\ m^2 \cdot K/W$$

$$R_{se} = 0,04\ m^2 \cdot K/W$$

$$R_{t\ marco} = \sum R = 2,37\ m^2 \cdot K/W$$

$$U_{marco} = \frac{1}{R_{t\ marco}} = 0,422\ W/K \cdot m^2$$

En caso de puertas de madera, el porcentaje del total de la ventana es del 1%, con lo cual:

$$U_p = (1 - 0'1) \cdot U_{puerta} + 0'1U_{marco} = 5,236\ W/K \cdot m^2$$

Material	Espesor	U (W/m <sup>2</sup> K)
Puerta madera	0,04	5,236

**Tabla 14: Transmitancia térmica de puerta principal.**

- **Puertas acristaladas:**

En el caso de la puerta, estará compuesta tanto por la puerta en sí como por el propio marco:

- Puerta metálica con cristalerías de 2 cm:

$$\lambda_{puerta} = 2,8\ \frac{W}{m}K$$

$$R_{t\ puerta} = \frac{e}{\lambda} = 0,071\ m^2 \cdot K/W$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,13\ m^2 \cdot K/W$$

$$R_{se} = 0,04\ m^2 \cdot K/W$$

$$R_{t \text{ puerta}} = \sum R = 0,241 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$U_{\text{puerta}} = \frac{1}{R_{t \text{ puerta}}} = 4,142 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

En el caso del marco, encontramos que está compuesta por:

- Marco de madera de pino de alta densidad:

$$U_{\text{marco}} = 4 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

$$R_{t \text{ marco}} = \frac{1}{U_{\text{marco}}} = 0,25 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

- Habrá que tener en cuenta también el aire tanto interior como exterior:

$$R_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{se} = 0,04 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$R_{t \text{ marco}} = \sum R = 4,17 \text{ m}^2 \cdot K/W$$

$$U_{\text{marco}} = \frac{1}{R_{t \text{ marco}}} = 0,24 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

En caso de puertas de madera, el porcentaje del total de la ventana es del 1%, con lo cual:

$$U_P = (1 - 0'3) \cdot U_{\text{puerta}} + 0'3U_{\text{marco}} = 2,97 \text{ W/K} \cdot \text{m}^2$$

Material	Espesor	U (W/m <sup>2</sup> K)
Puertas balconeras	0,02	2,97

**Tabla 15: Transmitancia térmica de puertas acristaladas.**



## **VI: DEMANDA DE CALEFACCIÓN**

## 6. DEMANDA DE CALEFACCIÓN

Para el cálculo de las cargas térmicas, utilizaremos el método del balance, que consiste en realizar balances de energía en cada una de las superficies que conforma el edificio.

Suponiendo una temperatura mayor en el interior del edificio que en el exterior, se disipa calor y la cantidad de calor que se disipa dependerá lógicamente del material que se encuentre entre los dos focos (frío y caliente), de la superficie de intercambio de calor y de la diferencia de temperaturas.

En primer lugar tomamos la temperatura de cada día de los meses de Enero, Febrero, Marzo, Abril, Octubre, Noviembre y Diciembre, que son los meses que se estiman que en Murcia estará activa la calefacción.

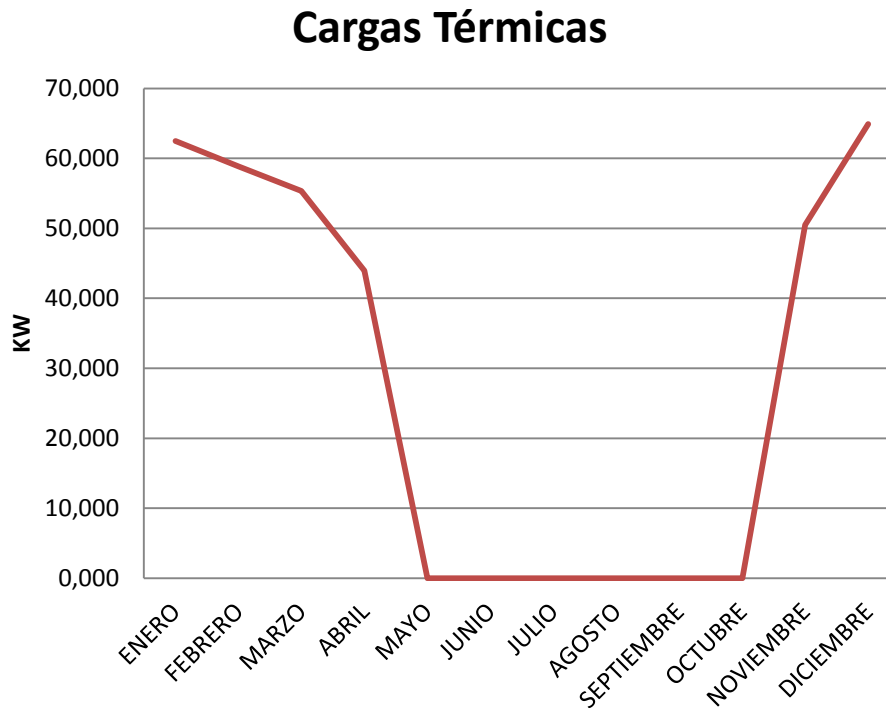
Una vez obtenida la potencia necesaria para cada día, en función de las temperaturas externas, calculamos la media del mes.

Resumen de las cargas térmicas de calefacción mensual en la Tabla 9:

MES	TOTAL (KW)
ENERO	-62,461
FEBRERO	-58,873
MARZO	-55,327
ABRIL	-43,933
MAYO	0,000
JUNIO	0,000
JULIO	0,000
AGOSTO	0,000
SEPTIEMBRE	0,000
OCTUBRE	0,000
NOVIEMBRE	-50,492
DICIEMBRE	-64,896
<b>POTENCIA MÁS ALTA -&gt;</b>	<b>-64,896</b>

**Tabla 16: Cargas térmicas para calefacción anuales**

Como podemos ver en la siguiente gráfica en los meses de invierno el mes que más demanda de calefacción es diciembre y los seis meses más calurosos desde mayo a octubre la demanda será nula.



**Figura 9: Cargas térmicas para calefacción anuales**

En las tablas 17, 18, 19, 20, 21 y 22 quedan explicados de forma más detallada cada uno de estos valores diariamente de en los seis meses en los que se tiene en cuenta la calefacción.

- ENERO

ENERO	Tmin	QM (KW)	QH (KW)	QC (KW)	QS (kW)	QP (kW)	TOTAL (KW)
1	5,9	-33,819	-2,100	-7,709	-16,947	-1,972	-62,547
2	4,4	-36,875	-2,289	-8,405	-18,479	-2,150	-68,198
3	5,2	-35,246	-2,188	-8,034	-17,662	-2,055	-65,184
4	8,4	-28,726	-1,783	-6,548	-14,395	-1,675	-53,127
5	9,3	-26,893	-1,670	-6,130	-13,476	-1,568	-49,736
6	7,9	-29,745	-1,847	-6,780	-14,905	-1,734	-55,011
7	6,6	-32,393	-2,011	-7,383	-16,233	-1,888	-59,909
8	4,3	-37,079	-2,302	-8,452	-18,581	-2,162	-68,575
9	2,9	-39,931	-2,479	-9,102	-20,010	-2,328	-73,850
10	-1,4	-48,692	-3,023	-11,098	-24,400	-2,839	-90,052
11	1,9	-41,969	-2,606	-9,566	-21,031	-2,447	-77,618
12	2,6	-40,543	-2,517	-9,241	-20,316	-2,364	-74,981
13	6,2	-33,208	-2,062	-7,569	-16,641	-1,936	-61,416
14	7,2	-31,171	-1,935	-7,105	-15,620	-1,817	-57,648
15	8,9	-27,708	-1,720	-6,315	-13,885	-1,615	-51,243
16	6,6	-32,393	-2,011	-7,383	-16,233	-1,888	-59,909
17	7,8	-29,949	-1,859	-6,826	-15,008	-1,746	-55,388
18	6,6	-32,393	-2,011	-7,383	-16,233	-1,888	-59,909
19	7,9	-29,745	-1,847	-6,780	-14,905	-1,734	-55,011
20	9,9	-25,670	-1,594	-5,851	-12,864	-1,496	-47,475
21	6,9	-31,782	-1,973	-7,244	-15,926	-1,853	-58,779
22	5,3	-35,042	-2,176	-7,987	-17,560	-2,043	-64,807
23	7,9	-29,745	-1,847	-6,780	-14,905	-1,734	-55,011
24	7,7	-30,152	-1,872	-6,873	-15,110	-1,758	-55,764
25	9,2	-27,096	-1,682	-6,176	-13,578	-1,580	-50,113
26	8,2	-29,134	-1,809	-6,640	-14,599	-1,698	-53,880
27	5,7	-34,227	-2,125	-7,801	-17,151	-1,995	-63,300
28	1,6	-42,580	-2,644	-9,705	-21,337	-2,482	-78,748
29	3,7	-38,302	-2,378	-8,730	-19,193	-2,233	-70,836
30	5,7	-34,227	-2,125	-7,801	-17,151	-1,995	-63,300
31	2,6	-40,543	-2,517	-9,241	-20,316	-2,364	-74,981
<b>POTENCIA MEDIA ENERO</b>							<b>-62,461</b>

Tabla 17: Cargas térmicas para calefacción en enero

\*\* CONSIDERAREMOS UNA TEMPERATURA MEDIA EN EL INTERIOR DE 22'5 °C.

- FEBRERO

FEB.	Tmin	QM (KW)	QH (KW)	QC (KW)	QS (kW)	QP (kW)	TOTAL (KW)
1	2,2	-41,358	-2,568	-9,427	-20,725	-2,411	-76,488
2	5,9	-33,819	-2,100	-7,709	-16,947	-1,972	-62,547
3	2,3	-41,154	-2,555	-9,380	-20,623	-2,399	-76,111
4	7,7	-30,152	-1,872	-6,873	-15,110	-1,758	-55,764
5	6,2	-33,208	-2,062	-7,569	-16,641	-1,936	-61,416
6	7,2	-31,171	-1,935	-7,105	-15,620	-1,817	-57,648
7	7,2	-31,171	-1,935	-7,105	-15,620	-1,817	-57,648
8	9,2	-27,096	-1,682	-6,176	-13,578	-1,580	-50,113
9	8,3	-28,930	-1,796	-6,594	-14,497	-1,687	-53,504
10	8,4	-28,726	-1,783	-6,548	-14,395	-1,675	-53,127
11	7,3	-30,967	-1,923	-7,058	-15,518	-1,805	-57,272
12	4,2	-37,283	-2,315	-8,498	-18,683	-2,173	-68,952
13	2,7	-40,339	-2,504	-9,194	-20,214	-2,352	-74,604
14	4,9	-35,857	-2,226	-8,173	-17,968	-2,090	-66,314
15	5,9	-33,819	-2,100	-7,709	-16,947	-1,972	-62,547
16	6,6	-32,393	-2,011	-7,383	-16,233	-1,888	-59,909
17	8,9	-27,708	-1,720	-6,315	-13,885	-1,615	-51,243
18	5,3	-35,042	-2,176	-7,987	-17,560	-2,043	-64,807
19	5,9	-33,819	-2,100	-7,709	-16,947	-1,972	-62,547
20	2,3	-41,154	-2,555	-9,380	-20,623	-2,399	-76,111
21	5,4	-34,838	-2,163	-7,941	-17,458	-2,031	-64,430
22	5,9	-33,819	-2,100	-7,709	-16,947	-1,972	-62,547
23	9,2	-27,096	-1,682	-6,176	-13,578	-1,580	-50,113
24	9,7	-26,078	-1,619	-5,944	-13,068	-1,520	-48,229
25	8,3	-28,930	-1,796	-6,594	-14,497	-1,687	-53,504
26	13,3	-18,743	-1,164	-4,272	-9,392	-1,093	-34,664
27	11,2	-23,022	-1,429	-5,247	-11,536	-1,342	-42,577
28	10,9	-23,633	-1,467	-5,387	-11,843	-1,378	-43,707
<b>POTENCIA MEDIA FEBRERO</b>							<b>-58,873</b>

Tabla 18: Cargas térmicas para calefacción en febrero

\*\* CONSIDERAREMOS UNA TEMPERATURA MEDIA EN EL INTERIOR DE 22'5 °C.

- MARZO

MARZO	Tmin	QM (KW)	QH (KW)	QC (KW)	QS (kW)	QP (kW)	TOTAL (KW)
1	6,6	-32,393	-2,011	-7,383	-16,233	-1,888	-59,909
2	7,3	-30,967	-1,923	-7,058	-15,518	-1,805	-57,272
3	8,3	-28,930	-1,796	-6,594	-14,497	-1,687	-53,504
4	9,6	-26,281	-1,632	-5,990	-13,170	-1,532	-48,605
5	9,9	-25,670	-1,594	-5,851	-12,864	-1,496	-47,475
6	8,8	-27,911	-1,733	-6,362	-13,987	-1,627	-51,620
7	9,3	-26,893	-1,670	-6,130	-13,476	-1,568	-49,736
8	7,9	-29,745	-1,847	-6,780	-14,905	-1,734	-55,011
9	5,3	-35,042	-2,176	-7,987	-17,560	-2,043	-64,807
10	3,9	-37,894	-2,353	-8,637	-18,989	-2,209	-70,082
11	0,9	-44,006	-2,732	-10,030	-22,052	-2,565	-81,386
12	7,2	-31,171	-1,935	-7,105	-15,620	-1,817	-57,648
13	5,2	-35,246	-2,188	-8,034	-17,662	-2,055	-65,184
14	1,9	-41,969	-2,606	-9,566	-21,031	-2,447	-77,618
15	3,2	-39,320	-2,441	-8,962	-19,704	-2,292	-72,720
16	2,6	-40,543	-2,517	-9,241	-20,316	-2,364	-74,981
17	6,4	-32,801	-2,036	-7,476	-16,437	-1,912	-60,663
18	7,4	-30,764	-1,910	-7,012	-15,416	-1,793	-56,895
19	8,7	-28,115	-1,746	-6,408	-14,089	-1,639	-51,997
20	10,9	-23,633	-1,467	-5,387	-11,843	-1,378	-43,707
21	13,9	-17,521	-1,088	-3,994	-8,780	-1,021	-32,404
22	10,9	-23,633	-1,467	-5,387	-11,843	-1,378	-43,707
23	9,2	-27,096	-1,682	-6,176	-13,578	-1,580	-50,113
24	10,2	-25,059	-1,556	-5,712	-12,557	-1,461	-46,345
25	9,9	-25,670	-1,594	-5,851	-12,864	-1,496	-47,475
26	10,9	-23,633	-1,467	-5,387	-11,843	-1,378	-43,707
27	7,9	-29,745	-1,847	-6,780	-14,905	-1,734	-55,011
28	7,9	-29,745	-1,847	-6,780	-14,905	-1,734	-55,011
29	9,4	-26,689	-1,657	-6,083	-13,374	-1,556	-49,359
30	12,9	-19,558	-1,214	-4,458	-9,801	-1,140	-36,172
31	7,9	-29,745	-1,847	-6,780	-14,905	-1,734	-55,011
<b>POTENCIA MEDIA MARZO</b>							<b>-55,327</b>

Tabla 19: Cargas térmicas para calefacción en marzo

\*\* CONSIDERAREMOS UNA TEMPERATURA MEDIA EN EL INTERIOR DE 22'5 °C.

- ABRIL

ABRIL	Tmin	QM (KW)	QH (KW)	QC (KW)	QS (kW)	QP (kW)	TOTAL (KW)
1	5,3	-35,042	-2,176	-7,987	-17,560	-2,043	-64,807
2	6,9	-31,782	-1,973	-7,244	-15,926	-1,853	-58,779
3	8,2	-29,134	-1,809	-6,640	-14,599	-1,698	-53,880
4	10,9	-23,633	-1,467	-5,387	-11,843	-1,378	-43,707
5	9,1	-27,300	-1,695	-6,223	-13,680	-1,592	-50,489
6	10,3	-24,855	-1,543	-5,665	-12,455	-1,449	-45,968
7	10,2	-25,059	-1,556	-5,712	-12,557	-1,461	-46,345
8	8,2	-29,134	-1,809	-6,640	-14,599	-1,698	-53,880
9	8,1	-29,337	-1,821	-6,687	-14,701	-1,710	-54,257
10	6,7	-32,190	-1,999	-7,337	-16,131	-1,877	-59,532
11	6,9	-31,782	-1,973	-7,244	-15,926	-1,853	-58,779
12	10,3	-24,855	-1,543	-5,665	-12,455	-1,449	-45,968
13	13,2	-18,947	-1,176	-4,319	-9,495	-1,105	-35,041
14	10,9	-23,633	-1,467	-5,387	-11,843	-1,378	-43,707
15	11,7	-22,003	-1,366	-5,015	-11,026	-1,283	-40,693
16	9,2	-27,096	-1,682	-6,176	-13,578	-1,580	-50,113
17	11,5	-22,411	-1,391	-5,108	-11,230	-1,306	-41,447
18	12,9	-19,558	-1,214	-4,458	-9,801	-1,140	-36,172
19	11,9	-21,596	-1,341	-4,922	-10,822	-1,259	-39,939
20	12,3	-20,781	-1,290	-4,737	-10,413	-1,211	-38,432
21	10,7	-24,040	-1,493	-5,480	-12,047	-1,401	-44,461
22	13,7	-17,928	-1,113	-4,086	-8,984	-1,045	-33,157
23	12,5	-20,373	-1,265	-4,644	-10,209	-1,188	-37,679
24	13,4	-18,540	-1,151	-4,226	-9,290	-1,081	-34,288
25	14,2	-16,910	-1,050	-3,854	-8,474	-0,986	-31,273
26	12,5	-20,373	-1,265	-4,644	-10,209	-1,188	-37,679
27	12,5	-20,373	-1,265	-4,644	-10,209	-1,188	-37,679
28	15	-15,280	-0,949	-3,483	-7,657	-0,891	-28,259
29	12,3	-20,781	-1,290	-4,737	-10,413	-1,211	-38,432
30	13,7	-17,928	-1,113	-4,086	-8,984	-1,045	-33,157
<b>POTENCIA MEDIA ABRIL</b>							<b>-43,933</b>

Tabla 20: Cargas térmicas para calefacción en abril

\*\* CONSIDERAREMOS UNA TEMPERATURA MEDIA EN EL INTERIOR DE 22'5 °C.

- **NOVIEMBRE**

NOV	Tmin	QM (KW)	QH (KW)	QC (KW)	QS (kW)	QP (kW)	TOTAL (KW)
1	12,3	-20,781	-1,290	-4,737	-10,413	-1,156	-38,377
2	13,3	-18,743	-1,164	-4,272	-9,392	-1,043	-34,614
3	9,9	-25,670	-1,594	-5,851	-12,864	-1,428	-47,407
4	9,6	-26,281	-1,632	-5,990	-13,170	-1,462	-48,535
5	9,3	-26,893	-1,670	-6,130	-13,476	-1,496	-49,664
6	9,9	-25,670	-1,594	-5,851	-12,864	-1,428	-47,407
7	9,7	-26,078	-1,619	-5,944	-13,068	-1,451	-48,159
8	10,3	-24,855	-1,543	-5,665	-12,455	-1,383	-45,902
9	15,9	-13,446	-0,835	-3,065	-6,738	-0,748	-24,832
10	10,6	-24,244	-1,505	-5,526	-12,149	-1,349	-44,773
11	9,3	-26,893	-1,670	-6,130	-13,476	-1,496	-49,664
12	11,7	-22,003	-1,366	-5,015	-11,026	-1,224	-40,634
13	10,3	-24,855	-1,543	-5,665	-12,455	-1,383	-45,902
14	9,2	-27,096	-1,682	-6,176	-13,578	-1,507	-50,040
15	12,9	-19,558	-1,214	-4,458	-9,801	-1,088	-36,119
16	8,7	-28,115	-1,746	-6,408	-14,089	-1,564	-51,922
17	8,2	-29,134	-1,809	-6,640	-14,599	-1,621	-53,803
18	6,9	-31,782	-1,973	-7,244	-15,926	-1,768	-58,694
19	4,9	-35,857	-2,226	-8,173	-17,968	-1,995	-66,219
20	4,7	-36,264	-2,251	-8,266	-18,172	-2,017	-66,971
21	3,4	-38,913	-2,416	-8,869	-19,500	-2,165	-71,862
22	6,7	-32,190	-1,999	-7,337	-16,131	-1,791	-59,446
23	5,3	-35,042	-2,176	-7,987	-17,560	-1,949	-64,714
24	9,6	-26,281	-1,632	-5,990	-13,170	-1,462	-48,535
25	11,9	-21,596	-1,341	-4,922	-10,822	-1,201	-39,882
26	10,2	-25,059	-1,556	-5,712	-12,557	-1,394	-46,278
27	8,3	-28,930	-1,796	-6,594	-14,497	-1,609	-53,426
28	6,9	-31,782	-1,973	-7,244	-15,926	-1,768	-58,694
29	5,9	-33,819	-2,100	-7,709	-16,947	-1,881	-62,456
30	6,6	-32,393	-2,011	-7,383	-16,233	-1,802	-59,823
<b>POTENCIA MEDIA NOVIEMBRE</b>							<b>-50,492</b>

**Tabla21: Cargas térmicas para calefacción en noviembre**

**\*\* CONSIDERAREMOS UNA TEMPERATURA MEDIA EN EL INTERIOR DE 22'5 °C.**



- DICIEMBRE

DIC.	Tmin	QM (KW)	QH (KW)	QC (KW)	QS (kW)	QP (kW)	TOTAL (KW)
1	4,7	-36,264	-2,251	-8,266	-18,172	-2,017	-66,971
2	4,2	-37,283	-2,315	-8,498	-18,683	-2,074	-68,852
3	0,7	-44,414	-2,757	-10,123	-22,256	-2,471	-82,021
4	1,2	-43,395	-2,694	-9,891	-21,746	-2,414	-80,140
5	3,8	-38,098	-2,365	-8,684	-19,091	-2,119	-70,357
6	5,9	-33,819	-2,100	-7,709	-16,947	-1,881	-62,456
7	10,2	-25,059	-1,556	-5,712	-12,557	-1,394	-46,278
8	10,2	-25,059	-1,556	-5,712	-12,557	-1,394	-46,278
9	10,9	-23,633	-1,467	-5,387	-11,843	-1,315	-43,644
10	9,6	-26,281	-1,632	-5,990	-13,170	-1,462	-48,535
11	7,7	-30,152	-1,872	-6,873	-15,110	-1,677	-55,684
12	4,7	-36,264	-2,251	-8,266	-18,172	-2,017	-66,971
13	7,2	-31,171	-1,935	-7,105	-15,620	-1,734	-57,565
14	8,3	-28,930	-1,796	-6,594	-14,497	-1,609	-53,426
15	4,2	-37,283	-2,315	-8,498	-18,683	-2,074	-68,852
16	1,2	-43,395	-2,694	-9,891	-21,746	-2,414	-80,140
17	-2,7	-51,340	-3,187	-11,702	-25,727	-2,856	-94,813
18	5,9	-33,819	-2,100	-7,709	-16,947	-1,881	-62,456
19	4,9	-35,857	-2,226	-8,173	-17,968	-1,995	-66,219
20	6,8	-31,986	-1,986	-7,291	-16,028	-1,779	-59,070
21	7,9	-29,745	-1,847	-6,780	-14,905	-1,655	-54,931
22	8,2	-29,134	-1,809	-6,640	-14,599	-1,621	-53,803
23	8,6	-28,319	-1,758	-6,455	-14,191	-1,575	-52,298
24	8,3	-28,930	-1,796	-6,594	-14,497	-1,609	-53,426
25	6,1	-33,412	-2,074	-7,616	-16,743	-1,859	-61,704
26	1,7	-42,376	-2,631	-9,659	-21,235	-2,357	-78,259
27	-2,3	-50,526	-3,137	-11,516	-25,319	-2,811	-93,308
28	0,6	-44,617	-2,770	-10,170	-22,358	-2,482	-82,397
29	2,3	-41,154	-2,555	-9,380	-20,623	-2,289	-76,001
30	6,9	-31,782	-1,973	-7,244	-15,926	-1,768	-58,694
31	4,9	-35,857	-2,226	-8,173	-17,968	-1,995	-66,219
<b>POTENCIA MEDIA DICIEMBRE</b>							<b>-64,896</b>

Tabla 22: Cargas térmicas para calefacción en diciembre

\*\* CONSIDERAREMOS UNA TEMPERATURA MEDIA EN EL INTERIOR DE 22'5 °C.

Las anteriores tablas de cargas térmicas para calefacción en los meses de enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre, se calculan a partir de las siguientes ecuaciones:

- **Ventanas (H):**

Para el cálculo de la cantidad de calor perdida por las ventanas se utilizará la siguiente expresión:

$$Q_H = A_{ventanas} \cdot U_{ventana} \cdot f_{U,acc} \cdot (T_{ext,día} - T_{int})$$

Dónde:

- $A_{ventanas}$  = área total de las ventanas.

Para calcular el área total de las ventanas bastará con determinar la cantidad total de ventanas que se encuentran en el edificio, y sumando la superficie de todas, se tendrá la superficie total de ventanas.

- Área ventana tipo 1:

$$A_{ventana\ 1} = ancho \times alto = 1,87m^2 \rightarrow A_{total\ ventana\ 1} = 7 \cdot 1,87 = 13,09m^2$$

- Área ventana tipo 2:

$$A_{ventana\ 2} = ancho \times alto = 3,248m^2 \rightarrow A_{total\ ventana\ 2} = 4 \cdot 3,248 = 12,99m^2$$

- Área ventana tipo 3:

$$A_{ventana\ 3} = ancho \times alto = 0,88m^2 \rightarrow A_{total\ ventana\ 1} = 3 \cdot 0,88 = 2,64m^2$$

- Área ventana tipo 4:

$$A_{ventana\ 4} = ancho \times alto = 1,54m^2 \rightarrow A_{total\ ventana\ 2} = 7 \cdot 1,54 = 10,78m^2$$

- Área ventana tipo 5:

$$A_{ventana\ 5} = ancho \times alto = 1,76m^2 \rightarrow A_{total\ ventana\ 1} = 1 \cdot 1,76 = 1,76m^2$$

- Área ventana tipo 6:

$$A_{ventana\ 6} = ancho \times alto = 2,29m^2 \rightarrow A_{total\ ventana\ 2} = 1 \cdot 2,29 = 2,29m^2$$

- Área total ventanas:

$$\Sigma A_{ventanas} = 43,55m^2$$

- $U_{\text{ventana}}$  = coeficiente global de transmisión del calor de las ventanas
- $f_{U,\text{acc}}$  = factor para cerramientos semitransparentes

$$f_{U,\text{acc}} = 1 - (1 - K) = 1 - (1 - 0'68) \cdot 0'3 = 0'904$$

El valor de K se extrae de la tabla 6.18 del libro utilizado como referencia, el cual está mencionado en la bibliografía.

Se multiplica por 0'3 porque tan sólo es efectivo el 30%.

- $T_{\text{ext,día}}$  = temperatura exterior del día que corresponda (**la mínima**)
- $T_{\text{int}}$  = temperatura media interior (22'5°C por defecto)

- **Puerta (P):**

Para el cálculo de la cantidad de calor perdida por la puerta se utilizará la siguiente expresión:

$$Q_P = A_{\text{puerta}} \cdot U_{\text{puerta}} \cdot (T_{\text{ext,día}} - T_{\text{int}})$$

Dónde:

- $A_{\text{puerta}}$  = área total de la puerta.

- Área puerta:

$$A_{\text{puerta}} = \text{ancho} \times \text{alto} = 1'6 \cdot 2'1 = 3'36\text{m}^2$$

- $U_{\text{puerta}}$  = coeficiente global de transmisión del calor de la puerta
- $T_{\text{ext,mes}}$  = temperatura exterior del mes que corresponda
- $T_{\text{int}}$  = temperatura media interior (22'5°C por defecto)

- **Cubierta (C):**

Para el cálculo de la cantidad de calor perdida por la cubierta se utilizará la siguiente expresión:

$$Q_C = A_{cubierta} \cdot U_{cubierta} \cdot (T_{ext,mes} - T_{int})$$

Dónde:

- $A_{cubierta}$  = área total del techo.

- Área cubierta:

$$A_{cubierta} = 592,8 \text{ m}^2$$

- $U_{cubierta}$  = coeficiente global de transmisión del calor del techo
- $T_{ext,día}$  = temperatura exterior del día que corresponda
- $T_{int}$  = temperatura media interior (22'5°C por defecto)

- **Suelo (S):**

Para el cálculo de la cantidad de calor perdida por el suelo se utilizará la siguiente expresión:

$$Q_S = A_{suelo} \cdot U_{suelo} \cdot (T_{ext,día} - T_{int})$$

Dónde:

- $A_{suelo}$  = área total del suelo.

- Área suelo:

$$A_{suelo} = ancho \times largo = 592,8 \text{ m}^2$$

- $U_{suelo}$  = coeficiente global de transmisión del calor del suelo
- $T_{ext,día}$  = temperatura exterior del día que corresponda
- $T_{int}$  = temperatura media interior (22'5°C por defecto)

- **Fachada (M):**

Para el cálculo de la cantidad de calor perdida por la fachada se utilizará la siguiente expresión:

$$Q_M = A_{real\ fachada} \cdot U_{fachada} \cdot (T_{ext,día} - T_{int})$$

Dónde:

- $A_{fachada}$  = área total de la fachada.

- Área fachada:

$$A_{fachada} = 1.224,16\ m^2$$

A esta área habrá que restarle, el área total de las ventanas y la de la puerta, puesto que por ahí se disipa el calor por acción del material de dichos elementos y no por acción del material de la fachada.

$$A_{real\ fachada} = A_{fachada} - (A_{ventana} + A_{puerta}) = 1.177,25\ m^2$$

- $U_{fachada}$  = coeficiente global de transmisión del calor del suelo
- $T_{ext,día}$  = temperatura exterior del día que corresponda
- $T_{int}$  = temperatura media interior (22'5°C por defecto)

## **VII: DEMANDA DE ACS**

## 7. DEMANDA DE ACS

En cuanto al agua caliente sanitaria, recurriremos al CTE, el cual expone en la siguiente tabla, el número de habitantes de una vivienda en función de los dormitorios que disponen estas:

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	Más de 7
Número de personas	1.5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Tabla 23: Número de personas por dormitorio. FUENTE: CTE HE4.

En nuestro caso tendremos 3 dormitorios por vivienda. Teniendo en cuenta, que en ese caso por vivienda habitarán 4 personas, para saber el número de personas en total que habitarán el edificio habrá que multiplicar el número de viviendas por el número de personas por vivienda:

$$\text{Habitantes edificio} = 4 \cdot 5 \cdot 4 = 80 \text{ habitantes}$$

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla con una demanda de referencia a 60 °C, en el proyecto se calcula la demanda con 22 litros/persona al tratarse de un edificio con viviendas multifamiliares:

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60°C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel***	55	por cama
Hostal/Hotel**	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión*	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a a10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 24: Demanda de referencia a 60°C. FUENTE: CTE HE4.

La temperatura a la que se encuentra el agua de la red de Murcia, se puede observar en la siguiente tabla:

Mes	T Red (°C)
Enero	11
Febrero	11
Marzo	12
Abril	13
Mayo	15
Junio	17
Julio	19
Agosto	20
Septiembre	18
Octubre	16
Noviembre	13
Diciembre	11

Tabla 25: Tª red de agua de Murcia. FUENTE: IDAE

Para saber la cantidad de energía o potencia que se necesita para calentar el agua emplearemos el siguiente método, es la expresión típica de intercambio de calor en un fluido:

$$Q_{necesario} = C_e \cdot masa \cdot (T_{fluido} - T_{deseada}) = C_e \cdot masa \cdot \Delta T$$

Dónde:

- $C_e$  = calor específico del agua (4187 J/Kg°C)
- masa = masa del fluido en Kg.
- $\Delta T$  = diferencia de temperaturas entre el fluido y la deseada

Para saber la masa de un litro de agua, basta con realizar la siguiente operación:

$$1 dm^3 = 1 l$$

$$1000 dm^3 = 1 m^3 = 1000 l \rightarrow 1000 l = 1 m$$

La densidad del agua es de:

$$\rho_{agua} = 1000 \frac{Kg}{m^3} \rightarrow 1000 l = 1000 Kg$$

Con lo cual un litro de agua tiene 1Kg de masa.

Así pues, podemos afirmar:

$$Q_{necesario} = C_e \cdot litros \cdot (T_{fluido} - T_{deseada}) = C_e \cdot litros \cdot \Delta T$$



Para entender como llevaríamos a cabo el cálculo, se pone un ejemplo del mes de enero, sabiendo que todos los demás meses del año seguirán el mismo proceso:

- Ocupación 100%
- Días 31
- 80 habitantes
- 22 l diarios por habitante

$$Agua_{enero} = \text{días} \cdot \text{litros diarios por habitante} \cdot \text{habitantes} \cdot \frac{\text{ocupación}}{100}$$

$$Agua_{enero} = 31 \cdot 22 \cdot 80 \cdot \frac{100}{100} = 54560 \text{ litros}$$

Con lo cual el calor necesario para poder calentar esa agua será:

$$Q_{necesario} = C_e \cdot \text{litros} \cdot \Delta T = 4187 \cdot 54560 \cdot (60 - 11) = 1'1194 \cdot 10^{10} J \\ = 11193'69 MJ$$

Como quiera que ese calor sea necesario para calentar el agua de todo el mes de enero, para saber la potencia se divide por el tiempo en segundos del mes de enero:

- 24h día
- 31 días
- 3600 segundos en una hora

$$t_{enero} = \text{días}_{enero} \cdot h \cdot 3600 = 2678400 s$$

Con lo cual:

$$P = \frac{Q_{necesario \text{ enero}}}{t_{enero}} = \frac{11193'69}{2678400} \cdot 1000 = 4,179KW$$

La potencia necesaria del elemento encargado de calentar el agua, deberá tener para ese mes 4,178 KW.

Tal y como se ha desarrollado este ejemplo se ha seguido para hacer el cálculo entero de la tabla:

Mes	Días / Mes	Ocupación (%)	Consumo (L)	Masa (Kg)	T Red (°C)	Calor (kJ)	Potencia (KW)
Enero	31	100	54560	54560	11	-11191019,84	-4,178
Febrero	28	100	49280	49280	11	-10108017,92	-4,178
Marzo	31	100	54560	54560	12	-10962631,68	-4,093
Abril	30	100	52800	52800	13	-10387977,60	-4,008
Mayo	31	100	54560	54560	15	-10277467,20	-3,837
Junio	30	100	52800	52800	17	-9503894,40	-3,667
Julio	31	100	54560	54560	19	-9363914,56	-3,496
Agosto	31	100	54560	54560	20	-9135526,40	-3,411
Septiembre	30	100	52800	52800	18	-9282873,60	-3,581
Octubre	31	100	54560	54560	16	-10049079,04	-3,752
Noviembre	30	100	52800	52800	13	-10387977,60	-4,008
Diciembre	31	100	54560	54560	11	-11191019,84	-4,178
<b>POTENCIA MÁS ALTA -&gt;</b>							<b>-4,178</b>

**Tabla 26: Cargas térmicas para ACS**

Con estos cálculos de cargas térmicas demandadas para calefacción y para ACS podemos calcular las instalaciones renovables, objeto de estudio de nuestro edificio que serán biomasa y solar térmica.

## **VIII: SISTEMA DE CALEFACCIÓN CON SUELO RADIANTE**

## 8. SISTEMA DE CALEFACCIÓN CON SUELO RADIANTE

El sistema de calefacción por suelo radiante es el más recomendable para instalaciones que trabajan con agua caliente que con los sistemas convencionales, porque aportan mayor sensación de confort sin tener que trabajar a grandes temperaturas, así este sistema será el seleccionado como se ve en el Plano 4.

### 8.1. COMPARACIÓN DEL SUELO RADIANTE CON EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN TRADICIONAL

En el sistema de calefacción mediante suelo radiante se hace circular agua por las tuberías entre 35 y 40°C, el suelo se mantiene a una temperatura comprendida entre 20 y 28°C y la temperatura ambiente de las estancias entre 20 y 22°C. Esto significa que para mantener un local a una temperatura de confort de unos 20°C basta con calentar agua hasta alcanzar unos 45°C.

### 8.2. COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA DE SUELO RADIANTE

A continuación se muestra una vista transversal con los elementos principales que componen el suelo radiante:

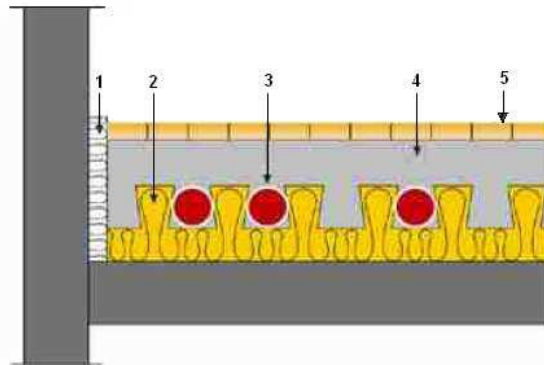


Figura 10: Sección transversal del suelo radiante.

#### 1. Aislamiento plastificado

Mantiene el sistema separado de las paredes de las estancias. Se adhiere a todos los tabiques y muros que delimitan las estancias calefactadas y su misión principal es absorber las dilataciones térmicas del mortero de cemento debido a su calentamiento/enfriamiento.

#### 2. Aislamiento moldeado, plastificado y machihembrado

Reduce las pérdidas por la parte inferior de los tubos. Además sujeta y guía las tuberías, facilitando el trazado del circuito.

### 3. Tubos de polietileno reticulado

Por ellos circula el fluido caloportador, en este caso, agua caliente.

### 4. Mortero de cemento

Es vertido sobre toda la superficie calefactable una vez que el circuito de tubos ha sido colocado.

## 8.3. VENTAJAS DEL SUELO RADIANTE

Las principales ventajas que presenta el sistema de suelo radiante son:

- Perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano

El suelo radiante es el sistema de distribución de calor que mejor se ajusta al perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano, en el que la temperatura del aire a la altura de la cabeza es ligeramente inferior a la temperatura del aire a la temperatura de los pies. Esto se traduce en una mayor sensación de confort en el usuario.

Los siguientes gráficos representan la distribución vertical de temperaturas en función del sistema de calefacción:

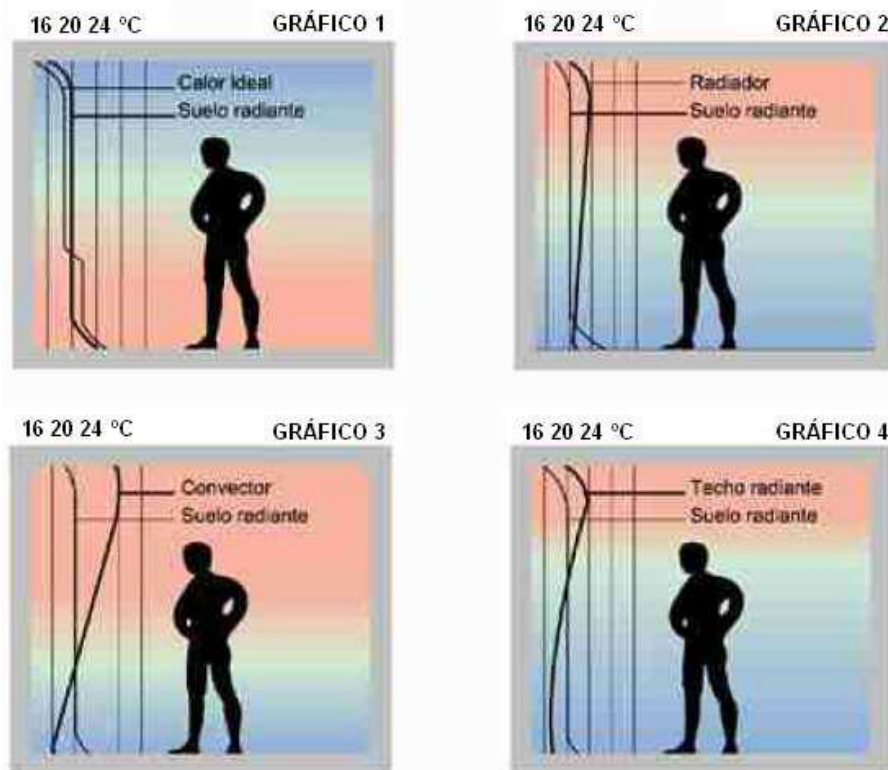


Figura 11: Distribución vertical de temperaturas para diferentes sistemas de calefacción

Los gráficos anteriores indican que en el suelo radiante (gráfico 1), a diferencia de los otros sistemas (gráficos 2, 3 y 4), el calor se distribuye hasta 2-2.5m de altura (el espacio que ocupamos las personas), por lo que resulta ideal para la calefacción de grandes volúmenes, ya que reduce al mínimo las pérdidas al no crear bolsas de aire caliente en los techos (típico en los otros sistemas de calefacción).

- Emisión térmica uniforme

El emisor térmico es todo el suelo del recinto a calefactar, lo que da lugar a una temperatura del ambiente uniforme.

Este fenómeno es opuesto al de “zonas calientes” y “zonas frías” propio de los sistemas con un número limitado de emisores de calor.

- Calefacción sin movimientos de aire

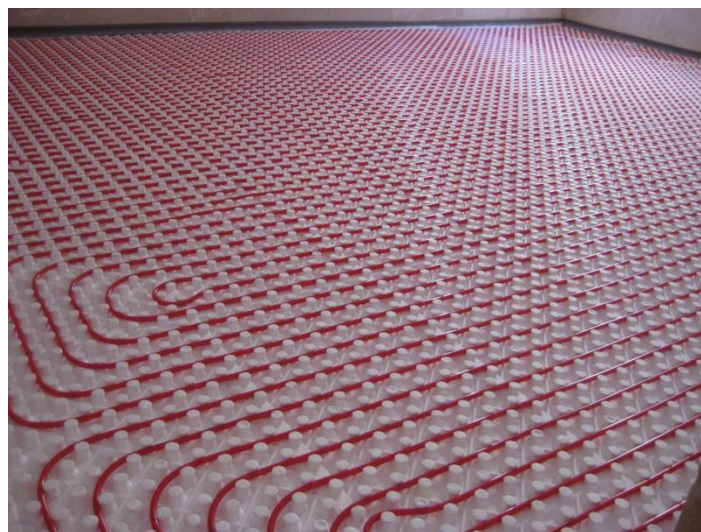
La ausencia de movimiento del aire produce menor movimiento de polvo y un entorno más higiénico y saludable.

Ahorro energético

Para que el usuario perciba cierta sensación térmica, la temperatura del ambiente de la estancia es inferior si se calefacta por suelo radiante que por sistemas de calefacción convencionales (radiadores, convectores de aire, etc.). Esto se explica con los perfiles de temperaturas mostrados anteriormente.

- Compatible con cualquier fuente de energía

La siguiente fotografía refleja un sistema de distribución del suelo radiante en el que todo el circuito está formado por un único tubo, sin empalmes.



**Figura 12: Instalación de suelo radiante.**

## **IX: INSTALACIÓN DE BIOMASA CON HUESO DE OLIVA**

## 9. INSTALACIÓN DE BIOMASA CON HUESO DE OLIVA

El proyecto consta de dimensionar una caldera de biomasa para satisfacer las necesidades de calefacción y agua caliente sanitaria (ACS) de un edificio de viviendas situado en Murcia.

El sistema de caldera, debe abastecer la potencia tal que sea suficiente para el calentamiento de agua caliente sanitaria y para el sistema de calefacción.

Se deberá seleccionar los elementos de la instalación, y realizar un estudio económico que resalte el beneficio de utilizar biomasa.

	CALEFACCIÓN (KW)	ACS (KW)	P. NECES. (KW)	TIEMPO (h)	ENERGÍA (KWh)	DIAS	P. CALD. (KW)
ENERO	-62,461	-4,178	-66,640	16,36	-49579,959	31	-79,968
FEBRERO	-58,873	-4,178	-63,051	15,48	-42370,368	28	-75,661
MARZO	-55,327	-4,093	-59,420	14,59	-44208,350	31	-71,304
ABRIL	-43,933	-4,008	-47,941	11,77	-34517,532	30	-57,529
MAYO	0,000	-3,837	-3,837	0,94	-2854,852	31	-4,605
JUNIO	0,000	-3,667	-3,667	0,90	-2639,971	30	-4,400
JULIO	0,000	-3,496	-3,496	0,86	-2601,087	31	-4,195
AGOSTO	0,000	-3,411	-3,411	0,84	-2537,646	31	-4,093
SEPTIEMBRE	0,000	-3,581	-3,581	0,88	-2578,576	30	-4,298
OCTUBRE	0,000	-3,752	-3,752	0,92	-2791,411	31	-4,502
NOVIEMBRE	-50,492	-4,008	-54,499	13,38	-39239,639	30	-65,399
DICIEMBRE	-64,896	-4,178	-69,074	16,96	-51391,110	31	-82,889
<b>POTENCIA CALDERA -&gt;</b>			<b>-97,516</b>	<b>TOTAL -&gt;</b>	<b>277.310,501</b>		

Tabla 27: Elección de caldera

Dónde:

- “CALEFACCIÓN”: Potencia requerida por la calefacción para el mes en cuestión. (Apartado 4)
- “ACS”: Potencia requerida por el agua caliente sanitaria para el mes en cuestión (Apartado 5)
- “P. NECES.”: Potencia total requerida entre agua caliente sanitaria y de calefacción.
- “TIEMPO”: Tiempo diario que estaría funcionando la caldera para producir la energía para el mes en cuestión.
- “ENERGÍA”: Energía requerida tanto para agua caliente sanitaria como para la calefacción, sin tener en cuenta el rendimiento de la caldera.
- “DIAS”: los días de cada mes.



- “P. CALD.”: en la columna P. NECES., se ha establecido la potencia necesaria para ese mes, según las demandas. Dicha potencia, es la energía referida a 24h que tiene el día, es decir se necesita esa potencia durante 24h. Como quiera que la caldera estará funcionando 20h, para producir la energía del mes en cuestión, se necesitará una potencia mayor que la referida en a 24h, ya que estará menos tiempo de 24h en funcionamiento, para producir la misma energía, con lo cual se necesitará una potencia mayor. Pues la potencia necesaria con un funcionamiento de 20h para producir la energía del mes en cuestión, es la reflejada en esta columna.
- “POTENCIA CALDERA”: potencia mínima necesaria para la caldera.
- “TOTAL”: Energía total necesaria para un año completo.

Así que podemos afirmar que la caldera deberá de tener como mínimo una potencia de 97,516 KW. La elección ha sido de 115 KW.

La tabla anteriormente mostrada, se ha calculado de la siguiente manera.

La potencia necesaria para ACS y calefacción, han sido determinadas en apartados anteriores, y la potencia necesaria total para cada mes no es más que la suma de estas dos.

A continuación, multiplicando la potencia de cada mes por 24h que tiene un día y por los días que tenga el mes, se obtiene la energía necesaria para el mes.

Para obtener la columna de potencia para el mes en la caldera, basta con la energía necesaria, dividirla entre 20h de funcionamiento continuo de la caldera y entre los días del mes, obteniendo así la potencia de la energía del mes referida a 20h.

Por último, para saber las horas de funcionamiento de cada mes se divide la energía de cada mes, entre la potencia real de la caldera. La potencia real de la caldera será, la potencia nominal multiplicada por el rendimiento de esta. Con lo cual, si divides la energía necesaria, entre la potencia que realmente suministra la caldera, obtienes el tiempo que se necesita de funcionamiento a esa potencia para conseguir dicha energía.

En la elección habrá que tener en cuenta las indicaciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE):

*“Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo los requisitos siguientes:*

- *Rendimiento energético: los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionaran en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento máximo.*
- *Distribución de calor y frío: los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.*
- *Regulación y control: las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.*
- *Contabilización de consumos: las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función del consumo, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.*
- *Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas aprovecharan las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades de la edificación.*
- *Requisitos mínimo de rendimiento: en el caso de generadores de calor que utilicen biomasa el rendimiento mínimo instantáneo exigido será de 75% a plena carga.”*

Se selecciona una caldera abastecida por hueso de oliva por tratarse de un cultivo abundante en la zona en la que se encuentra el edificio como podemos ver en el siguiente mapa de “Análisis de plantaciones de olivar en España” en la Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (ESYRCE 2012).

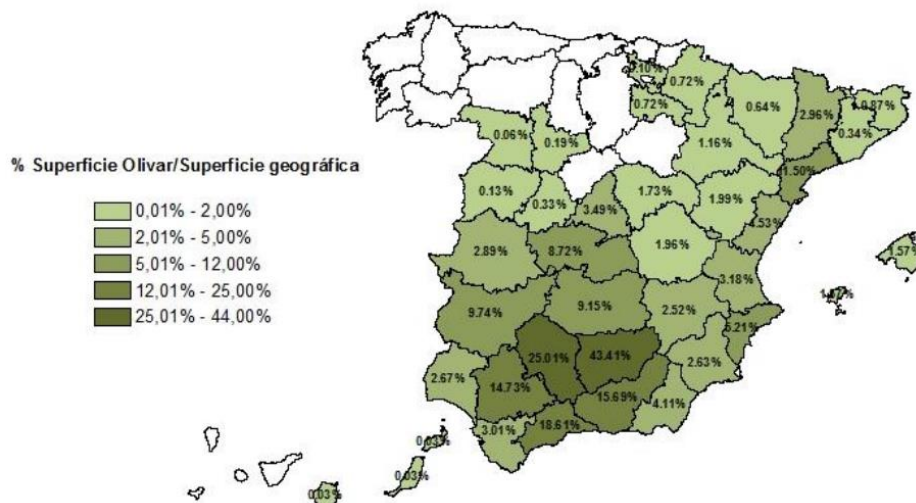


Figura 13: Distribución provincial de la superficie de olivar/superficie geográfica.

FUENTE: ESYRCE

En la siguiente tabla podemos ver las Ha (Hectárea) de cultivo destinadas a este árbol por CCAA, según la Subdirección de Estadística del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente:

Comunidades Autónomas	Superficie (ha)				Total
	Secano		Regadío		
	ha	%	ha	%	
Galicia	3	0,0%			3
P. de Asturias					
Cantabria					
País Vasco	191	0,0%	116	0,0%	308
Navarra	2.650	0,1%	4.807	0,7%	7.457
La Rioja	1.762	0,1%	1.843	0,3%	3.605
Aragón	48.012	2,6%	11.465	1,6%	59.477
Cataluña	93.459	5,0%	22.585	3,1%	116.044
I. Baleares	5.447	0,3%	2.290	0,3%	7.737
Castilla y León	5.402	0,3%	1.055	0,1%	6.456
Madrid	27.551	1,5%	491	0,1%	28.042
Castilla la Mancha	359.110	19,4%	47.641	6,5%	406.751
C. Valenciana	81.043	4,4%	13.680	1,9%	94.723
R. de Murcia	20.319	1,1%	9.416	1,3%	29.735
Extremadura	229.142	12,4%	40.208	5,5%	269.350
Andalucía	979.391	52,8%	575.380	78,7%	1.554.771
I. Canarias	55	0,0%	49	0,0%	104
<b>TOTAL</b>	<b>1.853.539</b>	<b>100,0%</b>	<b>731.025</b>	<b>100,0%</b>	<b>2.584.564</b>

Tabla 28: Distribución de superficie de olivar por sistema de cultivo. FUENTE: ESYRCE

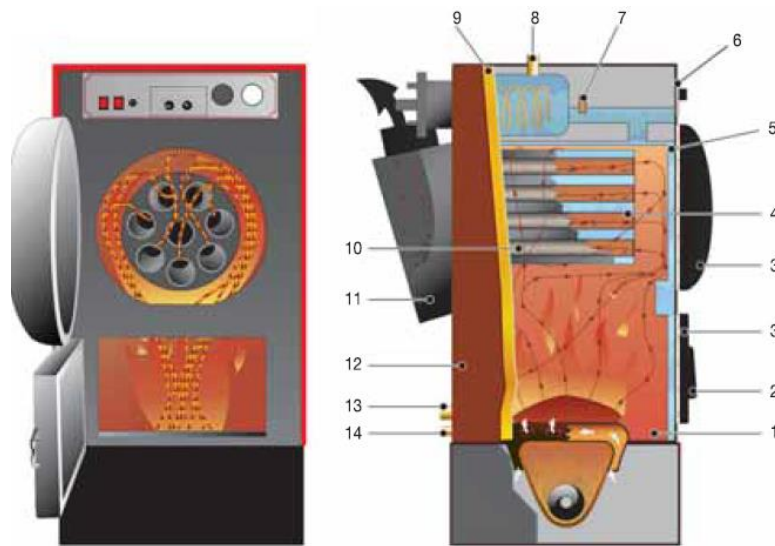
## 9.1. SELECCIÓN DE LA CALDERA

La caldera seleccionada será de la marca “Hergom” y tendrá las siguientes características:

MODELO	Potencia útil (kcal-h)	Potencia útil (kW)	PVP Hergóm €
OLIVA 10	100.000	115	10.250,00

**Tabla 29: Potencia de la caldera seleccionada. FUENTE: Hergom**

La caldera por dentro tendrá este aspecto y estos componentes:



Detalle del flujo de los humos en el interior de la caldera "oliva"

**Figura 14: Detalle de la caldera. FUENTE: Hergom**

Partes de la caldera:

1. Cámara de combustión de gran volumen de fácil acceso para la limpieza.
2. Mirilla.
3. Registro practicable para la eventual carga manual de combustible de gran tamaño o para la limpieza del quemador.
4. Cilindro para intercambio de calor.
5. Paredes de intercambio de calor.
6. Panel de control.
7. Vainas para sondas de control.
8. Conexión de ida.
9. Paneles aislante antirradiante.
10. Tubo de humo en acero.
11. Cajas de humos.
12. Paneles de acero pintados.
13. Conexión de retorno.
14. Vaciado.

## 9.2. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL SILO

Para dimensionar el silo, basta con saber el consumo diario de biomasa en masa mensual, y el volumen que ocuparía.

Una vez determinados estos datos, el mes que mayor capacidad requiera, esa será la capacidad mínima para la selección del silo.

En primer lugar es necesario determinar el consumo mensual de biomasa a partir de las necesidades energéticas y del PCI del combustible a utilizar.

Hueso de oliva			
Humedad (%)		10	
Densidad aparente (kg/m <sup>3</sup> )		650-700	
PCI b.s. (kJ/kg)	PCI b.s. (kW/h)	18.000-19.000	5,0-5,3

Tabla 30: Características del hueso de oliva. FUENTE: IDAE

Por lo tanto cogemos un PCI para el hueso de oliva de 18.500 kJ/kg como nos indica la media en el IDEA.

Se tomará como dato los consumos en KWh mensuales obtenidos anteriormente, habiendo tenido ya en cuenta el rendimiento de la máquina.

Para determinar el consumo de energía en KJ, habrá que multiplicar los KWh por los segundos que tiene una hora, con lo cual obtendríamos KWs, y como el Wattio es J/s, obtenemos KJ. Esta conversión de KWh a MJ, es simplemente porque el PCI lo tenemos en datos de Julios.

Por último, para saber la masa necesaria de hueso de oliva, habrá que dividir los MJ necesarios, entre el PCI, y multiplicar por 1000 (para volver a tener KJ, que es el dato de PCI que tenemos).

	Consumo BIOMASA (KWh)	Consumo BIOMASA (MJ)	Consumo BIOMASA (Kg)
Enero	49.579,96	178.487,85	9.647,99
Febrero	42.370,37	152.533,32	8.245,04
Marzo	44.208,35	159.150,06	8.602,71
Abril	34.517,53	124.263,11	6.716,93
Mayo	2.854,85	10.277,47	555,54
Junio	2.639,97	9.503,89	513,72
Julio	2.601,09	9.363,91	506,16
Agosto	2.537,65	9.135,53	493,81
Septiembre	2.578,58	9.282,87	501,78
Octubre	2.791,41	10.049,08	543,19
Noviembre	39.239,64	141.262,70	7.635,82
Diciembre	51.391,11	185.008,00	10.000,43
<b>TOTAL</b>	<b>277.310,50</b>	<b>998.317,80</b>	<b>53.963,12</b>

**Tabla 31: Dimensiones de la caldera seleccionada**

Así pues en esta tabla ya disponemos de la masa de biomasa de hueso de aceituna, necesaria cada mes para producir la energía correspondiente.

Ahora bien, teniendo los datos de masa mensual necesaria, habrá que dimensionar el silo.

- Debe tener capacidad de almacenar biomasa para 15 días.
- Densidad de hueso de aceituna: 680 Kg/m<sup>3</sup>

En primer lugar se calculará la masa diaria necesaria, para cada mes, dividiendo la mensual entre el número de días del mes.

Para obtener la masa necesaria para 15 días, habrá que multiplicar la diaria por 15. La mayor cantidad de masa de los 12 meses será la capacidad de diseño del silo. A partir de la cual lo elegiremos.

Por último también habrá que tener en cuenta del volumen disponible en el silo, con lo cual, para determinarlo dividimos la masa necesaria para 15 días entre la densidad y obtenemos el volumen ocupado por dicha masa.

Se dispondrá de una sala de calderas donde se instalan los elementos de esta instalación de biomasa (caldera, silo, vaso de expansión...) como se ve en el Plano 2, en la planta baja, con unas determinadas medidas.

Días mes	Consumo BIOMASA (Kg/día)	Masa (Kg)	Volumen (m <sup>3</sup> )
31	311,23	4.668,38	6,87
28	294,47	4.416,99	6,50
31	277,51	4.162,60	6,12
30	223,90	3.358,46	4,94
31	17,92	268,81	0,40
30	17,12	256,86	0,38
31	16,33	244,91	0,36
31	15,93	238,94	0,35
30	16,73	250,89	0,37
31	17,52	262,84	0,39
30	254,53	3.817,91	5,61
31	322,59	4.838,92	7,12
<b>VALORES MÁS ALTOS-&gt;</b>		<b>4.838,92</b>	<b>7,12</b>

**Tabla 32: Dimensionado del silo**

Así pues el silo deberá soportar al menos 4.838,92 Kg que es el mes de diciembre en el consumo se hace mayor por las demandas del edificio. Y sabiendo que el silo debe de disponer de un volumen de al menos 7,12 m<sup>3</sup>, para no quedarnos en mes de diciembre sin combustible para la caldera.

Al igual que con la caldera habrá que seguir una serie de consideraciones propuestas por el RITE:

#### IT.1.3.4.1.4 Almacenamiento de biocombustibles sólidos

- Las instalaciones alimentadas con biocombustibles sólidos deben incluir un lugar de almacenamiento dentro o fuera del edificio, destinado exclusivamente para este uso.
- Cuando el almacenamiento esté situado fuera del edificio podrá construirse en superficie o subterráneo, pudiendo utilizarse también contenedores específicos de biocombustible, debiendo prever un sistema adecuado de transporte.
- En edificios nuevos la capacidad mínima de almacenamiento de biocombustible será la suficiente para cubrir el consumo de dos semanas.
- Se debe prever un procedimiento de vaciado del almacenamiento de biocombustible para el caso de que sea necesario, para la realización de trabajos de mantenimiento o reparación o en situaciones de riesgo de incendio.



- En edificios nuevos el almacenamiento de biocombustible sólido y la sala de máquinas deben encontrarse situados en locales distintos y con las aperturas para el transporte desde el almacenamiento a los generadores de calor dotadas con los elementos adecuados para evitar la propagación de incendios de una a otra.
- En instalaciones térmicas existentes que se reformen, en donde no pueda realizarse una división en dos locales distintos, el depósito de almacenamiento estará situado a una distancia de la caldera superior a 0,7 m y deberá existir entre el generador de calor y el almacenamiento una pared con resistencia ante el fuego de acuerdo con la reglamentación vigente de protección contra incendios.
- Las paredes, suelo y techo del almacenamiento no permitirán filtraciones de humedad, impermeabilizándolas en caso necesario.
- Las paredes y puertas del almacén deben ser capaces de soportar la presión del biocombustible. Asimismo, la resistencia al fuego de los elementos delimitadores y estructurales del almacenamiento de biocombustible será la que determine la reglamentación de protección contra incendios vigente.
- No están permitidas las instalaciones eléctricas dentro del almacén.
- Cuando se utilice un sistema neumático para el transporte de la biomasa, éste deberá contar con una toma de tierra.

Para cubrir las necesidades de a Tabla 25 el silo elegido será de la marca “Supersilo” con las siguientes características:



**Figura 15: Silo de almacenamiento. FUENTE: SUPERSILO**

Artículo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Toneladas (t)
MEGASILO 220G	220	220	200-250	5,9-7,7	3,8-5,0

**Tabla 33: Dimensiones del silo. FUENTE: Supersilo**



### 9.3. DIMENSIONAMIENTO Y SELECCIÓN DEL ACUMULADOR

Puesto que el diseño de la caldera ha sido llevado a través de la potencia media de cada mes, es posible que en algunos días del año la potencia de la caldera no sea suficiente para calentar el edificio a la temperatura de diseño.

Para compensar ese déficit de energía se instala un acumulador de inercia. La caldera de biomasa estará funcionando 20h al día, con lo cual, a una producción constante, no es instantánea como las de gas natural por ejemplo. De esta manera en los momentos del día que esté produciendo más energía que la necesaria para calentar el edificio, este excedente energético es almacenado en el acumulador.

El motivo de instalar una caldera menos potente y un acumulador, antes que una caldera más potente sin acumulador, es porque la inversión es más económica en el primer caso que en segundo. Es decir la diferencia de precio entre una caldera más potente y la menos potente es mayor que el precio del acumulador.

Para dimensionar el acumulador se ha seguido el siguiente criterio:

Se ha buscado el día más frío de los 5 meses que se consideran de funcionamiento de la caldera, este día ha sido el día 17 de Diciembre con una temperatura mínima de -2'7°C. Para ese día la potencia de caldera necesaria es de 76,531 KW, con lo cual multiplicando por 24h, obtenemos en KW.h la energía necesaria para ese día. Evidentemente en el dimensionamiento de la caldera, no se ha llegado hasta dicha potencia, con lo cual existirá un déficit de energía, para conocerlo habrá que saber la energía que aportaría ese día la caldera.

$$P_{necesaria\ 17\ DIC} = 94,813\ KW \rightarrow E_{necesaria\ 17\ DIC} = P_{necesaria\ 17\ DIC} \cdot 24 \cdot \\ = 2275,52\ KWh$$

La potencia disponible, será la nominal de la caldera por el rendimiento, y habrá que restarle también, la necesaria para ACS, el resto será de la que dispongamos para la calefacción.

$$P_{disp\ calefacción} = (P_n \cdot \eta) - P_{ACS\ dic} = (115 \cdot 0'85) - 4,178 = 93,57\ KW$$

Con lo cual para saber la energía que producirá para la calefacción ese día la caldera, habrá que multiplicar por 20h de funcionamiento continuo que tiene la propia caldera.

$$E_{disp\ calefacción} = P_{disp\ calefacción} \cdot 20 = 1871,43\ KWh$$

Con lo cual ahora sí que podemos saber el déficit de energía que se tiene ese día:

$$E_{déficit} = E_{necesaria\ 17\ DIC} - E_{disp\ calefacción} = 404,08\ KWh$$

Para obtener esta energía en KJ, habrá que multiplicar por 3600s que tiene una hora

$$Q_{\text{déficit}} = E_{\text{déficit}} \cdot 3600 = 1454694,35 \text{ KJ}$$

Así que suponiendo una salida de temperatura del agua de 60°C, podemos estimar la masa de agua necesaria para obtener esa energía, si la temperatura exterior es de -2'7°C

$$m = \frac{Q_{\text{déficit}}}{C_e \Delta T} = 5542,49 \text{ Kg}$$

Dónde:

- $C_e$  = calor específico del agua (4186 J/Kg°C)
- masa = masa del fluido en Kg.
- $\Delta T$  = diferencia de temperaturas entre el fluido y la deseada

Con lo cual, deberemos de tener capacidad para almacenar hasta 5542,49 litros.

Instalaremos 2 acumuladores de la gama MV de una capacidad de 5000l y de la gama G 600l (tendremos una capacidad de 5600), de manera que la capacidad será superior a los 5542,49 litros mínimos.



Figura 16: Acumuladores 5000 l y 600l. FUENTE: BUDERUS

MODELO	Capacidad (l)	Peso (Kg)	Diam. (mm)	Alto (mm)	Precio (€)
Gama MV	5000	907	1910	2750	11.075
Gama G	600	87	770	1730	1.250

Tabla 34: Dimensiones de los acumuladores. FUENTE: Burderus

## **X: INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA**

## 10. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

El objeto de este documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de líquido, especificando los requisitos de durabilidad, fiabilidad y seguridad.

El ámbito de aplicación de este documento se extiende a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.

En determinados supuestos para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza del mismo o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este documento, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

### MÉTODO DE CÁLCULO F-CHART

Para el dimensionado de las instalaciones de energía solar térmica el Código Técnico de la Edificación exige que el método de cálculo que especifique, al menos en base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y de la contribución solar.

Asimismo el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- a) la demanda de energía térmica de ACS y calefacción (calculada en los apartados anteriores).
- b) la energía solar térmica aportada.
- c) las fracciones solares mensuales y la fracción solar anual.
- d) el rendimiento medio anual.

En este proyecto se utiliza el método sugerido por El Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE: el método de las curvas f (f-Chart). Este método permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo, cumpliendo con lo exigido en la sección HE4 del documento básico de ahorro de energía del CTE.

Para emplear el método f-chart se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

Su aplicación sistemática consiste en identificar las variables adimensionales del sistema de calentamiento solar y utilizar la simulación de funcionamiento mediante ordenador, para dimensionar las correlaciones entre estas variables y el rendimiento medio del sistema para un dilatado período de tiempo.

## Contribución solar mínima según CTE

Con respecto a la contribución solar mínima exigida en el Código Técnico de la Edificación en el apartado HE4, la localidad de Murcia, en la Zona IV como vemos en la Figura 11 y la contribución solar mínima es de 70%, como vemos en la Tabla 32.

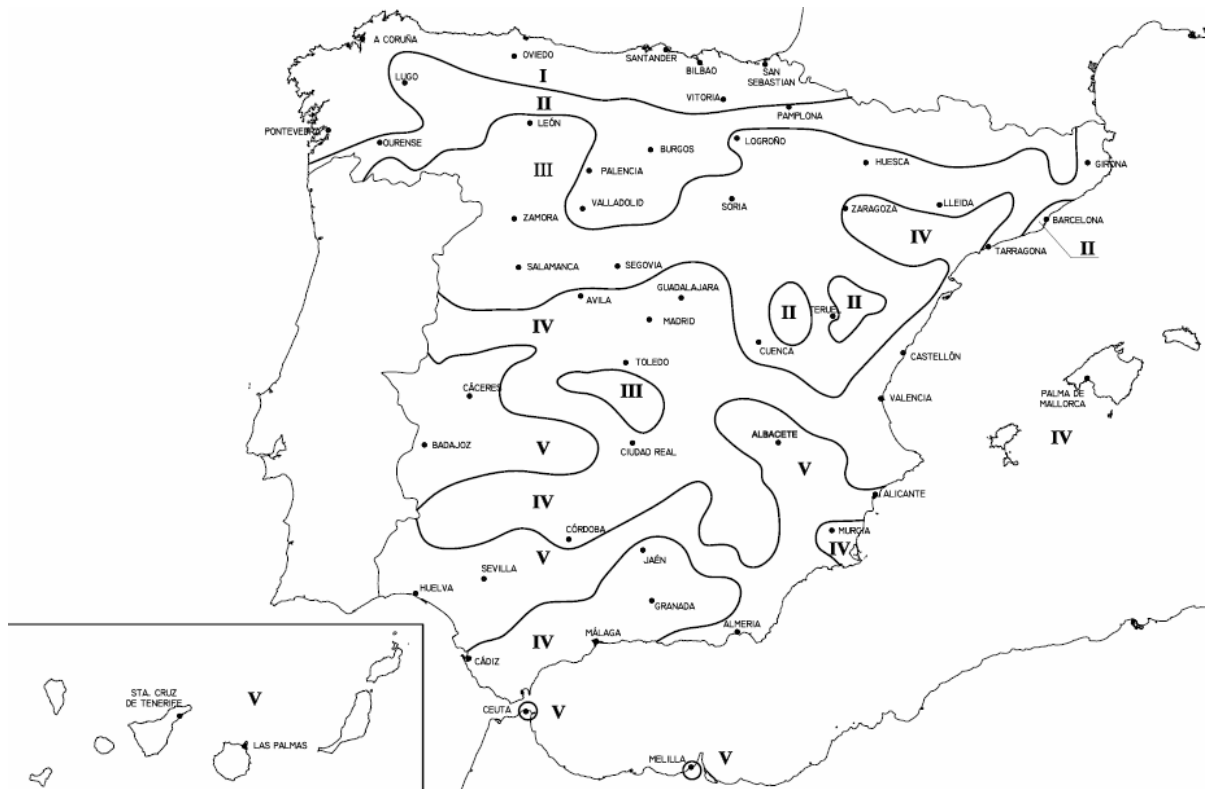


Figura 17: Zonas climáticas. FUENTE: CTE HE4

Demanda total de ACS Del edificio (l/d)	Zona Climática				
	I	II	III	IV	V
50-1.000	50	60	70	70	70
1.000-2.000	50	63	70	70	70
2.000-3.000	50	66	70	70	70
3.000-4.000	51	69	70	70	70
4.000-5.000	58	70	70	70	70
5.000-6.000	62	70	70	70	70
>6.000	70	70	70	70	70

Tabla 35: Contribución solar mínima. FUENTE: CTE HE4

## Demanda a cubierta

Se realiza la suma de demandas de calefacción y de ACS calculadas en los apartados 6 y 7, respectivamente,

	demanda térmica			
	horas/día (horas)	Calefacción (W)	Calefacción (MJ/Mes)	total (ACS+ calefacción) (MJ/Mes)
Enero	8	62461,48	55765,61132	66956,63116
Febrero	9	58872,89	53409,48983	63517,50775
Marzo	9	55326,85	55570,28519	66532,91687
Abril	9,5	43933,31	45075,57477	55463,55237
Mayo	5	0,00	0	10277,4672
Junio	5	0,00	0	9503,8944
Julio	5	0,00	0	9363,91456
Agosto	6	0,00	0	9135,5264
Septiembre	6	0,00	0	9282,8736
Octubre	7	0,00	0	10049,07904
Noviembre	7	50491,79	38171,79436	48559,77196
Diciembre	7	64895,82	50696,61809	61887,63793
<b>TOTAL ANUAL</b>			<b>298689,3736</b>	<b>420530,7732</b>

**Tabla 36: Demandas de ACS y calefacción.**

## 10.1. ELECCIÓN DEL CAPTADOR

### Valoración de la radiación solar incidente en la superficie inclinada del captador

El edificio se encuentra situado en Alcantarilla (Murcia), con lo cual con dichos datos de irradiación se calculará la irradiación en función de la inclinación del captador.

En la siguiente tabla podemos ver la irradiación recogida por el captador en función de su inclinación:

Mes/ inclinación	0	15	30	37,5	45	50
Enero	9546	12873,8	15490,1691	16473,59061	17216,7951	17572,355
Febrero	11974	14699,5	16639,4404	17271,18128	17661,7001	17784,5603
Marzo	17208,4	19499,8	20755,4235	20965,1745	20889,8146	20681,6159
Abril	21350,65916	22404,7	22318,5703	21844,56053	21092,0487	20441,8994
Mayo	25279,89889	25125,9	23818,9969	22748,05257	21419,8956	20402,9709
Junio	25738,82888	24974,1	23159,434	21878,87471	20374,6917	19260,7642
Julio	26910,76815	26381,6	24680,6655	23409,89203	21883,9456	20738,1022
Agosto	23650,24725	24263,2	23668,9601	22923,73981	21894,2076	21058,59
Septiembre	19049,37359	20977,7	21783,7157	21745,39028	21412,0238	21028,4837
Octubre	13900	16688,8	18577,0865	19140,66446	19436,1985	19481,619
Noviembre	9672	12586,3	14820,8339	15633,48058	16223,3167	16487,6108
Diciembre	7746	10526,0	12736,4209	13579,18298	14226,712	14544,3202
<b>TOTAL</b>	<b>212026,1759</b>	<b>231001,308</b>	<b>238449,717</b>	<b>237613,7844</b>	<b>233731,35</b>	<b>229482,892</b>

Tabla 37: Inclinación del captador. FUENTE: Estación meteorológica en Murcia

La radiación que recibe cada lugar de la Tierra varía en función de la inclinación, sabiendo que la máxima energía se obtiene para una inclinación igual a la latitud del lugar de estudio. Como cabía esperar si tenemos  $\phi = 37,5^\circ$ , el plano óptimo de inclinación estará sobre los  $30^\circ$ , como expresa la siguiente gráfica:

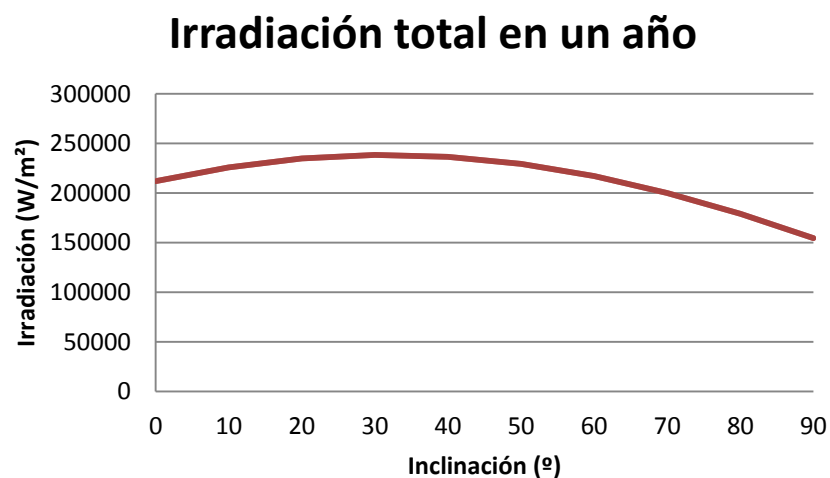


Figura 18: Irradiación para distintas inclinaciones. FUENTE: Estación meteorológica en Murcia

Como bien se sabe, la inclinación ideal, es la de la latitud de la zona donde se vaya a realizar la instalación, con lo cual, en Murcia sería 37'5°.

En el CTE sección HE4, en su apartado 2.1. se puede poner 10° más si se desea favorecer la captación en invierno y 10° menos si se desea favorecer su captación en verano. En este caso al tener instalada calefacción nos interesa tener más captación en invierno. Esto se puede observar en la tabla anterior, como a mayor inclinación más favorecidos se ven los meses de invierno y más desfavorecidos los meses de verano, pero por el espacio que tenemos para colocar y el precio de los captadores, interesa más ponerlos una inclinación de 30° y no una de 45°.

Los paneles estarán totalmente orientados al sur, tomaremos los siguientes datos:

- Orientación =  $\alpha = 0^\circ$
- Azimut =  $\beta = 30^\circ$
- Azimut óptimo =  $\beta_{opt} = 37'5^\circ$

### Características del captador solar

El tipo de captador elegido es un captador solar plano por ser éste el que mejor se adapta a las instalaciones de producción de agua caliente sanitaria y calefacción. Las características del captador solar seleccionado son las siguientes:

Fabricante	CHROMAGEN
Modelo	CR-12S8
Superficie (m <sup>2</sup> )	2,75
Largo (m)	2,20
Ancho (m)	1,285
Superficie útil (m <sup>2</sup> )	2,46
Capacidad (litros)	1,7
Caudal de diseño (litros/h)	110,00
Pérdida de carga a Qdis (mm c.a.)	0,1
Factor de eficiencia	0,808
Coef. De pérdidas (W/m <sup>2</sup> °C)	3,2

Tabla 38: Características del captador. FUENTE: Chromagen

PROVINCIA	LATITUD	TEMPERATURA MÍNIMA
MURCIA	38,0	-5

Tabla 39: Latitud y temperatura mínima histórica, en °C. FUENTE: CENSOLAR



## 10.2. NÚMERO DE CAPTADORES Y APOORTE SOLAR

Para determinar el número de colectores a instalar, utilizaremos dos métodos fundamentalmente. Por una parte para establecer el aporte de la instalación solar a las necesidades totales para un número determinado de colectores con una irradiación determinada por la inclinación de estos, utilizaremos el método de f-chart. Por otra parte, para cada número de colectores, la instalación tendrá un VAN. Es decir, el dinero que con dicha instalación se ha dejado de gastar, ya que pese a haber una inversión inicial, año a año se ahorra dinero en combustible.

En primer lugar calcularemos los KWh PCS, para las necesidades totales. Recurriremos a la Tabla 40 al comienzo de este capítulo 10 en el cual se determinó la demanda total para el edificio, a partir del dato de la demanda en MJ, obtendremos la demanda en KWh PCS. Para ello utilizaremos la siguiente expresión:

$$E_{KWh\ PCS} = E_{MJ} \cdot 1000 \cdot 3600^{-1} \cdot \frac{p_{CS}}{p_{CI}} \cdot \eta_{caldera}^{-1}$$

Dónde:

- $E_{KWh\ PCS}$  = es la energía en KWh PCS que queremos calcular
- $E_{MJ}$  = es el dato de energía en MJ que tenemos del apartado
- $p_{CS}$  = poder calorífico superior del combustible
- $p_{CI}$  = poder calorífico inferior del combustible
- $\eta_{caldera}$  = rendimiento de la caldera, estimado en 90%.

	Demanda (MJ/Mes)	Demanda (kWh PCS)
Enero	66956,63116	22840,95605
Febrero	63517,50775	21667,7658
Marzo	66532,91687	22696,41414
Abril	55463,55237	18920,31514
Mayo	10277,4672	3505,958596
Junio	9503,8944	3242,06924
Julio	9363,91456	3194,317832
Agosto	9135,5264	3116,407641
Septiembre	9282,8736	3166,672281
Octubre	10049,07904	3428,048405
Noviembre	48559,77196	16565,22435
Diciembre	61887,63793	21111,76732
<b>TOTAL</b>	<b>420530,7732</b>	<b>143455,9168</b>
<b>ANUAL</b>		

Tabla 40: Demandas totales combustible

A continuación vamos a determinar el factor de aporte mensual y total, por el método de f-chart.

El factor de aporte viene definido por:

$$f = 1'029Y - 0'065X - 0'295Y^2 + 0'018X^2 + 0'0215Y^3$$

Podemos calcular X e Y de la siguiente manera:

$$X = F_R U_C \cdot \left( \frac{F'_R}{F_R} \right) \cdot (t_{ref} - t_a) \frac{A}{L}$$

Dónde:

- $F_R U_C$  = coeficiente de ganancias del captador ( $W/m^{20}C$ )
- $A$  = área de captación total ( $m^2$ ).
- $t_{ref} = 100^{\circ}C$
- $t_a$  = temperatura ambiente (la podemos tomar de una tabla del apartado 2.1.1.) ( $^{\circ}C$ ).
- $L$  = demanda ( $W$ ).

$F'_R/F_R$ , lo calcularemos de la siguiente manera:

$$\frac{F'_R}{F_R} = \frac{1}{1 + \left( \frac{F_R U_C}{G \cdot C_p} \right) \left( \frac{1}{\varepsilon} \right)}$$

Dónde:

- $F_R U_C$  = Coeficiente de ganancia del captador ( $W/^{\circ}C \cdot m^2$ )
- $G$  = flujo másico por unidad de área ( $Kg/s \cdot m^2$ )
- $C_p$  = calor específico del agua ( $4'18 KJ/Kg \cdot ^{\circ}C$ ).
- $\varepsilon$  = eficiencia del captador.

Para calcular Y, utilizaremos la siguiente expresión:

$$Y = Fr (\tau\alpha)_n \cdot \left( \frac{F'_R}{F_R} \right) \cdot \frac{A}{L} \cdot \bar{H}_\beta \frac{(\tau\alpha)}{(\tau\alpha)_n}$$

Dónde:

- $Fr (\tau\alpha)_n$  = tomaremos el valor del coeficiente de ganancias del captador.
- $A$  = área total de captación ( $m^2$ ).
- $L$  = Demanda ( $KJ$ ).
- $\bar{H}_\beta$  = irradiación ( $KJ$ ).
- $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$  = tomaremos como valor 0'96.

Los valores de X e Y tienen una serie de correcciones, en este caso pasaremos por alto tanto la corrección por calefacción, ya que se suele coger 1, y corrección si sólo hay ACS, que cogemos 1 puesto que en este caso no sólo hay ACS.

Así pues tan sólo explicaremos la corrección por acumulación que es la que se tendrá en cuenta, puesto que tendremos una acumulación distinta de 75 l/m<sup>2</sup>.

Corrección de X por acumulación:

$$X_c = X \cdot \left(\frac{CA}{75}\right)^{-0,25}$$

Dónde:

- X<sub>c</sub> = Valor de X corregido.
- X = Valor de X anterior.
- CA = capacidad del acumulador (l/m<sup>2</sup>).

Así pues ya podemos determinar el factor de aporte para cada mes con los cálculos de f X e Y.

Una vez que tenemos el factor de aporte, podremos decir que la demanda de KWh PCS, con aporte de energía solar será:

$$E_{KWh PCS(con e solar)} = E_{KWh PCS} \cdot (1 - f).$$

Así pues, podremos determinar el VAN, es decir el ahorro tras n años de instalación.

En primer lugar tendremos que determinar el ahorro el primer año:

$$Ahorro = \text{€}_{KWh PCS} - \text{€}_{KWh PCS (con e solar)}$$

Para saber el costo, de los KWh PCS nos fijaremos en la siguiente tabla de precios.

Tarifas de gas antural, grupo 3 (BOE 2012)		
	TF	TV
T1 (Q<=5000 KWhpcs)	4,35	0,04289363
T2(5000<Q<=50000)	8,99	0,03725163
T3 (50000<Q<=100000)	58,49	0,04103238
T4 (Q> 1000000)	175,92	0,02962666

Tabla 41: Tarifas de Gas Natural en 2012 por el BOE

Con lo cual, el costo anual será:

$$\text{€}_{KWh PCS} = TF \cdot 12 + TV \cdot E_{KWh PCS}$$

Para actualizar los precios utilizaremos la siguiente tabla de valores de inflación.

Interés para pequeño capital (%)	8
Inflación energía auxiliar (%)	10
Mtto. (% respecto de la inversión inicial)	1
Inflación del mtto.(%)	6

Tabla 42: Datos iniciales de la instalación

Así pues, tras “n” años tendremos un ahorro, en función del ahorro del primer año y de la inflación. Podríamos definir el VAN como:

$$VAN = \epsilon_{\text{ahorro tras } n \text{ años}} - \epsilon_{\text{inversión}} - \epsilon_{\text{mtto tras } n \text{ años}}$$

El mantenimiento lo consideraremos el 1% de la inversión inicial.

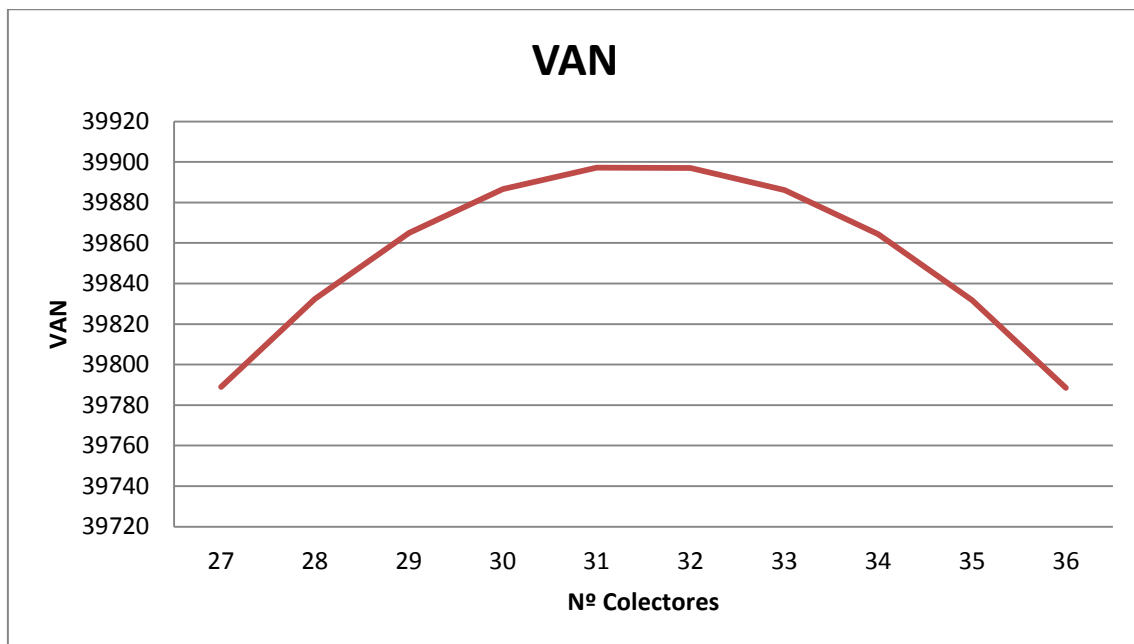


Figura 19: Beneficio por el nº de captadores.

Siendo el número óptimo de captadores de 31 y en la Tabla 43 se obtiene el factor de aporte.

	temperatura ambiente media		corrección sólo ACS		corrección acumulación X corregido		corrección calefacción Y corregido		factor de aporte mensual	necesidad térmica total
	ta (°C)	X	X'/X	X``/X	X corregido	Y	Y'/Y	Y corregido	f	(KJ/mes)
	Enero	10,69	0,817702594	1	0,412277142	0,337120089	0,396657128	1	0,396657128	0,349246203
Febrero	12,48	0,762955271	1	0,412277142	0,314549019	0,405690001	1	0,405690001	0,358299806	63517507,75
Marzo	13,59	0,796189273	1	0,412277142	0,328250638	0,534869379	1	0,534869379	0,462437252	66532916,87
Abril	17,43	0,883208101	1	0,412277142	0,364126512	0,667683968	1	0,667683968	0,560795355	55463552,37
Mayo	20,58	4,737319368	1	0,412277142	1,953088492	3,97365417	1	3,97365417	0	10277467,2
Junio	24,1	4,737929729	1	0,412277142	1,95334013	4,043324521	1	4,043324521	0	9503894,4
Julio	27,31	4,758894829	1	0,412277142	1,961983561	4,519101787	1	4,519101787	0	9363914,56
Agosto	27,79	4,845656768	1	0,412277142	1,997753525	4,442201961	1	4,442201961	0	9135526,4
Septiembre	24,8	4,80600087	1	0,412277142	1,981404305	3,893693702	1	3,893693702	0	9282873,6
Octubre	20,31	4,861456961	1	0,412277142	2,004267584	3,169596959	1	3,169596959	0	10049079,04
Noviembre	15,55	1,031742824	1	0,412277142	0,425363983	0,506416984	1	0,506416984	0,433740157	48559771,96
Diciembre	11,84	0,873286114	1	0,412277142	0,360035904	0,352854934	1	0,352854934	0,310359156	61887637,93
<b>Factor de aporte anual:</b>									<b>0,48961015</b>	

Tabla 43: Factor de aporte para calefacción.

## Pérdidas por sombras, orientación e inclinación de los captadores

### Pérdidas por sombras

En la cubierta en la que se sitúa el campo de captadores no tiene pérdidas por sombras situados en el tejado. Los 31 captadores están instalados en conexión en serie, estando su disposición condicionada para evitar al máximo las pérdidas por sombras como podemos ver en el Plano 3.

Para el anclaje sobre cubierta se opta por la solución propuesta por el fabricante de la captadora basada en un kit de bastidor de aluminio con un juego de fijaciones para tejado.

### Pérdidas por orientación e inclinación

Los captadores se instalarán con orientación sur, respetando la alineación con los ejes principales del edificio se verán desde la calle.

La inclinación adoptada será de  $30^\circ$ , resultando unas pérdidas por orientación del 2,7 %, además no se pone una inclinación de  $45^\circ$  porque produce más sombra aunque sería lo idóneo para instalaciones que trabajan predominantemente en invierno.

El método de cálculo f-chart tiene en cuenta la radiación recibida en este ángulo y por tanto se calcularán pero no se considerarán en el método f-chart con el objeto de no considerar esta pérdida energética dos veces.

Pérdidas por orientación e inclinación. El resumen de las exigencias en cuanto a pérdidas por sombras, orientación e inclinación quedan sobradamente cumplidas.

### 10.3. INTERACUMULADORES

Los acumuladores para ACS y para calefacción serán distintos puesto que para calefacción necesitaremos mucha mayor capacidad para que cubra algunas las necesidades interacumulador más estándar podemos cubrir el consumo.

Con el mes más desfavorable que será diciembre obtenemos dos porcentajes para las demandas de ACS y calefacción:

ACS			CALEFACCIÓN		
%	l/m2	l	%	l/m2	l
18,08280331	13,56210248	469,4290839	81,91719669	20,47929917	2126,568206

Tabla 44: Acumulación de calefacción y ACS.

INTERACUMULADOR PARA ACS:

Modelo	Capacidad ACS (l)	Tª máx. del depósito (°C)	Presión máx. del depósito (bar)	Superficie de intercambio circuito de calentamiento (m <sup>2</sup> )	Peso en vacío (kg)
ISF-500 S1	500	90	8	2	160

Tabla 45: Interacumulador para ACS. FUENTE: FAGOR



Figura 20: Interacumulador para ACS. FUENTE: FAGOR

INTERACUMULADOR PARA CALEFACCIÓN:

Modelo	Capacidad ACS (l)	Tª máx. del depósito (°C)	Presión máx. del depósito (bar)	Superficie de intercambio circuito de calentamiento (m <sup>2</sup> )	Peso en vacío (kg)
BDLN	2500	90	8	4,2/6,7	660/690

Tabla 46: Interacumulador para calefacción. FUENTE: SAUNIER DUVAL



**Figura 21: Interacumulador para calefacción. FUENTE: SAUNIER DUVAL**

Se cumple con la H4 punto 3.3.3.1 la cual nos dice que el volumen de acumulación estará comprendido  $50 < V/A < 180$  siendo:

A: la suma de las áreas de los captadores  $m^2$

V: el volumen del depósitos interacumuladores (litros) 75

Comprobación H4 punto 3.3.3.1 que este comprendido entre 50 y 180l/ $m^2$

C:  $469,429 \text{ l} / 76,26 \text{ m}^2 = 75 \text{ litros l/m}^2$

#### 10.4. SISTEMA DE APOYO

El apoyo será individual y se realizará mediante una caldera que proporcione la energía necesaria al agua cuando el aporte solar no sea suficiente esta caldera de la marca FAGOR modelo FE-30E del que a continuación presentamos sus características:

kW: 30

Potencia de calefacción y A.C.S.: 26.094 kcal/h.

Producción A.C.S.  $\Delta 25^\circ\text{C}$ : 17,40 l/min.

Peso: 44 kg.

Encendido electrónico automático

Fácil integración e instalación

Código de fallos

Grupo hidráulico compacto

Mayor producción de A.C.S.

Máximas posibilidades de evacuación

Índice de protección IP-44

Rendimiento energético (según directiva 92/42/CEE): xxx

Dimensiones: 780 x 440 x 297 mm.





**Figura 22: Caldera. FUENTE: FAGOR**

La necesidad a cubrir por este sistema de apoyo será de:

Meses	Necesidad kJ/mes
Enero	48413646,62
Febrero	45287996,71
Marzo	39739575,11
Abril	27066499,81
Mayo	0
Junio	0
Julio	0
Agosto	0
Septiembre	0
Octubre	0
Noviembre	30552720,91
Diciembre	47422492,04
<b>TOTAL</b>	<b>238482931,2</b>

**Tabla 47: Necesidades cubiertas por caldera de gas**

## **XI: ANÁLISIS ECONÓMICO**

## 11. ANÁLISIS ECONÓMICO

Con los sistemas descritos realizaremos un análisis económico que nos guiará para saber que instalación es más rentable cubriendo la misma demanda en el edificio.

### COSTE DE LA INSTALACIÓN

Para estimar la instalación en la biomasa se calcula el coste de la caldera y en el caso de necesitar un silo también entrará en el precio, al igual que en la de gas natural, en cambio en solar térmica el coste parte de las 31 placas que se instalan además de una inversión inicial que se necesita para poder llevar a cabo la instalación.

### CONSUMO DE LA CALDERA

Se tiene en cuenta el tipo de combustible a utilizar (hueso de oliva, gas natural para toda la demanda y GNL que se necesita para la instalación solar térmica).

### CONSUMO ANUAL

El combustible que se necesita a lo largo de un año.

### COSTE DEL COMBUSTIBLE

- Hueso de oliva 0,065 €/kg
- Gas natural 0,05 €/kW

### COSTE ANUAL DEL COMBUSTIBLE

Se obtiene de multiplicar el consumo anual necesario para el funcionamiento de la instalación por el precio al que se encuentra el combustible.

### COSTE DE MANTENIMIENTO

Para la caldera de biomasa se ha elevado el coste de mantenimiento por el tipo de suministro con el que se va a trabajar, elevando costes a 5.342,8 €. En el caso del gas natural para solar térmica además de contar con las placas se estiman 10% y para la caldera de gas natural se considera un 6%.

Todos estos datos se recogen en la Tabla 48, que nos orienta para la elección del sistema más interesante económicamente.

	CALDERA DE BIOMASA	CALDERA DE GNL	SOLAR TÉRMICA
<b>COSTE DE LA INSTALACIÓN</b>	13.357 €	10.000 €	40.000 €
<b>CONSUMO DE LA CALDERA</b>	30,8554 kg/h	2411,39 kW/h	1230,75 kW/h
<b>CONSUMO ANUAL</b>	53963,1244 kg	277310,5 kW	141536,46 kW
<b>COSTE DEL COMBUSTIBLE</b>	0,065 €/kg	0,05 €/kW	0,05 €/kW
<b>COSTE ANUAL DEL COMBUSTIBLE</b>	3507,60 €/año	13865,525 €/año	7076,82 €/año
<b>COSTE DE MANTENIMIENTO</b>	7346,35 €/año	400 €/año	4000€/año

Tabla 48: Costes de las instalaciones

A partir de estos datos se puede hacer una previsión de los costes totales que van acumulando estas tres instalaciones a lo largo de los años, que beneficios se obtienen y en cuantos años y así hacer la selección adecuada para este edificio.

AÑO	0	1	2	3	4	5	6
BIOMASA	13.357	24.211	35.100	45.989	56.878	67.767	78.656
GASOIL	4.000	18.106	32.350	46.594	60.838	75.082	89.326
SOLAR	40.000	66.461	55.384	44.307	33.230	22.154	11.077

AÑO	7	8	9	10	11	12	13
BIOMASA	89.545	100.434	111.323	122.212	133.101	143.990	154.879
GASOIL	103.571	117.815	132.059	146.303	160.547	174.792	189.036
SOLAR	155.076	143.999	132.922	121.845	110.768	99.691	88.615

AÑO	14	15	16	17	18	19	20
BIOMASA	165.768	176.657	187.546	198.435	209.324	220.213	231.103
GASOIL	203.280	217.524	231.768	246.012	260.257	274.501	288.745
SOLAR	77.538	66.461	55.384	44.307	33.230	22.154	11.077

Tabla 49: Análisis económico

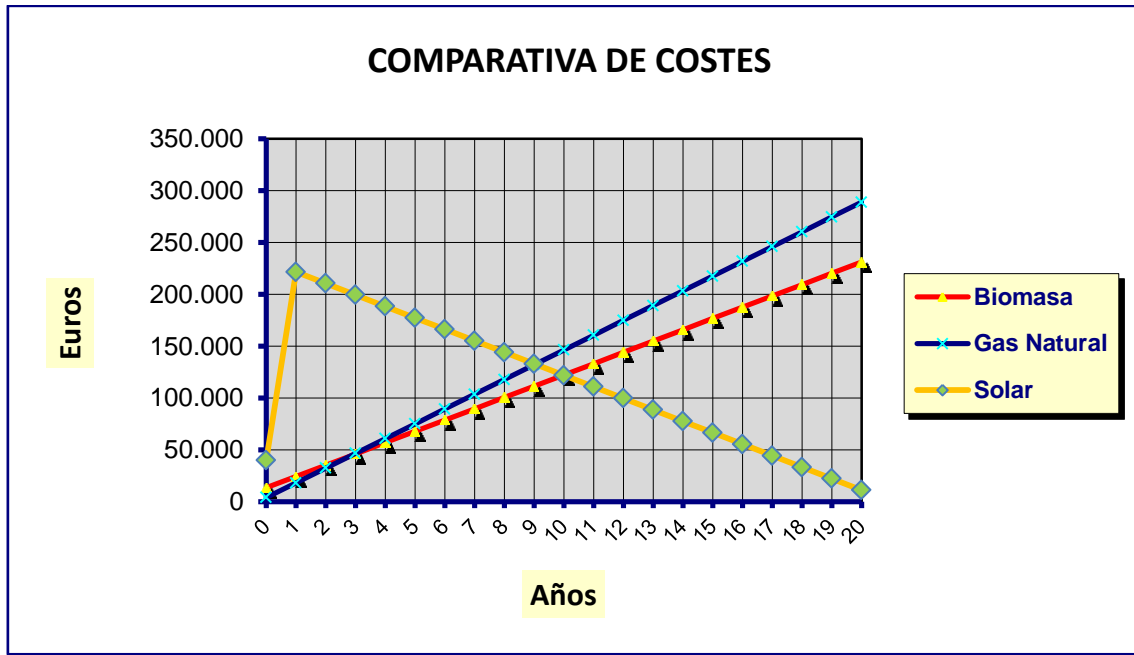


Figura 23: Comparativa de costes

Ante este análisis se puede afirmar que en una instalación solar se necesita una inversión bastante elevada, pero que a partir del décimo año se recupera la inversión frente a las otras dos instalaciones.

La instalación de biomasa con hueso de oliva obtiene un beneficio del 20% frente a la instalación de gas natural, recuperando la inversión en el tercer año.

## **XII: CONCLUSIONES**

## 12.CONCLUSIONES

El estudio comparativo entre solar térmica y biomasa con hueso de oliva, nos lleva a varias conclusiones:

- En un principio el coste de la energía solar térmica es muy superior al de la caldera de biomasa por lo que para invertir todo el edificio en esta energía debe estimarse un gasto inicial al que hacer frente cada una de las viviendas, a parte de la instalación individual de apoyo.
- El coste de la biomasa será una incógnita, pues no se puede predecir exactamente si el cultivo de olivo tendrá un año favorable o no con total seguridad pues no existe un mercado consolidado aún, ante esta problemática la caldera también acepta otros subproductos agrícolas como cáscara de almendra, hueso de fruta..., pero en los distintos casos podría bajar la potencia de la caldera y necesitar mayor biomasa sólida incrementando el coste final de la instalación.
- La instalación solar térmica sería la más adecuada si el precio del gas natural se mantiene, al depender de factores externos se estaría a expensas del mercado.
- El tiempo de recuperación de la biomasa es mucho menor que el de la energía solar por lo que serán los residentes deberán considerar viable el esperar recuperación de la inversión en el año 9 o más tarde por lo explicado en el apartado anterior, o que sobre el tercer o cuarto año se recupere su inversión con la instalación de biomasa.
- En cualquiera de los dos casos las instalaciones serían más rentables que el uso de una caldera convencional de gas natural tanto en el aspecto económico como medioambiental.

## **IV: BIBLIOGRAFÍA**



## 13. BIBLIOGRAFÍA

### Referencias bibliográficas

1. **Catálogo de elementos constructivos del CTE.** Mayo 2008.
2. **Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DTIE 1.01):** *“Preparación de Agua Caliente para usos sanitarios”*. Edición ATECYR.
3. **Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación (DTIE 8.03):** *“Instalaciones solares térmicas para producción de Agua Caliente Sanitaria”*. Edición ATECYR.
4. **Código Técnico de la Edificación (CTE)**, Documento Básico HE.
5. **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).** Versión 31/07/2006.
6. **Pliego de condiciones técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura**, IDAE, Enero 2009.
7. **El sol puede ser tuyo**, IDAE, Junio 2007.
8. **Guía ASIT de la Energía Solar Térmica.** Septiembre 2009.
9. **Biomasa. Edificios**, IDAE, Octubre 2007.
10. **Energía de la biomasa**, IDAE, Octubre 2007.
11. **Curso Programado**, *“Instalaciones de Energía Solar. Tomo IV. Sistemas de Aprovisionamiento Térmico II”*, Progensa.
12. **Aláiz Fernández E.**, *“Energía Solar. Cálculo y Diseño de Instalaciones”*, SP-ETSII, Madrid, 1981.
13. **Comisión nacional de la energía, CNE.**
14. **Fundamentos de climatización de la asociación técnica española de climatización y refrigeración.** Edición ATECYR.

### Revistas

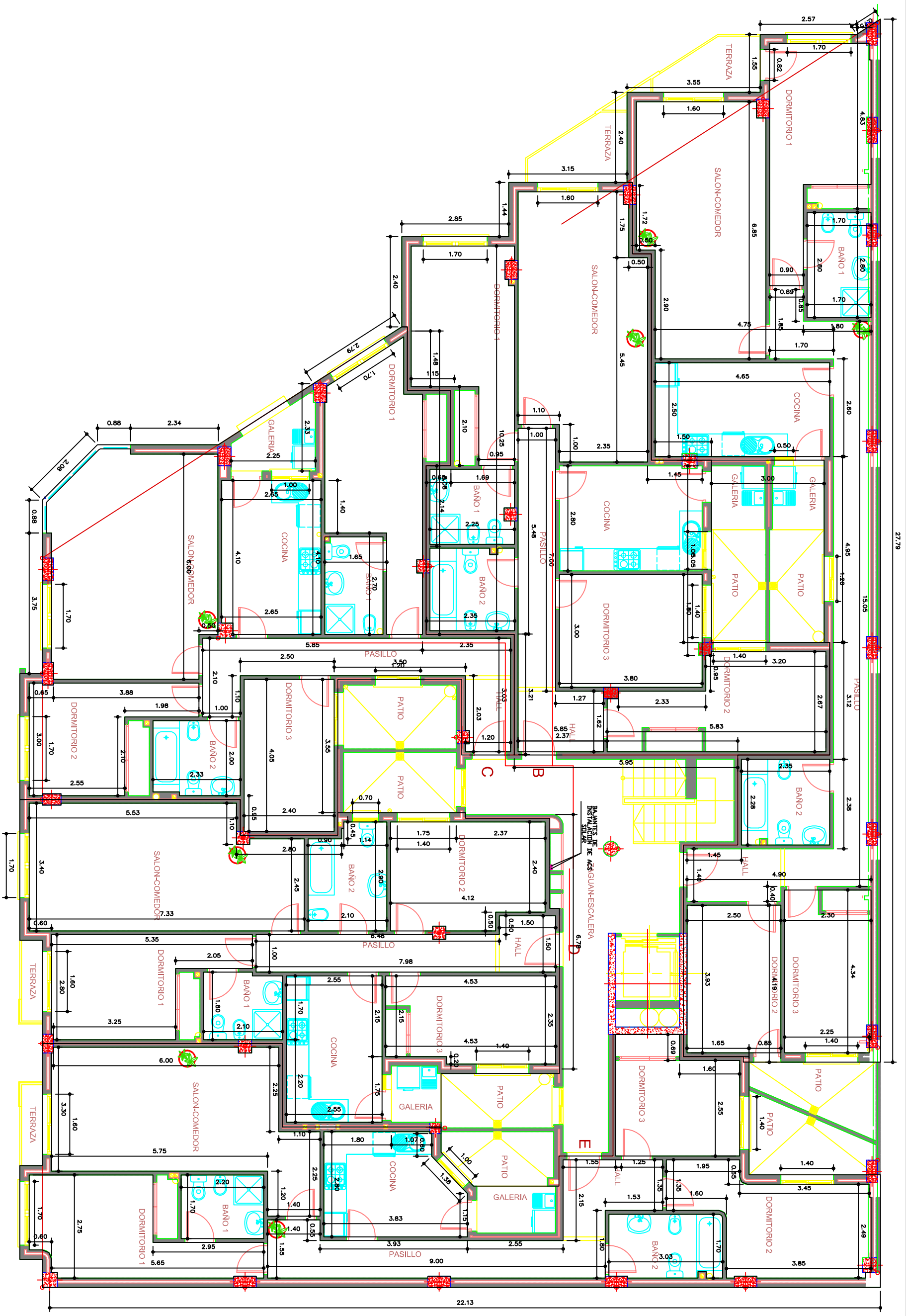
- A. **Informes de la construcción.** CSIC.
- B. **Bioenergy internacional España.** Avebiom.
- C. **Energía solar.** Solar news.

## **Catálogos**

1. HERGOM
2. FAGOR
3. CHROMAGEN
4. BURDERUS
5. SUPERSILO
6. SAUNIER DUVAL

## V: PLANOS

## 15. PLANOS



# PLANTA PRIMERA

Proyecto: Planta tipo edificio

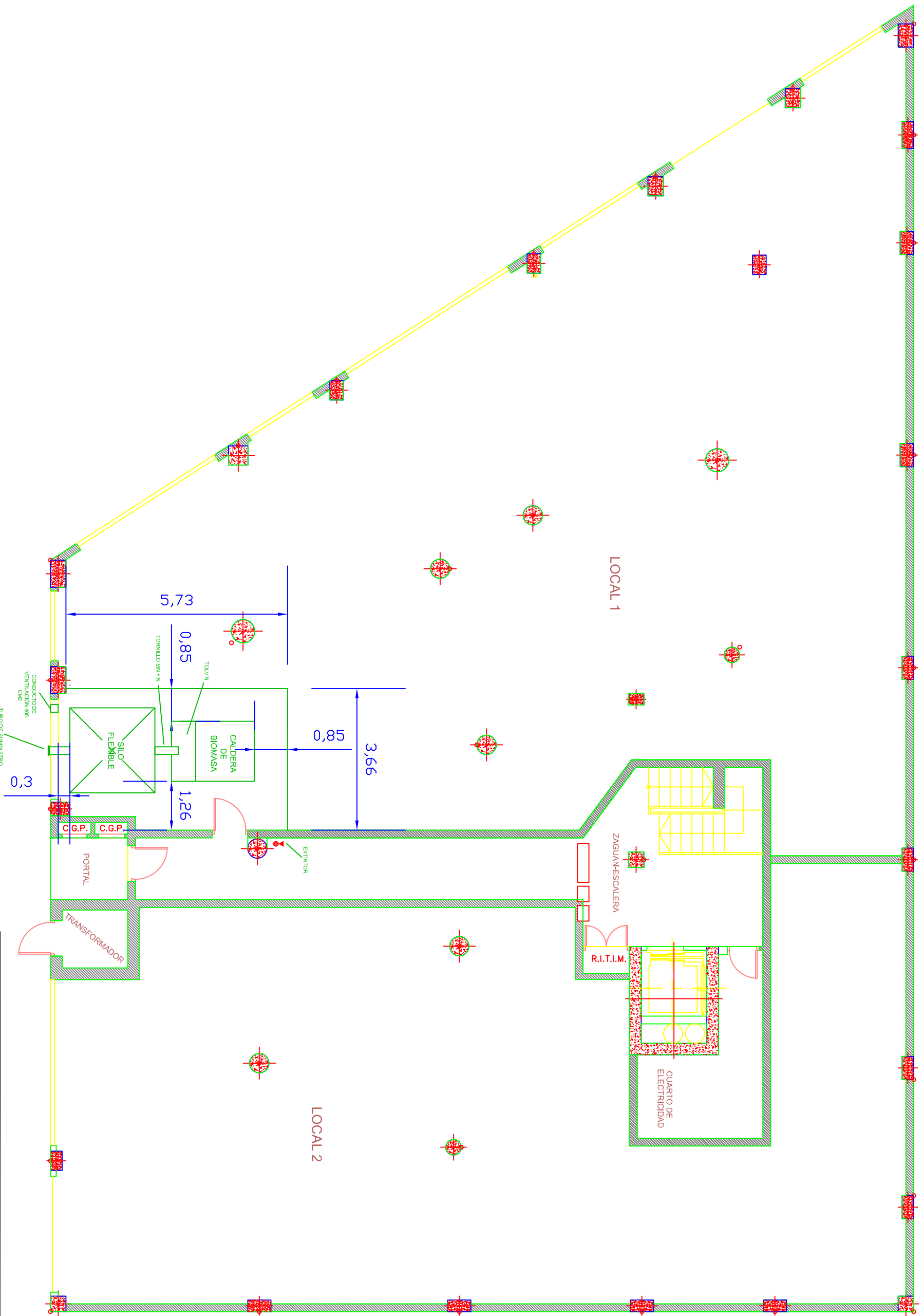
Expediente:

Situación: Alcantarilla

Plano: 1  
Planta: Primera

Autora: Isabel Lopez Guirao

Escala: 1/100



**PLANTA BAJA**

Proyecto: Sala de caldera de biomasa

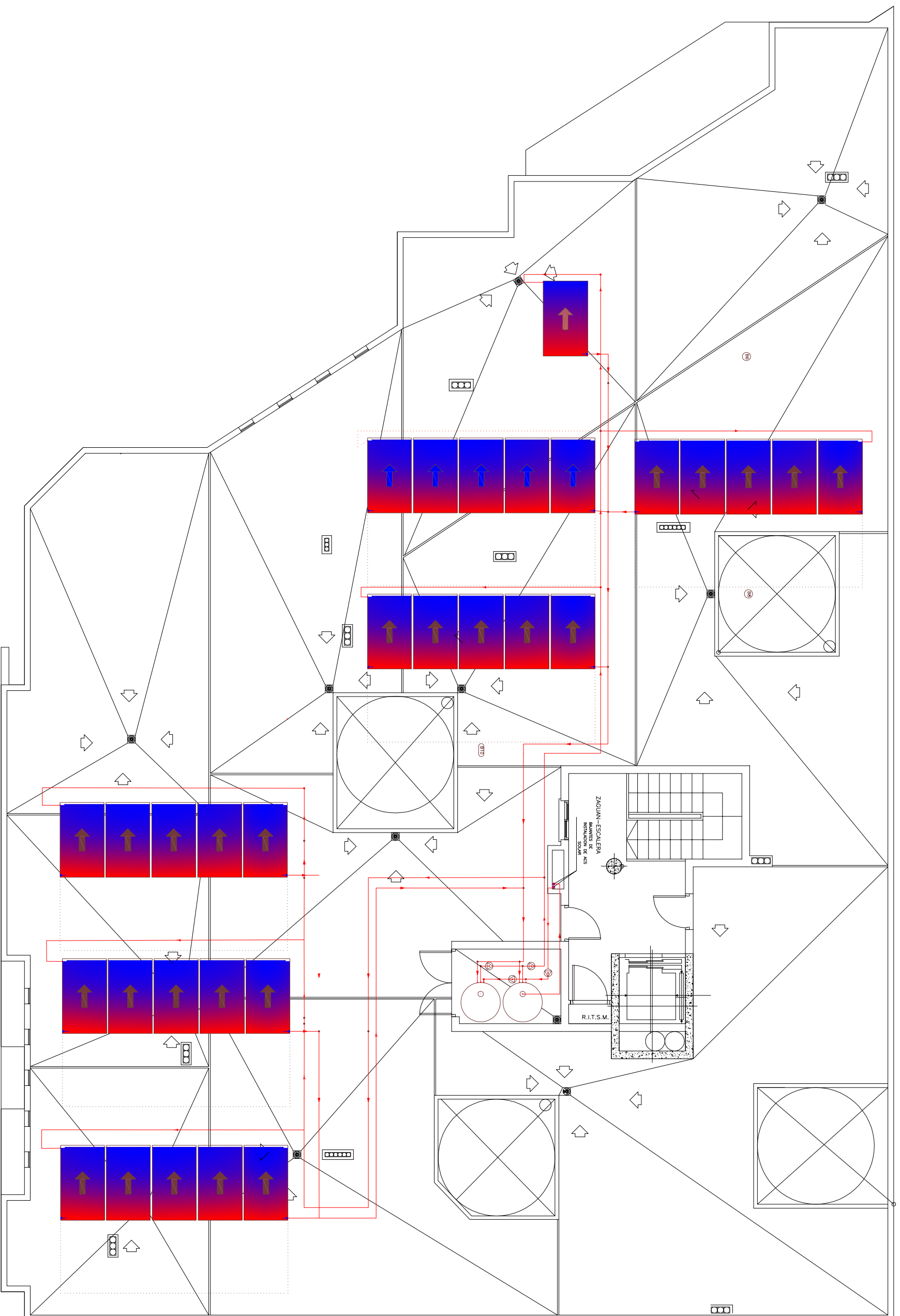
Expediente:

Situación: Alcantarilla

Plano: 2 Planta: Baja

Autora: Isabel Lopez Guirao

Escala: 1/100



Proyecto: Instalación Solar Térmica de ACS y Calefacción

Expediente:

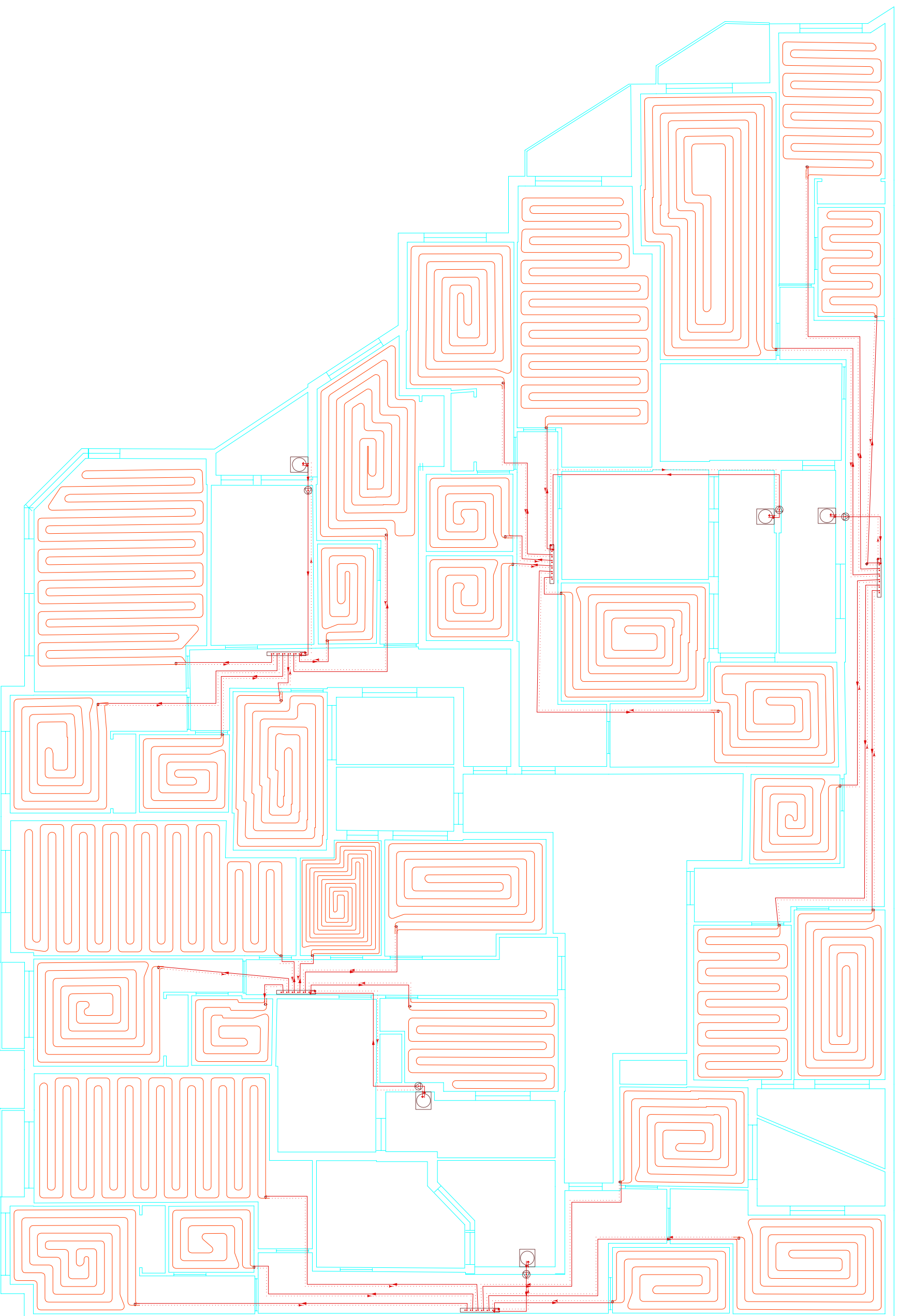
Situación: Allicantarilla

Plano: 3

Planta: Cubierta

Autora: Isabel Lopez Guirao

Escala: 1/100



Proyecto: Instalacion suelo radiante

Expediente:

Situación: Alcantarilla

Plano: 4

Planta:  
Primera

Autora: Isabel Lopez Guirao

Escala:  
1/100