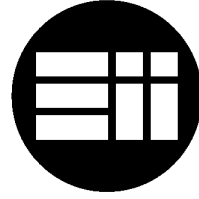




UNIVERSIDAD de VALLADOLID



ESCUELA de INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL, ESPECIALIDAD EN MECÁNICA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACIÓN DE  
CALEFACCIÓN POR RADIADORES Y SUELO  
RADIANTE**

**Autor:**

**Goldschmidt Alonso, Laura**

**Tutores:**

**Tejero González, Ana**

**Ingeniería energética y  
fluidomecánica**

**Andrés Chicote, Manuel**

**Ingeniería energética y  
fluidomecánica**

**ABRIL – 2013**

Resumen  
Instalación de calefacción

---

## 1.- OBJETO

El presente proyecto tiene como objeto definir las características técnicas y económicas que han de regir el desarrollo y puesta en marcha de la instalación de calefacción para un edificio destinado a vivienda unifamiliar.

Dicho edificio se encuentra ubicado en la localidad de Fabero, provincia de León. La planta baja del edificio es destinada a garaje, y la vivienda ocupa la primera planta. Ésta consta de cocina, salón comedor, dos baños, un dormitorio doble y dos dormitorios simples.

Se ha realizado el estudio de la instalación de calefacción tanto por radiadores como por suelo radiante, de tal forma que al final se realiza una comparativa, atendiendo tanto a aspectos técnicos como económicos, de las dos posibles soluciones diseñadas.

## 2.- INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Como primer paso se realiza el cálculo de las pérdidas de calor totales en cada una de las estancias y, por consiguiente, las totales de la vivienda. En este punto se tienen en cuenta tanto las pérdidas de calor por transmisión a través de muros, suelos y techos, como las pérdidas de calor por infiltración de aire. Se aplica un factor de intermitencia del 10% para el cálculo final. Las cargas térmicas totales de cada una de las estancias, así como la total de la vivienda son:

ESTANCIA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	Q <sub>t</sub> (W)	Q <sub>v</sub> (W)	F <sub>int</sub>	Q <sub>total</sub> (W)
Pasillo	12,77	810,57	283,77	10	1203,78
Dormitorio 1	19,95	1527,63	317,45	10	2029,59
Dormitorio 2	14,28	1123,99	158,73	10	1410,98
Dormitorio 3	11,56	939,94	158,73	10	1208,53
Baño 1	9,52	648,99	476,18	10	1237,68
Baño 2	6,38	511,95	476,18	10	1086,94
Cocina	14,72	1156,05	934,58	10	2299,69
Salón Comedor	31,42	2060,71	380,94	10	2685,82
				Q <sub>total vivienda</sub>	<b>13163,01</b>

### 2.1.- RADIADORES

La solución adoptada para la instalación de calefacción por radiadores ha sido una instalación bitubular con retorno directo mediante radiadores de aluminio de agua caliente.

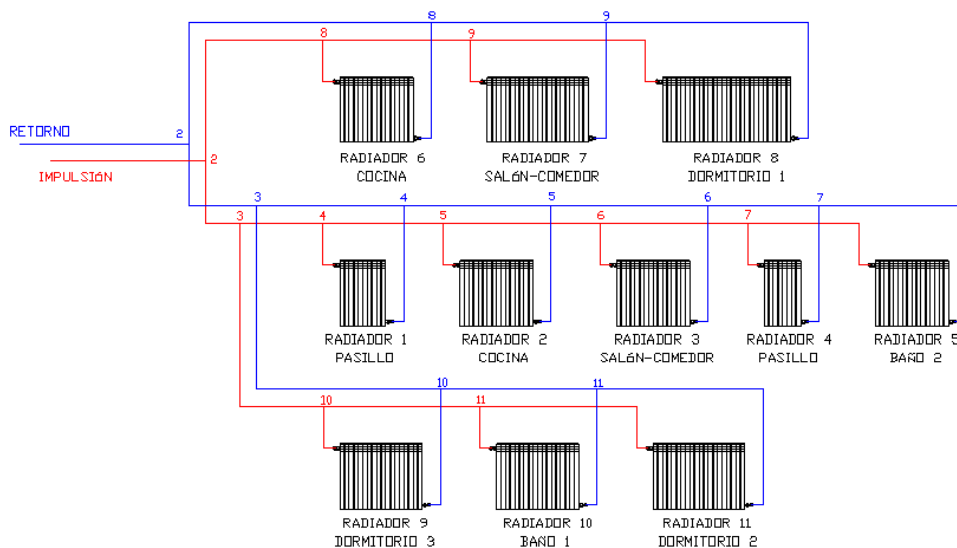
En esta instalación los radiadores están instalados en paralelo, de esta forma, el agua que llega a cada radiador desde la caldera retorna directamente a ella, por lo que la temperatura del agua a la entrada de cada uno de los radiadores es prácticamente la misma. El retorno es directo, es decir, el tubo de retorno parte del radiador más alejado y recoge el agua de los más cercanos, consiguiendo de este modo una menor pérdida de carga.

La tubería empleada en la instalación es de cobre, ya que tiene gran resistencia a la corrosión, poco peso, es de fácil instalación, y presenta un reducido coeficiente de rugosidad. La

instalación se empotrará en la solera, encima del forjado del suelo de la vivienda y se conectará a los emisores a través de las paredes interiores.

Los emisores encargados de realizar el intercambio de calor serán radiadores de aluminio de la marca ROCA. El modelo elegido es DUBAL-70 frontal con aberturas. El hecho de escoger radiadores de aluminio viene motivado por su ligereza, baja inercia térmica, y alta conductividad.

La colocación de los mismos se ha intentado que sea en todas las estancias en la pared fría debajo de las ventanas, pues de este modo se favorecen las corrientes convectivas proporcionando una temperatura más uniforme. En las estancias en las que se ha obtenido por cálculo un número elevado de elementos emisores, su instalación se ha dividido en dos para lograr una mejor distribución del calor. A continuación se muestra un esquema de la instalación:



Una vez tenemos diseñada la distribución, lo que calculamos es el diámetro de las tuberías a utilizar en cada uno de los tramos. Posteriormente calculamos las pérdidas de carga de la instalación para determinar cuál es el grupo de impulsión que debemos instalar. Junto con esto, seleccionamos el grupo térmico en función de la potencia instalada para satisfacer las demandas caloríficas, y el vaso de expansión que necesita instalación. El combustible elegido para esta instalación son los pellets.

Del dimensionado de toda la instalación se realiza un presupuesto que en total asciende a 28.072,33 €, teniendo en cuenta tanto materiales como mano de obra, así como los honorarios del ingeniero por la elaboración del proyecto y de la dirección de obra.

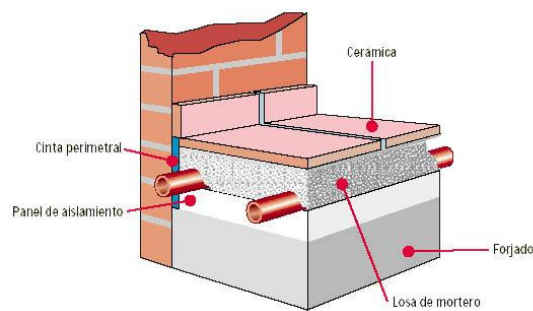
## 2.2.- SUELO RADIANTE

El principio básico del sistema de suelo radiante consiste en la impulsión de agua a media temperatura a través de circuitos de tuberías situadas bajo el pavimento que disipan calor al mortero de cemento, siendo éste el que cede la energía precisa al local mediante radiación, y en menor grado mediante convección natural.

Para el dimensionado de la instalación de suelo radiante hay que tener en cuenta la gran elevada inercia térmica que presenta este sistema y que por ello el periodo de utilización del suelo radiante debe ser mayor que el de los radiadores, por lo que promediaremos la carga a lo largo de un periodo de tiempo. En este caso, se ha tomado un factor de corrección de 0,6 por lo que las cargas térmicas a considerar disminuyen, y el flujo de calor a disipar que tenemos en cuenta para el dimensionado será:

ESTANCIA	q (W/m <sup>2</sup> )
Pasillo	56,56
Dormitorio 1	61,04
Dormitorio 2	59,29
Dormitorio 3	62,73
Baño 1	78,01
Baño 2	102,22
Cocina	93,74
Salón Comedor	51,29

La configuración de suelo radiante elegida para la instalación es la denominada TIPO A en normativa, que es una de las más usadas, cuya configuración es:



Se realizan los cálculos para saber la distancia entre tubos que ha de existir para cada uno de los diferentes circuitos que van a calefactar las distintas estancias. Debido a las exigencias térmicas de la cocina, en ésta se deberá diferenciar una zona perimetral, que estará cubierta por agua a mayor temperatura, y otra denominada zona ocupada. Las distancias entre tubos calculadas son:

Local	Paso (m)
Pasillo	0,375
Dormitorio 1	0,375
Dormitorio 2	0,375
Dormitorio 3	0,375
Baño 1	0,3
Baño 2	0,2
Cocina Zona Perimetral	0,2
Cocina Zona Ocupada	0,2
Salón Comedor	0,375

La temperatura de impulsión del agua según cálculos será de 46,89 °C.

Para la instalación se ha elegido el sistema tradicional siendo los circuitos emisores instalados con tubería UPONOR Wirsbo-evalPEX 16x1,8. El diseño utilizado en los circuitos será el de

espiral, excepto en la zona perimetral de la cocina que se utilizará el de doble serpentín. En ambos las tuberías de ida y de retorno siempre son contiguas, estando además siempre la tubería más caliente próxima a la más fría. Estos diseños aseguran una homogeneización de la emisión térmica.

La colocación del colector se realiza en la zona más céntrica posible, que será en el pasillo. Debido a que desde este punto han de partir los tubos de todos los circuitos, al hacer la suma de sus longitudes se consigue un número mayor que la longitud de tubo necesaria para calefactar esta estancia, por tanto, se opta por eliminar el circuito específico para ésta, ya que si no estaría siendo sobredimensionada.

Una vez dimensionada toda la instalación, se calculan las pérdidas de carga para la elección del grupo de impulsión. El grupo térmico se selecciona atendiendo a la potencia instalada, y también se realiza el cálculo y elección del vaso de expansión. El combustible elegido es el mismo que en el caso anterior, los pellets.

Una vez hechos todos los cálculos y elegidos todos los materiales, se realiza el presupuesto, que para esta instalación asciende a un total de 34.113,86 € contando todos los elementos de la instalación y la mano de obra, así como los honorarios del ingeniero por la elaboración del proyecto y de la dirección de obra.

### **3.- CONCLUSIONES**

Una vez se han dimensionado ambas instalaciones en el proyecto se adjunta un capítulo en el que se hace un estudio comparativo de las dos soluciones estudiadas, así como se justifica la elección del combustible.

Para la comparativa se tienen en cuenta varios aspectos. Para empezar, se marca la diferencia entre los elementos emisores que rigen una instalación y la otra. Mientras que los radiadores son elementos visibles, los circuitos de tuberías del suelo radiante están ocultos bajo el pavimento. La velocidad del aire que se consigue con el suelo radiante debido a sus emisores, es mucho menor que la que provocan los radiadores, por lo que se consigue mejor calidad de aire interior con el suelo radiante.

Otro de los aspectos a destacar es el mayor confort térmico que se consigue con el suelo radiante, ya que la distribución de temperaturas a diferentes niveles es más semejante a la ideal que la de los radiadores.

En cuanto a la temperatura de trabajo del agua, en el sistema de calefacción por radiadores la temperatura a la que entra el agua en los emisores es de 80°C. Sin embargo, para el suelo radiante, la temperatura de trabajo del agua es de 46,89°C según cálculos. Esto hace que haya pérdidas de carga mayores en la instalación de calefacción por radiadores. También hace que se mejore el rendimiento de los equipos de generación en el suelo radiante, lo que hace además que sea compatible con casi cualquier fuente energética, incluso con paneles solares térmicos.

En cuanto al consumo, éste será menor en la instalación de calefacción por suelo radiante debido entre otras cosas a que las cargas puntuales que se han de vencer son menores.

También influirá el mayor rendimiento de la instalación y la menor temperatura de consigna del aire.

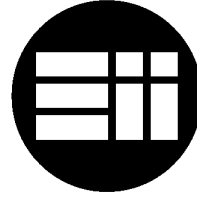
La inversión, como se puede ver a través del presupuesto realizado, será menor en la instalación de radiadores, con 28.072,33 € frente a los 34.113,86 € del suelo radiante.

#### **4.- PALABRAS CLAVE**

Instalación de calefacción. Radiadores. Suelo radiante. Cargas térmicas. Dimensionado. Tuberías. Pérdida de carga. Grupo de impulsión. Grupo térmico. Vaso de expansión. Temperatura de trabajo. Confort térmico.



UNIVERSIDAD de VALLADOLID



ESCUELA de INGENIERÍAS INDUSTRIALES

**INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL, ESPECIALIDAD EN MECÁNICA**

**PROYECTO FIN DE CARRERA**

**ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACIÓN DE  
CALEFACCIÓN POR RADIADORES Y SUELO  
RADIANTE**

**Autor:**

**Goldschmidt Alonso, Laura**

**Tutores:**

**Tejero González, Ana**

**Ingeniería energética y  
fluidomecánica**

**Andrés Chicote, Manuel**

**Ingeniería energética y  
fluidomecánica**

**ABRIL – 2013**



Memoria  
Instalación de calefacción

---

<b>1.- OBJETO .....</b>	<b>1</b>
<b>2.- NORMATIVA LEGAL APLICABLE .....</b>	<b>1</b>
<b>3.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....</b>	<b>2</b>
3.1.- UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN .....	2
3.2.- CERRAMIENTOS .....	2
3.3.- DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO .....	3
3.4.- USO DEL EDIFICIO .....	3
3.5.- EDIFICACIONES COLINDANTES .....	3
3.6.- HORARIO DE ACTIVIDAD DEL EDIFICIO .....	4
<b>4.- CALEFACCIÓN POR RADIADORES. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>4</b>
4.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA .....	4
4.2.- TIPO DE DISTRIBUCIÓN .....	4
4.3.- TUBERÍA .....	4
4.4.- ELEMENTOS EMISORES .....	5
4.5.- PUESTA EN FUNCIONAMIENTO Y EQUILIBRADO HIDRÁULICO DE LA INSTALACIÓN .....	6
<b>5.- CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>7</b>
5.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA .....	8
5.2.- TIPO DE DISTRIBUCIÓN .....	9
5.3.- TUBERÍA .....	10
5.4.- PASOS DE INSTALACIÓN .....	11
5.4.1.- Film de polietileno Uponor .....	11
5.4.2.- Zócalo perimetral. ....	11
5.4.3.- Panel aislante. ....	12
5.4.4.- Circuitos de climatización .....	13
5.4.5.- Cajas de colectores .....	14
5.4.6.- Montaje de colectores .....	14
5.4.7.- Mortero de cemento .....	15
5.4.8.- Pavimentos .....	15
5.5.- KIT COLECTOR .....	16
5.6.- LLENADO DE LA INSTALACIÓN Y PRUEBA DE ESTANQUEIDAD .....	16
<b>6.- GENERADOR DE CALOR .....</b>	<b>17</b>
6.1.- CALEFACCIÓN POR RADIADORES .....	18
6.2.- CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE .....	18
<b>7.- VASO DE EXPANSIÓN .....</b>	<b>19</b>
7.1.- CALEFACCIÓN POR RADIADORES .....	19
7.2.- CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE .....	19
<b>8.- BOMBA DE CIRCULACIÓN .....</b>	<b>20</b>
<b>9.- REGULACIÓN Y CIRCUITERÍA .....</b>	<b>20</b>
<b>10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA .....</b>	<b>21</b>
<b>11.- EVACUACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>12.- CONCLUSIÓN .....</b>	<b>22</b>

## 1.- OBJETO

La presente memoria tiene por objeto definir las características técnicas y económicas que han de regir el desarrollo y puesta en marcha de la instalación de calefacción para un edificio destinado a vivienda unifamiliar y garaje.

Para dicha instalación se consideran inicialmente como válidas tanto la solución de calefacción por radiadores como por suelo radiante. A continuación se definen por separado cada una de las instalaciones. Transcrito como anexo se incorpora un documento en el que se ponen de manifiesto las diferencias entre los distintos sistemas y se justifica la elección de uno frente al otro.

## 2.- NORMATIVA LEGAL APLICABLE

Para el desarrollo del presente Proyecto se han tenido en cuenta los siguientes reglamentos, disposiciones o Normas:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE), y sus posteriores modificaciones y correcciones.
- Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden VIV/984/2009, de 15 de abril, por la que se modifican determinados documentos básicos del Código Técnico de la Edificación aprobados por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, y el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio por el que se aprueba el Reglamento Técnico de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias. ICG 01 a 11.
- Orden EYE/1659/2007, de 21 de septiembre, por la que se regula la concesión de los certificados de cualificación individual, los carnés de instalador y los certificados de empresa instaladora de gas previstos en la instrucción ITC-ICG-09 del Reglamento Técnico de Distribución y Utilización de Combustibles Gaseosos aprobado por el Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, y se establecen los modelos de documentos para la tramitación de las instalaciones de gas.
- Orden ICT/61/2003, de 23 de enero, sobre seguridad en las instalaciones de gas. Junta de C y L.
- ORDEN EYE/605/2008, de 7 de abril, por la que se regula la tramitación de las instalaciones de suministro de agua y el procedimiento para la obtención de la autorización de los agentes que intervienen en su ejecución.
- Real Decreto 1428/1992, de 27 de noviembre, por el que se dictan disposiciones en aplicación de la Directiva del Consejo de Comunidades Europeas 90/396/CEE relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre aparatos a gas (BOE de 5-12-92).
- Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la Directiva 93/68/CEE del Consejo (“BOE” de 27-3-1995).
- Normas específicas aprobadas de las Compañías Suministradoras.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (BOE 18-09-2002).
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre del Ministerio de la Presidencia, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Normativa municipal de obligado cumplimiento.
- Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción.

## **3.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO**

### **3.1.- UBICACIÓN Y ORIENTACIÓN**

Las instalaciones que se describen están ubicadas en la calle Santo Domingo, en Fabero, provincia de León.

El edificio tiene forma sensiblemente rectangular, y se encuentra situado dentro de la parcela de tal forma que la fachada principal tiene una orientación sudoeste. La ubicación exacta de la construcción dentro del solar, así como la forma y dimensiones de éste, quedan indicadas en el plano de parcela. La superficie del solar es de 606,30 m<sup>2</sup>.

### **3.2.- CERRAMIENTOS**

Las características de todos los tipos de cerramientos y carpinterías han sido proporcionadas por el arquitecto en el proyecto de edificación. Las necesarias para calcular las pérdidas de carga en la vivienda son las expuestas a continuación:

- Cerramientos exteriores: pared de dos hojas de ladrillo hueco con aislante (tabique de ladrillo hueco doble, 4 cm de poliestireno expandido, ladrillo hueco). Irá enfoscada con monocapa al exterior y enlucida de yeso y posteriormente pintada con pintura plástica en la cara interior, excepto en los cuartos húmedos y cocina en los que estarán alicatados con azulejo cerámico.
- Tabiquería interior: en ladrillo hueco doble de un espesor de 7 cm, enlucida con yeso por ambas caras y terminada con pintura plástica en todas las estancias excepto en los cuartos húmedos y la cocina donde estarán alicatados con azulejo cerámico.
- Suelo de la vivienda: forjado de piezas de entrevigado de hormigón, sin lucir por la parte del garaje, y terminado con baldosa cerámica recibida con mortero de cemento en la vivienda.
- Techo de la vivienda: forjado de piezas de entrevigado de hormigón sin enlucir en la cara de la buhardilla y enlucido con yeso posteriormente pintado con pintura plástica en la cara inferior.
- Carpinterías interiores: puertas de madera.
- Carpinterías exteriores: ventana de aluminio con doble acristalamiento de 6 mm de cámara, puerta de entrada de aluminio.

### 3.3.- DISTRIBUCIÓN DEL EDIFICIO

La planta baja del edificio será destinada a garaje.

La vivienda ocupa la primera planta del edificio. Consta de cocina, salón comedor, dos baños, un dormitorio doble y dos dormitorios simples. Las superficies útiles de cada dependencia son:

- Pasillo: 12,77 m<sup>2</sup>.
- Dormitorio 1: 19,95 m<sup>2</sup>.
- Dormitorio 2: 14,28 m<sup>2</sup>.
- Dormitorio 3: 11,56 m<sup>2</sup>.
- Baño 1: 9,52 m<sup>2</sup>.
- Baño 2: 6,38 m<sup>2</sup>.
- Cocina: 14,72 m<sup>2</sup>.
- Salón comedor: 31,42 m<sup>2</sup>.

Las condiciones de ventilación, por tratarse de una vivienda, son las exigidas por el DB-HS3. A continuación se muestran los caudales mínimos de ventilación exigidos para cada una de las distintas estancias:

**Tabla 1:** Caudales de ventilación mínimos exigidos.

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por m <sup>2</sup> útil	En función de otros parámetros
Localidades	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

(1) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

### 3.4.- USO DEL EDIFICIO

El uso del edificio es el de vivienda para uso personal. En dicho edificio no se llevará a cabo ninguna otra actividad.

### 3.5.- EDIFICACIONES COLINDANTES

Debido a la situación del edificio dentro de la parcela, ninguna de las edificaciones existentes en los alrededores colindará con el edificio. Por tanto, cada una de las fachadas dará al exterior.

## **3.6.- HORARIO DE ACTIVIDAD DEL EDIFICIO**

Para el cálculo de las cargas térmicas de la vivienda se tendrá en cuenta un coeficiente de intermitencia del 10% debido a que el horario de funcionamiento de los diferentes subsistemas no llega a ocupar las 24 horas del día.

## **4.- CALEFACCIÓN POR RADIADORES. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

### **4.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA**

En la actualidad existe una cierta variedad en los sistemas de calefacción. Para este caso se ha elegido la calefacción mediante radiadores de agua caliente, con tipo de instalación bitubular con retorno directo.

### **4.2.- TIPO DE DISTRIBUCIÓN**

La distribución proyectada para el agua de calefacción es de tipo bitubular. Los radiadores están montados en paralelo, por lo que el agua que llega a cada radiador desde la caldera retorna directamente a ella. Esto hace que en este tipo de instalación la temperatura de entrada de en todos los radiadores sea prácticamente la misma.

En las instalaciones bitubo existen dos tuberías principales, una de ida y otra de retorno, en donde se van conectando los diferentes radiadores.

Para esta instalación la distribución se realiza mediante retorno directo. El tubo de retorno parte del radiador más alejado y va recogiendo el agua de los radiadores más cercanos, con lo que se consigue una menor pérdida de carga.

La entrada de agua al radiador se efectúa por la parte superior, quedando la salida de agua en la parte inferior del mismo.

En la entrada de cada uno de los radiadores estarán instaladas llaves termostáticas, las cuales nos permiten controlar la temperatura ambiente del local donde se encuentran. A la salida del radiador lo que habrá instalado será un detentor, pieza clave para realizar un correcto equilibrado hidráulico. Utilizando ambas llaves se podrá desmontar el emisor sin vaciar la instalación.

### **4.3.- TUBERÍA**

Para la instalación de calefacción se emplearán las tuberías de cobre. Estas tuberías responderán a las calidades mínimas exigidas en las normas UNE.

La red de distribución es la encargada de canalizar el agua caliente de la instalación. Por lo tanto, para evitar pérdidas y ser lo más eficiente posible, deberá ser lo más sencilla posible. Los diámetros de las tuberías se detallan en los cálculos así como en los planos.

La instalación se empotrará en la solera, encima del forjado del suelo de cada vivienda y se conectará a los emisores a través de las paredes interiores.

Para el cálculo de las tuberías de calefacción, se observa la limitación de pérdida de carga máxima que indican las normas (40 mm de columna de agua), así como la limitación de la velocidad del agua a través de los conductos a un valor máximo de 2 m/s según el Manual Técnico de Fontanería y Calefacción de Uponor.

Las principales características de las tuberías de cobre son las siguientes:

- Gran resistencia a la corrosión.
- Poco peso.
- Fácil instalación.
- Poca resistencia a la corriente (reducido coeficiente de rugosidad).

Por otro lado, el cobre es un material muy maleable, propiedad que permitirá dar a la tubería la forma que la instalación requiera, realizando prácticamente todos los recorridos en frío. Con ello se conseguirán ciertos ahorros al desaparecer ciertos accesorios tales como codos.

Se dispondrán válvulas de corte en las tuberías de ida y retorno antes y después de la caldera.

El movimiento del agua a través del circuito se consigue por medio de un grupo de bombeo, con sus correspondientes llaves de corte y válvula antirretorno.

#### **4.4.- ELEMENTOS EMISORES**

Los emisores de calor o radiadores, son los elementos terminales del circuito de calefacción. En ellos se produce el intercambio de calor que genera la caldera con el ambiente exterior; de ellos, al aire del local donde están instalados. Emiten la mayor parte de la energía por convección y radiación.

Los emisores se instalarán, siempre que sus dimensiones lo permitan, en la pared fría del local que han de calefactar, ya que así favorecen las corrientes convectivas y proporcionarán una temperatura lo más uniforme posible. Estas corrientes convectivas se favorecen más, si se instalan los emisores debajo de las ventanas debido a las infiltraciones a través de las rendijas. Si no fuese posible la instalación en la pared fría se haría en el paño de pared más próxima a la misma.

Otro aspecto importante a la hora de la instalación de los emisores, será respetar unas distancias mínimas con el suelo (100 mm), y con la pared (25 mm) para permitir la libre circulación del aire por la parte posterior del aparato. La primera distancia será respetada por el instalador, mientras que la separación con la pared se garantizara con el empleo de soportes.

Así mismo deberá evitarse la instalación posterior de recubrimientos o repisas sobre los emisores, ya que estos, modifican notablemente las corrientes convectivas alrededor de los paneles, y actúan como pantallas de radiación, reduciendo considerablemente la emisión radiante. Por ejemplo, el instalar un emisor en un nicho, reduce su potencia calorífica en un 7%, mientras que situarlo bajo una repisa lo hace aproximadamente en un 4%.

Se instalarán válvulas termostáticas en todos los emisores, no sólo en los mínimos establecidos por la ITE 02.11.2.2 del RITE. De esta forma el usuario podrá ajustar la emisión calorífica a sus necesidades e incluso cortar el suministro de agua a cualquier emisor.

También se instalarán purgadores a todos los emisores para la evacuación manual o automática de posibles bolsas de aire que pudieran formarse en los paneles.

En cuanto a la elección del elemento radiador, existen numerosas posibilidades, entre las cuales se puede elegir dada la cuantiosa oferta de mercado existente en la actualidad.

Se han elegido radiadores de aluminio dado que poseen grandes cualidades como que son ligeros, de baja inercia térmica, y de alta conductividad. La marca seleccionada es ROCA, y dentro de toda la gama que existe dentro de la misma, los emisores empleados serán los siguientes:

- ROCA DUBAL-70 frontal con aberturas.

El salto térmico de diseño escogido es de 52,5 °C, como corresponde a una temperatura ambiente de diseño de 21 °C y unas temperaturas de entrada y salida del radiador de 80 °C y 67 °C respectivamente.

Todos los radiadores irán provistos de llaves que permitan cerrar el paso del agua a través del radiador, de esa forma el agua irá hacia el siguiente emisor del anillo.

Las características de los radiadores elegidos son:

- Radiadores de aluminio para instalaciones de agua caliente hasta 6 bar y 110 °C.
- Radiadores formados por elementos acoplables entre sí mediante manguitos de 1" rosca derecha-izquierda y junta de estanqueidad.
- Elementos fabricados por inyección a presión de la aleación de aluminio previamente fundida.
- Radiadores montados y probados a la presión de 9 bar.
- Pintura de acabado en doble capa. Imprimación base por electroforesis (inmersión) y posterior capa de polvo epoxi color blanco RAL 9010 (ambas capas secado al horno).
- Accesorios compuestos por: tapones y reducciones, pintados y cincados con rosca a derecha o izquierda, juntas, soportes, purgador automático PA5-1 y spray pintura para retoques.

La ubicación proyectada de los radiadores se ha realizado según el criterio marcado en los planos de arquitectura. Los cambios de ubicación de los elementos calefactores deberán ser aprobados por la dirección facultativa.

## **4.5.- PUESTA EN FUNCIONAMIENTO Y EQUILIBRADO HIDRÁULICO DE LA INSTALACIÓN**

En primer lugar se abrirán los purgadores de todos los emisores de calor (radiadores) y se procederá a abrir la llave de llenado de agua fría de la caldera.

Cuando empiece a salir agua por los purgadores, se irán cerrando progresivamente, y al final se cerrará la válvula de llenado, cuando podemos comprobar en el manómetro de la caldera que la presión en el interior del circuito es de 1 bar.



Una vez que el circuito está lleno y presurizado procederemos a poner en marcha la bomba de circulación, asegurándonos de que no gira en seco, lo que podría provocar que se averiase.

Con la bomba en marcha, procederemos a purgar de nuevo el circuito de calefacción, y una vez finalizada esta operación se restituye la presión del circuito abriendo de nuevo la válvula de llenado de la caldera.

Una vez finalizado el proceso, deberemos comprobar que no hay fugas de agua en el circuito.

Finalizado el llenado de la instalación del sistema de calefacción, es posible que algunos parámetros de funcionamiento de la misma no sean los previstos en el cálculo teórico. Por este motivo es necesario disponer en la instalación de componentes de regulación que nos permitan ajustar el sistema de transmisión de energía calorífica a los radiadores, regulando el caudal de agua caliente que circula a través de cada uno de ellos.

Es posible que dentro de una misma instalación nos encontremos con radiadores que se calientan más y más rápidamente que otros, que incluso pueden llegar a no calentarse. Esto es debido a que el caudal que impulsa la bomba tiende a circular por aquellos tramos del circuito que tienen menos pérdidas de presión, con lo que el caudal de agua caliente que circula por los tramos con mayores pérdidas de carga es menor, con el consiguiente defecto de aporte calorífico.

Para compensar estas diferencias entre unos emisores y otros es necesario utilizar una válvula o detentor que permita aumentar las pérdidas de presión en los radiadores más favorecidos para compensar hidráulicamente la instalación. El detentor se monta a la salida del radiador.

Con el equilibrado hidráulico de la instalación, podremos conseguir que cada emisor funcione según lo previsto.

Para realizar el equilibrado, procederemos del modo siguiente:

- En primer lugar abriremos al máximo el detentor del radiador que está en posición más desfavorable, para ir cerrando progresivamente el de los demás radiadores, quedando más cerrado el del radiador que esté más próximo a la caldera.
- Posteriormente comprobaremos que la regulación ha sido efectiva poniendo en marcha el sistema de calefacción y comprobando que el salto térmico en cada radiador es correcto y se mantiene constante.
- A la vista de los resultados de la comprobación se procederá a corregir el funcionamiento de la instalación abriendo o cerrando los detentores de aquellos emisores que no funcionen correctamente.

## **5.- CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN**

El principio básico del sistema de suelo radiante consiste en la impulsión de agua a media temperatura (en torno a los 40/45 °C) a través de circuitos de tuberías de la marca UPONOR o similar, modelo EVALPEX o similar, con barrera antidifusión de oxígeno. Las tuberías situadas bajo el pavimento, disipan calor al

mortero de cemento, siendo éste el que cede la energía precisa al local mediante radiación, y en menor grado mediante convención natural.

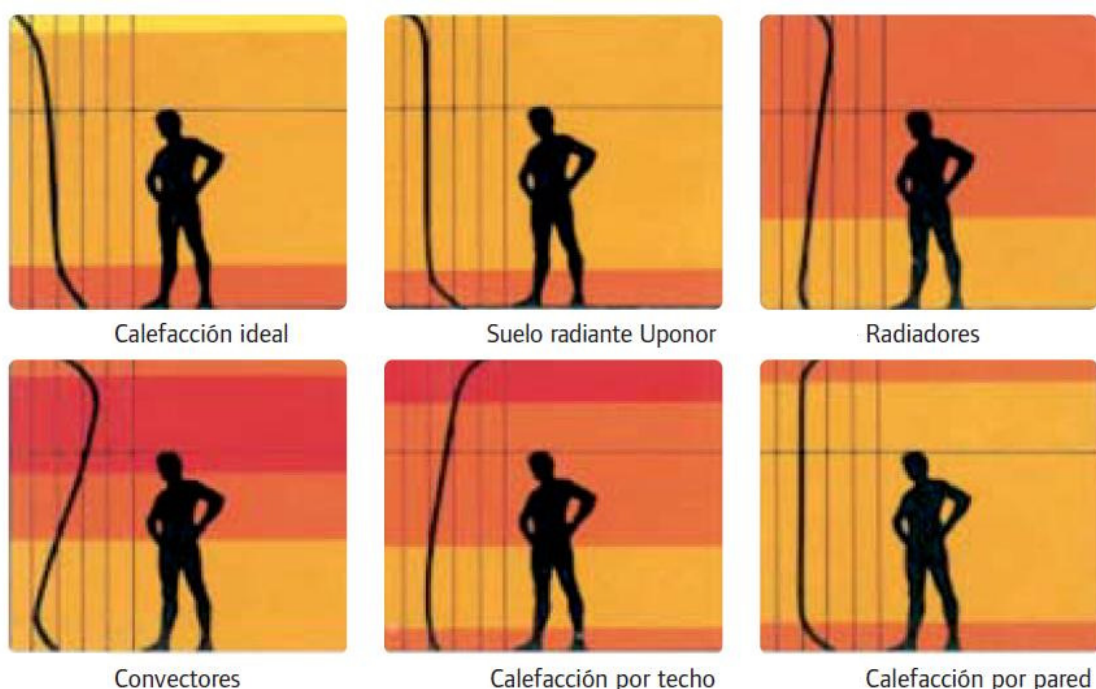
Desde los colectores de alimentación y de retorno parten los diferentes circuitos emisores. Desde allí se equilibran hidráulicamente los circuitos y, a través de cabezales electrotérmicos, se regula el caudal impulsado en función de las necesidades térmicas de cada estancia.

Se instalarán tubos de suelo radiante en todas las estancias del edificio que sean susceptibles de ser calefactadas y que se consideren necesarias para satisfacer las necesidades demandadas por la propiedad, de tal manera que se venzan las cargas térmicas calculadas para cada una de ellas. Dichas cargas se reflejan en el apartado de cálculos. Se dispondrá también de un sistema de regulación, el cual permite impulsar agua a la temperatura deseada.

En un sistema de este tipo, el calor es uniforme y agradable siempre que se mantenga una temperatura de superficie de suelo adecuada, ya que no produce corrientes de aire y es totalmente silencioso. Además, frente a otros sistemas es más fácil conseguir una sensación de confort y bienestar lo que conlleva un considerable ahorro energético.

### 5.1.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

De entre todos los sistemas existentes de calefacción, el suelo radiante es el que mejor se ajusta al perfil óptimo de temperaturas del cuerpo humano. Este perfil es aquél según el cual la temperatura del aire a la altura de los pies es ligeramente superior a la temperatura del aire a la altura de la cabeza. Esto se traduce en una percepción de una mayor sensación de confort. A continuación, en la figura 1, se muestra un esquema de la distribución vertical de temperaturas en función del sistema de calefacción:



**Figura 1:** Distribución vertical de temperaturas en función del sistema de calefacción.

El emisor térmico es todo el suelo del área a calefactar. Esto da lugar a que la emisión térmica sea uniforme en toda la superficie. Este fenómeno se contrapone al de "zonas calientes" y "zonas frías" que se obtiene con otros sistemas de calefacción en los cuales existe un número limitado de emisores de calor.

La velocidad de migración de las capas de aire caliente hacia las zonas frías es proporcional a la diferencia de temperaturas del aire entre ambas zonas, caliente y fría. Como la temperatura de la superficie emisora (pavimento) de un sistema de calefacción por suelo radiante es baja, esa diferencia de temperaturas del aire es muy reducida lo que origina que el movimiento de aire debido al sistema de calefacción sea imperceptible. Una ausencia de movimiento de aire produce menor movimiento de polvo y un entorno más higiénico y saludable; haciendo al suelo radiante un sistema de calefacción muy aconsejable para personas alérgicas o con problemas respiratorios.

Para una misma sensación térmica percibida por el usuario, la temperatura ambiente de un local es inferior si dicho local se calienta por suelo radiante a si se hace mediante otro sistema (radiadores, convectores de aire, etc.).

Al calentar mediante otros sistemas, la temperatura de las zonas elevadas del local es mayor (temperatura no sentida por el usuario), de lo que resulta que para la misma sensación térmica sentida la temperatura ambiente interior en un sistema de calefacción por suelo radiante es comparativamente menor.

Al ser menor la temperatura ambiente interior también son menores las pérdidas energéticas (pérdidas por cerramientos, por ventilación y por infiltración) ya que éstas son proporcionales a la diferencia de temperaturas entre el exterior del local y el interior.

Otro importante factor de ahorro energético lo constituye la disminución de pérdidas de calor en sala de calderas y en las conducciones hasta colectores debido a la menor temperatura del agua de impulsión y retorno en comparación con otros sistemas de calefacción.

La moderada temperatura de impulsión de agua que necesita el sistema hace que éste sea compatible con casi cualquier fuente energética (electricidad, combustibles derivados del petróleo, energía solar, carbón, gas natural, etc.). En particular, es el único sistema de calefacción que puede ser alimentado energéticamente por paneles solares térmicos.

Es un sistema de calefacción que ofrece una total libertad de decoración de interiores ya que los emisores de calor no son visibles. Se diría que es una "calefacción invisible". El espacio habitable es mayor al no existir dentro de éste elementos calefactores visibles (por ejemplo radiadores) y desaparece el riesgo de golpes o quemaduras por contacto con ellos.

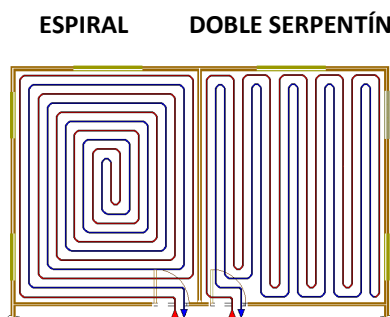
## **5.2.- TIPO DE DISTRIBUCIÓN**

Para nuestra instalación se ha elegido el sistema tradicional siendo los circuitos emisores instalados con tubería UPONOR Wirsbo-evalPEX 16x1,8.

La separación entre tuberías de los circuitos emisores es de 37,5, 30 y 20 cm según la estancia. En el apartado de cálculos aparece reflejada la separación de las tuberías para cada una de ellas, y los circuitos dibujados en los planos.

El diseño aconsejado de los circuitos es, o bien el doble serpentín o el espiral. Según estas configuraciones las tuberías de ida y de retorno siempre son contiguas, estando además siempre la tubería más caliente próxima a la más fría. Estos diseños aseguran una homogeneización de la emisión térmica.

El doble serpentín es recomendable especialmente en locales cuya planta posea una forma geométrica compleja. La configuración en espiral se recomienda allí donde la planta a calefactar posea una forma geométrica sencilla; tiene como ventaja curvas menos pronunciadas lo cual facilita la instalación. La instalación de los circuitos se puede realizar desenrollando manualmente los rollos o de una forma mucho más rápida utilizando un desbobinador.



**Figura 2:** Formas de distribución de suelo radiante.

### 5.3.- TUBERÍA

En este apartado se detallaran las características e instalación de las tuberías emisoras de la marca UPONOR modelo Wirsbo-evalPEX, ya que son las elegidas para este proyecto. No obstante, cabe destacar que si se describieran las tuberías emisoras de otra marca serian muy parecidas a estas; variando quizá un poco los materiales con los que está confeccionada o el abanico de diámetros disponibles.

Especialmente diseñadas para los sistemas de calefacción por suelo radiante Uponor. Son tuberías de polietileno reticulado por el método Engel con barrera antidifusión de oxígeno. Se emplean tanto como tuberías emisoras (UPONOR Wirsbo-evalPEX 16x1,8, 17x2 ó 20x1,9) como en montantes y tuberías de distribución (UPONOR Wirsbo-evalPEX 25x2,3 hasta UPONOR Wirsbo-evalPEX 110 x10).

En las tuberías plásticas convencionales empleadas para la conducción de agua caliente en circuitos cerrados las moléculas de oxígeno del aire penetran a través de la pared de la tubería cuando, al aumentar la temperatura, el espacio intermolecular de la tubería tiende a ser mayor que la molécula de oxígeno. Este fenómeno origina una permanente oxigenación del agua y la consiguiente oxidación continuada de las partes metálicas de la instalación que reduce su vida útil. La reducción de la vida útil es debida tanto a la pérdida de material de los metales de la instalación como al taponamiento de conductos originado por la deposición de óxidos.

La barrera antidifusión de oxígeno presente en las tuberías UPONOR Wirsbo-evalPEX evita estos problemas, puesto que reduce drásticamente el aporte extra de oxígeno al caudal de agua. Esta barrera consiste en una delgada película de etilvinil-alcohol aplicada a la tubería base de Pex durante el proceso de fabricación.

Otra característica de las tuberías UPONOR Wirsbo-evalPEX es el reticulado de su cadena polimérica conforme al proceso Engel. El reticulado se define como un proceso que cambia la estructura de las cadenas de polímeros de manera que éstas se conectan unas con otras formando una red tridimensional mediante enlaces químicos. Este proceso confiere a la tubería una alta resistencia térmica en condiciones de presión elevada.

En consecuencia, estas tuberías reúnen las características de las tuberías de polietileno reticulado UPONOR Pex y propiedades particulares para la distribución de agua caliente en circuitos cerrados que le confiere la barrera antidifusión de oxígeno.

Las tuberías UPONOR Wirsbo-evalPEX se fabrican de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 15875 y cumplen con las exigencias de barrera antidifusión de oxígeno que establece la norma EN 1264-4.

## **5.4.- PASOS DE INSTALACIÓN**

### **5.4.1.- Film de polietileno Uponor.**

Se coloca sobre el forjado/solera de los locales a climatizar. Es una barrera antihumedad entre el suelo base y la plancha de aislamiento del sistema de climatización invisible, de modo que evita el ascenso por capilaridad de humedades.

Se puede evitar la colocación de este film cuando no existe riesgo de humedades en el forjado/solera desde la zona inferior del sistema.

### **5.4.2.- Zócalo perimetral.**

Se fija a la base de las paredes de todas las áreas a climatizar, desde el suelo base hasta la cota superior del pavimento. La lámina adherida a la espuma de polietileno debe quedar en la cara opuesta a la del contacto zócalo perimetral - pared. Esta lámina se apoyará sobre los paneles aislantes para evitar la inserción de mortero de cemento entre zócalo perimetral y panel aislante, de manera que se crea una estructura de "suelo flotante", evitando así tanto los puentes térmicos como acústicos.

El zócalo funciona como junta de dilatación perimetral cuando (Norma UNE EN 1264-4):

- El área de la habitación es menor a 40 m<sup>2</sup>.
- La longitud de un lado de la habitación es menor a 8 m.
- La relación de los lados del área sea de 2:1.

Cuando se exceden estos valores, debe preverse la colocación del zócalo como junta de dilatación, dividiendo la capa de mortero. En caso de recubrimientos pétreos la junta debe llegar hasta la superficie y en casos de recubrimientos de madera, la junta sólo divide la capa de mortero.

Cuando existan juntas de dilatación en el edificio, éstas deberán ser respetadas, coincidiendo con las juntas del suelo radiante.

En ningún caso un circuito de climatización puede cruzar una junta de dilatación. Solamente los tubos de conexión pueden cruzar una junta de dilatación, con una protección de tubo flexible de aislamiento de 0.15 m a cada lado.

### 5.4.3.- Panel aislante.

Todos los modelos de paneles moldeados Uponor funcionan como aislamientos térmicos y acústicos contra el ruido de impacto y también tienen la misión de sujetar las tuberías emisoras, guiándolas y facilitando el trazado de los circuitos con la separación entre tubos proyectada.

Aseguran en todo momento que la desviación vertical de los tubos antes y después de la aplicación de la placa no sea superior a 5 mm en cualquier punto y que la desviación horizontal de la separación especificada para los tubos no supere los  $\pm 10$  mm en los puntos de fijación (según norma UNE EN-1264-4).

Los paneles han de colocarse sobre todo el área a calefactar a modo de superficie continua. El panel portatubos Uponor se compone de una base de poliestireno expandido EPS recubierto de una consistente lámina portatubos plástica para reforzar la parte superior.

La lámina plástica de recubrimiento es vital para mantener una alta consistencia en la parte superior del panel. Frente a los paneles realizados íntegramente en poliestireno, o los que cuentan con una fina película de recubrimiento (que no llega a los 0,2 mm), el panel portatubos Uponor tiene esta lámina consistente de 0,7 mm de espesor que dota al conjunto de una alta resistencia frente a la compresión, al desgaste, a los impactos, deterioro.

Con el panel portatubos Uponor la unión entre unos paneles y otros se realiza mediante el machihembrado de los laterales del panel con los laterales de los paneles adyacentes.

El machihembrado se consigue mediante la propia lámina de recubrimiento: dos de los laterales del panel no presentan la base soporte de EPS y dejan libres a los tetones de la lámina plástica, de manera que estos pueden encajarse en los tetones del panel adyacente.

La hilera de tetones que queda debajo de la que se monta encima, tiene un menor diámetro que el resto, de manera que permite el fácil solapamiento de los bordes.

Este sistema de ensamblaje resulta rápido y sencillo, no requiere herramientas, ni grapas ni piezas especiales, y garantiza un anclaje resistente y consistente de unos paneles con otros.

Otros fabricantes realizan un ensamblaje entre paneles mediante superposición de los laterales encajando un reborde sobre otro (como se aprecia en la figura), ya que si bien este sistema puede parecer sencillo, es difícil mantener la cohesión del ensamblaje entre todos los paneles.

Esto da lugar a retrasos importantes durante el montaje de la instalación, a la vez que es propenso a la incursión de mortero de cemento entre paneles, de manera que se produzcan puentes termo-acústicos con el forjado.

A la hora de colocar los paneles sobre una estancia, es frecuente tener que realizar un corte para adecuar la forma del panel a la forma de la habitación. El panel portatubos Uponor se corta fácilmente con cuchilla con la forma que se quiera.

#### 5.4.4.- Circuitos de climatización.

Su colocación debe realizarse de acuerdo al estudio técnico previo. Las directrices básicas son las siguientes:

- El tipo de tubería UPONOR EvalPEX debe mantenerse constante en toda la instalación.
- Los circuitos nunca se deben cruzar. Para ello es necesario haber hecho previamente un plano de localización de circuitos.
- Habrá que tener en cuenta que los tubos se deben colocar: a más de 50 mm de las estructuras verticales y a 200 mm de distancia de los conductos de humos y de los hogares o chimeneas francesas abiertas, de los cañones de chimenea con pared o sin ella, y de los huecos de los ascensores. (UNE EN 1264-4).
- Para evitar la condensación de vapor de agua en verano, se deben aislar las tuberías del circuito primario de frío. En el caso de los circuitos terciarios, se deben aislar los tubos desde el colector hasta el suelo radiante, hasta que los tubos adquieran la separación mínima de 10 - 15 cm.
- Los puntos en los que es evidente el riesgo de perforación de tuberías emisoras (por ejemplo los desagües y los anclajes al suelo de aparatos en cuartos húmedos) deben haber sido señalados con anterioridad. Al colocar los circuitos deben bordearse las zonas adyacentes a esos puntos de riesgo.
- En el trazado de las curvas debe prestarse atención a no "pinzar" la tubería, pues se reduciría su sección.
- Todo el proceso de montaje de los circuitos se realiza en frío. No calentar la tubería pues se destruiría la capa de etilvinil-alcohol que protege a las tuberías de la difusión de oxígeno.
- La configuración de los circuitos debe ser tal que las tuberías de ida y retorno se coloquen una al lado de la otra en todos los tramos del circuito ya que de esta manera se homogeneizará la temperatura superficial del pavimento. Para ello se recomienda el trazado en doble serpentín o en espiral. En general se debe prestar atención a dirigir el caudal de impulsión hacia paredes externas o hacia otras áreas externas.
- Se debe empezar el trazado de circuitos por las zonas más interiores, continuando después hacia las zonas inmediatamente más exteriores.
- Esto evita el pisado continuo de las superficies ya terminadas y el riesgo inherente a este hecho de posible pinzado de tuberías y/o levantamiento de éstas de su superficie de agarre.
- Para el buen funcionamiento del sistema, es importante realizar el equilibrado hidráulico de cada uno de los circuitos de climatización (según condiciones de diseño técnico).

Después de su entrega en obra, los tubos deben transportarse, almacenarse y manipularse de tal manera que estén:

- Protegidos contra cualquier cosa que pudiera dañarlos.
- Almacenados al abrigo de cualquier radiación solar directa.

## 5.4.5.- Cajas de colectores

Los colectores distribuidores del sistema de climatización invisible se colocan en las correspondientes cajas o armarios, las cuáles se empotran en pared.

Para posibilitar la purga de aire de los circuitos emisores, los colectores han de situarse siempre en un plano más elevado que cualesquiera circuitos a los que den servicio.

La localización debe ser lo más centrada posible dentro del área a climatizar. De este modo se minimizará la longitud de tubería desde el colector hasta el local a climatizar y, con ello, se facilitará la instalación y el equilibrado hidráulico.

Las cajas, dentro de las cuales se colocan los colectores, se empotrarán en un tabique o muro accesible. Para no distorsionar la estética de la vivienda es común empotrarlas en zonas ocultas a la vista del usuario tales como fondos de armarios o aseos. Es necesario que el tabique o muro donde se empotre la caja tenga un espesor suficiente (10 cm).

La situación de la caja de colectores para el caso de estudio queda plasmada en los planos adjuntos.

## 5.4.6.- Montaje de colectores

El proceso de montaje del colector es sumamente simple y consiste en ir acoplando módulos hasta formar el número de salidas que se desee.

No utilizar herramientas metálicas ni tampoco ningún elemento sellador de uniones como teflón o similar. La unión entre módulos tiene un tope. No forzar el giro de entre módulos más allá de ese tope.

Los detentores o caudalímetros se sitúan en la impulsión y los cabezales electrotérmicos en el retorno del sistema.

Es muy importante comprobar que los purgadores automáticos queden situados a una cota superior que cualquier otra de la línea de agua. De otro modo se dificultaría la purga de aire de la instalación.

Conexión al colector: el acceso de las tuberías de ida y de retorno de un circuito al colector se facilita si se realiza esta acometida mediante canaletas, para fijar el tubo. La conexión al colector UPONOR se realiza fácilmente y sin herramientas ni accesorios adicionales mediante adaptadores tradicionales.

La unión, se finaliza con el roscado del tapón plástico con rosca hembra sobre el cuerpo del módulo con rosca macho. Esta operación proporciona la estanqueidad precisa a la unión.

Esta unión se puede realizar manualmente o con ayuda de la llave para colector Uponor. Nunca utilizar herramientas metálicas.



#### 5.4.7.- Mortero de cemento

Una vez colocados los circuitos, hecho el llenado de la instalación y realizada la prueba de presión, se vierte el mortero de cemento sobre toda la superficie a climatizar.

El espesor será de 4 cm medidos a partir de la generatriz superior de la tubería. Espesores mayores aumentan la inercia térmica del sistema mientras que espesores menores reducen la capacidad de la loseta de mortero de cemento de resistencia ante esfuerzos cortantes.

La norma UNE En 1264-4 especifica que: "el espesor nominal por encima de los tubos de calefacción (altura del recubrimiento) debe ser, por razones de ejecución, al menos tres veces la granulometría máxima del material árido arenoso, pero de 30 mm como mínimo. Para las placas de asfalto este espesor es de, al menos, 15 mm".

Al agua de amasado de la mezcla de mortero de cemento (cemento, arena y agua) ha de añadirse Aditivo para mortero Uponor. Este líquido consigue un perfecto contacto entre el mortero y las tuberías emisoras una vez la loseta de mortero de cemento ha secado, evitando con ello inclusiones de aire que aumentarían la resistencia térmica del sistema y dificultarían la transmisión de calor.

La proporción adecuada de la mezcla es la siguiente:

- 50 kg de cemento (42.5 Tipo I o tipo II).
- 220 kg de arena.
- 20-25 litros de agua de amasado (aproximadamente).
- 0,3 kg de aditivo.

El mortero de cemento debe verterse en sentido longitudinal al trazado de las tuberías. Debe realizarse el vertido sobre una misma zona de modo continuado, consiguiendo así un fraguado simultáneo de todo el mortero de una misma zona.

Debe iniciarse el vertido sobre una zona inmediatamente después de haber concluido la colocación de circuitos, el llenado y la prueba de estanqueidad. Así se evita la deformación de la capa portante de tuberías debido a su continuo pisado y/o trasiego de maquinaria. En este sentido se debe iniciar el vertido de mortero sobre la zona más interior (zona en la que primero debe concluir la colocación de circuitos) para, posteriormente, ir a las zonas más exteriores.

Cuando se coloca el mortero, la temperatura de este y la de la habitación no deben estar por debajo de los 5 °C. A continuación debe mantenerse a una temperatura de 5 °C como mínimo durante tres días al menos.

Debe asegurarse un completo secado de la loseta de mortero de cemento antes de la colocación del pavimento.

#### 5.4.8.- Pavimentos

La climatización invisible se instala con cualquier tipo de pavimento. En nuestra vivienda se instalarán baldosas cerámicas de 1 cm de espesor.

Antes de la colocación del revestimiento del suelo, el instalador debe verificar la adecuabilidad de la placa para recibir sobre ella el revestimiento respectivo.

### 5.5.- KIT COLECTOR

En este apartado se explicaran las características, montaje y elementos más significativos acerca de los colectores de la marca UPONOR modelo Quick&Easy que son los elegidos para este proyecto. No obstante, cabe destacar que todos los colectores son muy parecidos en todas las marcas, tienen más o menos los mismos elementos y métodos de conexión.

Los colectores distribuidores para suelo radiante UPONOR Quick&Easy están fabricados en polisulfona, un material plástico que a su bajo peso añade una alta resistencia mecánica incluso a altas temperaturas.

El montaje de cada colector se realiza mediante el acoplamiento de un Kit colector básico (de 2 salidas) a los Conjuntos básicos (1 salida) necesarios para completar el número deseado de salidas del colector. Por ejemplo, para nuestro caso particular, se necesita un colector ida/retorno de 8 salidas, se necesitaría un Kit colector básico más 6 Conjuntos básicos.

Cada Kit colector básico se suministra junto con todos los elementos necesarios para su correcto funcionamiento: 2 válvulas de paso M1", 2 termómetros, 2 purgadores automáticos, 1 llave de llenado, 1 llave de vaciado, 2 módulos básicos UPONOR Quick&Easy, 2 tapones, 2 soportes y 4 adaptadores UPONOR Quick&Easy  $\varnothing 16$  o tradicionales ( $\varnothing 16$ ,  $\varnothing 17$  ó  $\varnothing 20$ ).



**Figura 3:** Sistema de colectores.

### 5.6.- LLENADO DE LA INSTALACIÓN Y PRUEBA DE ESTANQUEIDAD

El proceso de llenado de agua se realiza a través de las llaves de llenado/vaciado que incorporan los colectores. Se realiza circuito a circuito, abriendo únicamente la llave manual de unos de los circuitos y cerrando las demás llaves así como las llaves de corte del colector. Siguiendo esta rutina en cada uno de los circuitos se asegura la ausencia de bolsas de aire en la instalación durante su puesta en marcha.

La prueba de estanqueidad que especifica el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE) se realiza con la presión de prueba especificada en la norma (1,5 veces la presión de trabajo con un mínimo de 6 bar). No se aconseja el uso de sistemas de llenado automático de la instalación con conexión directa a la red de suministro de agua ya que ello implica entrada continua de oxígeno disuelto en el agua cuyos efectos son los ya comentados de excesiva oxigenación del agua de la instalación y la consiguiente reducción de la vida de ésta.

## 6.- GENERADOR DE CALOR

Como generador de calor, y debido a que el combustible seleccionado para la instalación son los pellets, se ha elegido una caldera de la marca Hargassner, dado que dicha marca cuenta con una amplia experiencia en el sector de la calefacción por biomasa.

El tipo de caldera seleccionado ha sido el Classic 9-22 kW, caldera de aspiración de pellets para bajos niveles de potencia. Las principales ventajas que presentan dichas calderas son:

- Caldera con aumento de temperatura de retorno sin bomba. El nuevo intercambiador de calor con aumento de la temperatura de retorno permite un funcionamiento eficiente de la caldera sin necesidad de disponer de bomba adicional.
- Regulación lambda con detección automática de combustible. La sonda Lambda regula en cada rango de potencia la cantidad exacta de combustible, en función de la calidad de los pellets. Sólo así se garantiza una óptima combustión, económica y con un bajo nivel de emisiones, que supondrá un ahorro para usted de más del 95 % en eficiencia, energía y coste.
- Cámara de combustión para altas temperaturas. El ladrillo refractario ha demostrado ser el material de mayor capacidad de almacenamiento de calor, el que posee una vida útil más prolongada y el que mejores características de funcionamiento presenta: la alta temperatura en la cámara de combustión, tanto a carga plena como a bajo nivel de carga, permite alcanzar un nivel de emisiones mínimo.
- Rendimiento máximo superior al 93%.
- Parrilla automática con sistema de compactación de cenizas. Otras calderas también disponen de depósitos de cenizas de gran tamaño, aunque las Hargassner son capaces de aprovecharlas mejor a través de un mecanismo distribuidor en la parrilla que llena la bandeja hasta la última esquina consiguiendo así intervalos de vaciado mayores.
- Indicador de nivel de llenado automático de la caja de cenizas. El display indica cuándo se debe de vaciar el cenicero. Una reserva le da una semana de tiempo para vaciarlo. Así se mantiene durante muchos años una caldera limpia.
- Dispositivo de limpieza automática de la caldera. El sistema automático de limpieza de la caldera se conecta en función del tiempo de calefacción y limpia las paredes de la caldera de los restos de cenizas volátiles, enviándolas al depósito de cenizas.
- Dosificador de pellets doble 100% antiretorno de llama. El control permite el llenado automático del depósito nodriza, con intervalos de llenado regulables. El avisador de nivel de llenado apaga la turbina de aspiración cuando el depósito está lleno. El dosificador de pellets que, al ser completamente de acero, proporciona una protección total frente al retorno de llama, permite que la caldera sea alimentada de manera constante y controlada.
- Sistema de regulación Lambda Hatronic.
- Indicación de consumo y nivel de llenado del silo.

- Sistema de aspiración de alto rendimiento con depósito intermedio. La turbina de aspiración de pellets Hargassner aspira los pellets desde el silo hasta el depósito nodriza. Es posible superar sin problemas los obstáculos entre la caldera y el silo (con una manguera de 20 m aproximadamente).
- Máximo confort y fiabilidad de funcionamiento.

Las características particulares para las distintas instalaciones vienen especificadas a continuación:

## **6.1.- CALEFACCIÓN POR RADIADORES**

Se instalará una caldera de la marca Hargassner modelo Classic 14 de aspiración de pellets, con capacidad térmica 4-14,9 kW. Las dimensiones de la caldera serán de 1470 x 1165 x 825 mm.

La altura del tubo de humos estará situada a 1272 mm del suelo, y el diámetro del tubo será de 130 mm.

La altura de la entrada de agua será de 1152 mm, mientras que la de la salida será de 1082 mm.

La toma eléctrica será de 230 V, 50 Hz y 16 A.

La instalación de la caldera vendrá acompañada por la de un sistema de control con sonda lambda según temperatura exterior LA para Caldera de Pellets 9-200 kW. Dicho sistema permite el control y programación de hasta dos circuitos de calefacción con mezcladoras y dos de ACS.

Además se instalará una sonda de temperatura interior que incluye una regulación de  $\pm 3$  °C e indicación de aviso en caldera modelo FR25.

A todo esto se añadirá la instalación de un silo textil de la marca Hargassner modelo GWTS20 cuyas dimensiones son 208 x 208 x 195 cm y con capacidad para entre 2,7 y 3,6 toneladas de pellets.

Dicho silo será conectado a la caldera mediante un tubo de aspiración.

## **6.2.- CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE**

Se instalará una caldera de la marca Hargassner modelo Classic 9 de aspiración de pellets, con capacidad térmica 2-9,5 kW. Las dimensiones de la caldera serán de 1470 x 1165 x 825 mm.

La altura del tubo de humos estará situada a 1272 mm del suelo, y el diámetro del tubo será de 130 mm.

La altura de la entrada de agua será de 1152 mm, mientras que la de la salida será de 1082 mm.

La toma eléctrica será de 230 V, 50 Hz y 16 A.

La instalación de la caldera vendrá acompañada por la de un sistema de control con sonda lambda según temperatura exterior LA para Caldera de Pellets 9-200 kW. Dicho sistema permite el control y programación de hasta dos circuitos de calefacción con mezcladoras y dos de ACS.

Además se instalará una sonda de temperatura interior que incluye una regulación de  $\pm 3$  °C e indicación de aviso en caldera modelo FR25.

A todo esto se añadirá la instalación de un silo textil de la marca Hargassner modelo GWTS20 cuyas dimensiones son 208 x 208 x 195 cm y con capacidad para entre 2,7 y 3,6 toneladas de pellets.

Dicho silo será conectado a la caldera mediante un tubo de aspiración.

## 7.- VASO DE EXPANSIÓN

Para el vaso de expansión se ha seleccionado la marca IBAIONDO, cuyos vasos de la serie CMF están destinados a ser usados en circuitos atmosféricos cerrados con agua no corrosiva en instalaciones de calefacción y refrigeración.

Las características principales que presentan estos vasos de expansión son:

- Membrana fija, no recambiable según DIN 4807 (no potable).
- Protección anticorrosiva de los materiales en contacto con el agua. (Conexión de agua zincada).
- Los modelos entre 5 a 35 litros se instalan directamente a la tubería (fabricados sin patas).
- Los modelos entre 35 a 400 litros se instalan apoyados en el suelo (fabricados con patas y manguito en la parte superior).
- Los modelos entre 500 a 1.000 litros también se instalan apoyados en el suelo (fabricados con patas y manguito en la parte inferior).
- Temperatura -10 °C +100 °C.
- Presión máxima: 5 – 6 Bar.
- Presión de precarga 1,5 Bar.
- Color epoxi rojo.
- Diseñado y fabricado según Directiva 97/23/CE.

### 7.1.- CALEFACCIÓN POR RADIADORES

Para la instalación de calefacción por radiadores se ha elegido la instalación del vaso de expansión de la marca IBAIONDO modelo 5 CMF.

Dicho modelo tiene una capacidad de 5 litros y admite una presión máxima de 5 bar. Las dimensiones son 250 mm de alto y un diámetro de 200 mm. Tiene un peso de 2 kg.

### 7.2.- CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

Por otro lado, para la instalación de suelo radiante se ha elegido el vaso de expansión de la marca IBAIONDO modelo 12 CMF.

Dicho modelo tiene una capacidad de 12 litros y admite una presión máxima de 5 bar. Las dimensiones son 310 mm de alto y un diámetro de 270 mm. Tiene un peso de 3,2 kg.

## 8.- BOMBA DE CIRCULACIÓN

En el caso de la bomba de circulación, la elección ha sido la misma para ambos sistemas de calefacción. Se ha optado por la instalación de una bomba de la marca GRUNDFOS modelo ALPHA 2 25-40 130.

La gama a la que pertenece dicha bomba incluye:

- Función AUTOADAPT apta para la mayoría de las instalaciones.
- Control de presión diferencial integrado que permite el ajuste del funcionamiento de la bomba a las necesidades reales del sistema.
- Reajuste nocturno automático (seleccionable).
- Pantalla que muestra el consumo real de potencia en vatios.
- Motor basado en tecnología de imán permanente/rotor compacto.

La bomba ALPHA2 de GRUNDFOS está optimizada para el ahorro de energía y es de clase A, por lo que la instalación de dicha bomba reducirá el consumo energético considerablemente, minimizando el ruido de las válvulas termostáticas y otros dispositivos similares, y mejorará el control del sistema.

## 9.- REGULACIÓN Y CIRCUITERÍA

Aparte de la regulación básica que incorporan los generadores, se controlará cada circuito de distribución mediante válvula de tres vías, que serán controladas por la centralita de regulación en función de la temperatura exterior.

Se aconseja situar las tuberías, preferiblemente en lugares que permitan la accesibilidad a lo largo de su recorrido para facilitar la inspección de las mismas, especialmente en sus tramos principales, y de sus accesorios, válvulas, instrumentos de regulación y medida y, en su caso, del aislamiento térmico.

La alimentación se hará por medio de un dispositivo o aparato que servirá al mismo tiempo para reponer manual o automáticamente las pérdidas de agua. El dispositivo será capaz de crear una solución de continuidad en caso de caída de presión en la red de alimentación. Antes del dispositivo de reposición se dispondrá una válvula de retención y un contador, precedidos por un filtro de malla metálica. Las válvulas de interceptación son del tipo de esfera, asiento o cilindro.

Todas las redes de distribución de agua estarán diseñadas de tal forma que puedan vaciarse total y parcialmente. Los vaciados parciales de la red se harán en puntos adecuados del circuito. El vaciado total se hará por el punto más bajo de la instalación a través de un elemento cuyo diámetro se determina, a partir de la potencia térmica de la instalación.

La conexión entre la válvula de vaciado y el desagüe se hará de tal forma que el paso de agua resulte visible. Se emplearán válvulas de esfera, asiento o cilindro, que se protegerán adecuadamente contra maniobras accidentales.

Para prevenir los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de alguno de los elementos del circuito, se instalarán elementos amortiguadores en puntos cercanos a los elementos que los provocan.

Se instalará un filtro de aire y lodos general o varios filtros de malla, protegiendo las bombas y los equipos presentes en cada circuito de distribución de calefacción. Se colocarán purgadores en los circuitos de distribución de agua caliente, situados en los puntos más altos de la instalación. Los aparatos, equipos y conducciones de las instalaciones de calefacción estarán aislados térmicamente y protegidos mecánicamente.

Se colocarán aparatos de medida situándose en lugares visibles y fácilmente accesibles para su mantenimiento y sustitución, siendo el tamaño de la escala suficiente para que la lectura pueda efectuarse sin esfuerzo. El equipamiento mínimo de aparatos de medición, indicadores o registradores, será el siguiente:

- Colectores de retorno: un termómetro.
- Vasos de expansión cerrados: un manómetro.
- Chimeneas: un pirómetro (o pirostato con indicador).
- Circuitos secundarios de distribución de un fluido portador: un termómetro dispuesto en la impulsión y otro en el retorno.
- Bombas: un manómetro para lectura diferencial.
- Válvulas automáticas: dos tomas para la medida de la pérdida de presión.

Por tratarse de circuitos a presión se instalarán manómetros indicadores en los lados de alta y baja presión de cada válvula reductora. Por tratarse de circuitos cerrados de líquidos se dispondrá, por lo menos, una válvula de seguridad cuya apertura impida el aumento de la presión interior por encima de la de timbre. Su descarga será visible y estará conducida a un lugar seguro. La válvula de seguridad debe tener, para su control y mantenimiento, un dispositivo de accionamiento manual tal que, cuando sea accionado, no modifique el tarado de la misma.

Los generadores de calor estarán dotados de dispositivos que impidan que se alcancen temperaturas o presiones mayores que las de timbre.

## **10.- INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

El cuadro eléctrico albergará los correspondientes interruptores de control tanto de los elementos de control y regulación de la instalación de calefacción como de la iluminación de la misma.

La instalación eléctrica se hará bajo tubo de acero, siendo estancas las cajas de derivación y luminarias, así como las conexiones a los distintos aparatos eléctricos. Se realizarán conexiones desde el cuadro eléctrico hasta el generador, bombas, sondas, termostatos, electroválvulas, etc., y de equipos entre sí, incluso instalación de alumbrado.

## **11.- EVACUACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN**

La evacuación de los productos de la combustión se realizará por una serie de conductos hasta la cubierta del edificio, y más concretamente a través de un conducto por cada uno de los generadores propuestos. Estos conductos se utilizarán única y exclusivamente para la evacuación de dichos productos, quedando prohibida en todo momento su unificación con cualquier otra instalación de evacuación.

Las dimensiones de cada chimenea y de los entronques de unión con la misma serán las adecuadas para crear la presión indicada por el fabricante de la caldera, evacuando los gases a la velocidad adecuada.

Los conductos de humos serán estancos y de acero, resistentes a los humos y a la temperatura, debiendo estar calorifugados adecuadamente. Los entronques dispondrán en la parte inferior del tramo vertical, del correspondiente orificio de registro de limpieza y en la parte no vertical del orificio de registro de la temperatura de los humos. Dicho tramo horizontal, con pendiente hacia el generador de calor, será lo más corto posible.

### **12.- CONCLUSIÓN**

Con la descripción que antecede y con lo presentado en los planos adjuntos, se estiman quedan puestas de manifiesto las condiciones que reúne esta instalación, por lo que se somete el presente proyecto a las consideraciones de los Organismos Oficiales a efectos de las oportunas aprobaciones. Cualquier cambio sobre lo aquí especificado deberá ser previamente aceptado por la Dirección Facultativa.

La instalación de calefacción mencionada en este proyecto, forma parte de un proyecto general para el cual se ha redactado el correspondiente Estudio de Seguridad en el que se recogen las especificaciones de Seguridad y Salud de la misma, por lo tanto no es necesario la redacción de un proyecto específico de seguridad y salud para estas instalaciones.

Valladolid, Abril de 2013

**Laura Goldschmidt Alonso**  
**Ingeniero Técnico Industrial**



# Cálculos Instalación de calefacción

---

---

<b>1.- INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1.- CÁLCULO Y BALANCE DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR .....	1
1.1.1.- Condiciones interiores y exteriores de cálculo.....	1
1.1.2.- Coeficientes empleados para el cálculo. ....	1
1.1.3.- Coeficientes globales de transmisión.....	2
1.1.4.- Cálculo de pérdidas de calor por transmisión. ....	5
1.1.5.- Cálculos de pérdida de calor por infiltración de aire.....	8
1.1.6.- Resumen de cargas térmicas. ....	10
1.2.- INSTALACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN POR RADIADORES.....	11
1.2.1.- Cálculo y selección de los emisores.....	11
1.2.2.- Esquema de la instalación y numeración de los tramos. ....	14
1.2.3.- Caudales circulantes en cada tramo.....	15
1.2.4.- Selección del diámetro de las tuberías.....	17
1.2.5.- Cálculo de pérdidas de carga. Selección de la bomba de circulación.....	18
1.2.6.- Cálculo del generador.....	22
1.2.7.- Cálculo del vaso de expansión.....	22
1.3.- INSTALACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.....	24
1.3.1.- Cargas térmicas a considerar y densidad de flujo. ....	24
1.3.2.- Potencia máxima aportada desde suelo radiante. ....	24
1.3.3.- Separación entre tubos. ....	25
1.3.4.- Longitud de tubería. ....	36
1.3.5.- Cálculo de caudales de circulación. ....	37
1.3.6.- Cálculo de tubería de distribución.....	37
1.3.7.- Cálculo de pérdidas de carga. Selección de la bomba de circulación.....	39
1.3.8.- Cálculo del generador.....	42
1.3.9.- Cálculo del vaso de expansión.....	42
1.4.- ALMACÉN COMBUSTIBLE .....	44
<b>2.- CONCLUSIÓN .....</b>	<b>44</b>

## 1.- INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

### 1.1.- CÁLCULO Y BALANCE DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR

En el diseño de la instalación de calefacción, así como en el cálculo de las cargas térmicas correspondientes, se han fijado una serie de condicionantes y premisas, tanto interiores como exteriores, con el fin de alcanzar un adecuado comportamiento de la instalación respecto a la funcionalidad perseguida de bienestar, seguridad y uso racional de la energía.

Para la realización del cálculo del balance total de pérdidas y ganancias de calor en cada una de las estancias del edificio, se indican a continuación la temperatura exterior de cálculo adoptada, así como los usos destinados a cada ámbito y las temperaturas interiores a alcanzar.

#### 1.1.1.- Condiciones interiores y exteriores de cálculo.

- Se adoptan las condiciones interiores establecidas en IT 1.1.4.1. En función de las características de la actividad, el intervalo de temperaturas admisible sería el siguiente:

**Tabla 1:** Condiciones interiores de diseño.

Estación	Temperatura operativa °C	Humedad relativa %
Invierno	21 ... 23	40 ... 50

La temperatura interior de diseño tomada para este caso será por tanto de 21 °C.

- Como condiciones de temperatura exterior mínima de proyecto se recurre a la “Guía técnica de condiciones climáticas exteriores de proyecto”, redactada por la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR) para el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE):

Temperatura seca exterior de -4,4 °C.

#### 1.1.2.- Coeficientes empleados para el cálculo.

- Coeficiente por intermitencia: el coeficiente por intermitencia está relacionado con el régimen de funcionamiento. Se ha adoptado un coeficiente de mayoración de las cargas para calefacción debido a la intermitencia de funcionamiento por parada nocturna de la instalación del 10 %.
- Coeficientes por orientación: Según sea la orientación de los cerramientos exteriores del edificio, la radiación solar influirá en mayor o menor medida en las ganancias de calor en el interior. Para tener en cuenta la orientación del cerramiento correspondiente y su influencia en las pérdidas de calor, hemos de introducir un coeficiente de corrección. Dicho coeficiente variará según la orientación del cerramiento y será de mayoración de las pérdidas en %. Los coeficientes de mayoración según la orientación que tomaremos serán los descritos en la tabla 2:

**Tabla 2:** Coeficientes de mayoración

ORIENTACIÓN	COEFICIENTE	ORIENTACIÓN	COEFICIENTE
Norte	15 %	Noreste	12 %
Sur	0 %	Sureste	5 %
Este	10 %	Suroeste	2 %
Oeste	5 %	Noroeste	10 %

### 1.1.3.- Coeficientes globales de transmisión.

#### 1.1.3.1.- Cálculo de las resistencias térmicas superficiales.

Para el cálculo de las resistencias térmicas superficiales acudimos al DB HE: Ahorro de Energía del CTE donde en el Apéndice E nos encontramos con la Tabla E.1 para las resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior:

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

**Figura 1:** Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en m<sup>2</sup>K/W.

Por otro lado, para las resistencias térmicas superficiales de particiones interiores debemos consultar la Tabla E.6:

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor	R <sub>se</sub>	R <sub>si</sub>
<i>Particiones interiores</i> verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,13	0,13
<i>Particiones interiores</i> horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,10	0,10
<i>Particiones interiores</i> horizontales y flujo descendente	0,17	0,17

**Figura 2:** Resistencia térmicas superficiales de particiones interiores en m<sup>2</sup>K/W.

## 1.1.3.2.- Cálculo de la transmitancia de cada uno de los cerramientos.

Para realizar el cálculo de la transmitancia de los cerramientos que envuelven cada una de las estancias de la vivienda, se utilizará la siguiente fórmula:

$$K = 1 / (R_{si} + R_{se} + (\sum (e_i / \lambda_i)) + R) \quad (1.1.1)$$

Donde:

K: Coeficiente de transmisión del cerramiento en  $W/(m^2hK)$ .

$R_{si}$ : Resistencia térmica superficial del aire interior en  $m^2K/W$ .

$R_{se}$ : Resistencia térmica superficial del aire exterior  $m^2K/W$ .

$e_i$ : Espesor de la capa en m.

$\lambda_i$ : Conductividad térmica del material en  $W/(mK)$ .

R: Resistencia térmica del material en  $m^2K/W$ .

Según esto se calcula la transmitancia de los diferentes tipos de cerramientos:

- Techo a local no calefactado:

DESCRIPCIÓN	e	$\lambda$	K	R
	m	$W/(mK)$	$W/(m^2K)$	$m^2K/W$
<b>Resistencia térmica superficial interior</b>				0,1
<b>Resistencia térmica superficial exterior</b>				0,1
<b>Pintura plástica</b>	0,0002	0,2		
<b>Enlucido de yeso</b>	0,015	0,57		
<b>Forjado Piezas de entrevigado de hormigón</b>	0,3			0,27
<b>Techo a local no calefactado K=</b>				<b>2,011</b>

- Suelo sobre local no calefactado:

DESCRIPCIÓN	e	$\lambda$	K	R
	m	$W/(mK)$	$W/(m^2K)$	$m^2K/W$
<b>Resistencia térmica superficial interior</b>				0,17
<b>Resistencia térmica superficial exterior</b>				0,17
<b>Plaqueta o baldosa cerámica</b>	0,01	1		
<b>Mortero de cemento</b>	0,2	1,8		
<b>Forjado Piezas de entrevigado de hormigón</b>	0,3			0,27
<b>Suelo sobre local no calefactado K=</b>				<b>1,368</b>

- Suelo sobre exterior:

DESCRIPCIÓN	e	$\lambda$	K	R
	m	$W/(mK)$	$W/(m^2K)$	$m^2K/W$
<b>Resistencia térmica superficial interior</b>				0,17
<b>Resistencia térmica superficial exterior</b>				0,17
<b>Plaqueta o baldosa cerámica</b>	0,01	1		
<b>Mortero de cemento</b>	0,2	1,8		

Forjado Piezas de entrevigado de hormigón	0,3		0,27
Enfoscado de monocapa	0,015	0,5	
<b>Suelo sobre exterior K=</b>			<b>1,314</b>

- Muro exterior:

DESCRIPCIÓN	e	$\lambda$	K	R
	m	W/(mK)	W/(m <sup>2</sup> K)	m <sup>2</sup> K/W
Resistencia térmica superficial interior				0,13
Resistencia térmica superficial exterior				0,04
Pintura plástica	0,0002	0,2		
Enlucido de yeso	0,015	0,57		
Tabique de LH doble (60 < E ≤ 90)	0,08			0,16
Poliestireno Expandido (EPS)	0,04	0,039		
Ladrillo hueco LH	0,0115	0,32		
Enfoscado de monocapa	0,015	0,5		
<b>Muro exterior K=</b>				<b>0,6902</b>

- Muro exterior tipo 2 (alicatado baños y cocina):

DESCRIPCIÓN	e	$\lambda$	K	R
	m	W/(mK)	W/(m <sup>2</sup> K)	m <sup>2</sup> K/W
Resistencia térmica superficial interior				0,13
Resistencia térmica superficial exterior				0,04
Azulejo cerámico	0,01	1,3		
Mortero de cemento para revoco	0,01	1,3		
Tabique de LH doble (60 < E ≤ 90)	0,08			0,16
Poliestireno Expandido (EPS)	0,04	0,039		
Ladrillo hueco LH	0,0115	0,32		
Enfoscado de monocapa	0,015	0,5		
<b>Muro exterior tipo2 K=</b>				<b>0,696</b>

- Muro a zona calefactada:

DESCRIPCIÓN	e	$\lambda$	K	R
	m	W/(mK)	W/(m <sup>2</sup> K)	m <sup>2</sup> K/W
Resistencia térmica superficial interior				0,13
Resistencia térmica superficial exterior				0,13
Pintura plástica	0,0002	0,2		
Enlucido de yeso	0,015	0,57		
Tabique de LH doble (60 < E ≤ 90)	0,07	0,16		
Enlucido de yeso	0,015	0,57		
Pintura plástica	0,0002	0,2		
<b>Muro a zona calefactada K=</b>				<b>1,329</b>

- Muro a zona calefactada tipo 2 (alicatado baños y cocina):

DESCRIPCIÓN	e	$\lambda$	K	R
	m	W/(mK)	W/(m <sup>2</sup> K)	m <sup>2</sup> K/W
Resistencia térmica superficial interior				0,13
Resistencia térmica superficial exterior				0,13
Azulejo cerámico	0,01	1,3		
Mortero de cemento para revoco	0,01	1,3		
Tabique de LH doble (60 < E ≤ 90)	0,07	0,16		
Enlucido de yeso	0,015	0,57		
Pintura plástica	0,0002	0,2		
<b>Muro a zona calefactada K=</b>				<b>1,351</b>

### 1.1.3.3.- Transmitancia de las carpinterías.

- Ventanas: carpintería de aluminio con doble acristalamiento de 6 mm de cámara.  
K = 3,03 W/(m<sup>2</sup>K)
- Puertas ventana exterior: aluminio con doble acristalamiento de 6 mm de cámara, 50% de vidrio.  
K = 4,10 W/(m<sup>2</sup>K)
- Puertas de entrada.  
K = 3,45 W/(m<sup>2</sup>K)
- Puertas interiores: de madera.  
K = 1,70 W/(m<sup>2</sup>K)

### 1.1.4.- Cálculo de pérdidas de calor por transmisión.

Para cada estancia ó ámbito a calefactar, se calcularán las pérdidas de calor por transmisión a través de cada uno de los paramentos que lo encierran y separan del exterior, así como de estancias no calefactadas, mediante la siguiente expresión:

$$Q_t = S \cdot K \cdot D_t \quad (1.1.2)$$

Donde:

- Q<sub>t</sub>: Calor cedido por transmisión en W.
- S: Superficie del cerramiento en m<sup>2</sup>.
- K: Coeficiente de transmisión del cerramiento en W/(m<sup>2</sup>K).
- D<sub>t</sub>: Diferencia entre la temperatura interior y exterior en °C.

Será en este momento cuando aplicaremos los coeficientes de orientación de la tabla 2 sobre cada elemento que tenga contacto con el exterior.

Según esto se calculan las pérdidas de calor por transmisión de las diferentes estancias a calefactar:

- Pasillo:

Tipo	Superficie	K	$\Delta T$	Orientación	F	$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \cdot (1+(F/100))$
Suelo sobre local no calefactado	12,77	1,368	13			227,10
Techo a local no calefactado	12,77	2,011	13			333,85
Muro a zona calefactada	22,821	1,329	0			0,00
Muro a zona calefactada tipo2	16,9	1,351	0			0,00
Muro exterior (SE)	2,784	0,6902	25,4	Sureste	5	51,25
5 Puertas interiores	9,24	1,7	0			0,00
Puerta interior doble	2,835	1,7	0			0,00
Puerta de entrada (SE)	2,156	3,45	25,4	Sureste	5	198,38

$$Q_{t \text{ TOTAL}} = 227,1 + 333,85 + 51,25 + 198,38 = 810,57 \text{ W}$$

- Dormitorio 1:

Tipo	Superficie	K	$\Delta T$	Orientación	F	$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \cdot (1+(F/100))$
Suelo sobre local no calefactado	19,95	1,368	13			354,79
Techo a local no calefactado	19,95	2,011	13			521,55
Muro a zona calefactada	18,432	1,329	0			0,00
Muro a zona calefactada tipo2	8,032	1,351	0			0,00
Muro exterior (NO)	13	0,6902	25,4	Noroeste	10	250,69
Muro exterior (SO)	6,72	0,6902	25,4	Suroeste	2	120,17
2 Puertas interiores	3,696	1,7	0			0,00
Puerta-ventana exterior (SO)	2,64	4,1	25,4	Suroeste	2	280,43

$$Q_{t \text{ TOTAL}} = 354,79 + 521,55 + 250,69 + 120,17 + 280,43 = 1527,63 \text{ W}$$

- Dormitorio 2:

Tipo	Superficie	K	$\Delta T$	Orientación	F	$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \cdot (1+(F/100))$
Suelo sobre local no calefactado	14,28	1,368	13			253,96
Techo a local no calefactado	14,28	2,011	13			373,32
Muro a zona calefactada	3,092	1,329	0			0,00
Muro a zona calefactada tipo2	14,82	1,351	0			0,00
Muro exterior (NE)	9,24	0,6902	25,4	Noreste	12	181,43
Muro exterior (NO)	8,84	0,6902	25,4	Noroeste	10	170,47
1 Puertas interiores	1,848	1,7	0			0,00
1 Ventana (NE)	1,68	3,03	25,4	Noreste	12	144,81

$$Q_{t \text{ TOTAL}} = 253,96 + 373,32 + 181,43 + 170,47 + 144,81 = 1123,99 \text{ W}$$



- Dormitorio 3:

Tipo	Superficie	K	$\Delta T$	Orientación	F	$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \cdot (1+(F/100))$
Suelo sobre local no calefactado	11,56	1,368	13			205,58
Techo a local no calefactado	11,56	2,011	13			302,21
Muro a zona calefactada	6,992	1,329	0			0,00
Muro a zona calefactada tipo2	8,84	1,351	0			0,00
Muro exterior (NE)	7,4	0,6902	25,4	Noreste	12	145,30
Muro exterior (SE)	8,84	0,6902	25,4	Sureste	5	162,72
1 Puertas interiores	1,848	1,7	0			0,00
1 Ventana (NE)	1,44	3,03	25,4	Noreste	12	124,12

$$Q_{t \text{ TOTAL}} = 205,58 + 302,21 + 145,30 + 162,72 + 124,12 = 939,94 \text{ W}$$

- Baño 1:

Tipo	Superficie	K	$\Delta T$	Orientación	F	$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \cdot (1+(F/100))$
Suelo sobre local no calefactado	9,52	1,368	13			169,30
Techo a local no calefactado	9,52	2,011	13			248,88
Muro a zona calefactada tipo2	23,112	1,351	0			0,00
Muro exterior tipo 2 (NE)	5,96	0,6902	25,4	Noreste	12	117,02
1 Puertas interiores	1,848	1,7	0			0,00
1 Ventana (NE)	1,32	3,03	25,4	Noreste	12	113,78

$$Q_{t \text{ TOTAL}} = 169,3 + 248,88 + 117,02 + 113,78 = 648,99 \text{ W}$$

- Baño 2:

Tipo	Superficie	K	$\Delta T$	Orientación	F	$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \cdot (1+(F/100))$
Suelo sobre local no calefactado	6,38	1,368	13			113,46
Techo a local no calefactado	6,38	2,011	13			166,79
Muro a zona calefactada tipo2	17,132	1,351	0			0,00
Muro exterior tipo 2 (NO)	6,22	0,6902	25,4	Noroeste	10	119,95
1 Puertas interiores	1,848	1,7	0			0,00
1 Ventana (NO)	1,32	3,03	25,4	Noroeste	10	111,75

$$Q_{t \text{ TOTAL}} = 113,46 + 166,79 + 119,95 + 111,75 = 511,95 \text{ W}$$

- Cocina:

Tipo	Superficie	K	$\Delta T$	Orientación	F	$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \cdot (1+(F/100))$
Suelo sobre local no calefactado	14,72	1,368	13			261,78

<b>Techo a local no calefactado</b>	14,72	2,011	13			384,82
<b>Muro a zona calefactada tipo2</b>	16,092	1,351	0			0,00
<b>Muro exterior tipo 2 (NE)</b>	2,34	0,6902	25,4	Noreste	12	45,95
<b>Muro exterior tipo 2 (SE)</b>	11,96	0,6902	25,4	Sureste	5	220,16
<b>Muro exterior tipo 2 (SO)</b>	6,76	0,6902	25,4	Suroeste	2	120,88
<b>1 Puertas interiores</b>	1,848	1,7	0			0,00
<b>1 Ventana (SO)</b>	1,56	3,03	25,4	Suroeste	2	122,46

$$Q_{t\text{TOTAL}} = 261,78 + 384,82 + 45,95 + 220,16 + 120,88 + 122,46 = 1156,05 \text{ W}$$

- Salón Comedor:

Tipo	Superficie	K	$\Delta T$	Orientación	F	$Q=K \cdot S \cdot \Delta T \cdot (1+(F/100))$
<b>Suelo sobre local no calefactado</b>	30,29	1,368	13			538,68
<b>Techo a local no calefactado</b>	30,29	2,011	13			791,87
<b>Suelo sobre exterior</b>	1,13	1,314	25,4			37,71
<b>Muro a zona calefactada</b>	26,805	1,329	0			0,00
<b>Muro a zona calefactada tipo 2</b>	12,87	1,351	0			0,00
<b>Muro exterior (NO)</b>	1,3	0,6902	25,4	Noroeste	10	25,07
<b>Muro exterior (SO)</b>	8,58	0,6902	25,4	Suroeste	2	153,42
<b>Muro exterior (SE)</b>	2,2	0,6902	25,4	Sureste	5	40,50
<b>Puerta interior doble</b>	2,835	1,7	0			0,00
<b>1 Puerta-ventana exterior (SE)</b>	2,09	4,1	25,4	Sureste	5	228,54
<b>1 Ventana (SO)</b>	3,12	3,03	25,4	Suroeste	2	244,92

$$Q_{t\text{TOTAL}} = 538,68 + 791,87 + 37,71 + 25,07 + 153,42 + 40,50 + 228,54 + 244,92 = 2060,71 \text{ W}$$

## 1.1.5.- Cálculos de pérdida de calor por infiltración de aire.

Se calcularán las pérdidas de calor por infiltración de aire a través de carpinterías, persianas, puertas, etc., mediante la siguiente expresión:

$$Q_v = 1,1611 \cdot C_e \cdot P_e \cdot 3,6 \cdot q_v \cdot D_t \quad (1.1.3)$$

Donde:

$Q_v$ : Calor cedido por infiltración de aire en W.

$C_e$ : Calor específico del aire en kcal/(kg°C).

$P_e$ : Peso específico del aire seco en kg/m<sup>3</sup>.

$q_v$ : Caudal de ventilación mínimo exigido en l/s.

$D_t$ : Diferencia entre la temperatura interior y exterior en °C.

1,1611 y 3,6: factores de conversión de unidades de kcal a W y de l/s a m<sup>3</sup>/h, respectivamente, para que la ecuación sea coherente dimensionalmente de acuerdo a las unidades definidas para el resto de variables.

Según IT 1.1 (IT 1.1.4.2) sobre exigencia de la calidad del aire interior, y a los efectos de cálculo para una vivienda, los criterios de ventilación se rigen según el Código Técnico de la Edificación, y su Documento Básico de Salubridad HS 3 (Calidad del Aire Interior) en función del tipo de utilización de cada pieza, de forma que todas las estancias dispongan de una entrada de aire de ventilación, salvo los aseos y la cocina (locales húmedos), que se encontrarán en depresión respecto al resto.

Los valores que marca la mencionada normativa se indican en la tabla de la figura 3 mostrada a continuación:

		Caudal de ventilación mínimo exigido $q_v$ en l/s		
		Por ocupante	Por $m^2$ útil	En función de otros parámetros
Lo- ca- les	Dormitorios	5		
	Salas de estar y comedores	3		
	Aseos y cuartos de baño			15 por local
	Cocinas		2	50 por local <sup>(1)</sup>
	Trasteros y sus zonas comunes		0,7	
	Aparcamientos y garajes			120 por plaza
	Almacenes de residuos		10	

(1) Este es el caudal correspondiente a la ventilación adicional específica de la cocina (véase el párrafo 3 del apartado 3.1.1).

**Figura 3:** Caudales de ventilación mínimos exigidos.

Según esto, y teniendo en cuenta el número de ocupantes y los  $m^2$  útiles en los casos en los que sea necesario, se calcula la pérdida de calor por infiltración de aire de cada una de las estancias de la vivienda objeto de estudio:

- Pasillo:

Estancia	Superficie ( $m^2$ )	Ocupación	$q_v$	$D_t$	$Q_v$
Pasillo	12,77		0,7	25,4	283,77

- Dormitorio 1:

Estancia	Superficie ( $m^2$ )	Ocupación	$q_v$	$D_t$	$Q_v$
Dormitorio 1		2	5	25,4	317,45

- Dormitorio 2:

Estancia	Superficie ( $m^2$ )	Ocupación	$q_v$	$D_t$	$Q_v$
Dormitorio 2		1	5	25,4	158,73

- Dormitorio 3:

Estancia	Superficie ( $m^2$ )	Ocupación	$q_v$	$D_t$	$Q_v$
Dormitorio 3		1	5	25,4	158,73

- Baño 1:

Estancia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Ocupación	q <sub>v</sub>	D <sub>t</sub>	Q <sub>v</sub>
Baño 1			15	25,4	476,18

- Baño 2:

Estancia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Ocupación	q <sub>v</sub>	D <sub>t</sub>	Q <sub>v</sub>
Baño 2			15	25,4	476,18

- Cocina:

Estancia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Ocupación	q <sub>v</sub>	D <sub>t</sub>	Q <sub>v</sub>
Cocina	14,72		2	25,4	934,58

- Salón Comedor:

Estancia	Superficie (m <sup>2</sup> )	Ocupación	q <sub>v</sub>	D <sub>t</sub>	Q <sub>v</sub>
Salón Comedor		4	3	25,4	380,94

## 1.1.6.- Resumen de cargas térmicas.

Una vez fijadas las condiciones de diseño, para el cálculo de las cargas térmicas de calefacción se tendrán en cuenta los siguientes factores:

- Características constructivas de los cerramientos.
- Orientación de las fachadas.
- Influencia de los edificios colindantes si los hubiera.
- Horarios de funcionamiento de los diferentes subsistemas.
- Ocupación y su variación en el tiempo y espacio.
- Índices de ventilación y extracción.

En régimen de calefacción, la máxima carga sensible se obtendrá como suma de las cargas de cada estancia, considerando la simultaneidad debida a diferencias de horario.

Una vez calculadas las cargas térmicas para cada una de las estancias, tanto por transmisión como por infiltración, se procede a realizar la suma de cada una de ellas obteniendo la carga total aplicando el coeficiente por intermitencia del 10 % (F<sub>int</sub> = 10).

$$Q_{\text{total}} = (Q_t + Q_v) \cdot (1 + F_{\text{int}} / 100) \quad (1.1.4)$$

Al final se realiza la suma de todas las cargas térmicas para obtener la total de la vivienda:

ESTANCIA	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )	Q <sub>t</sub> (W)	Q <sub>v</sub> (W)	F <sub>int</sub>	Q <sub>total</sub> (W)
Pasillo	12,77	810,57	283,77	10	1203,78
Dormitorio 1	19,95	1527,63	317,45	10	2029,59
Dormitorio 2	14,28	1123,99	158,73	10	1410,98
Dormitorio 3	11,56	939,94	158,73	10	1208,53

Baño 1	9,52	648,99	476,18	10	1237,68
Baño 2	6,38	511,95	476,18	10	1086,94
Cocina	14,72	1156,05	934,58	10	2299,69
Salón Comedor	31,42	2060,71	380,94	10	2685,82
				<b>Q<sub>total vivienda</sub></b>	<b>13163,01</b>

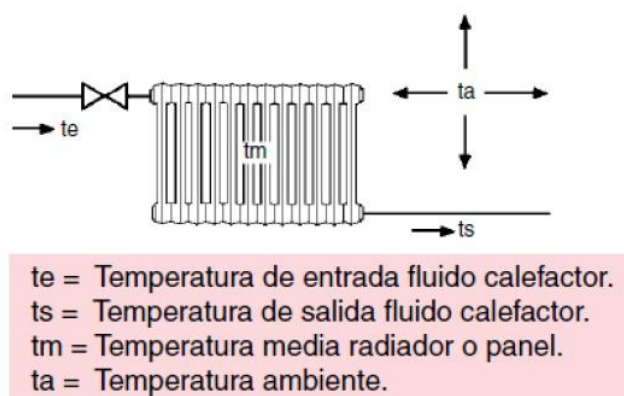
Por lo tanto tenemos que  $Q_{\text{total vivienda}} = 13163,01 \text{ W}$ .

## 1.2.- INSTALACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN POR RADIADORES

Una vez obtenidas las cargas por estancia podemos pasar a calcular y seleccionar los diferentes elementos que compondrán la instalación física real a llevar a cabo por un instalador cualificado.

### 1.2.1.- Cálculo y selección de los emisores.

Lo primero a realizar será calcular la emisión calorífica de los elementos emisores. Las temperaturas que influyen en dicha emisión calorífica de un radiador o panel están representadas en la figura 4:



**Figura 4:** Temperaturas influyentes en la emisión calorífica del radiador.

La diferencia entre la temperatura de entrada y salida para una determinada temperatura ambiente, es característica fundamental en el momento de calcular el salto térmico  $\Delta t$  de un radiador o panel, por ello es importante tener en cuenta los consiguientes conceptos:

- Cuando  $(\Delta_{ts} / \Delta_{te}) \geq 0,7$ , el salto térmico se puede determinar mediante la media aritmética:

$$\Delta t = t_m - t_a = ((t_e + t_s) / 2) - t_a \quad (1.2.1)$$

En nuestro caso consideramos las siguientes temperaturas:

$$t_a = 21 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_e = 80 \text{ }^\circ\text{C} \quad t_s = 67 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\Delta_{ts} = t_s - t_a = 67 - 21 = 46$$

$$\Delta_{te} = t_e - t_a = 80 - 21 = 59$$

$$(\Delta_{ts} / \Delta_{te}) = 46 / 59 = 0,779 \geq 0,7$$

Con este dato calculamos el salto térmico correspondiente:

$$\Delta t = ((80 + 67) / 2) - 21 = 52,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

Para nuestra instalación hemos optado por el modelo de **ROCA DUBAL** en toda la casa. Adjuntamos en la figura 5 las tablas de las emisiones caloríficas para distintos  $\Delta t$  y modelos proporcionadas por el fabricante:

Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442

$\Delta t = T.$  media radiador -  $T.$  ambiente) en  $^\circ\text{C}$

### Radiadores de aluminio DUBAL

Datos por elemento

Frontal con aberturas

Modelos	Exponente "n"	Salto Térmico															
		30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
DUBAL 30	1,30	37	40	43	47	50	53	57	60	64	68	71,3	75	79	83	86	90
DUBAL 45	1,35	40	44	47	51	55	59	63	67	71	75	79,5	84	88	93	97	102
DUBAL 60	1,35	52	57	62	67	72	77	82	87	93	98	103,9	110	115	121	127	133
DUBAL 70	1,34	60	65	71	77	82	88	94	100	107	113	119,1	126	132	139	145	152
DUBAL 80	1,33	68	74	80	86	93	99	106	113	120	127	133,7	141	148	155	163	170

Frontal plano

Modelos	Exponente "n"	Salto Térmico															
		30	32	34	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58	60
DUBAL 30	1,29	36	40	43	46	49	53	56	60	63	67	70,5	74	78	82	85	89
DUBAL 45	1,35	38	42	45	49	53	56	60	64	68	72	76,2	80	85	89	93	97
DUBAL 60	1,34	50	54	59	64	69	73	78	83	89	94	99,0	104	110	115	121	126
DUBAL 70	1,34	57	63	68	73	79	84	90	96	102	108	113,7	120	126	132	139	145
DUBAL 80	1,34	65	70	76	82	89	95	101	108	114	121	127,9	135	142	149	156	163

**Figura 5:** Emisión calorífica para distintos  $\Delta t$ .

En nuestro caso el salto térmico es de 52,5  $^\circ\text{C}$ , por lo que realizaremos el cálculo ayudados del exponente 'n' proporcionado:

Modelo	Altura (mm)	kcal/h (salto 50 $^\circ\text{C}$ )	Exponente "n" curva caract.	Capacidad de agua (l)	kcal/h (salto 52,5 $^\circ\text{C}$ )
DUBAL 30 abert	288	71,3	1,3	0,27	75
DUBAL 30	288	70,5	1,29	0,27	75
DUBAL 45 abert	421	79,5	1,35	0,29	84
DUBAL 45	421	76,2	1,35	0,29	81
DUBAL 60 abert	571	103,9	1,35	0,36	110
DUBAL 60	571	99	1,34	0,36	105
DUBAL 70 abert	671	119,1	1,34	0,43	127
DUBAL 70	671	113,7	1,34	0,43	121
DUBAL 80 abert	771	133,7	1,33	0,5	142
DUBAL 80	771	127,9	1,34	0,5	136

Elegiremos para instalar en todas las estancias de la casa el modelo **ROCA DUBAL-70 frontal con aberturas**. Se observa que para nuestro salto térmico de 52,5  $^\circ\text{C}$  la emisión calorífica es de 127 kcal/h, que pasados a W nos da un valor de:

$$\text{DUBAL-70 abert} = 127 \text{ kcal/h} = 147,32 \text{ W por elemento}$$

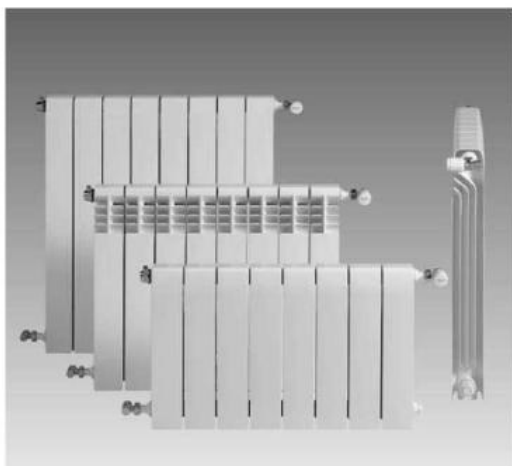
Con este dato, introducimos a continuación en la tabla 3 un resumen con potencias y radiadores por estancia de la casa:

**Tabla 3:** Potencia y nº de elementos instalados.

Estancia	Pot. Calculada (W)	Pot. Instalada (W)	nº elementos	Superficie (m <sup>2</sup> )	W/m <sup>2</sup> Inst.
Pasillo	1203,78	1325,88	9	12,77	103,83
Dormitorio 1	2029,59	2062,48	14	19,95	103,38
Dormitorio 2	1410,98	1473,2	10	14,28	103,17
Dormitorio 3	1208,53	1325,88	9	11,56	114,70
Baño 1	1237,68	1325,88	9	9,52	139,27
Baño 2	1086,94	1178,56	8	6,38	184,73
Cocina	2299,69	2357,12	16	14,72	160,13
Salón Comedor	2685,82	2799,08	19	31,42	89,09
<b>TOTAL</b>	<b>13163,01</b>	<b>13848,08</b>			

A continuación, en la figura 6, se muestra la hoja de características del modelo de radiador seleccionado:

## Radiadores de aluminio



### DUBAL

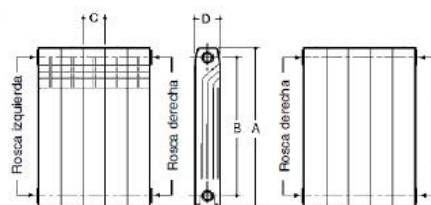
Radiadores de aluminio para instalaciones de agua caliente hasta 6 bar y 110 °C o vapor a baja presión hasta 0,5 bar.

#### Características principales

- Radiador reversible de dos estéticas, permite su instalación con frontal plano o con aberturas.
- Radiadores formados por elementos acoplables entre sí mediante manguitos de 1" rosca derecha-izquierda y junta de estanqueidad.
- Elementos fabricados por inyección a presión de la aleación de aluminio previamente fundida.
- Radiadores montados y probados a la presión de 9 bar.
- Pintura de acabado en doble capa. Imprimación base por electroforesis (inmersión) y posterior capa de polvo epoxi color blanco RAL 9010 (ambas capas secado al horno).
- Accesorios compuestos por: Tapones y reducciones, pintados y cincados con rosca a derecha o izquierda, juntas, soportes, purgador automático PA5 1"(D ó I) y spray pintura para retoques.

#### Dimensiones y Características Técnicas

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento en kcal/h				Exponente "n" de la curva característica	
	A	B	C	D			Frontal aberturas (1)	Frontal aberturas (2)	Frontal plano (1)	Frontal plano (2)	Frontal aberturas	Frontal plano
DUBAL 30	288	218	80	147	0,27	1,45	84,9	71,3	86,7	70,5	1,30	1,29
DUBAL 45	421	350	80	82	0,29	1,13	112,8	79,5	108,7	76,2	1,35	1,35
DUBAL 60	571	500	80	82	0,36	1,43	147,7	103,9	142,6	99,0	1,35	1,34
DUBAL 70	671	600	80	82	0,43	1,63	170,9	119,1	165,7	113,7	1,34	1,34
DUBAL 80	771	700	80	82	0,50	1,83	189,9	133,7	184,0	127,9	1,33	1,34



(1) - Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para Δt= 60 °C (A título informativo)  
 (2) - Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para Δt= 50 °C  
 Δt = (T media radiador - T ambiente) en °C  
 Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

Los orificios de los elementos van roscados a 1" derecha a un lado e izquierda al otro. Al realizar el pedido, prestar especial atención en la acertada elección del sentido de rosca de las reducciones y tapones.

## Montaje

Si se desea ampliar un radiador a mayor número de elementos deben usarse los manguitos y las juntas correspondientes.

	Código
Manguito M-1" A	194002003*
Junta 1" 42 x 32 x 1	194003005*

\* En conjunto de 50 unidades

(Consultar montaje radiadores hierro fundido). La colocación de tapones y reducciones, no precisa de estopada o similar, la estanquidad se realiza mediante la misma junta del manguito.

## Instalación

En instalaciones con radiadores de aluminio se debe tener las siguientes precauciones:

- Colocar siempre en cada radiador un purgador automático PA5-1 (D ó I).
- Tratar el agua de la instalación para mantener el PH entre 5 y 8.
- Evitar que el radiador una vez instalado quede completamente aislado de la instalación, impidiendo que la llave y el detentor queden cerrados simultáneamente por algún tiempo.

## Prueba hidráulica

Se recomienda probar los radiadores después de la instalación a una presión de 1,3 veces la que deberán soportar.

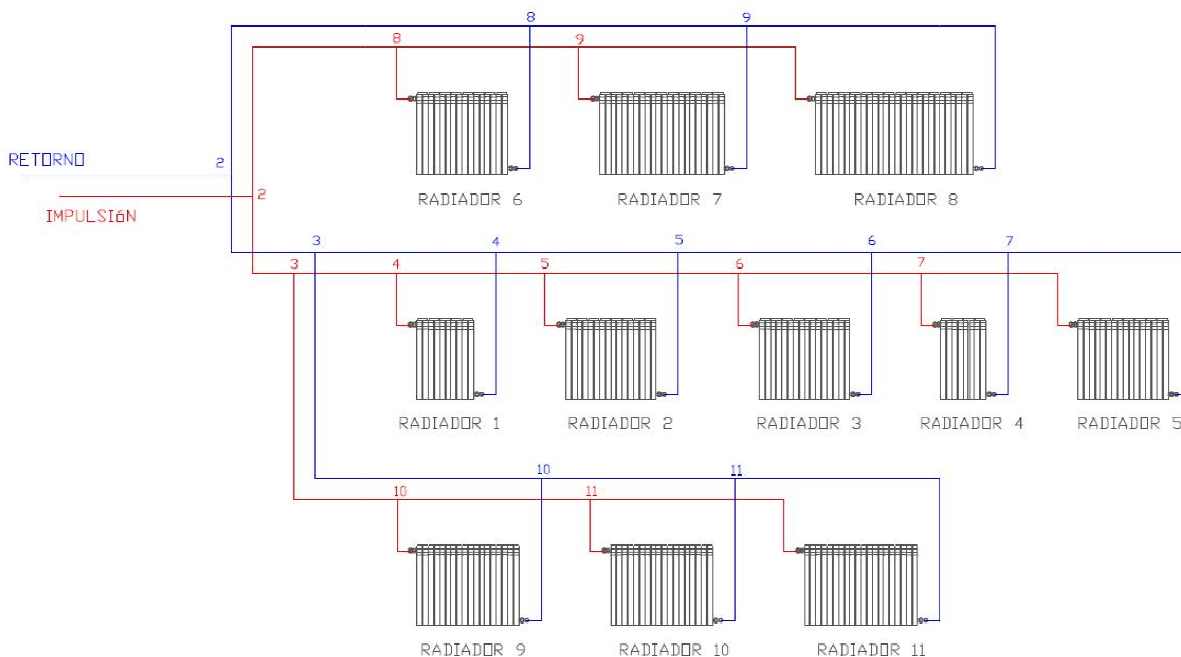
## Forma de suministro

- Se expiden en bloques de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 y 14 elementos, debidamente protegidos con cantoneras de poliestireno expandido y retractilado con plástico individual.
- Accesorios adicionales: ver "Accesorios para radiadores".

**Figura 6:** Características radiador ROCA DUBAL.

## 1.2.2.- Esquema de la instalación y numeración de los tramos.

Para facilitar la comprensión de los datos de cada uno de los tramos de circulación de las tuberías, como son su longitud y caudal circulante, realizamos un esquema numerado de la instalación:



**Figura 7:** Esquema numerado instalación de radiadores.

En la figura 7 se representan con diferentes colores las tuberías de ida y retorno, así como todos los radiadores de la instalación. Para facilitar la identificación de cada tramo de tubería y de cada elemento se ha optado por numerarlos.

A cada radiador de la instalación se le ha asignado un número de orden y se ha numerado también el inicio y cada bifurcación que se produce en la tubería. Esto nos permitirá identificar cada tramo de tubería por el número del punto de inicio y el número del punto final del mismo.



En la tabla 4 se hace un resumen de todos los tramos, con su identificación y longitud. Para obtener las longitudes de tubería del plano hay que tener en cuenta que los ramales principales circulan por el suelo y las conexiones de los radiadores deben llegar hasta ellas. Consideraremos en este caso que la distancia entre el suelo y la conexión de retorno en el radiador es de 0,15 m, y la distancia entre el suelo y la conexión de impulsión de 0,75 m. Para el primer tramo también tendremos en cuenta que la instalación de la caldera se realizará en la planta baja, cuya distancia hasta la planta de la vivienda es de 2,50 m.

**Tabla 4:** Tramos y longitudes de tubería (m).

Tuberías de impulsión		Tuberías de retorno	
1 - 2	2,8	1 - 2	2,9
2 - 3	2,6	2 - 3	2,4
3 - 4	0,24	3 - 4	0,64
4 - RADIADOR 1	1,09	4 - RADIADOR 1	0,59
4 - 5	1,78	4 - 5	1,18
5 - RADIADOR 2	1,49	5 - RADIADOR 2	2,62
5 - 6	4,6	5 - 6	4,6
6 - RADIADOR 3	0,96	6 - RADIADOR 3	1,1
6 - 7	2,28	6 - 7	2,48
7 - RADIADOR 4	1,11	7 - RADIADOR 4	0,93
7 - RADIADOR 5	3,1	7 - RADIADOR 5	3,24
2 - 8	2,75	2 - 8	3,59
8 - RADIADOR 6	1	8 - RADIADOR 6	0,3
8 - 9	5,93	8 - 9	6,17
9 - RADIADOR 7	1	9 - RADIADOR 7	0,3
9 - RADIADOR 8	5,33	9 - RADIADOR 8	5,3
3 - 10	6,4	3 - 10	7,33
10 - RADIADOR 9	1	10 - RADIADOR 9	0,3
10 - 11	3,2	10 - 11	3,2
11 - RADIADOR 10	1	11 - RADIADOR 10	0,3
11 - RADIADOR 11	4,86	11 - RADIADOR 11	4,24

### 1.2.3.- Caudales circulantes en cada tramo.

Una vez calculadas las longitudes de cada tramo pasamos a calcular el caudal que circula por cada uno de ellos. Éste debe ser el suficiente para garantizar el correcto funcionamiento del radiador al que alimenta.

Se calcula dividiendo la potencia calorífica del radiador por la caída de temperatura del agua a la salida del radiador. Para sistemas de calefacción que utilicen agua como fluido térmico, tendremos que:

$$Q = P_u / (t_e - t_s) \quad (1.2.2)$$

Aplicando la fórmula anterior con la potencia calorífica expresada en kcal/h y la diferencia de temperatura en grados centígrados, se obtiene el caudal expresado en l/h. En la tabla 5 se muestra el caudal requerido por cada uno de los radiadores instalados:

**Tabla 5:** Caudal requerido por los radiadores instalados.

ESTANCIA	RADIADOR	POTENCIA (W)	POTENCIA (kcal/h)	$t_e - t_s$ (°C)	CAUDAL (l/h)
Pasillo	Radiador 1	736,6	634,95	13	48,85
	Radiador 2	589,28	507,96	13	39,08
Dormitorio 1	Radiador 8	2062,48	1777,86	13	136,76
Dormitorio 2	Radiador 11	1473,2	1269,9	13	97,69
Dormitorio 3	Radiador 9	1325,88	1142,91	13	87,92
Baño 1	Radiador 10	1325,88	1142,91	13	87,92
Baño 2	Radiador 5	1178,56	1015,92	13	78,15
Cocina	Radiador 2	1178,56	1015,92	13	78,15
	Radiador 6	1178,56	1015,92	13	78,15
Salón Comedor	Radiador 3	1178,56	1015,92	13	78,15
	Radiador 7	1620,52	1396,89	13	107,46

El caudal que circula por cada tramo debe ser el suficiente para alimentar todos los radiadores que tenga aguas abajo. En nuestra instalación el caudal de agua que circula por cada tramo de tubería será el que se indica en la tabla 6:

**Tabla 6:** Tramos y caudales circulantes.

Tuberías de impulsión		Tuberías de retorno	
Tramo:	Q (l/h)	Tramo:	Q (l/h)
1 - 2	918,28	1 - 2	918,28
2 - 3	595,91	2 - 3	595,91
3 - 4	322,38	3 - 4	322,38
4 - RADIADOR 1	48,85	4 - RADIADOR 1	48,85
4 - 5	273,53	4 - 5	273,53
5 - RADIADOR 2	78,15	5 - RADIADOR 2	78,15
5 - 6	195,38	5 - 6	195,38
6 - RADIADOR 3	78,15	6 - RADIADOR 3	78,15
6 - 7	117,23	6 - 7	117,23
7 - RADIADOR 4	39,08	7 - RADIADOR 4	39,08
7 - RADIADOR 5	78,15	7 - RADIADOR 5	78,15
2 - 8	322,37	2 - 8	322,37
8 - RADIADOR 6	78,15	8 - RADIADOR 6	78,15
8 - 9	244,22	8 - 9	244,22
9 - RADIADOR 7	107,46	9 - RADIADOR 7	107,46
9 - RADIADOR 8	136,76	9 - RADIADOR 8	136,76
3 - 10	273,53	3 - 10	273,53
10 - RADIADOR 9	87,92	10 - RADIADOR 9	87,92
10 - 11	185,61	10 - 11	185,61
11 - RADIADOR 10	87,92	11 - RADIADOR 10	87,92
11 - RADIADOR 11	97,69	11 - RADIADOR 11	97,69

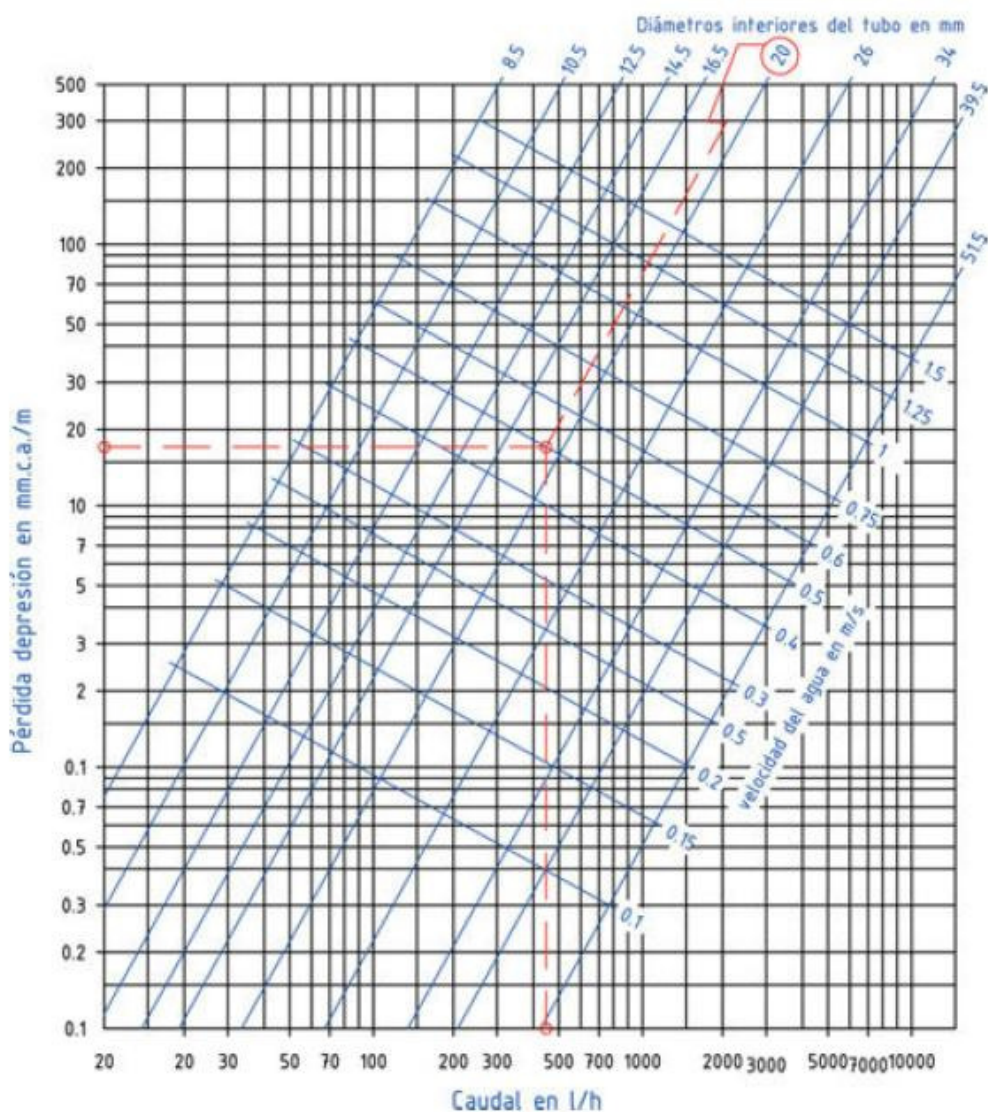
Podemos observar, que por tratarse de un sistema de distribución con retorno directo, con el trazado paralelo de tuberías, los caudales que circulan en tramos homólogos de ida y retorno son iguales.

## 1.2.4.- Selección del diámetro de las tuberías.

Una vez que hemos calculado el caudal que recorrerá cada uno de los distintos tramos, podemos calcular los diámetros de las tuberías en cada uno de ellos. La selección del diámetro de los tubos que debemos utilizar, se realiza atendiendo a dos criterios, siempre partiendo de que sabemos el tipo de tubería que vamos a utilizar. En nuestro caso nos hemos decidido por utilizar tubería de cobre por todas las ventajas que presenta en este tipo de instalaciones.

En primer lugar, debemos limitar la velocidad de circulación del agua dentro de las tuberías, que no debe superar los 2 m/s para evitar ruidos. Generalmente se utilizan velocidades comprendidas entre 0,5 y 1,5 m/s.

En segundo lugar, debemos tener en cuenta que las pérdidas de presión por metro de tubería no superen un valor máximo de 40 mm.c.a., fijado por normativa.



**Figura 8:** Diagrama de pérdidas de carga en tubos de cobre.

La forma más sencilla de seleccionar el diámetro de la tubería es utilizando tablas de doble entrada, en las que a partir del caudal circulante y la velocidad de circulación del agua podemos determinar el diámetro de la tubería a utilizar y al mismo tiempo comprobar la pérdidas de presión que tendremos con este diámetro de tubo.

Aplicando esto a nuestro ejemplo, teniendo en cuenta que vamos a realizar la instalación con tubería de cobre recocido, podemos utilizar el diagrama de la figura 8 para calcular el diámetro de las tuberías que debemos utilizar.

**Tabla 7:** Diámetro de tuberías.

Tuberías de impulsión			Tuberías de retorno		
Tramo:	Q (l/h)	$\varnothing_{int}$ (mm)	Tramo:	Q (l/h)	$\varnothing_{int}$ (mm)
1 - 2	918,28	26	1 - 2	918,28	26
2 - 3	595,91	26	2 - 3	595,91	26
3 - 4	322,38	16,5	3 - 4	322,38	16,5
4 - RADIADOR 1	48,85	8,5	4 - RADIADOR 1	48,85	8,5
4 - 5	273,53	16,5	4 - 5	273,53	16,5
5 - RADIADOR 2	78,15	10,5	5 - RADIADOR 2	78,15	10,5
5 - 6	195,38	14,5	5 - 6	195,38	14,5
6 - RADIADOR 3	78,15	10,5	6 - RADIADOR 3	78,15	10,5
6 - 7	117,23	12,5	6 - 7	117,23	12,5
7 - RADIADOR 4	39,08	8,5	7 - RADIADOR 4	39,08	8,5
7 - RADIADOR 5	78,15	10,5	7 - RADIADOR 5	78,15	10,5
2 - 8	322,37	16,5	2 - 8	322,37	16,5
8 - RADIADOR 6	78,15	10,5	8 - RADIADOR 6	78,15	10,5
8 - 9	244,22	14,5	8 - 9	244,22	14,5
9 - RADIADOR 7	107,46	12,5	9 - RADIADOR 7	107,46	12,5
9 - RADIADOR 8	136,76	12,5	9 - RADIADOR 8	136,76	12,5
3 - 10	273,53	16,5	3 - 10	273,53	16,5
10 - RADIADOR 9	87,92	10,5	10 - RADIADOR 9	87,92	10,5
10 - 11	185,61	14,5	10 - 11	185,61	14,5
11 - RADIADOR 10	87,92	10,5	11 - RADIADOR 10	87,92	10,5
11 - RADIADOR 11	97,69	10,5	11 - RADIADOR 11	97,69	10,5

## 1.2.5.- Cálculo de pérdidas de carga. Selección de la bomba de circulación.








La función de la bomba de circulación es la de hacer circular el agua calentada en la caldera hacia los elementos emisores. El caudal que debe mover la bomba ya lo hemos calculado en los apartados anteriores.












También necesitaremos calcular las pérdidas de presión totales de la instalación para poder seleccionar la bomba más adecuada. Las pérdidas de carga totales de la instalación, se calculan sumando a las pérdidas de presión que se producen en las tuberías las pérdidas locales debidas a los accesorios de la tubería (codos, tes, reducciones,...), a las válvulas, a los emisores, etc.

**Tabla 8:** Pérdidas de carga en tuberías.

Tuberías de impulsión				Tuberías de retorno			
Tramo:	Q (l/h)	$\varnothing_{int}$ (mm)	$\Delta P$ (mm.c.a./m)	Tramo:	Q (l/h)	$\varnothing_{int}$ (mm)	$\Delta P$ (mm.c.a./m)
1 - 2	918,28	26	17	1 - 2	918,28	26	17
2 - 3	595,91	26	15	2 - 3	595,91	26	15
3 - 4	322,38	16,5	21	3 - 4	322,38	16,5	21
4 - RADIADOR 1	48,85	8,5	13	4 - RADIADOR 1	48,85	8,5	13
4 - 5	273,53	16,5	14	4 - 5	273,53	16,5	14
5 - RADIADOR 2	78,15	10,5	12	5 - RADIADOR 2	78,15	10,5	12
5 - 6	195,38	14,5	13	5 - 6	195,38	14,5	13
6 - RADIADOR 3	78,15	10,5	12	6 - RADIADOR 3	78,15	10,5	12
6 - 7	117,23	12,5	12	6 - 7	117,23	12,5	12
7 - RADIADOR 4	39,08	8,5	9	7 - RADIADOR 4	39,08	8,5	9
7 - RADIADOR 5	78,15	10,5	12	7 - RADIADOR 5	78,15	10,5	12
2 - 8	322,37	16,5	21	2 - 8	322,37	16,5	21
8 - RADIADOR 6	78,15	10,5	12	8 - RADIADOR 6	78,15	10,5	12
8 - 9	244,22	14,5	19	8 - 9	244,22	14,5	19
9 - RADIADOR 7	107,46	12,5	9	9 - RADIADOR 7	107,46	12,5	9
9 - RADIADOR 8	136,76	12,5	14	9 - RADIADOR 8	136,76	12,5	14
3 - 10	273,53	16,5	14	3 - 10	273,53	16,5	14
10 - RADIADOR 9	87,92	10,5	16	10 - RADIADOR 9	87,92	10,5	16
10 - 11	185,61	14,5	13	10 - 11	185,61	14,5	13
11 - RADIADOR 10	87,92	10,5	16	11 - RADIADOR 10	87,92	10,5	16
11 - RADIADOR 11	97,69	10,5	20	11 - RADIADOR 11	97,69	10,5	20

Existen diversos métodos para calcular las pérdidas de presión locales. En este caso vamos a utilizar el método de la longitud equivalente, que consiste en asignar a cada accesorio una longitud equivalente de tubería que provoca las mismas pérdidas de presión que el propio accesorio. Este dato lo podemos obtener en tablas informativas elaboradas a tal efecto, como la mostrada en la figura 9 en la que obtenemos las longitudes equivalentes (en m) de las pérdidas de carga localizadas correspondientes a distintos elementos singulares de las redes hidráulicas.

Clase de resistencia aislada	Diámetros nominales de las tuberías	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2	2 1/2	3	4
		10	15	20	25	32	40	50	65	80	100
	manguito de unión	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,09	0,12	0,15
	cono de reducción	0,20	0,30	0,50	0,65	0,85	1,00	1,30	2,00	2,30	3,00
	codo o curva de 45°	0,20	0,34	0,43	0,47	0,56	0,70	0,83	1,00	1,18	1,25
	curva de 90°	0,18	0,33	0,45	0,60	0,84	0,96	1,27	1,48	1,54	1,97
	codo de 90°	0,38	0,50	0,63	0,76	1,01	1,32	1,71	1,94	2,01	2,21
	"te" de 45°	1,02	0,84	0,90	0,96	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	2,70
	"te" arqueada o de curvas ("pantalones")	1,50	1,68	1,80	1,92	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40

	"te" confluencia de ramal (paso recto)	0,10	0,15	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
	"te" derivación a ramal	1,80	2,50	3,00	3,60	4,10	4,60	5,00	5,50	6,20	6,90
	válvula retención de batiente de pistón	0,20 1,33	0,30 1,70	0,55 2,32	0,75 2,85	1,15 3,72	1,50 4,67	1,90 5,75	2,65 6,91	3,40 8,40	4,85 11,1
	válvula retención paso de escuadra	5,10	5,40	6,50	8,50	11,50	13,0	16,5	21,0	25,0	36,0
	válvula de compuerta abierta	0,14	0,18	0,21	0,26	0,36	0,44	0,55	0,69	0,81	1,09
	válvula de paso recto y asiento inclinado	1,10	1,34	1,74	2,28	2,89	3,46	4,53	5,51	6,69	8,80
	válvula de globo	4,05	4,95	6,25	8,25	10,8	13,0	17,0	21,0	25,0	33,0
	válvula de escuadra o ángulo (abierta)	1,90	2,55	3,35	4,30	5,60	6,85	8,60	11,1	13,7	17,1
	válvula de asiento de paso recto	-	3,40	3,60	4,50	5,65	8,10	9,00	-	-	-
	intercambiador	-	-	-	2,1	5	12,5	13,2	14,2	25	-
	radiador	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	radiador con valvulería	3,75	4,40	5,25	6,00	6,75	7,50	8,80	10,10	11,40	12,70
	caldera	2,50	3,00	3,50	4,00	4,50	5,00	5,75	6,50	7,00	7,50
	caldera con valvulería	3,00	4,20	4,90	5,60	6,30	7,00	8,00	8,75	9,50	10,00
	contador general individual o divisionario	4,5 m.c.a. 10 m.c.a.									

**Figura 9:** Longitudes equivalentes de las pérdidas de carga en elementos.

Como en el apartado anterior hemos calculado el diámetro de todas las tuberías de la instalación y al mismo tiempo las pérdidas de presión por metro de tubería, si a cada tramo de tubería le añadimos la longitud equivalente de todos los accesorios montados sobre ella, podemos calcular fácilmente la caída de presión en ese tramo.

Aplicando esto a nuestro caso objeto de estudio, podemos elaborar una tabla para el ramal más desfavorable de la instalación (el ramal más desfavorable, coincide habitualmente con el más largo, ya que al tener más metros de tubo, las pérdidas de presión son mayores, en este caso el ramal 1-Radiador 5):

CÁLCULO PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN TUBERÍA DE IDA									
TRAMO	LONGITUD (m)	CODOS	DERIVACIONES	REDUCCIONES	CALDERA	EMISOR	LONG. EQUIVALENTE (m)	$\Delta P$ (mm.c.a./m)	PÉRDIDA TOTAL (mm.c.a.)
1 - 2	2,80	2 x 1,01	1 x 4,10	--	1 x 6,30	--	15,22	17	258,74
2 - 3	2,60	1 x 1,01	1 x 0,40	--	--	--	4,01	15	60,15
3 - 4	0,24	--	1 x 0,20	--	--	--	0,44	21	9,24
4 - RAD1	1,09	2 x 0,38	--	1 x 0,20	--	1 x 3,75	5,80	13	75,40

4 - 5	1,78	--	1 x 0,20	1 x 0,50	--	--	2,48	14	34,72
5 - RAD2	1,49	2 x 0,50	--	1 x 0,30	--	1 x 4,40	7,19	12	86,28
5 - 6	4,60	--	1 x 0,15	1 x 0,30	--	--	5,05	13	65,65
6 - RAD3	0,96	2 x 0,50	--	1 x 0,30	--	1 x 4,40	6,66	12	79,92
6 - 7	2,28	1 x 0,50	1 x 0,15	1 x 0,30	--	--	3,23	12	38,76
7 - RAD4	1,11	2 x 0,38	--	1 x 0,20	--	1 x 3,75	5,82	9	52,38
7 - RAD5	3,10	2 x 0,50	--	1 x 0,30	--	1 x 4,40	8,80	12	105,60
<b>TOTAL</b>									<b>866,84</b>

### CÁLCULO PÉRDIDAS DE PRESIÓN EN TUBERÍA DE RETORNO

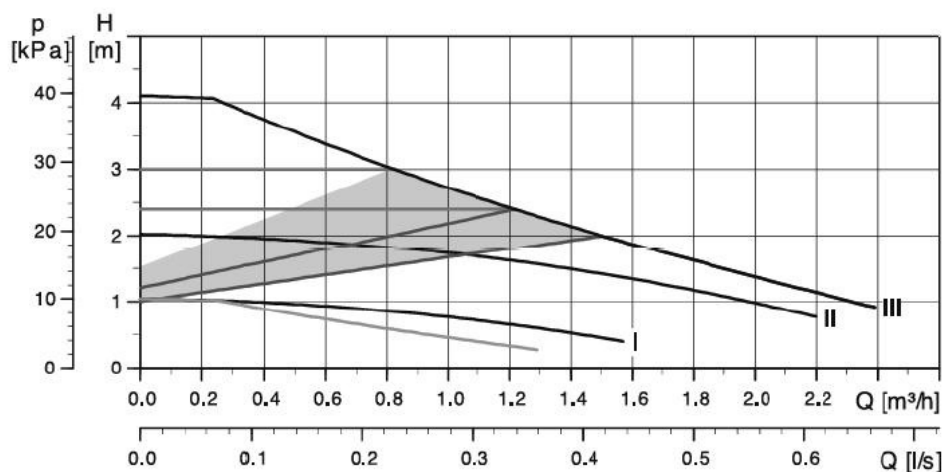
TRAMO	LONGITUD (m)	CODOS	DERIVACIONES	REDUCCIONES	CALDERA	EMISOR	LONG. EQUIVALENTE (m)	ΔP (mm.c.a./m)	PÉRDIDA TOTAL (mm.c.a.)
1 - 2	2,90	2 x 1,01	1 x 4,10	--	1 x 6,30	--	15,32	17	260,44
2 - 3	2,40	1 x 1,01	1 x 0,40	--	--	--	3,81	15	57,15
3 - 4	0,64	--	1 x 0,20	--	--	--	0,88	21	18,48
4 - RAD1	0,59	2 x 0,38	--	1 x 0,20	--	1 x 3,75	5,30	13	68,90
4 - 5	1,18	--	1 x 0,20	1 x 0,50	--	--	1,88	14	26,32
5 - RAD2	2,62	2 x 0,50	--	1 x 0,30	--	1 x 4,40	8,32	12	99,84
5 - 6	4,60	--	1 x 0,15	1 x 0,30	--	--	5,05	13	65,65
6 - RAD3	1,10	2 x 0,50	--	1 x 0,30	--	1 x 4,40	6,80	12	81,60
6 - 7	2,48	1 x 0,50	1 x 0,15	1 x 0,30	--	--	3,43	12	41,16
7 - RAD4	0,93	2 x 0,38	--	1 x 0,20	--	1 x 3,75	5,64	9	50,76
7 - RAD5	3,24	2 x 0,50	--	1 x 0,30	--	1 x 4,40	8,94	12	107,28
<b>TOTAL</b>									<b>877,58</b>

Con los datos de caudal que debe impulsar la bomba y la caída de presión en el tramo más desfavorable, podemos seleccionar la bomba que necesitamos, ayudándonos con la curva característica del circulador que proporciona el fabricante.

En este caso, los datos de caudal y pérdida de presión son:

- Caudal: 918,28 l/h = 0,2551 l/s = 0,918 m<sup>3</sup>/h.
- Pérdida de presión: 1744,42 mm.c.a. = 1,744 m.c.a.

Por tanto, la bomba de suministro de calefacción tiene que ser capaz de proporcionar como mínimo el caudal mencionado, y ser capaz de vencer la pérdida de carga indicada en el tramo propuesto. El grupo de impulsión elegido será de la marca Grundfos, modelo ALPHA2 25-40 130, cuyas curvas características son:



**Figura 10:** Curva característica grupo de impulsión ALPHA2 25-40 130.

Según lo expuesto anteriormente, se puede observar que la instalación no está equilibrada en diseño, puesto que se ha dimensionado la instalación antes del cálculo de pérdidas de cargas y la elección del grupo de impulsión se ha hecho teniendo en cuenta el circuito más desfavorable, por lo que el equilibrio se hará mediante la instalación de detentores o válvulas de equilibrado hidráulico.

## 1.2.6.- Cálculo del generador.

Para el cálculo del generador se tendrá en cuenta la potencia instalada para satisfacer las demandas caloríficas de las estancias del edificio.

- $Q_{\text{instalada}} = 13848,08 \text{ W} = 13,848 \text{ kW}$

En base a estos datos, y teniendo en cuenta que el combustible a utilizar son pellets, se propone la instalación del grupo térmico de la marca Hargassner, modelo Classic 14, con capacidad térmica 4-14,9 kW.

Las características técnicas del grupo térmico considerado facilitadas por el fabricante se exponen a continuación en la figura 11:

HOJA DE DATOS TÉCNICOS PARA Classic 9-22							
Tipo	WTH	9	12	14	15	22	
	HSV	9	12	14	15	22	
Potencia Caldera	P	2-9,5	3,5-12	4-14,9	4,5-16	6,5-22	kW
Altura Caldera	H	1470	1470	1470	1470	1470	mm
Ancho Caldera	A	1165	1165	1165	1165	1165	mm
Fondo Caldera	F	825	825	825	825	825	mm
Desmontaje Entera/Descompuesta (Ver ilustraciones)	HxAxF	1470 / 1470 1165 / 730 825 / 670					mm
Altura tubo de humos	RH	1272	1272	1272	1272	1272	mm
Diámetro tubo humos	RD	130	130	130	130	130	mm
Altura Entrada	VL	1152	1152	1152	1152	1152	mm
Altura Retorno	RL	1082	1082	1082	1082	1082	mm
Entrada y Retorno	VRL	1"	1"	1"	1"	1"	Pulgada
Presión Operación max.	p	3	3	3	3	3	bar
T operación max.	T	95	95	95	95	95	°C
Capacidad agua	V	38	38	38	38	38	Litro
Peso	m	300	300	300	300	300	kg
Presión de tiro	p	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	mbar
Toma eléctrica		230V AC, 50Hz, 16A					

**Figura 11:** Características técnicas del grupo térmico.

## 1.2.7.- Cálculo del vaso de expansión.

Se realizará el cálculo del volumen del vaso de expansión necesario para la instalación de calefacción según la norma UNE 100155:2004, según la cual el cálculo debe hacerse siguiendo los siguientes pasos:



- Como primer paso, se ha de calcular el volumen total del agua contenida en el circuito, que comprenderá el agua de las tuberías, los generadores, las unidades terminales, etc.
- ✓ Volumen total de la instalación:  $V = 98,26 \text{ l}$ .
- Determinar la temperatura máxima de funcionamiento del sistema.
- ✓ Temperatura máxima de funcionamiento:  $T = 80 \text{ °C}$ .
- Cálculo del coeficiente de expansión  $C_e$  según la temperatura máxima del sistema y teniendo en cuenta, eventualmente, el factor de corrección para la solución de agua y glicol. Para ello usamos las fórmulas que nos proporciona la norma UNE 100155:2004. Para éste caso particular:
- ✓ Para temperaturas desde  $70 \text{ °C}$  hasta  $140 \text{ °C}$  (ambas excluidas):

$$C_e = (-33,48 + 0,738 \cdot t) \cdot 10^{-3} \quad (1.2.3)$$

$$C_e = (-33,48 + 0,738 \cdot 80) \cdot 10^{-3} = 0,02556$$

- Se determinan las presiones  $P_m$  y  $P_M$  de acuerdo con los siguientes criterios:
- ✓  $P_m$  es igual a la altura geométrica de la instalación.
- ✓  $P_M$  será ligeramente menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad que, a su vez, deberá ser menor que la menor de las presiones máximas de funcionamiento de los equipos y aparatos.

Por lo tanto tomaremos estos valores como:

$$P_m = 0,33498 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_M = 3,05915 \text{ kg/cm}^2$$

- Calculamos ahora el coeficiente de presiones:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m) \quad (1.2.4)$$

$$C_p = 3,05915 / (3,05915 - 0,33498) = 1,123$$

- Con todos los datos calculados en los puntos anteriores calculamos ahora el volumen total del vaso de expansión:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p \quad (1.2.4)$$

$$V_t = 98,26 \cdot 0,02556 \cdot 1,123$$

El volumen total necesario para el vaso de expansión es  $V_t = 2,82 \text{ l}$ .

Se instalará un vaso de expansión de la marca Ibaiondo, modelo 5 CMF, cuyas características técnicas facilitadas por el fabricante se muestran en la figura 12:

Peso (Kg.)	Código	Modelo	Capacidad (l.)	Presión (Max. Bar)	Dimensiones		Conexión de Agua R
					Ø D	H	
2	02005343	5 CMF	5	5	200	250	3/4"
2,5	02008343	8 CMF	8	5	200	340	3/4"
3,2	02012343	12 CMF	12	5	270	310	3/4"
4	02018343	18 CMF	18	5	270	415	3/4"
4,5	02025343	25 CMF	25	5	320	430	3/4"
7	02035343	35 CMF	35	5	360	475	3/4"

**Figura 12:** Características técnicas del vaso de expansión.

### 1.3.- INSTALACIÓN DE DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

Para el cálculo de la instalación de calefacción mediante suelo radiante utilizaremos el documento técnico de instalaciones en la edificación "DTIE 9.04 Sistema de Suelo Radiante".

#### 1.3.1.- Cargas térmicas a considerar y densidad de flujo.

Para el dimensionado de la instalación de suelo radiante, al igual que para la de radiadores, el dato necesario será la carga térmica total del local.

Al contrario que en éste último, y dada la gran elevada inercia térmica que presenta este sistema, el periodo de utilización del suelo radiante debe ser mayor que el de los radiadores, por lo que promediaremos la carga a lo largo de un periodo de tiempo. Los fabricantes, con el fin de no sobredimensionar la instalación, suelen aplicar correcciones habituales multiplicando la carga máxima por un factor comprendido entre 0,4 y 0,7.

En este caso, se ha tomado un factor de corrección de 0,6. Las cargas térmicas a considerar serán:

ESTANCIA	ÁREA (m <sup>2</sup> )	Q (W)	Q (W) corregido (*0,6)
Pasillo	12,77	1203,78	722,27
Dormitorio 1	19,95	2029,59	1217,75
Dormitorio 2	14,28	1410,98	846,59
Dormitorio 3	11,56	1208,53	725,12
Baño 1	9,52	1237,68	742,61
Baño 2	6,38	1086,94	652,16
Cocina	14,72	2299,69	1379,81
Salón Comedor	31,42	2685,82	1611,49

Por lo tanto, la densidad de flujo de calor ( $q = \text{Potencia/Unidad de superficie}$ ) que es necesario disipar desde el suelo radiante será el mostrado en la tabla 9:

**Tabla 9:** Densidad de flujo de calor a disipar por el suelo radiante.

ESTANCIA	q (W/m <sup>2</sup> )
Pasillo	56,56
Dormitorio 1	61,04
Dormitorio 2	59,29
Dormitorio 3	62,73
Baño 1	78,01
Baño 2	102,22
Cocina	93,74
Salón Comedor	51,29

#### 1.3.2.- Potencia máxima aportada desde suelo radiante.

Las ecuaciones que determinan el flujo de calor disipado desde una superficie radiante, dependen de si proviene desde el suelo, pared o techo, y de si la superficie es fría o caliente. En nuestro caso tenemos suelo con superficie fría. La ecuación proporcionada por la pre-norma europea prEN 15377-1 es:

$$q = 8,92 (|T_{\text{suelo}} - T_{\text{operativa}}|)^{1,1} \quad (1.3.1)$$

De esta expresión se puede calcular la temperatura que sería necesaria en el suelo para disipar la demanda  $q$ . La cantidad de energía disipada depende de la temperatura operativa, que en nuestro caso es de 21°C.

Estableciendo las condiciones de temperatura más favorables para la disipación, se puede determinar la potencia máxima aportada desde el suelo radiante, tanto para la zona ocupada como para la zona perimetral:

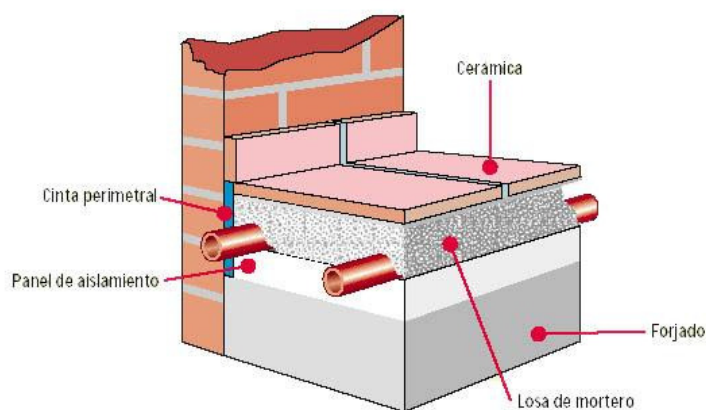
Zona ocupada:	Para $T_{\text{suelo}} = 29^{\circ}\text{C}$ y $T_{\text{operativa}} = 21^{\circ}\text{C}$	$q = 87,9 \text{ W/m}^2$
Zona perimetral y baños:	Para $T_{\text{suelo}} = 35^{\circ}\text{C}$ y $T_{\text{operativa}} = 21^{\circ}\text{C}$	$q = 162,6 \text{ W/m}^2$

### 1.3.3.- Separación entre tubos.

El dimensionado de una instalación de suelo radiante se basa en determinar la separación a la que hay que colocar los tubos para que con una determinada temperatura del agua de impulsión se pueda aportar la energía necesaria al local.

El método de cálculo que seguiremos será el establecido en la norma UNE-EN 1264.

La configuración de suelo radiante elegida para la instalación es la denominada TIPO A en normativa, que es una de las más usadas. La distribución de esta configuración se muestra en la figura 13:



**Figura 13:** Configuración suelo radiante TIPO A.

La separación entre tubos establece, en función de la temperatura de circulación del agua, la temperatura superficial para aportar la carga necesaria al local.

El método se basa en, a partir de la ecuación que relaciona la densidad de flujo de calor ( $q$ ), con la diferencia media logarítmica de temperaturas  $\Delta T_{\text{DMLT}}$ , ir determinando la separación necesaria entre los tubos para los diferentes locales.

La ecuación fundamental es:

$$q = B \prod (a_i^{m_i}) \Delta T_{DMLT} \quad (1.3.2)$$

Los parámetros de la ecuación son:

**B:** Es el coeficiente del sistema. Se mide en  $W/(m^2\text{°C})$  y depende de si el suelo es caliente (suelo radiante) o frío (suelo refrescante). En este caso, se trata de un suelo radiante, por lo que el valor de B es:

$$B = 6,5 \text{ W}/(m^2\text{°C})$$

Este valor de B es válido para conductividad del tubo de  $k = 0,35 \text{ W}/(m\text{°C})$  y un espesor de pared de 2 mm. Para valores distintos a estos debe recalcularse B a partir de los  $a_i$ , la separación entre tubos, la conductividad del nuevo material, el diámetro, el espesor, etc., según se mostrará posteriormente.

$a_i$ : dependen de la configuración, y se corresponden con los factores que se calcularán a continuación.

$m_i$ : exponentes específicos de cada factor de corrección.

$\Delta T_{DMLT}$ : diferencia media logarítmica de temperaturas entre el circuito y el local.

La ecuación global para la configuración TIPO A es:

$$q = B a_B a_T^{m_T} a_u^{m_u} a_D^{m_D} \Delta T_{DMLT} \quad (1.3.3)$$

Los parámetros para la configuración TIPO A los determinaremos a partir de tablas o ecuaciones según se indica a continuación:

**$a_B$ : factor de cubierta superficial** (revestimiento del suelo). Se calcula a partir de la ecuación:

$$a_B = ((1/h)+(e_0/k_0))/((1/h)+(e_0/k_E)+R_{sup}) \quad (1.3.4)$$

Siendo:

h: el coeficiente de película (en la norma denominado  $\alpha$ ), considerando en este caso  $10,8 \text{ W}/(m^2\text{°C})$  para suelo radiante.

$e_0$ : espesor de referencia de la capa de mortero (en la norma denominado  $S_{u,0}$ ), establecido en 0,045 m.

$k_0$ : conductividad térmica de referencia ( $1 \text{ W}/(m\text{°C})$ ) de la capa de mortero (en la norma denominado  $\lambda_{u,0}$ ).

$k_E$ : conductividad térmica real de la capa de mortero (en la norma  $\lambda_E$ ). En nuestro caso esta conductividad es de  $1,8 \text{ W}/(m\text{°C})$ .

$R_{sup}$ : resistencia de la superficie (en la norma denominada  $R_{\lambda,B}$ ) que es calculada dividiendo el espesor entre la conductividad. La resistencia de la superficie en el caso de estudio es de  $0,01 \text{ W}/(m\text{°C})$ .

Por tanto, sustituyendo en la fórmula (1.3.4), tenemos que:

$$a_B = ((1/10,8)+(0,045/1))/((1/10,8)+(0,045/1,8)+0,01) = 1,078374456$$

**a<sub>T</sub>: parámetro de espaciado** o factor de paso, dependiente directo de la resistencia superficial. Se calcula a partir de la ecuación:

$$a_T = 1,23 - 0,94 \cdot R_{sup} + 2 \cdot R_{sup}^2 \quad (1.3.5)$$

Como ya se ha dicho antes, en nuestro caso  $R_{sup} = 0,01$ . Sustituyendo en la ecuación (1.3.5) tenemos que:

$$a_T = 1,23 - 0,94 \cdot 0,01 + 2 \cdot 0,01^2 = 1,2208$$

**a<sub>u</sub>: factor de recubrimiento de tubería.** Depende de la separación entre los tubos T (paso) y de la  $R_{sup}$ . Se calcula a partir de la tabla 10:

**Tabla 10:** Cálculo de  $a_u$  en función de  $R_{sup}$  y la separación entre tubos.

Separación T	$R_{sup}$			
	0	0,05	0,1	0,15
0,05	1,0690	1,0550	1,0430	1,0370
0,1	1,0660	1,0530	1,0410	1,0350
0,15	1,0630	1,0500	1,0390	1,0335
0,2	1,0570	1,0460	1,0350	1,0305
0,25	1,0510	1,0410	1,0315	1,0275
0,3	1,0480	1,0380	1,0295	1,0260
0,35	1,0395	1,0310	1,0240	1,0210
0,375	1,0300	1,0220	1,0180	1,0150

Donde interpolando para nuestra  $R_{sup} = 0,01$ , tenemos que los valores de  $a_u$  son:

Separación T	$a_u$
0,05	1,0662
0,1	1,0634
0,15	1,0604
0,2	1,0548
0,25	1,0490
0,3	1,0460
0,35	1,0378
0,375	1,0284

**a<sub>D</sub>: factor de diámetro exterior de la tubería.** Depende también de la separación entre los tubos T (paso) y de la  $R_{sup}$ . Se calcula a partir de la tabla 11:

**Tabla 11:** Cálculo de  $a_D$  en función de  $R_{sup}$  y la separación entre tubos.

Separación T	$R_{sup}$			
	0	0,05	0,1	0,15
0,05	1,0130	1,0130	1,0120	1,0110
0,1	1,0210	1,0190	1,0160	1,0140
0,15	1,0290	1,0250	1,0220	1,0180
0,2	1,0400	1,0340	1,0290	1,0240
0,25	1,0460	1,0400	1,0350	1,0300

<b>0,3</b>	1,0490	1,0430	1,0380	1,0330
<b>0,35</b>	1,0530	1,0490	1,0440	1,0390
<b>0,375</b>	1,0560	1,0510	1,0460	1,0420

Para nuestro caso particular interpolamos para una  $R_{sup} = 0,01$ , y tenemos:

Separación T	$a_D$
<b>0,05</b>	1,0130
<b>0,1</b>	1,0206
<b>0,15</b>	1,0282
<b>0,2</b>	1,0388
<b>0,25</b>	1,0448
<b>0,3</b>	1,0478
<b>0,35</b>	1,0522
<b>0,375</b>	1,0550

Por otro lado, los exponentes que aparecen en la ecuación los calcularemos utilizando las siguientes expresiones:

$$m_T = 1 - (T/0,075) \quad (1.3.6)$$

Por lo que dependiendo de la separación entre los tubos T (paso) tendremos:

Separación T	mt
<b>0,05</b>	0,3330
<b>0,1</b>	-0,3330
<b>0,15</b>	-1,0000
<b>0,2</b>	-1,6670
<b>0,25</b>	-2,3330
<b>0,3</b>	-3,0000
<b>0,35</b>	-3,6670
<b>0,375</b>	-4,0000

El siguiente exponente:

$$m_u = 100 (0,045 - e_u) \quad (1.3.7)$$

Siendo  $e_u$  el espesor real de mortero sobre el tubo (en la norma se denomina  $S_u$ ). En nuestro caso, el espesor de mortero será en todos los casos de 40 mm, por lo tanto, sustituyendo en la ecuación (1.3.7):

$$m_u = 100 (0,045 - 0,04) = 0,5$$

El último exponente que tenemos que calcular será:

$$m_D = 250 (D - 0,020) \quad (1.3.8)$$

Siendo D el diámetro exterior de la tubería (válido para valores entre 1 y 3 cm). En nuestro caso, la tubería seleccionada será una tubería con diámetro exterior de 1,6 cm, por lo que aplicándolo en la fórmula (1.3.8):

$$m_D = 250 (0,016 - 0,020) = -1$$

Para corregir el parámetro B, y dado que en nuestro caso se trata de un tubo que está sin recubrir, utilizaremos la expresión (1.3.9):

$$(1/B) = (1/B_0) + (1,1/\pi) \cdot \prod (a_i^{m_i}) \cdot T \cdot [(1/2k_{\text{tubo}}) \cdot \ln (D_{\text{Tubo}}/D_{\text{Tubo int}}) - (1/2k_{\text{tubo-Ref}}) \cdot \ln (D_{\text{Tubo Ref}}/D_{\text{Tubo int ref}})] \quad (1.3.9)$$

Siendo:

$k_{\text{tubo}}$ : la conductividad del tubo (en la norma  $\lambda_R$ ). En nuestro caso será de 0,35 W/(m°C).

$k_{\text{tubo-Ref}}$ : la conductividad de referencia que es 0,35 W/(m°C) (en la norma  $\lambda_{R,0}$ )

$D_{\text{Tubo}}$  y  $D_{\text{Tubo int}}$ : diámetros exterior e interior del tubo (en la norma  $d_a$  y  $d_i$ ). En nuestro caso los valores que toman estos parámetros son 0,0196 y 0,016 mm respectivamente.

$D_{\text{Tubo Ref}}$  y  $D_{\text{Tubo int Ref}}$ : diámetros interior y exterior del tubo de referencia cuyos valores son 0,02 y 0,016 mm respectivamente.

Sustituyendo cada uno de los valores en la ecuación (1.3.9) para cada una de las diferentes distancias entre tubos T (paso), tenemos los B recalculados:

Separación T	B recalculado
0,05	6,477282011
0,1	6,460666552
0,15	6,448898448
0,2	6,44118917
0,25	6,436228166
0,3	6,433326191
0,35	6,432465892
0,375	6,43277594

Una vez tenemos todos estos datos, ya estamos en disposición de calcular la instalación de suelo radiante.

A continuación hacemos una recopilación de todos los datos:

En todos los casos se ha colocado un espesor de mortero de 40 mm con una conductividad térmica de 1,8 W/(m°C). La cubierta superficial para todas las estancias es la misma. Se trata de baldosa cerámica de 10 mm de espesor de conductividad térmica 1 W/(m°C).

La densidad de flujo de calor que hay que disipar por m<sup>2</sup> de local para cada una de las estancias será la calculada en el apartado anterior. La configuración que se va a instalar es la denominada en la norma como TIPO A.

ESTANCIA	q (W/m <sup>2</sup> )
Pasillo	56,56
Dormitorio 1	61,04
Dormitorio 2	59,29
Dormitorio 3	62,73
Baño 1	78,01
Baño 2	102,22
Cocina	93,74
Salón Comedor	51,29

El diámetro de tubería que se ha seleccionado para la instalación es de 16 mm. La estructura que se ha elegido es la de plantilla con aislante, equipado con tetones que permiten unos pasos de tubería de 5 cm o múltiplos de esa cantidad.

El cálculo lo comenzaremos a partir del local que más densidad de flujo necesita. Recordemos que la máxima cantidad de calor que es capaz de disipar el suelo radiante es:

Zona ocupada: Para  $T_{\text{suelo}} = 29^{\circ}\text{C}$  y  $T_{\text{operativa}} = 21^{\circ}\text{C}$   $q = 87,9 \text{ W/m}^2$

Zona perimetral y baños: Para  $T_{\text{suelo}} = 35^{\circ}\text{C}$  y  $T_{\text{operativa}} = 21^{\circ}\text{C}$   $q = 162,6 \text{ W/m}^2$

Observamos a primera vista que es el Baño 2 el local con más densidad de flujo. Pero si estudiamos la tabla con más detenimiento, podemos ver que la Cocina, con la densidad de flujo demandada, necesitará de la diferenciación de una zona perimetral respecto de la zona ocupada. Por tanto, haremos primero el cálculo de la densidad de flujo para esa zona perimetral para así compararla con la del Baño 2 y decidir con cuál de los dos comenzaremos el cálculo.

Como vemos en la tabla, la cocina tiene una carga de  $93,74 \text{ W/m}^2$ , superior a los  $87,9 \text{ W/m}^2$  de capacidad máxima en zona ocupada, por lo tanto hay que considerar parte de zona perimetral en la que se superarán los  $29^{\circ}\text{C}$  como temperatura del suelo.

La carga total de la cocina es de  $1379,81 \text{ W}$  que habrá que dividir entre la zona dimensionada como zona ocupada y la zona perimetral.

Como zona perimetral, la cocina cuenta con 7,8 metros lineales, pero será suficiente con considerar zona perimetral la pared que da a fachada con orientación suroeste, con 3,2 metros.

Diseñaremos la zona ocupada con la potencia máxima,  $87,9 \text{ W/m}^2$ , y a partir de aquí calculamos la potencia necesaria para la zona perimetral. Dado que la zona perimetral puede tener un espesor de 1 metro, las superficies que nos quedan serán:

Zona ocupada:  $11,52 \text{ m}^2$ .

Zona perimetral:  $3,2 \text{ m}^2$ .

Por tanto:

$$Q_{\text{zona ocupada}} = 11,52 \cdot 87,9 = 1012,6 \text{ W}$$

$$Q_{\text{zona perimetral}} = Q_{\text{cocina}} - Q_{\text{zona ocupada}} = 1379,81 - 1012,6 = 367,21 \text{ W}$$

$$q_{\text{zona perimetral}} = Q_{\text{zona perimetral}} / A_{\text{zona perimetral}} = 367,21 / 3,2 = 114,75 \text{ W/m}^2$$

Podemos ver que esta potencia es superior a la que necesita el Baño 2, por lo que comenzaremos los cálculos por la zona perimetral de la Cocina. A continuación exponemos los valores calculados para dicha zona, teniendo en consideración todos los parámetros de diseño constructivos, para los diferentes pasos de tubería disponibles.



**COCINA ZONA PERIMETRAL**

Los parámetros y exponentes independientes del paso T:

Independientes del paso T	
<b>Resistencia</b>	0,01 m <sup>2</sup> /(W°C)
<b>q</b>	114,75 W/m <sup>2</sup>
<b>B</b>	6,5
<b>a<sub>b</sub></b>	1,078374456
<b>a<sub>T</sub></b>	1,2208
<b>m<sub>u</sub></b>	0,5
<b>m<sub>D</sub></b>	-1

Los parámetros y exponentes dependientes del paso de tubería:

Dependientes del paso				
Separación T	m <sub>T</sub>	a <sub>u</sub>	a <sub>D</sub>	B recalculado
<b>0,05</b>	0,3330	1,0662	1,0130	6,477282011
<b>0,1</b>	-0,3330	1,0634	1,0206	6,460666552
<b>0,15</b>	-1,0000	1,0604	1,0282	6,448898448
<b>0,2</b>	-1,6670	1,0548	1,0388	6,44118917
<b>0,25</b>	-2,3330	1,0490	1,0448	6,436228166
<b>0,3</b>	-3,0000	1,0460	1,0478	6,433326191
<b>0,35</b>	-3,6670	1,0378	1,0522	6,432465892
<b>0,375</b>	-4,0000	1,0284	1,0550	6,43277594

Dado que la ecuación básica utilizada en el dimensionado relaciona la densidad de potencia emitida con la diferencia media logarítmica de temperatura, el producto de todos los parámetros elevados a sus correspondientes exponentes proporciona la relación de la densidad de flujo de calor y la diferencia media logarítmica de temperatura. Y con la densidad de flujo se puede determinar la diferencia media logarítmica necesaria para cada paso de tubería.

$$q = B \prod (a_i^{m_i}) \Delta T_{DMLT} \rightarrow (q / \Delta T_{DMLT}) = B \prod (a_i^{m_i}) \rightarrow (q / (B \prod (a_i^{m_i}))) = \Delta T_{DMLT} \quad (1.3.10)$$

Según se establece en el RITE, se conoce el intervalo de temperaturas operativas de diseño. En este caso se ha considerado una temperatura operativa para todos los locales de 21°C. Por otro lado los saltos térmicos entre la entrada y salida en los circuitos para calefacción deben estar entre 5°C y 15°C.

Utilizando el criterio de menor longitud de tubería instalada (con el fin de reducir la inversión), y seleccionando el menor salto térmico, se pueden determinar los valores de la temperatura necesaria del agua a la entrada que permiten esa densidad de flujo de calor y que dependen del paso de tubería. La ecuación que permite determinar la temperatura del agua a la entrada es:

$$T_{imp} = T_{operativa\ local} + (\Delta T / (1 - \exp(-\Delta T / \Delta T_{DMLT}))) \quad (1.3.11)$$

Se selecciona el valor de temperatura para el mayor paso y se comprueba si es válida para el resto de los locales. En el caso de que no sea válida hay que seleccionar un paso de tubería menor (y como consiguiente se incrementa el precio de la inversión) reduciendo la temperatura de entrada hasta que todo el resto de locales dispongan de valores que permitan la emisión térmica necesaria.

En el caso que nos ocupa, para temperatura operativa de 21°C, considerando salto térmico del agua de 5°C son:

<b>Cocina</b>			
<b>Separación T</b>	<b>Pendiente q/ΔT<sub>DMLT</sub></b>	<b>ΔT<sub>DMLT</sub></b>	<b>T<sub>entrada</sub></b>
<b>0,05</b>	7,609	15,081	38,719
<b>0,1</b>	6,587	17,421	41,040
<b>0,15</b>	5,705	20,113	43,717
<b>0,2</b>	4,924	23,302	46,892
<b>0,25</b>	4,272	26,862	50,440
<b>0,3</b>	3,722	30,831	54,399
<b>0,35</b>	3,231	35,512	59,070
<b>0,375</b>	3,002	38,224	61,778

A continuación hay que comprobar que el valor de la temperatura de alimentación permite en el resto de los circuitos cumplir con los criterios de salto térmico entre 5 y 15°C con las posibles separaciones. Hay que tener en cuenta que cuando se dispongan de circuitos en serie entre zona perimetral y zona ocupada, la temperatura de entrada de la zona ocupada se corresponderá con la temperatura de salida de la zona perimetral, y deberá cumplir igualmente los requisitos 5 - 15°C para los circuitos en serie.

El procedimiento consiste en determinar el valor que se precisa para el resto de los circuitos de ΔT<sub>DMLT</sub> y comparar con los valores que proporcionan de ΔT<sub>DMLT</sub> los diferentes saltos térmicos entre 5 y 15°C para las temperaturas de alimentación. Si cumple alguna temperatura de alimentación para el local con menor densidad de flujo térmico, también cumplirá para los locales que precisen de una carga mayor.

Los valores de ΔT<sub>DMLT</sub> que proporcionan los diferentes valores de T<sub>entrada</sub> calculados anteriormente, con los posibles saltos térmicos entre 5 y 15°C, considerando la temperatura operativa del local de 21°C, se determinan con la ecuación (1.3.12) y se muestran en la tabla 12:

$$\Delta T_{DMLT} = \Delta T / ( \ln [ ( T_{entrada} - T_{operativa} ) / ( T_{entrada} - \Delta T - T_{operativa} ) ] ) \quad (1.3.12)$$

**Tabla 12:** Valores de ΔT<sub>DMLT</sub> para las diferentes temperaturas de entrada del agua según ΔT.

<b>T<sub>entrada</sub></b>	<b>ΔT=5</b>	<b>ΔT=6</b>	<b>ΔT=7</b>	<b>ΔT=8</b>	<b>ΔT=9</b>	<b>ΔT=10</b>	<b>ΔT=11</b>	<b>ΔT=12</b>	<b>ΔT=13</b>	<b>ΔT=14</b>	<b>ΔT=15</b>
<b>38,72</b>	15,08	14,51	13,93	13,32	12,69	12,03	11,34	10,61	9,83	8,97	8,00
<b>41,04</b>	17,42	16,86	16,29	15,70	15,10	14,47	13,82	13,14	12,43	11,67	10,87
<b>43,72</b>	20,11	19,56	19,00	18,43	17,84	17,24	16,61	15,97	15,31	14,62	13,89
<b>46,89</b>	23,30	22,76	22,21	21,65	21,07	20,49	19,89	19,27	18,64	17,99	17,32
<b>50,44</b>	26,86	26,33	25,78	25,23	24,67	24,09	23,51	22,92	22,31	21,69	21,06
<b>54,40</b>	30,83	30,30	29,76	29,22	28,66	28,10	27,53	26,96	26,37	25,77	25,16
<b>59,07</b>	35,51	34,98	34,45	33,91	33,37	32,82	32,26	31,69	31,12	30,54	29,95
<b>61,78</b>	38,22	37,70	37,17	36,63	36,09	35,54	34,99	34,43	33,86	33,29	32,71

La tabla 12 representa los valores que puede aportar de ΔT<sub>DMLT</sub> los posibles niveles térmicos del agua a la entrada, calculados para los posibles pasos del circuito más desfavorable. Estos valores son los que hay que comparar con los valores de ΔT<sub>DMLT</sub> que precisan el resto de circuitos. Comenzando con el de menor densidad de flujo, se determinará el valor de temperatura que permite esa densidad de flujo térmico. El resto, si cumple el de menor densidad de flujo térmico, también cumplirán.

Hagamos el cálculo por tanto con el Salón Comedor.

**SALÓN COMEDOR**

Los parámetros y exponentes serán los mismos que para la Cocina, así como el resto de estancias, ya que la cubierta superficial es para todas la misma.

Parámetros y exponentes independientes del paso T:

Independientes del paso T	
<b>Resistencia</b>	0,01 m <sup>2</sup> /(W°C)
<b>q</b>	51,29 W/m <sup>2</sup>
<b>B</b>	6,5
<b>ab</b>	1,078374456
<b>at</b>	1,2208
<b>mu</b>	0,5
<b>md</b>	-1

Parámetros y exponentes dependientes del paso de tubería:

Dependientes del paso				
Separación T	m <sub>T</sub>	a <sub>u</sub>	a <sub>D</sub>	B recalculado
<b>0,05</b>	0,3330	1,0662	1,0130	6,477282011
<b>0,1</b>	-0,3330	1,0634	1,0206	6,460666552
<b>0,15</b>	-1,0000	1,0604	1,0282	6,448898448
<b>0,2</b>	-1,6670	1,0548	1,0388	6,44118917
<b>0,25</b>	-2,3330	1,0490	1,0448	6,436228166
<b>0,3</b>	-3,0000	1,0460	1,0478	6,433326191
<b>0,35</b>	-3,6670	1,0378	1,0522	6,432465892
<b>0,375</b>	-4,0000	1,0284	1,0550	6,43277594

Los valores necesarios de ΔT<sub>DMLT</sub> para el Salón Comedor, que precisa 51,29 W/m<sup>2</sup> son:

Salón Comedor		
Separación T	Pendiente q/ΔT <sub>DMLT</sub>	ΔT <sub>DMLT</sub>
<b>0,05</b>	7,609	6,741
<b>0,1</b>	6,587	7,787
<b>0,15</b>	5,705	8,990
<b>0,2</b>	4,924	10,416
<b>0,25</b>	4,272	12,007
<b>0,3</b>	3,722	13,781
<b>0,35</b>	3,231	15,873
<b>0,375</b>	3,002	17,085

Comparando con los valores posibles de ΔT<sub>DMLT</sub> para las temperaturas de entrada recogidos en la tabla se observa que:

**Tabla 12:** Valores de  $\Delta T_{DMLT}$  para las diferentes temperaturas de entrada del agua según  $\Delta T$ .

Valores de $\Delta T_{DMLT}$ para las diferentes temperaturas de entrada del agua según $\Delta T$											
$T_{\text{entrada}}$	$\Delta T=5$	$\Delta T=6$	$\Delta T=7$	$\Delta T=8$	$\Delta T=9$	$\Delta T=10$	$\Delta T=11$	$\Delta T=12$	$\Delta T=13$	$\Delta T=14$	$\Delta T=15$
<b>38,72</b>	15,08	14,51	13,93	13,32	12,69	12,03	11,34	10,61	9,83	8,97	8,00
<b>41,04</b>	17,42	16,86	16,29	15,70	15,10	14,47	13,82	13,14	12,43	11,67	10,87
<b>43,72</b>	20,11	19,56	19,00	18,43	17,84	17,24	16,61	15,97	15,31	14,62	13,89
<b>46,89</b>	23,30	22,76	22,21	21,65	21,07	20,49	19,89	19,27	18,64	17,99	<b>17,32</b>
<b>50,44</b>	26,86	26,33	25,78	25,23	24,67	24,09	23,51	22,92	22,31	21,69	21,06
<b>54,40</b>	30,83	30,30	29,76	29,22	28,66	28,10	27,53	26,96	26,37	25,77	25,16
<b>59,07</b>	35,51	34,98	34,45	33,91	33,37	32,82	32,26	31,69	31,12	30,54	29,95
<b>61,78</b>	38,22	37,70	37,17	36,63	36,09	35,54	34,99	34,43	33,86	33,29	32,71

Con temperatura de entrada de 61,78°C un salto térmico de 15°C proporcionaría un valor de  $\Delta T_{DMLT}$  de 32,71°C, que es superior a cualquiera de los estimados con los diferentes pasos determinados para el Salón Comedor, por tanto, habrá que reducir la temperatura de entrada hasta que se cumpla que el valor más alto del Salón Comedor sea posible con alguno de los proporcionados en la tabla 12.

Observamos que son varios los valores que cumplen, pero dado que estamos diseñando de manera que el valor de la inversión sea el mínimo posible, escogeremos el valor que nos da la temperatura de entrada de 46,89°C y un salto térmico de 15°C, valor de  $\Delta T_{DMLT}$  de 17,32°C, el cual es ligeramente superior al que se establece para un paso de 0,375 en el Salón Comedor de 17,085°C.

Como consecuencia, la temperatura de entrada será de 46,89°C, debiendo colocar la zona perimetral de la Cocina con mayor densidad de flujo de calor a 0,2 m de paso y en el Salón Comedor, con la menor densidad de flujo, a 0,375 m de paso.

Por tanto los valores permitidos de  $\Delta T_{DMLT}$  para los diferentes saltos térmicos entre 5 y 15°C serán:

$T_{\text{entrada}}$	$\Delta T=5$	$\Delta T=6$	$\Delta T=7$	$\Delta T=8$	$\Delta T=9$	$\Delta T=10$	$\Delta T=11$	$\Delta T=12$	$\Delta T=13$	$\Delta T=14$	$\Delta T=15$
<b>46,89</b>	23,30	22,76	22,21	21,65	21,07	20,49	19,89	19,27	18,64	17,99	17,32

A continuación, una vez seleccionada la temperatura de entrada del agua, se determinan los pasos para el resto de los locales.

Los valores de los parámetros y exponentes son para todos los casos los mismos que para la Cocina y el Salón Comedor, ya que todos tienen la misma cubierta superficial. En la siguiente tabla se presentan los valores de densidad de flujo térmico de los locales que todavía no han sido calculados, así como los valores necesarios de  $\Delta T_{DMLT}$  para cubrir las necesidades de densidad de flujo de calor en el resto de los locales dependiendo de cada paso.

Valores de $\Delta T_{DMLT}$ necesarios en función del paso						
	Pasillo	Dormitorio 1	Dormitorio 2	Dormitorio 3	Baño 1	Baño 2
<b>Demanda (<math>W/m^2</math>)</b>	56,56	61,04	59,29	62,73	78,01	102,22
<b>0,05</b>	7,43	8,02	7,79	8,24	10,25	13,43
<b>0,1</b>	8,59	9,27	9,00	9,52	11,84	15,52
<b>0,15</b>	9,91	10,70	10,39	10,99	13,67	17,92
<b>0,2</b>	11,49	12,40	12,04	12,74	15,84	<b>20,76</b>

<b>0,25</b>	13,24	14,29	13,88	14,68	18,26	23,93
<b>0,3</b>	15,20	16,40	15,93	16,85	<b>20,96</b>	27,46
<b>0,35</b>	17,50	18,89	18,35	19,41	24,14	31,63
<b>0,375</b>	<b>18,84</b>	<b>20,33</b>	<b>19,75</b>	<b>20,89</b>	25,98	34,05

En negrita se muestran los valores permitidos con el mayor paso posible que cumplen con los valores de  $\Delta T_{DMLT}$  cuando la temperatura de entrada es de 46,89°C.

Dado que en la zona ocupada de la Cocina la temperatura de alimentación es la de salida de la zona perimetral (5°C inferior a la de entrada), el cálculo para esta zona es diferente que para los locales anteriores. En este caso los valores obtenidos son:

### COCINA ZONA OCUPADA

Los parámetros y exponentes serán los mismos que para el resto de estancias, ya que la cubierta superficial es para todas la misma.

$T_{\text{entrada}}$	<b>41,89</b>
$q$	87,9

Los valores en este caso son:

$T_{\text{entrada}}$	$\Delta T=5$	$\Delta T=6$	$\Delta T=7$	$\Delta T=8$	$\Delta T=9$	$\Delta T=10$	$\Delta T=11$	$\Delta T=12$	$\Delta T=13$	$\Delta T=14$	$\Delta T=15$
<b>41,89</b>	18,28	17,72	17,15	16,57	15,97	15,35	14,71	14,05	13,35	12,62	11,85

Y los valores de  $\Delta T_{DMLT}$  en función de los pasos:

Cocina Zona Ocupada	
Separación T	$\Delta T_{DMLT}$
<b>0,05</b>	11,552
<b>0,1</b>	13,344
<b>0,15</b>	15,407
<b>0,2</b>	17,850
<b>0,25</b>	20,577
<b>0,3</b>	23,617
<b>0,35</b>	27,202
<b>0,375</b>	29,280

Alimentando con agua a 41,89°C, con un paso de 0,2 m, se puede proporcionar la demanda para esa zona, teniendo un incremento de temperatura entre entrada y salida del agua de unos 6°C.

Resumiendo, la distancia entre tubos T (paso) para cada uno de las estancias de la vivienda será la mostrada en la tabla 13 a continuación:

**Tabla 13:** Distancia entre tubos para cada estancia.

Local	Paso (m)
<b>Pasillo</b>	0,375
<b>Dormitorio 1</b>	0,375

<b>Dormitorio 2</b>	0,375
<b>Dormitorio 3</b>	0,375
<b>Baño 1</b>	0,3
<b>Baño 2</b>	0,2
<b>Cocina Zona Perimetral</b>	0,2
<b>Cocina Zona Ocupada</b>	0,2
<b>Salón Comedor</b>	0,375

#### 1.3.4.- Longitud de tubería.

Una vez conocidos los pasos a los que deben colocarse los tubos en cada local, la longitud de la tubería para cada uno de los circuitos se calculará dividiendo el área total del local entre la separación (paso) y sumándole la distancia entre el colector y el circuito, denominado ramal. Si para alguno de los casos la distancia resultante de la división es demasiado grande, y con el fin de no incrementar la pérdida de carga de la instalación, se dividirá en circuitos diferentes, que, siempre que sea posible, tendrán la misma longitud para equilibrar las pérdidas de carga en los circuitos.

La situación del colector queda determinada en los planos adjuntos.

**Tabla 14:** Longitud de tubería de cada circuito.

<b>Circuito</b>	<b>Estancia</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Longitud Serpentin (m)</b>	<b>Longitud Ramales (m)</b>	<b>Longitud Total (m)</b>
<b>C 1.1</b>	Dormitorio 2	14,28	38,08	2,20	42,48
<b>C 1.2</b>	Baño 1	9,52	31,73	1,90	35,53
<b>C 1.3</b>	Dormitorio 3	11,56	30,83	2,90	36,63
<b>C 1.4</b>	Baño 2	6,38	31,90	5,20	42,30
<b>C 1.5</b>	Dormitorio 1	19,95	53,20	3,10	59,40
<b>C 1.6</b>	Salón Comedor	15,71	41,89	2,40	46,69
<b>C 1.7</b>	Salón Comedor	15,71	41,89	6,50	54,89
<b>C 1.8</b>	Cocina	14,72	73,60	5,10	83,80

Dado que los tubos de todos los circuitos han de pasar por el Pasillo para llegar hasta la estancia que han de calefactar, no será necesaria la instalación de un circuito específico para el pasillo, ya que como queda demostrado a continuación, dichos conductos suman una longitud superior a la longitud de tubo necesaria para calefactar el Pasillo.

- Longitud serpentín en pasillo:  
 $12,77 \text{ (m}^2) / 0,375 \text{ (m)} = 34,05 \text{ m de tubería.}$
- Longitud total de ramales que atraviesan el pasillo:  
 $(2,2 + 1,9 + 2,9 + 3,4 + 3,1 + 2,4 + 1,7 + 5,1) \cdot 2 = 45,4 \text{ m de tubería.}$

Como queda demostrado, no será necesaria la implantación de un circuito propio para el pasillo.

### 1.3.5.- Cálculo de caudales de circulación.

A continuación calculamos el caudal de agua que ha de circular por cada uno de los circuitos calculados anteriormente, mostrado en la tabla 15, para con ello calcular el caudal total circulante de la instalación.

El caudal de cada uno de los circuitos se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Q = P_{\text{total}} / (C_p \cdot (t_e - t_s)) \quad (1.3.13)$$

Siendo:

Q: caudal en l/h.

$P_{\text{total}}$ : potencia total en kcal/h.

$C_p$ : calor específico del agua.

$t_e$ : temperatura de entrada del agua.

$t_s$ : temperatura de salida del agua.

**Tabla 15:** Caudal circulante por cada circuito.

Circuito	Estancia	Longitud Total (m)	$P_{\text{total}}$ (kcal/h)	$t_e - t_s$ (°C)	Caudal Q (l/h)
C 1.1	Dormitorio 2	42,48	729,76	15	48,65
C 1.2	Baño 1	35,53	640,13	15	42,68
C 1.3	Dormitorio 3	36,63	625,05	15	41,67
C 1.4	Baño 2	42,30	562,17	15	37,48
C 1.5	Dormitorio 1	59,40	1049,70	15	69,98
C 1.6	Salón Comedor	46,69	694,55	15	46,30
C 1.7	Salón Comedor	54,89	694,55	15	46,30
C 1.8	Cocina	83,80	1189,40	11	108,13

El caudal circulante total será por tanto la suma de todos los anteriores:

- $Q_{\text{TOTAL}} = 441,19$  l/h.

### 1.3.6.- Cálculo de tubería de distribución.

Para el cálculo de la red de tuberías de conexión entre sala de calderas y colectores necesitamos saber el caudal circulante total. Una vez conocido este dato, calculado en el apartado anterior, se entra en la gráfica adecuada de la figura 16 de pérdidas de carga y se selecciona la dimensión de la tubería Wirsbo-evalPEX de acuerdo a un límite de pérdida de carga lineal que se fija en 0,2 kPa/m.

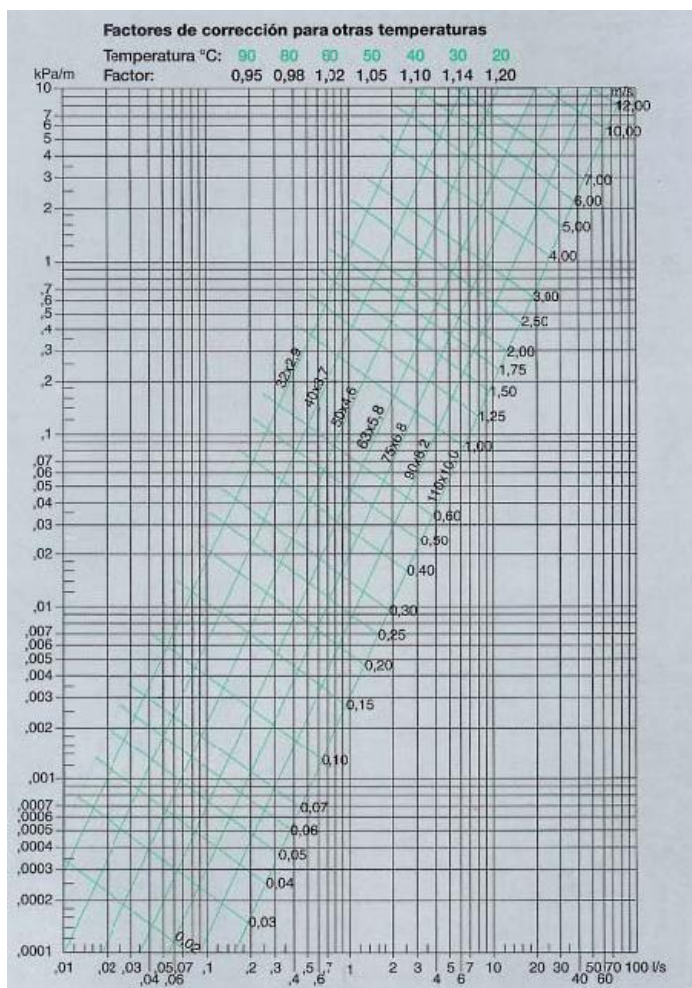
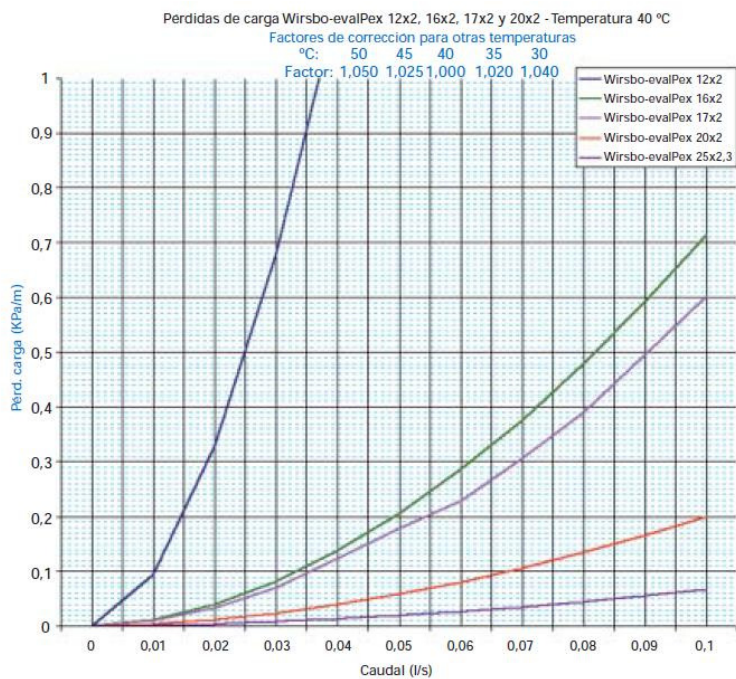


Diagrama de pérdida de carga en tuberías Wirsbo-evalPEX (desde 32x2,9 hasta 110x10)

**Figura 14:** Diagramas pérdida de carga en tuberías Wirsbo-evalPEX.



El caudal total de nuestra instalación es:

$$Q_{\text{TOTAL}} = 441,19 \text{ l/h} = 0,1225 \text{ l/s}$$

Entrando en el segundo gráfico de la figura 16 de pérdidas de carga con 0,1225 l/s y Wirsbo-evalPEX 32x2,9 resultan unas pérdidas de carga en tubería de 0,025 kPa/m, menor que los 0,2 kPa/m de pérdida de carga límite. Por tanto escogeremos Wirsbo-evalPEX 32x2,9 como tubería de distribución entre sala de calderas y colector.

### 1.3.7.- Cálculo de pérdidas de carga. Selección de la bomba de circulación.

La función de la bomba de circulación es la de hacer circular el agua calentada en la caldera hacia los elementos emisores. El caudal que debe mover la bomba ya lo hemos calculado en el apartado anterior.

Para hallar la pérdida de carga que tendrá que vencer la bomba de circulación, se deberá tener en cuenta el tramo entre la caldera y los colectores y entre éstos y el circuito más desfavorable.

También necesitaremos calcular las pérdidas de presión totales de la instalación para poder seleccionar la bomba más adecuada. Las pérdidas de carga totales de la instalación se obtendrán sumando las pérdidas en el circuito más desfavorable, las pérdidas en el colector, en las tuberías de distribución y las pérdidas singulares (codos, tes, válvulas...).

Entrando en el gráfico de la figura 16 de pérdidas de carga en tuberías con Wirsbo-evalPEX 16x2 se obtienen las pérdidas de carga en los diferentes circuitos:

**Tabla 16:** pérdidas de carga en circuitos.

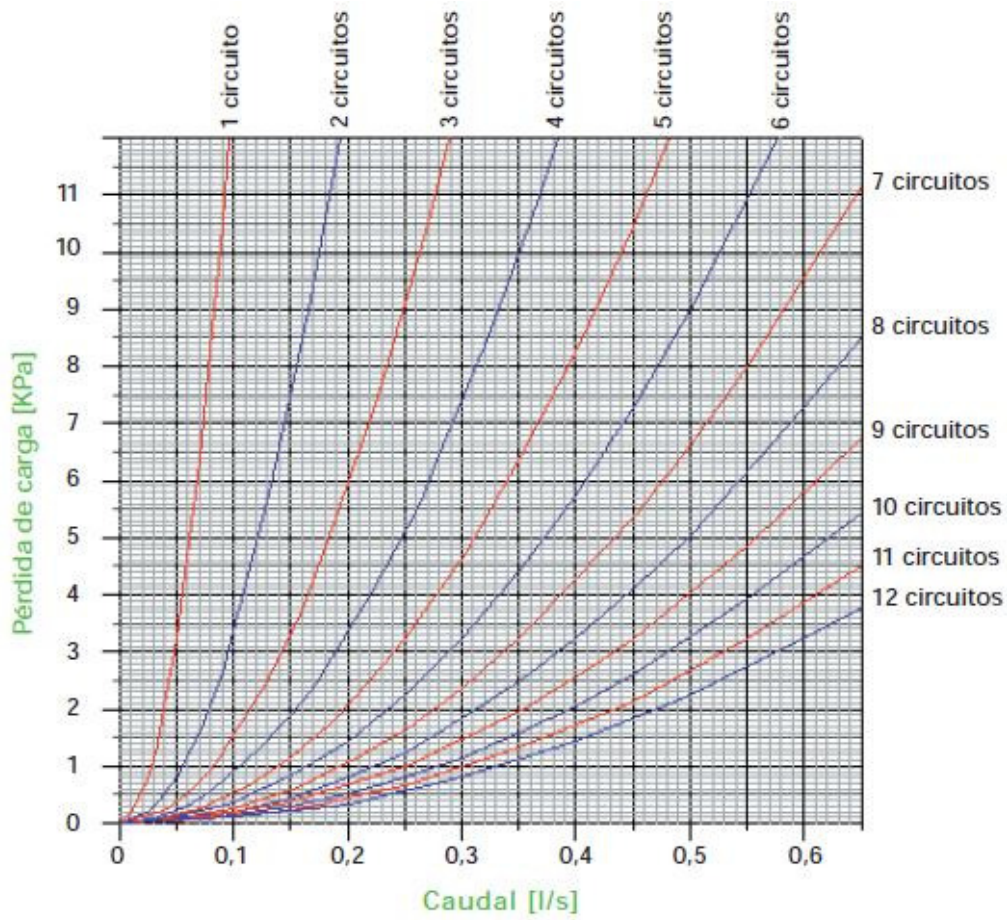
Circuito	Estancia	Longitud Total (m)	$\Delta P$ (mm.c.a./m)	Pérdida total (mm.c.a.)
C 1.1	Dormitorio 2	42,48	2,5	106,20
C 1.2	Baño 1	35,53	2	71,07
C 1.3	Dormitorio 3	36,63	2	73,25
C 1.4	Baño 2	42,30	1,5	63,45
C 1.5	Dormitorio 1	59,40	4	237,60
C 1.6	Salón Comedor	46,69	2	93,39
C 1.7	Salón Comedor	54,89	2	109,79
C 1.8	Cocina	83,80	8,5	712,30

Como podemos observar, el circuito más desfavorable será el circuito C 1.8, correspondiente a la cocina.

Las pérdidas de carga en la tubería de distribución es de:

	Longitud Total (m)	$\Delta P$ (mm.c.a./m)	Pérdida total (mm.c.a.)
<b>Tubería de distribución</b>	12,80	2,5	32,00

Las pérdidas de carga en el colector la obtendremos de la gráfica de la figura 17:



**Figura 15:** Diagrama de pérdida de carga en el colector Wirsbo Q&E en función del caudal y número de circuitos.

Existen diversos métodos para calcular las pérdidas de presión locales. En este caso vamos a utilizar el método de la longitud equivalente, que consiste en asignar a cada accesorio una longitud equivalente de tubería que provoca las mismas pérdidas de presión que el propio accesorio. Este dato lo podemos obtener en tablas informativas elaboradas a tal efecto, como la que se muestra en la figura 18 en la que obtenemos las longitudes equivalentes (en m) de las pérdidas de carga localizadas correspondientes a distintos elementos.

TIPO DE ACCESORIO	PÉRDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS [m de tubería equivalente] DIÁMETRO EXTERIOR DE LA TUBERÍA WIRSBO-EVALPEX										
	16	17	20	25	32	40	50	63	75	90	110
Manguito de unión	0,00	0,00	0,04	0,05	0,07	0,09	0,11	0,16	0,21	0,26	0,35
Manguito reducido	0,53	-	0,88	1,14	1,49	1,75	2,28	3,50	4,03	5,25	7,00
Codo	0,88	-	1,10	1,33	1,77	2,31	2,99	3,40	3,52	3,87	5,15
Te	0,26	-	0,35	0,53	0,70	0,88	1,05	1,23	1,40	1,58	1,75
Llave de corte	2,35	-	3,05	3,99	5,06	6,06	7,93	9,64	11,71	15,40	18,90

**Figura 16:** Pérdida de carga en accesorios.

Aplicando esto a nuestro caso objeto de estudio tenemos que las pérdidas de carga totales son:

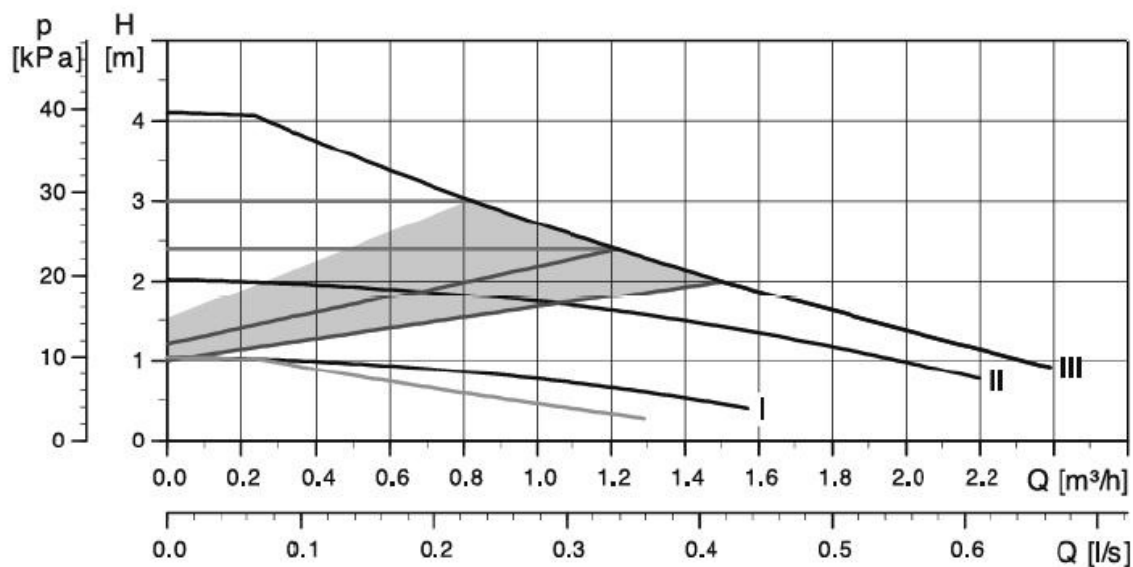
TRAMO	DIÁMETRO (mm)	LONGITUD (m)	CODOS	MANGUITO DE UNIÓN	LLAVE DE CORTE	LONG. EQUIVALENTE (m)	$\Delta P$ (mm.c.a./m)	PÉRDIDA TOTAL (mm.c.a.)
<b>Circuito C 1.8</b>	16 x 2	83,80	-	-	-	-	8,5	712,30
<b>Colector</b>	-	-	-	-	-	-	-	45
<b>Tubería de distribución</b>	32 x 2,9	12,80	2 x 1,77	4 x 0,07	4 x 5,06	24,06	2,5	92,15
<b>TOTAL</b>								<b>849,45</b>

Con los datos de caudal que debe impulsar la bomba y la caída de presión en el tramo más desfavorable, calculada como la pérdida de carga total más la altura geométrica de la instalación, podemos seleccionar la bomba que necesitamos, ayudándonos con la curva característica del circulador que proporciona el fabricante.

En este caso, los datos de caudal y pérdida de presión son:

- Caudal:  $441,19 \text{ l/h} = 0,1225 \text{ l/s} = 0,441 \text{ m}^3/\text{h}$
- Pérdida de presión:  $\Delta P + P_H = 0,849 + 2,35 = 3,199 \text{ m.c.a.}$

Por tanto, la bomba de suministro de calefacción tiene que ser capaz de proporcionar como mínimo el caudal mencionado, y ser capaz de vencer la pérdida de carga indicada en el tramo propuesto. El grupo de impulsión elegido será de la marca Grundfos, modelo ALPHA2 25-40 130, cuyas curvas características son:



**Figura 17:** Curva característica grupo de impulsión ALPHA2 25-40 130.

Según lo expuesto anteriormente, se puede observar que la instalación no está equilibrada en diseño, puesto que se ha dimensionado la instalación antes del cálculo de pérdidas de cargas y la elección del grupo de impulsión se ha hecho teniendo en cuenta el circuito más desfavorable, por lo que el equilibrio se hará mediante la instalación de dettores o válvulas de equilibrado hidráulico.

1.3.8.- Cálculo del generador.

Para el cálculo del generador se tendrá en cuenta la potencia instalada para satisfacer las demandas caloríficas de las estancias del edificio.

- $Q_{\text{instalada}} = 7897,81 \text{ W} = 7,898 \text{ kW}$

En base a estos datos, y teniendo en cuenta que el combustible a utilizar son pellets, se propone la instalación del grupo térmico de la marca Hargassner, modelo Classic 9, con capacidad térmica 2-9,5 kW. Las características técnicas del grupo térmico considerado facilitadas por el fabricante se exponen a continuación en la figura 20:

HOJA DE DATOS TÉCNICOS PARA Classic 9-22								
Tipo	WTH	9	12	14	15	22		
	HSV	9	12	14	15	22		
Potencia Caldera	P	2-9,5	3,5-12	4-14,9	4,5-16	6,5-22	kW	
Altura Caldera	H	1470	1470	1470	1470	1470	mm	
Ancho Caldera	A	1165	1165	1165	1165	1165	mm	
Fondo Caldera	F	825	825	825	825	825	mm	
Desmontaje Entera/Descompuesta (Ver ilustraciones)	HxAxF	1470 / 1470 1165 / 730 825 / 670						mm
Altura tubo de humos	RH	1272	1272	1272	1272	1272	mm	
Diámetro tubo humos	RD	130	130	130	130	130	mm	
Altura Entrada	VL	1152	1152	1152	1152	1152	mm	
Altura Retorno	RL	1082	1082	1082	1082	1082	mm	
Entrada y Retorno	VRL	1'	1'	1'	1'	1'	Pulgada	
Presión Operación max.	p	3	3	3	3	3	bar	
T operación max.	T	95	95	95	95	95	°C	
Capacidad agua	V	38	38	38	38	38	Litro	
Peso	m	300	300	300	300	300	kg	
Presión de tiro	p	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	mbar	
Toma eléctrica		230V AC, 50Hz, 16A						

**Figura 18:** Características técnicas del grupo térmico.

1.3.9.- Cálculo del vaso de expansión.

Se realizará el cálculo del volumen del vaso de expansión necesario para la instalación de calefacción según la norma UNE 100155:2004, según la cual el cálculo debe hacerse siguiendo los siguientes pasos:

- Como primer paso, se ha de calcular el volumen total del agua contenida en el circuito, que comprenderá el agua de las tuberías, los generadores, las unidades terminales, etc.
- ✓ Volumen total de la instalación:  $V = 97,89 \text{ l}$ .
- Determinar la temperatura máxima de funcionamiento del sistema.
- ✓ Temperatura máxima de funcionamiento:  $T = 46,89 \text{ °C}$ .

- Cálculo del coeficiente de expansión  $C_e$  según la temperatura máxima del sistema y teniendo en cuenta, eventualmente, el factor de corrección para la solución de agua y glicol. Para ello usamos las fórmulas que nos proporciona la norma UNE 100155:2004. Para éste caso particular:
- ✓ Para temperaturas desde 30°C hasta 70°C (ambas incluidas):

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot t + 0,0036 \cdot t^2) \cdot 10^{-2} \quad (1.3.14)$$

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot 46,89 + 0,0036 \cdot 46,89^2) \cdot 10^{-2} = 0,09166$$

- Se determinan las presiones  $P_m$  y  $P_M$  de acuerdo con los siguientes criterios:
- ✓  $P_m$  es igual a la altura geométrica de la instalación.
- ✓  $P_M$  será ligeramente menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad que, a su vez, deberá ser menor que la menor de las presiones máximas de funcionamiento de los equipos y aparatos.

Por lo tanto tomaremos estos valores como:

$$P_m = 0,23499 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_M = 3,05915 \text{ kg/cm}^2$$

- Calculamos ahora el coeficiente de presiones:

$$C_p = P_M / (P_M - P_m) \quad (1.3.15)$$

$$C_p = 3,05915 / (3,05915 - 0,23499) = 1,0832$$

- Con todos los datos calculados en los puntos anteriores calculamos ahora el volumen total del vaso de expansión:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p \quad (1.3.16)$$

$$V_t = 97,89 \cdot 0,09166 \cdot 1,0832$$

El volumen total necesario para el vaso de expansión es  $V_t = 9,719 \text{ l.}$

Se instalará un vaso de expansión de la marca Ibaiondo, modelo 12 CMF, cuyas características técnicas facilitadas por el fabricante se muestran a continuación:

Peso (Kg.)	Código	Modelo	Capacidad (l.)	Presión (Max. Bar)	Dimensiones		Conexión de Agua R
					Ø D	H	
2	02005343	5 CMF	5	5	200	250	3/4"
2,5	02008343	8 CMF	8	5	200	340	3/4"
3,2	02012343	12 CMF	12	5	270	310	3/4"
4	02018343	18 CMF	18	5	270	415	3/4"
4,5	02025343	25 CMF	25	5	320	430	3/4"
7	02035343	35 CMF	35	5	360	475	3/4"

**Figura 19:** Características técnicas del vaso de expansión.

#### 1.4.- ALMACÉN COMBUSTIBLE

Para el almacenamiento de los pellets se ha pensado en el almacén mediante silo textil, dada su fácil instalación y la no necesidad de obra. Según esto, la elección ha sido un silo textil de la marca Hargassner, modelo GWTS 200x200, cuyas dimensiones y capacidad vienen especificadas en la tabla de la figura 22 proporcionada por el fabricante:

Tipo	Capacidad	Ancho	Fondo	Altura
<b>GWTS 200 x 200</b>	2,7 - 3,6 t	208 cm	208 cm	<b>195 - 250 cm</b>
<b>GWTS 200 x 250</b>	3,3 - 4,3 t	208 cm	258 cm	<b>195 - 250 cm</b>
<b>GWTS 250 x 250</b>	4,0 - 5,3 t	258 cm	258 cm	<b>195 - 250 cm</b>
<b>GWTS 250 x 250 XL</b>	<b>6,1 t</b>	258 cm	258 cm	<b>270 cm</b>

**Figura 20:** Dimensiones y capacidad de silo textil.

## 2.- CONCLUSIÓN

Con la descripción que antecede y con lo presentado en los planos adjuntos, se estiman quedan puestas de manifiesto las condiciones que reúne esta instalación, por lo que se somete el presente proyecto a las consideraciones de los Organismos Oficiales a efectos de las oportunas aprobaciones. Cualquier cambio sobre lo aquí especificado deberá ser previamente aceptado por la Dirección Facultativa.

Las instalaciones mencionadas en este proyecto, forman parte de un proyecto general para el cual se ha redactado el correspondiente Estudio de Seguridad en el que se recogen las especificaciones de Seguridad y Salud de la misma, por lo tanto no es necesario la redacción de un proyecto específico de seguridad y salud para estas instalaciones.

Valladolid, Abril de 2013

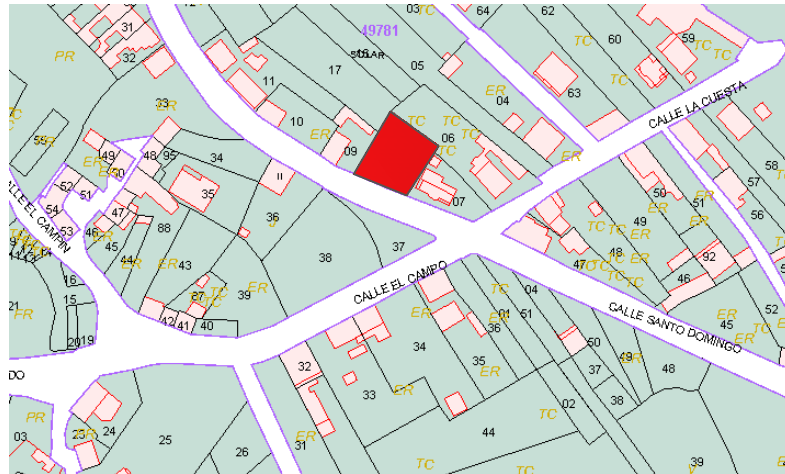
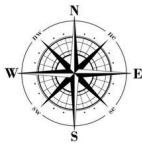
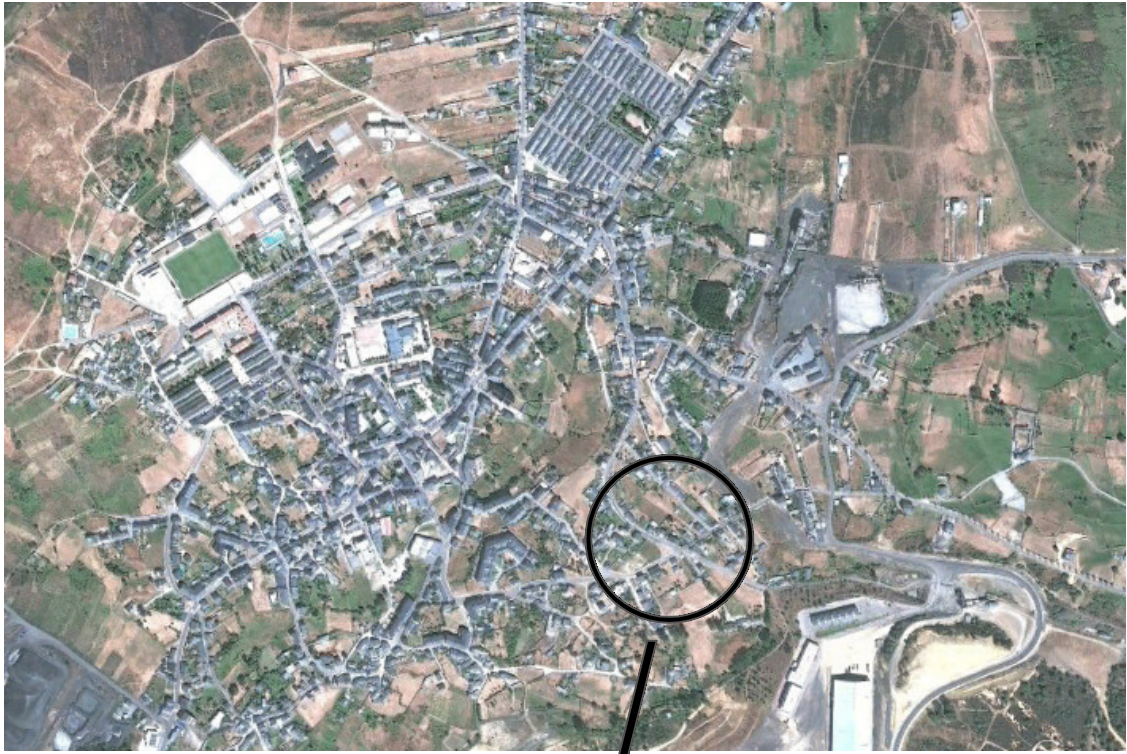
**Laura Goldschmidt Alonso**  
Ingeniero Técnico Industrial

Planos  
Instalación de calefacción

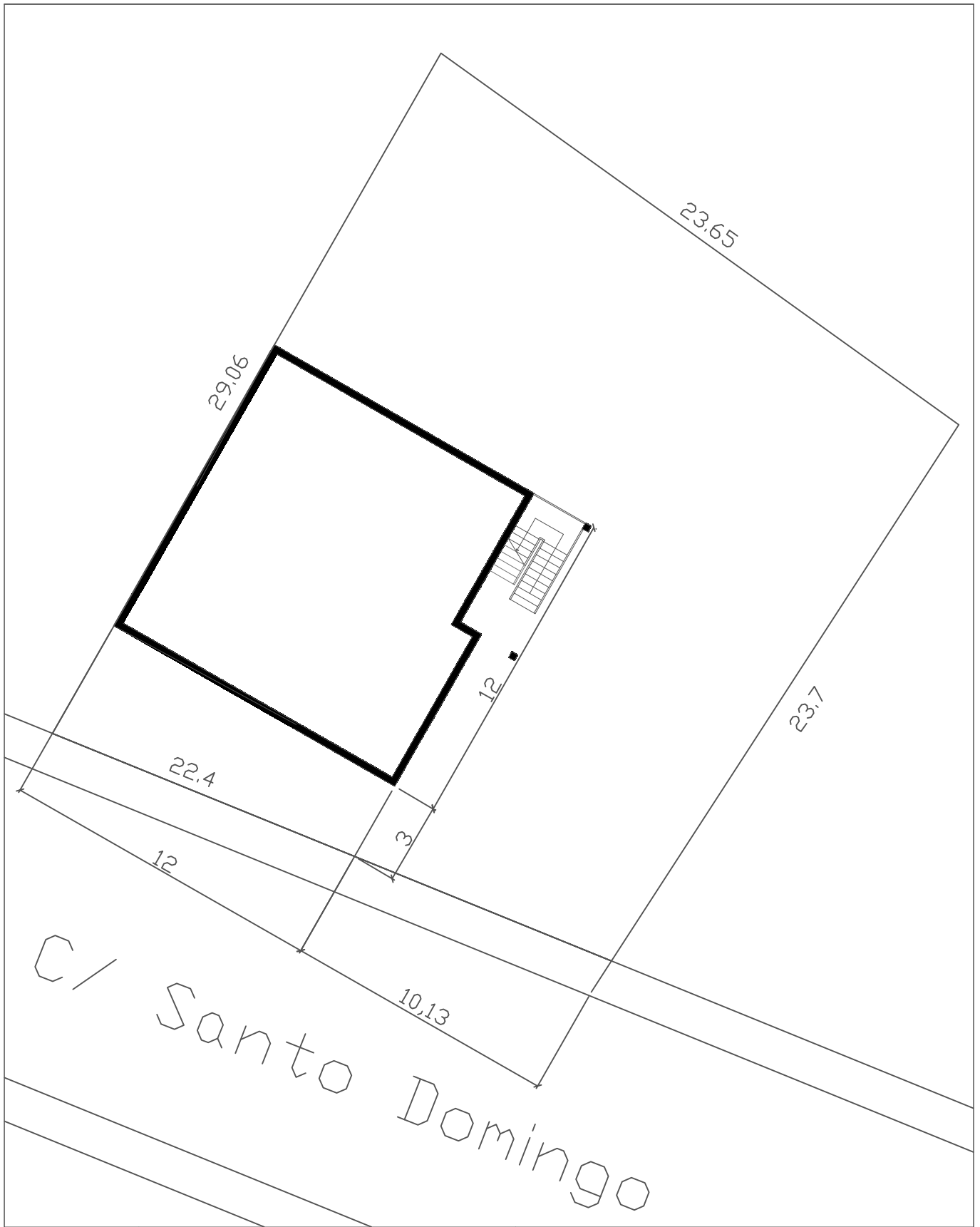
---

INDICE:	Nº de plano
PLANO DE SITUACIÓN.....	01
EMPLAZAMIENTO.....	02
PLANTA BAJA Y PLANTA VIVIENDA.....	03
ALZADO PRINCIPAL Y ALZADO LATERAL DERECHO.....	04
ALZADO POSTERIOR Y ALZADO LATERAL IZQUIERDO.....	05
ACOTADO.....	06
INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN RADIADORES.....	07
INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN SUELO RADIANTE.....	08

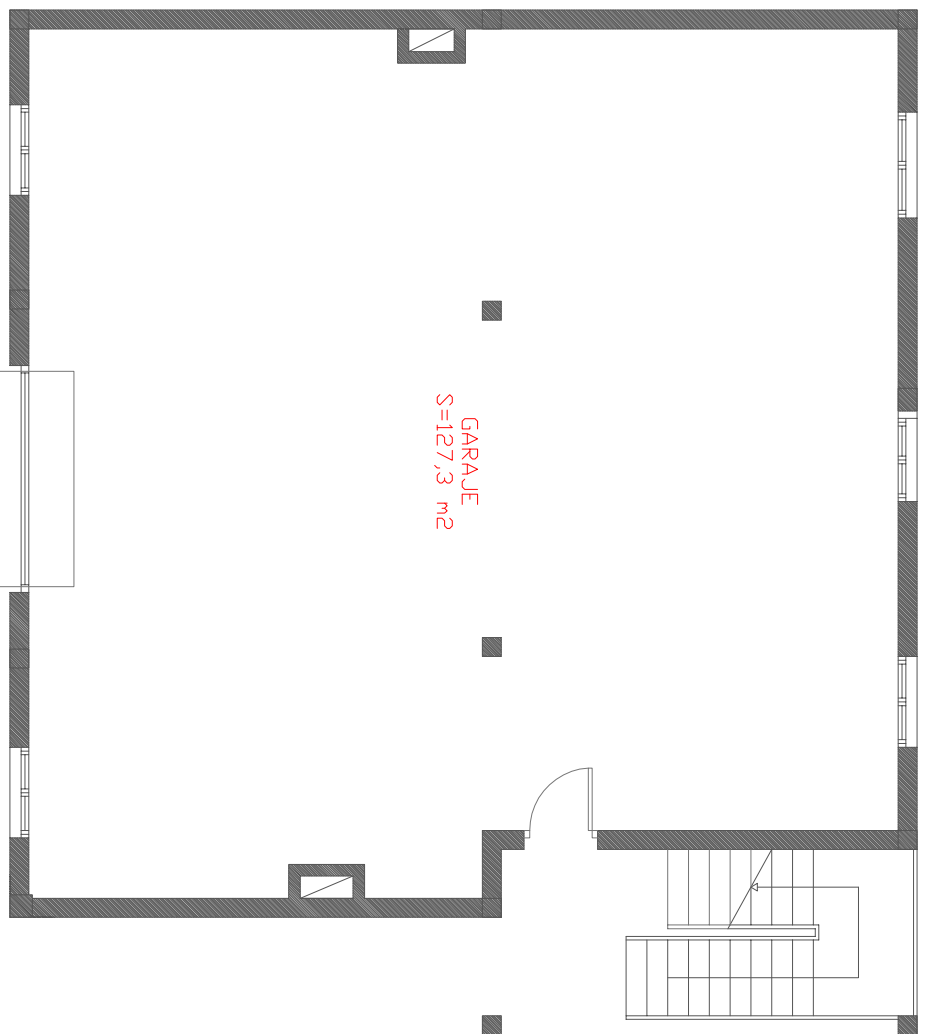




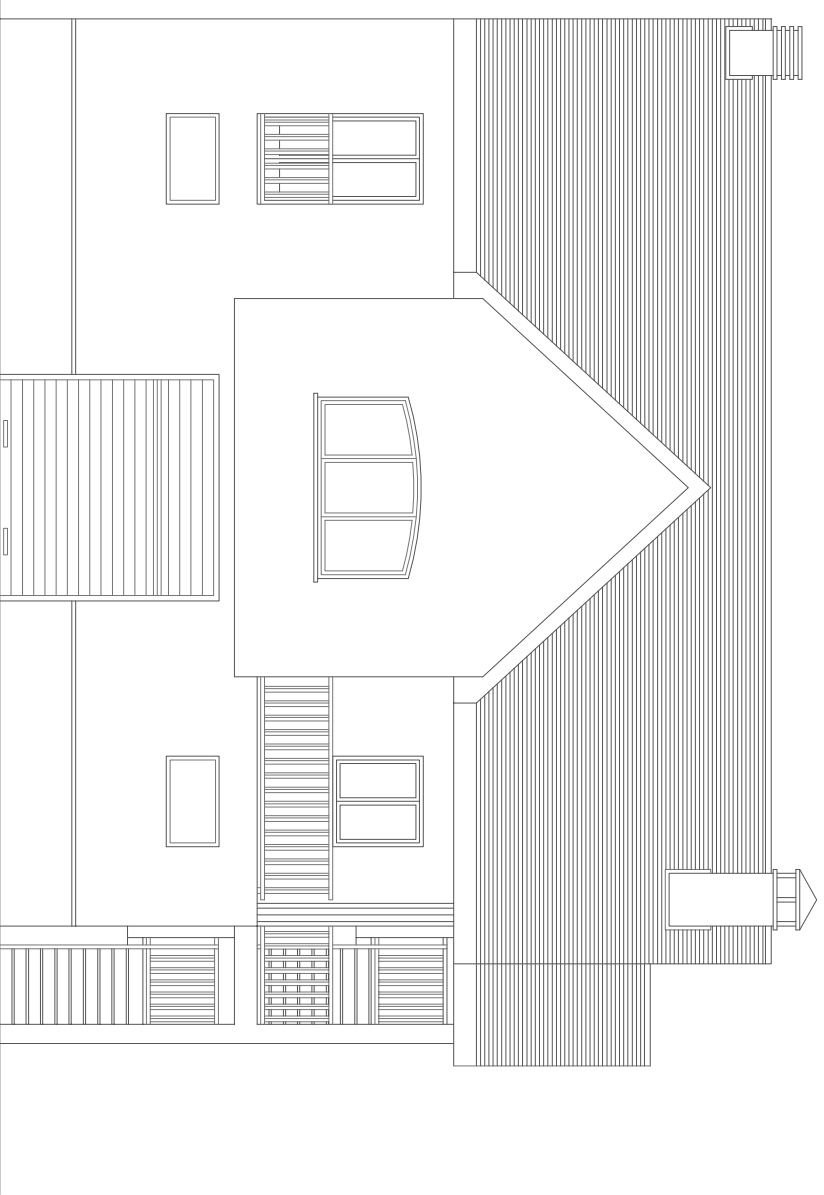
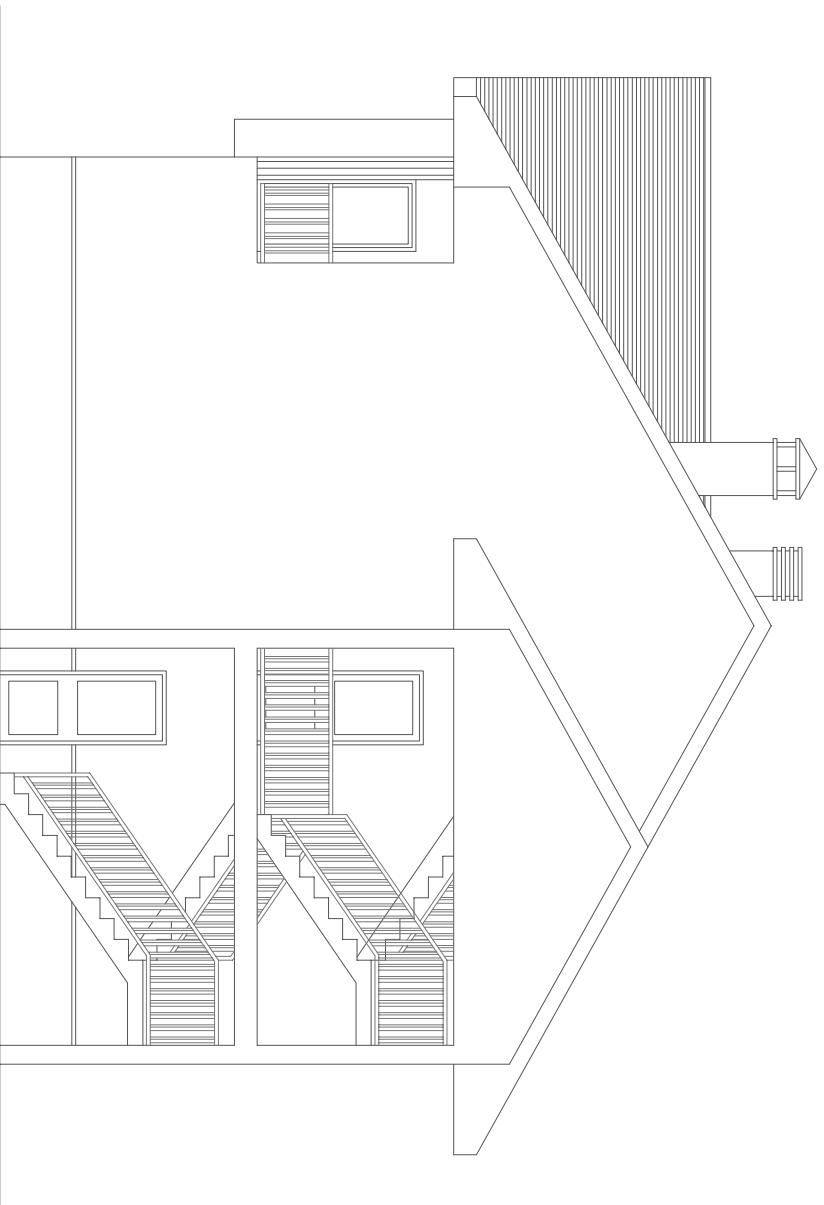
Fecha Abril 2013	Nombre Laura Goldschmidt Alonso	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	
Proyecto ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR RADIADORES Y SUELO RADIANTE			
Escala ---	DESIGNACIÓN  PLANO DE SITUACIÓN	Nº de plano  01	



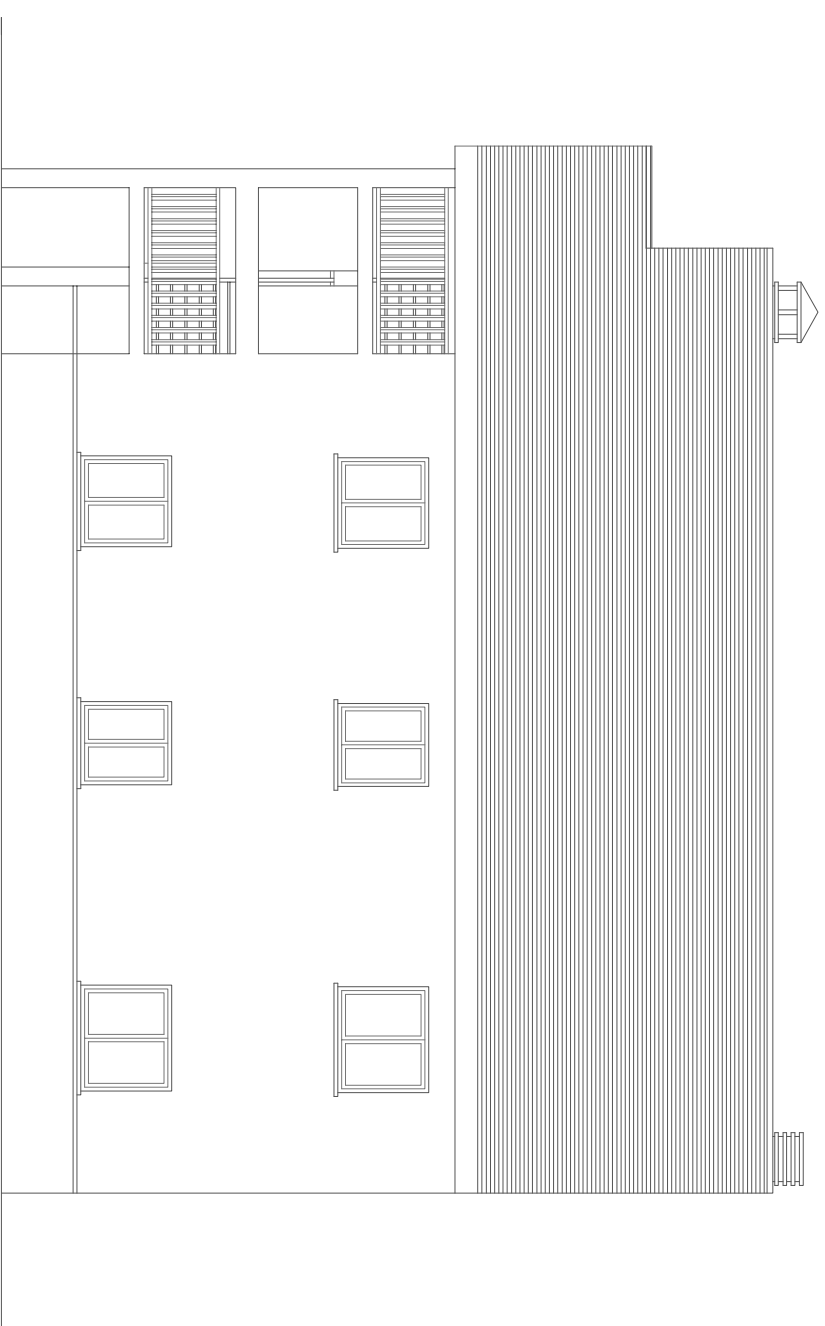
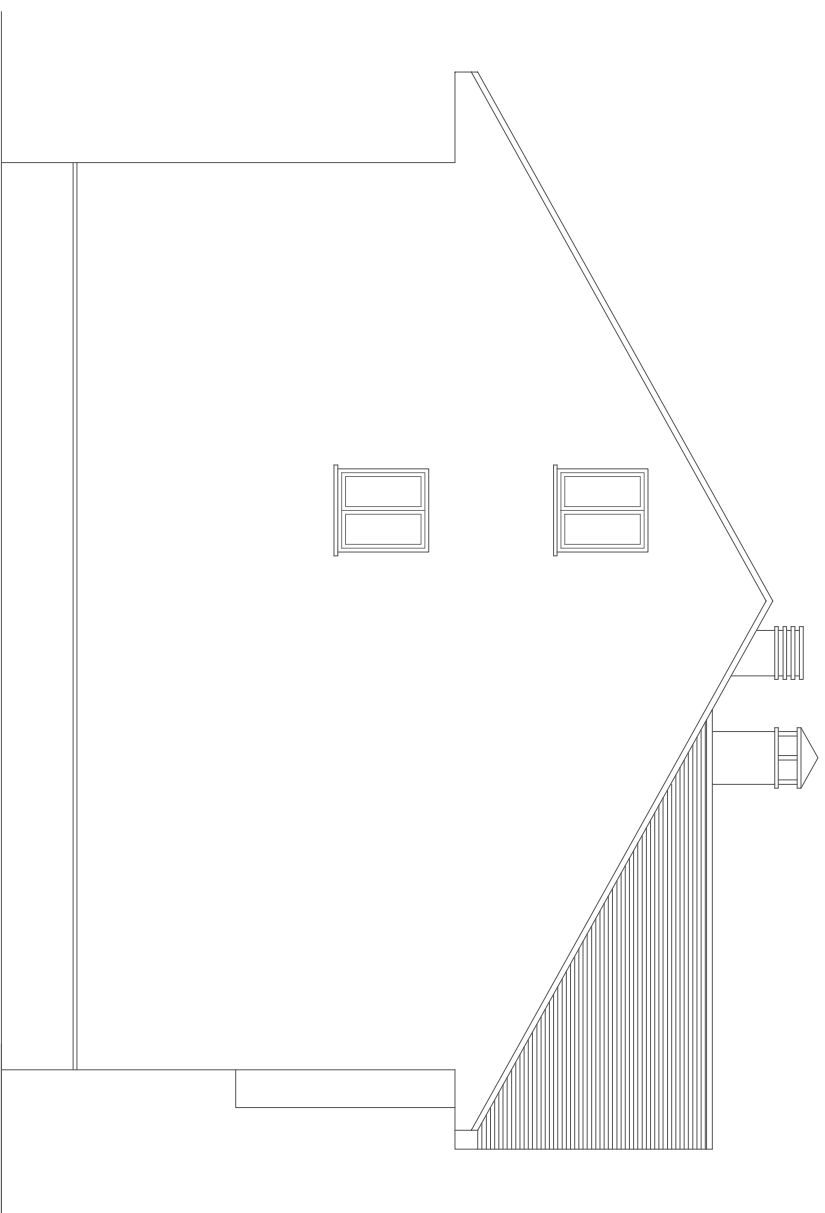
Fecha Abril 2013	Nombre Laura Goldschmidt Alonso	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERÍAS INDUSTRIALES	
Proyecto ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR RADIADORES Y SUELO RADIANTE			
Escala 1:200	DESIGNACIÓN EMPLAZAMIENTO	Nº de plano 02	



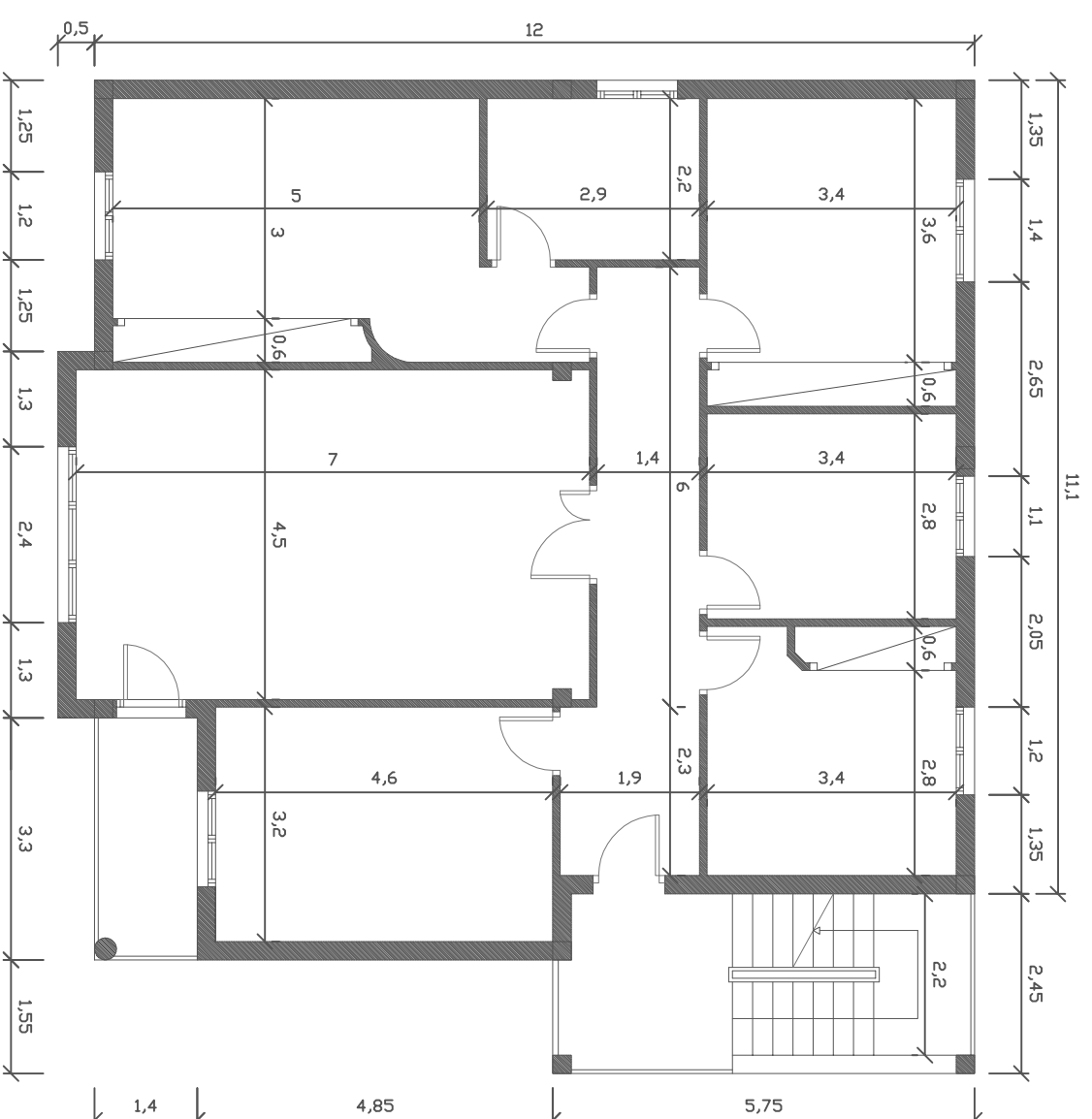
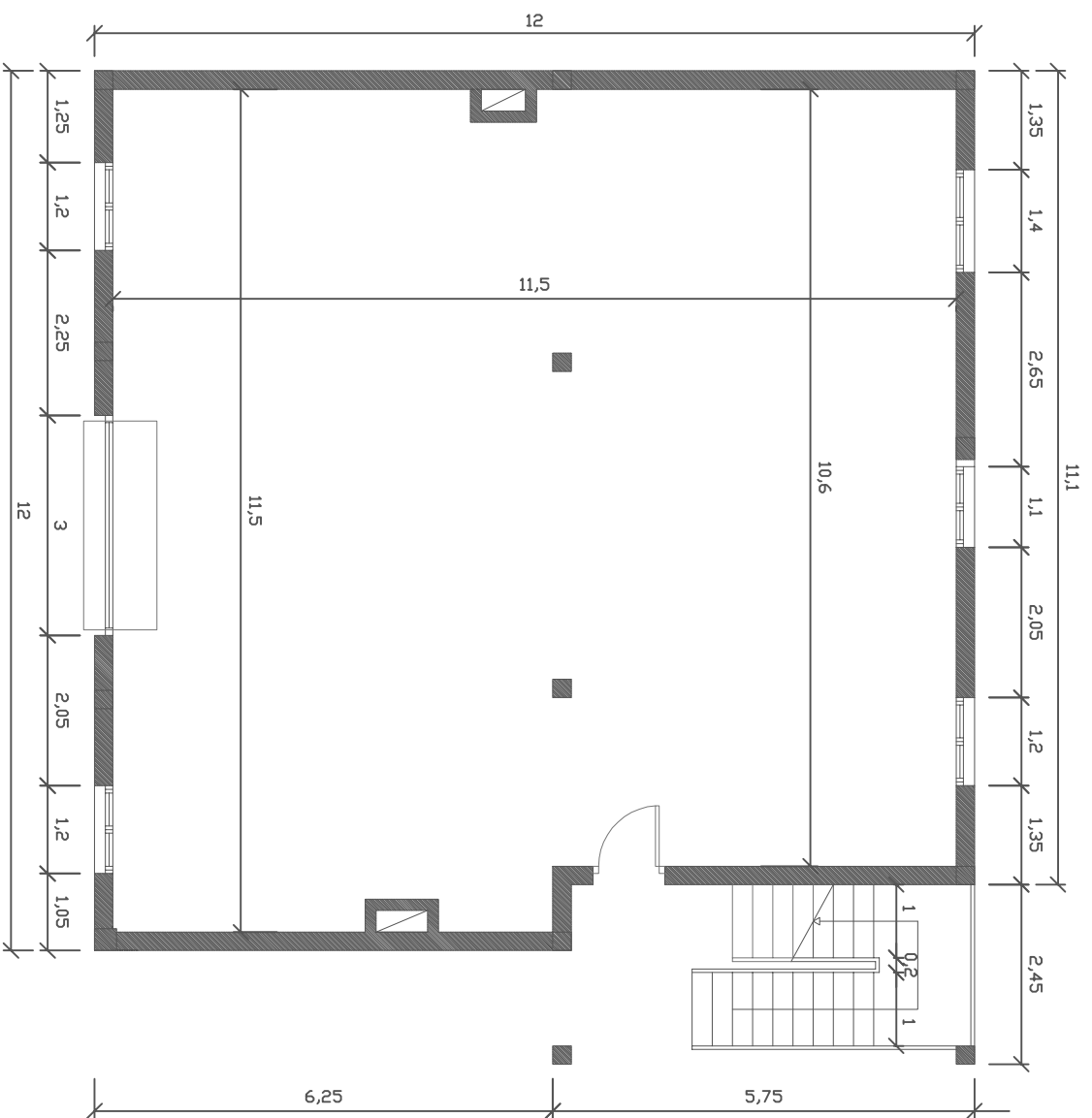
Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Abril 2013	Laura Goldschmidt Alonso	
Proyecto	DESIGNACIÓN	
ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR RADIAADORES Y SUELO RADIANTE		
Escala	Nº de plano	
1:100	PLANTA BAJA Y PLANTA VIVIENDA	03



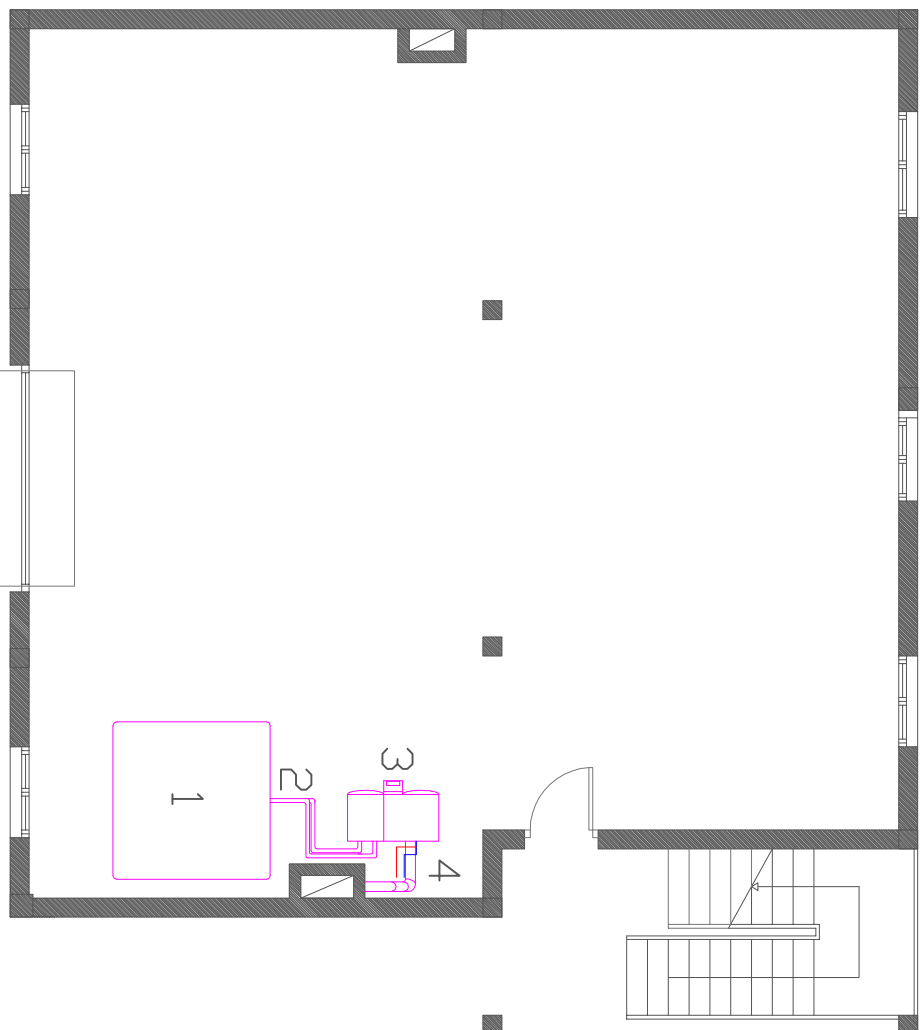
Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Abril 2013	Laura Goldschmidt Alonso	
Proyecto	ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACION DE CALEFACCION POR RADIADORES Y SUELO RADIANTE	
Escala	DESIGNACION	Nº de plano
1:100	ALZADO PRINCIPAL Y ALZADO LATERAL DERECHO	04



Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Abril 2013	Laura Goldschmidt Alonso	
Proyecto	DESIGNACION	
ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACION DE CALEFACCION POR RADIAADORES Y SUELO RADIANTE		
Escala	ALZADO POSTERIOR Y ALZADO LATERAL IZQUIERDO	
1:100	Nº de plano	
		05

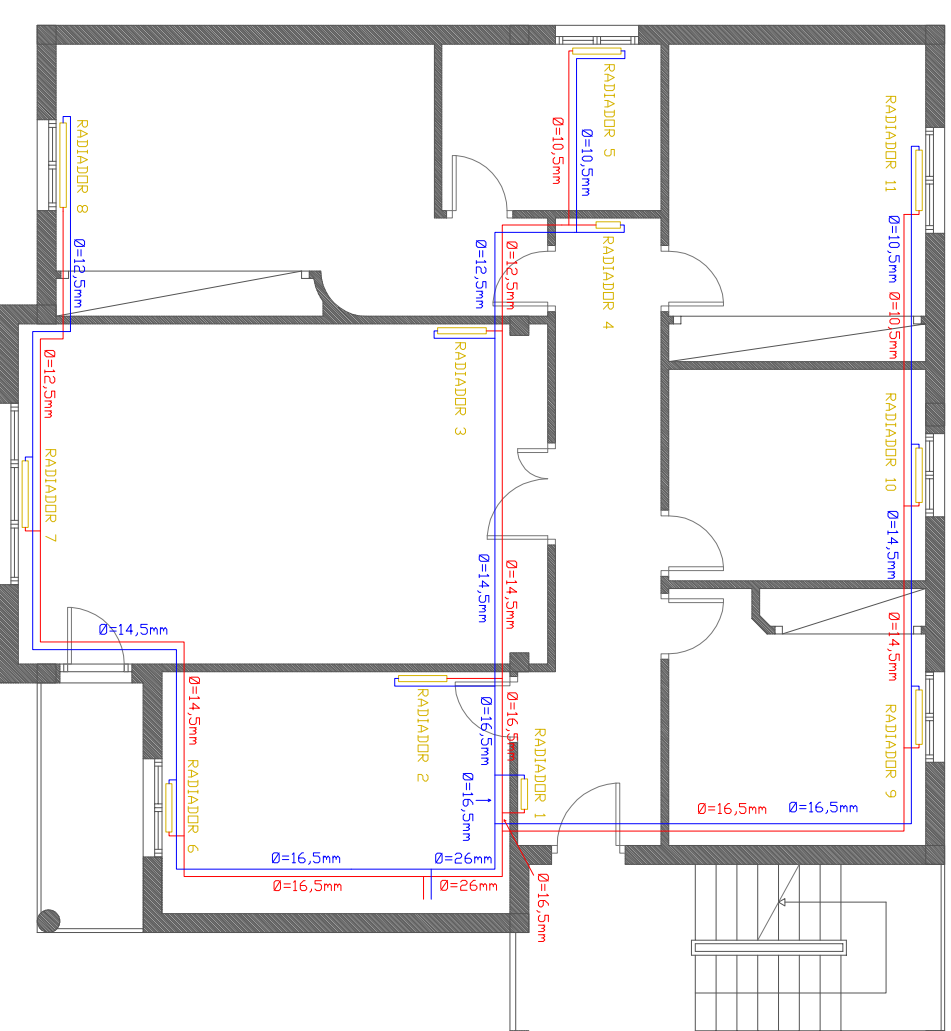


Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID	
Abril 2013	Laura Goldschmidt Alonso	ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES	
Proyecto	ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACION DE CALEFACCION POR RADIAADORES Y SUELO RADIANTE		
Escala	DESIGNACION	Nº de plano	
1:100	ACOTADO	06	

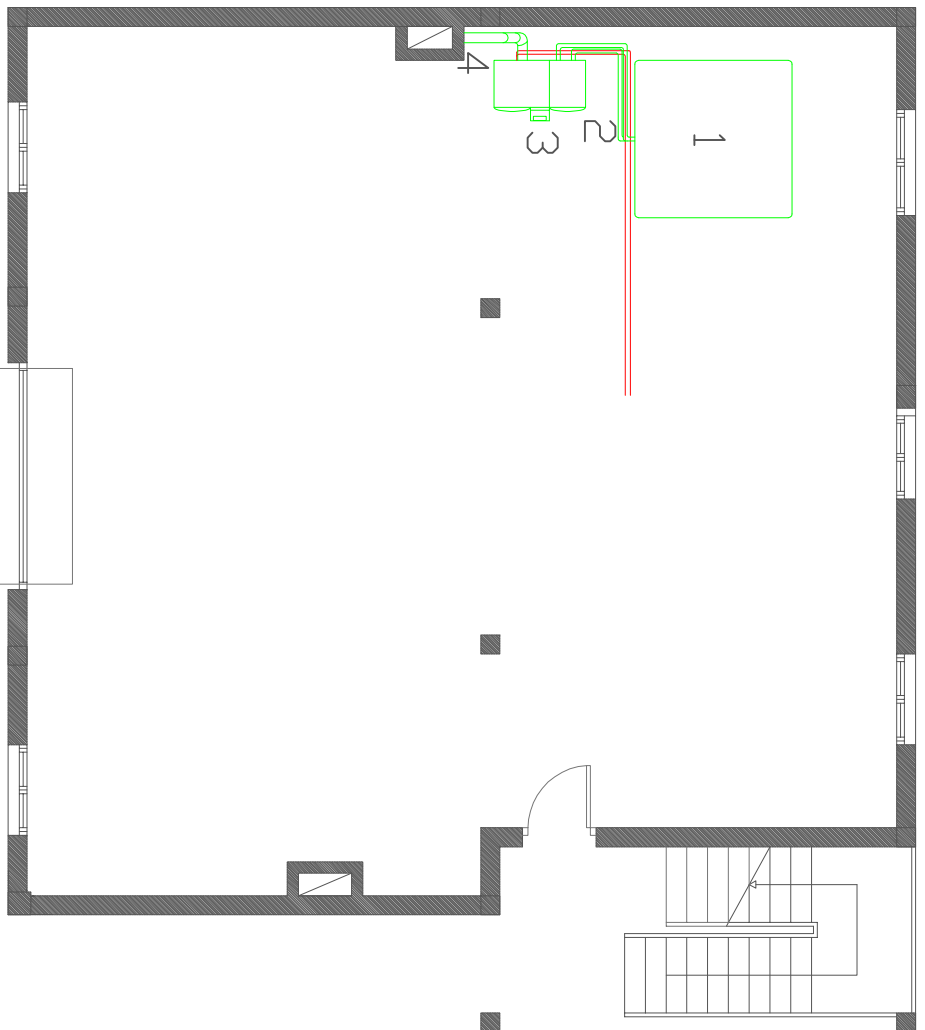


Radiador 1	5 elementos
Radiador 2	8 elementos
Radiador 3	8 elementos
Radiador 4	4 elementos
Radiador 5	8 elementos
Radiador 6	8 elementos
Radiador 7	11 elementos
Radiador 8	14 elementos
Radiador 9	9 elementos
Radiador 10	9 elementos
Radiador 11	10 elementos



1	Silo textil
2	Tubo de aspiración
3	Grupo térmico
4	Tubo de humos
	Radiador aluminio
	Circuito de impulsión
	Circuito de retorno

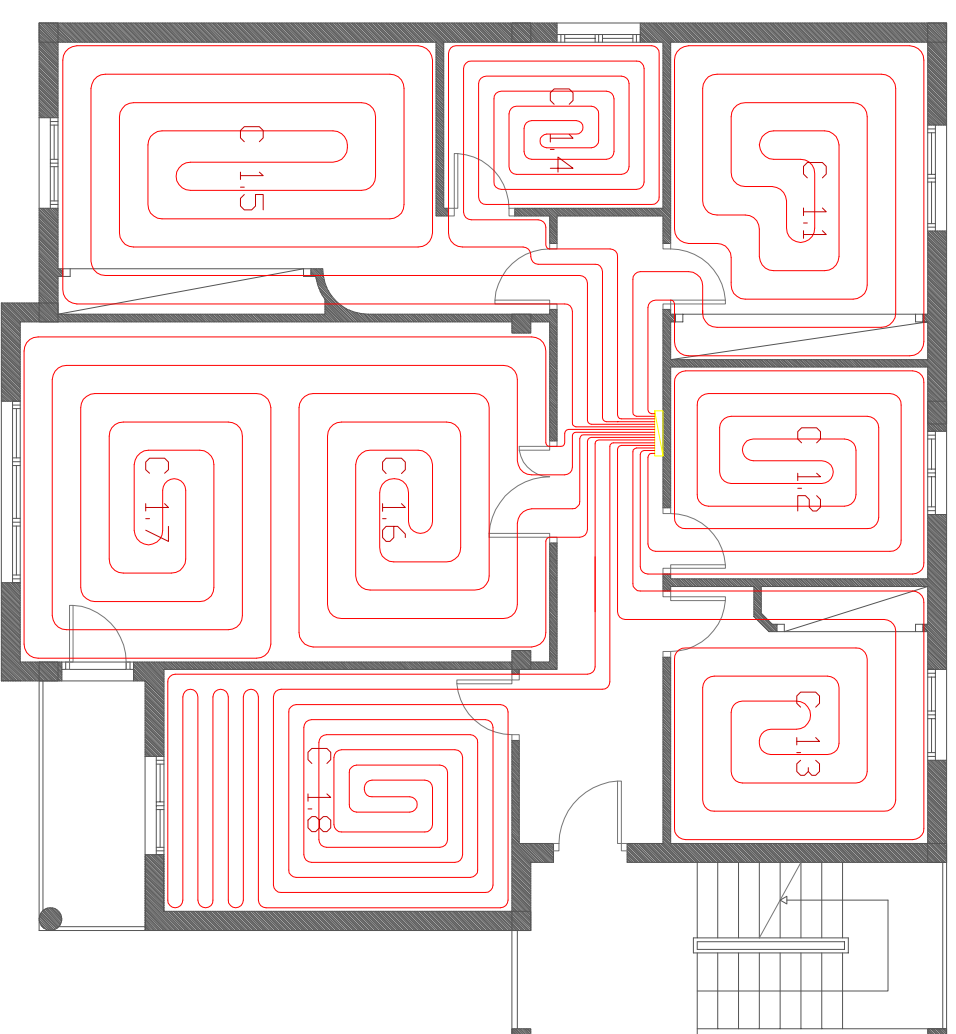


Fecha	Nombre	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Abril 2013	Laura Goldschmidt Alonso	
Proyecto	ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR RADIADORES Y SUELO RADIANTE	
Escala	DESIGNACIÓN	Nº de plano
1:100	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN RADIADORES	07



Circuito	Distancia entre tubos
C 1.1	0,375 m
C 1.2	0,3 m
C 1.3	0,375 m
C 1.4	0,2 m
C 1.5	0,375 m
C 1.6	0,375 m
C 1.7	0,375 m
C 1.8	0,2 m

1	Silo textil
2	Tubo de aspiración
3	Grupo térmico
4	Tubo de humos
	Caja de colectores
	Tubos de distribución



Fecha Abril 2013	Nombre Laura Goldschmidt Alonso	UNIVERSIDAD DE VALLADOLID ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES
Proyecto ESTUDIO COMPARATIVO DE INSTALACION DE CALEFACCION POR RADIAADORES Y SUELO RADIANTE		

Escala 1:100	DESIGNACION INSTALACION DE CALEFACCION SUELO RADIANTE	Nº de plano 08
-----------------	---	-------------------



Presupuesto  
Instalación de calefacción

---

---

<b>1.- CALEFACCIÓN POR RADIADORES .....</b>	<b>1</b>
1.1.- CUADRO DE DESCOMPUESTOS .....	1
1.2.- PRESUPUESTO Y MEDICIONES.....	4
1.3.- RESUMEN DE PRESUPUESTO .....	6
<b>2.- CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.....</b>	<b>7</b>
2.1.- CUADRO DE DESCOMPUESTOS .....	7
2.2.- PRESUPUESTO Y MEDICIONES.....	9
2.3.- RESUMEN DE PRESUPUESTO.....	10

## 1.- CALEFACCIÓN POR RADIADORES

### 1.1.- CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 1 CALEFACCION POR RADIADORES</b>					
<b>1.A</b>	<b>ud</b>	<b>ELEMENTO DE ALUMINIO DUBAL 70 127 kcal/h</b>			
		Elemento de aluminio inyectado acoplables entre sí de dimensiones h=67 cm., a=8 cm., g=8,2 cm., potencia 127 kcal/h., probado a 9 bar de presión, acabado en doble capa, una de imprimación y la segunda de polvo epoxi color blanco-marfil, equipado de p.p. llave monogiro de 3/8", tapones, detentores y purgador, así como p.p. de accesorios de montaje: reducciones, juntas, soportes y pintura para retoques.			
1.A.1	0,100 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	1,73	
1.A.2	0,100 h.	Oficial 2º fontanero calefactor	15,79	1,58	
1.A.3	1,000 ud	Elemento de aluminio 127 kcal/h	15,95	15,95	
1.A.4	0,100 ud	Llave monogiro 3/8"	4,85	0,49	
1.A.5	0,100 ud	Purgador automático	0,49	0,05	
1.A.6	0,500 ud	Soporte radiador panel	0,54	0,27	
1.A.7	0,100 ud	Detentor 3/8" recto	4,41	0,44	
1.A.8	0,200 ud	Tapón 1 1/4"	0,74	0,15	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>20,66</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTE EUROS con SESENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
<b>1.B</b>	<b>m.</b>	<b>TUBERÍA DE COBRE D=8-10 mm.</b>			
		Tubería de cobre de 8-10 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.IC, probado a 10 kg/cm2.			
1.B.1	0,250 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	4,34	
1.B.2	1,000 m.	Tuber.cobre D=8/10 mm.i/acc.	0,80	0,80	
1.B.3	1,000 m.	Tubo PVC D=16 mm.i/acc.	0,49	0,49	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>5,63</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CINCO EUROS con SESENTA Y TRES CÉNTIMOS					
<b>1.C</b>	<b>m.</b>	<b>TUBERÍA DE COBRE D=10-12 mm.</b>			
		Tubería de cobre de 10-12 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.IC, probado a 10 kg/cm2.			
1.C.1	0,250 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	4,34	
1.C.2	1,000 m.	Tuber.cobre D=10/12 mm.i/acc.	1,20	1,20	
1.C.3	1,000 m.	Tubo PVC D=20 mm.i/acc.	0,49	0,49	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>6,03</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS EUROS con TRES CÉNTIMOS					
<b>1.D</b>	<b>m.</b>	<b>TUBERÍA DE COBRE D=13-15 mm.</b>			
		Tubería de cobre de 13-15 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.IC, probado a 10 kg/cm2.			
1.D.1	0,250 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	4,34	
1.D.2	1,000 m.	Tuber.cobre D=13/15 mm.i/acc.	1,65	1,65	
1.D.3	1,000 m.	Tubo PVC D=25 mm.i/acc.	0,61	0,61	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>6,60</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SEIS EUROS con SESENTA CÉNTIMOS					
<b>1.E</b>	<b>m.</b>	<b>TUBERÍA DE COBRE D=16-18 mm.</b>			
		Tubería de cobre de 16-18 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.IC, probado a 10 kg/cm2.			
1.E.1	0,250 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	4,34	
1.E.2	1,000 m.	Tuber.cobre D=16/18 mm.i/acc.	2,15	2,15	
1.E.3	1,000 m.	Tubo PVC D=32 mm.i/acc.	0,98	0,98	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>7,47</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de SIETE EUROS con CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS					
<b>1.F</b>	<b>m.</b>	<b>TUBERÍA DE COBRE D=26-28 mm.</b>			
		Tubería de cobre de 26-28 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.IC, probado a 10 kg/cm2.			
1.F.1	0,250 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	4,34	
1.F.2	1,000 m.	Tuber.cobre D=26/28 mm.i/acc.	3,24	3,24	
1.F.3	1,000 m.	Tubo PVC D=50 mm.i/acc.	2,14	2,14	
<b>TOTAL PARTIDA.....</b>					<b>9,72</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de NUEVE EUROS con SETENTA Y DOS CÉNTIMOS					

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>1.G</b>	<b>ud</b>	<b>CALDERA DE PELLETS</b>			
		Caldera de pellets HARGASSNER Classic 14 Aspiración, 4-14,9 kW modelo CL14Saugen.1, totalmente automatizada alimentada por aspiración desde un silo; especialmente eficiente para aplicaciones de baja temperatura (suelo radiante, emisores térmicos de baja temperatura,...); Regulación lambda con detección automática de combustible; Cámara de combustión de material refractario de alta calidad; Rendimiento máximo superior al 95%; Parrilla automática con sistema de compactación de cenizas; Indicador de nivel de llenado automático de la caja de cenizas; Dispositivo de limpieza automática de la caldera, dosificador de pellets doble 100% antiretorno de llama; Sistema de aspiración de alto rendimiento con depósito intermedio; Indicación de consumo y nivel de llenado del silo de pellets. Caldera ensamblada y de fácil y rápida instalación, de conexión monofásica. Con sonda Lambda, control para dos circuitos de calefacción (con mezcladora) y dos de ACS, incluidas las sondas correspondientes, sonda de interior FR25, 20 m de manguera, transporte y puesta en marcha.			
1.G.1	1,000 u	Caldera de pellets Classic 14 Aspiración, 4-14,9 kW modelo CL14S	10.914,15	10.914,15	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>10.914,15</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL NOVECIENTOS CATORCE EUROS con QUINCE CÉNTIMOS					
<b>1.H</b>	<b>ud</b>	<b>DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE</b>			
1.H.1	1,000 u	Silo textil GWTS200x200	3.094,00	3.094,00	
1.H.2	5,000 m	Tubo flexible de aspiración	14,00	70,00	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>3.164,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL CIENTO SESENTA Y CUATRO EUROS					
<b>1.I</b>	<b>ud</b>	<b>TERMOSTATO AMBIENT.PROGRAMAB.</b>			
		Termostato ambiente desde 8°C a 32°C, con programación independiente para cada día de la semana de hasta 6 cambios de nivel diarios, con tres niveles de temperatura ambiente: confort, actividad y reducido; programa especial para período de vacaciones, con visor de día, hora, temperatura de consigna y ambiente, instalado.			
1.I.1	0,500 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor	17,34	8,67	
1.I.2	1,000 ud	Termostato ambiente programable	116,91	116,91	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>125,58</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTICINCO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS					
<b>1.J</b>	<b>ud</b>	<b>CIRCULADOR</b>			
		Circulador de la marca GRUNDFOS para instalación de calefacción por agua caliente hasta 10 bar y 110°C, para un caudal de 1 m3/h, presión 2,5 m.c.a., con motor de rotor sumergido, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades de trabajo, juego de racores para la instalación, conexionado eléctrico e instalado.			
1.J.1	3,000 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor	17,34	52,02	
1.J.2	3,000 h.	Oficial 2ª fontanero calefactor	15,79	47,37	
1.J.3	1,000 ud	Bomba ALPHA2 de GRUNDFOS	315,00	315,00	
1.J.4	2,000 ud	Válv. comp. bronce.1 1/2"	51,20	102,40	
1.J.5	1,000 ud	Válv. ret.PN10/16 1 1/2"	13,83	13,83	
1.J.6	10,000 m.	Cond. ríg. 750 V 1,5 mm2 Cu	0,20	2,00	
1.J.7	10,000 m.	Tubo PVC ríg. der.ind. M 32/gp5	0,54	5,40	
1.J.8	1,000 ud	Antivibrador DN-32/PN-10	35,44	35,44	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>573,46</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENOS SETENTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS					
<b>1.K</b>	<b>ud</b>	<b>VASO DE EXPANSIÓN</b>			
		Vaso de expansión de la marca IBAIONDO modelo 5 CMF. Capacidad de 5 litros y presión máxima de 5 bar. 250 mm de alto y un diámetro de 200 mm. Peso 2 kg.			
1.K.1	0,500 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor	17,34	8,67	
1.K.2	1,000 ud	Vaso de expansión 5l.	16,28	16,28	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>24,95</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTICUATRO EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
<b>1.L</b>	<b>ud</b>	<b>VÁLVULA DE ESFERA 3/8" PN-10</b>			
		Válvula de esfera PN-10 de 3/8", instalada, il/pequeño material y accesorios.			
1.L.1	0,500 h.	Oficial 1ª fontanero calefactor	17,34	8,67	
1.L.2	1,000 ud	Válvula de esfera 3/8"	3,85	3,85	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>12,52</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DOCE EUROS con CINCUENTA Y DOS CÉNTIMOS					

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
1.M	ud	VÁLVULA DE ESFERA 1/2" PN-10 Válvula de esfera PN-10 de 1/2", instalada, i/pequeño material y accesorios.			
1.M.1	0,500 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	8,67	
1.M.2	1,000 ud	Válvula de esfera 1/2"	4,70	4,70	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>13,37</b>

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRECE EUROS con TREINTA Y SIETE CÉNTIMOS

## 1.2.- PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 1 CALEFACCION POR RADIADORES</b>									
1.A	ud ELEMENTO DE ALUMINIO DUBAL 70 127 kcal/h Elemento de aluminio inyectado acoplables entre sí de dimensiones h=67 cm., a=8 cm., g=8,2 cm., potencia 127 kcal/h., probado a 9 bar de presión, acabado en doble capa, una de imprimación y la segunda de polvo epoxi color blanco-marfil, equipado de p.p. llave monogiro de 3/8", tapones, detentores y purgador, así como p.p. de accesorios de montaje: reducciones, juntas, soportes y pintura para retoques.						94,00	20,66	1.942,04
1.B	m. TUBERÍA DE COBRE D=8-10 mm. Tubería de cobre de 8-10 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.I.C, probado a 10 kg/cm2.						3,72	5,63	20,94
1.C	m. TUBERÍA DE COBRE D=10-12 mm. Tubería de cobre de 10-12 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.I.C, probado a 10 kg/cm2.						25,51	6,03	153,83
1.D	m. TUBERÍA DE COBRE D=13-15 mm. Tubería de cobre de 13-15 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.I.C, probado a 10 kg/cm2.						44,39	6,60	292,97
1.E	m. TUBERÍA DE COBRE D=16-18 mm. Tubería de cobre de 16-18 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.I.C, probado a 10 kg/cm2.						23,91	7,47	178,61
1.F	m. TUBERÍA DE COBRE D=26-28 mm. Tubería de cobre de 26-28 mm. de diámetro, Norma UNE 37.141, para red de distribución de calefacción, con p.p. de accesorios, soldadura, pequeño material y aislamiento térmico s/IT.I.C, probado a 10 kg/cm2.						10,70	9,72	104,00
1.G	ud CALDERA DE PELLETS Caldera de pellets HARGASSNER Classic 14 Aspiración, 4-14,9 kW modelo CL14Saugen.1, totalmente automatizada alimentada por aspiración desde un silo; especialmente eficiente para aplicaciones de baja temperatura (suelo radiante, emisores térmicos de baja temperatura,...); Regulación lambda con detección automática de combustible; Cámara de combustión de material refractario de alta calidad; Rendimiento máximo superior al 95%; Parrilla automática con sistema de compactación de cenizas; Indicador de nivel de llenado automático de la caja de cenizas; Dispositivo de limpieza automática de la caldera, dosificador de pellets doble 100% antiretorno de llama; Sistema de aspiración de alto rendimiento con depósito intermedio; Indicación de consumo y nivel de llenado del silo de pellets. Caldera ensamblada y de fácil y rápida instalación, de conexión monofásica. Con sonda Lambda, control para dos circuitos de calefacción (con mezcladora) y dos de ACS, incluidas las sondas correspondientes, sonda de interior FR25, 20 m de manguera, transporte y puesta en marcha.						1,00	10.914,15	10.914,15
1.H	ud DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE						1,00	3.164,00	3.164,00
1.I	ud TERMOSTATO AMBIENT.PROGRAMAB. Termostato ambiente desde 8°C a 32°C, con programación independiente para cada día de la semana de hasta 6 cambios de nivel diarios, con tres niveles de temperatura ambiente: confort, actividad y reducido; programa especial para período de vacaciones, con visor de día, hora, temperatura de consigna y ambiente, instalado.						1,00	125,58	125,58

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.J	<b>ud CIRCULADOR</b> Circulador de la marca GRUNDFOS para instalación de calefacción por agua caliente hasta 10 bar y 110°C, para un caudal de 1 m <sup>3</sup> /h, presión 2,5 m.c.a., con motor de rotor sumergido, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades de trabajo, juego de racores para la instalación, conexionado eléctrico e instalado.						1,00	573,46	573,46
1.K	<b>ud VASO DE EXPANSIÓN</b> Vaso de expansión de la marca IBAIONDO modelo 5 CMF. Capacidad de 5 litros y presión máxima de 5 bar. 250 mm de alto y un diámetro de 200 mm. Peso 2 kg.						1,00	24,95	24,95
1.L	<b>ud VÁLVULA DE ESFERA 3/8" PN-10</b> Válvula de esfera PN-10 de 3/8", instalada, i/pequeño material y accesorios.						2,00	12,52	25,04
1.M	<b>ud VÁLVULA DE ESFERA 1/2" PN-10</b> Válvula de esfera PN-10 de 1/2", instalada, i/pequeño material y accesorios.						2,00	13,37	26,74
<b>TOTAL CAPÍTULO 1 CALEFACCION POR RADIADORES .....</b>									<b>17.546,31</b>
<b>TOTAL.....</b>									<b>17.546,31</b>

## 1.3.- RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1	CALEFACCION POR RADIADORES .....	17.546,31	100,00
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>17.546,31</b>	
	13,00% Gastos generales.....	2.281,02	
	6,00% Beneficio industrial.....	1.052,78	
	SUMA DE G.G. y B.I.	3.333,80	
	21,00% I.V.A.....	4.384,82	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>25.264,93</b>	
	<b>HONORARIOS INGENIERO TÉCNICO</b>		
	Proyecto 8,00% s/ P.E.M.....	1.403,70	
	<b>TOTAL HONORARIOS PROYECTO</b>	<b>1.403,70</b>	
	Dirección de obra 8,00% s/ P.E.M.....	1.403,70	
	<b>TOTAL HONORARIOS DIRECCIÓN</b>	<b>1.403,70</b>	
	<b>TOTAL HONORARIOS INGENIRO TÉCNICO</b>	<b>2.807,40</b>	
	<b>TOTAL HONORARIOS</b>	<b>2.807,40</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>28.072,33</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de VEINTIOCHO MIL SETENTA Y DOS EUROS con TREINTA Y TRES CÉNTIMOS

FABERO, a Abril 2013.

El promotor

La dirección facultativa



## 2.- CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

## 2.1.- CUADRO DE DESCOMPUESTOS

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 1A CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE</b>					
1A.1	m2	<b>SUELO RADIANTE c/PANEL PORTATUBOS UPONOR</b> Calefacción por suelo radiante sistema Uponor, con agua a baja temperatura, circulando en circuito cerrado por tuberías de polietileno reticulado Uponor Wirsbo-ev alPEX 16x 2.0, homologado según Norma UNE-EN ISO 15875, sobre panel portatubos Uponor con aislante de poliestireno de 11 mm. de espesor y densidad 30 kg/m3, con zócalo o banda perimetral de espuma de polietileno, Kit completo de colectores de polisulfona (provisto de colector de ida, colector de retorno, detentores, purgadores automáticos, válvulas de paso, termómetros, llaves de llenado y vaciado, tapones, soportes y adaptadores Uponor Q&E o tradicionales), aditivo para mortero Uponor, caja para colectores. Totalmente instalado. (No incluye equipo de producción de calor).			
1A.11	0,200 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	3,47	
1A.12	0,200 h.	Oficial 2º fontanero calefactor	15,79	3,16	
1A.13	8,000 m.	Tubería Uponor Wirsbo Ev alPEX 16x 1,8	2,09	16,72	
1A.14	1,000 m.	Aislamiento lateral zócalo	1,98	1,98	
1A.15	1,000 ud	Panel portatubos c/aislam.30kg/m2 e=11mm	17,56	17,56	
1A.16	0,010 ud	Kit completo colector Wirsbo (8 salidas)	449,74	4,50	
1A.17	0,010 ud	Caja de colectores Wirsbo	168,44	1,68	
1A.18	0,100 ud	Aditivo para mortero Wirsbo	8,76	0,88	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>49,95</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CUARENTA Y NUEVE EUROS con NOVENTA Y CINCO CÉNTIMOS					
1A.2	m	<b>TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN</b>			
1A.21	13,610 m.	TUBO POLIET.RET. WIRSBO EVAL PEX 32x 2,9	9,28	126,30	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>126,30</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTISEIS EUROS con TREINTA CÉNTIMOS					
1A.3	ud	<b>CALDERA DE PELLETS</b> Caldera de pellets HARGASSNER Classic 9 Aspiración, 2-9,5 kW modelo CL9Saugen.1, totalmente automatizada alimentada por aspiración desde un silo; especialmente eficiente para aplicaciones de baja temperatura (suelo radiante, emisores térmicos de baja temperatura,...); Regulación lambda con detección automática de combustible; Cámara de combustión de material refractario de alta calidad; Rendimiento máximo superior al 95%; Parrilla automática con sistema de compactación de cenizas; Indicador de nivel de llenado automático de la caja de cenizas; Dispositivo de limpieza automática de la caldera, dosificador de pellets doble 100% antiretorno de llama; Sistema de aspiración de alto rendimiento con depósito intermedio; Indicación de consumo y nivel de llenado del silo de pellets. Caldera ensamblada y de fácil y rápida instalación, de conexión monofásica. Con sonda Lambda, control para dos circuitos de calefacción (con mezcladora) y dos de ACS, incluidas las sondas correspondientes, sonda de interior FR25, 20 m de manguera, transporte y puesta en marcha.			
1A.31	1,000 u	Caldera de pellets Classic 9 Aspiración, 2-9,5 kW modelo CL9Saug	10.844,15	10.844,15	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>10.844,15</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de DIEZ MIL OCHOCIENTOS CUARENTA Y CUATRO EUROS con QUINCE CÉNTIMOS					
1A.4	ud	<b>DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE</b>			
1A.41	1,000 u	Silo tex fil GWTS200x200	3.094,00	3.094,00	
1A.42	5,000 m	Tubo flexible de aspiración	14,00	70,00	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>3.164,00</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de TRES MIL CIENTO SESENTA Y CUATRO EUROS					
1A.5	ud	<b>TERMOSTATO AMBIENT.PROGRAMAB.</b> Termostato ambiente desde 8°C a 32°C, con programación independiente para cada día de la semana de hasta 6 cambios de nivel diarios, con tres niveles de temperatura ambiente: confort, actividad y reducido; programa especial para período de vacaciones, con visor de día, hora, temperatura de consigna y ambiente, instalado.			
1A.51	0,500 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	8,67	
1A.52	1,000 ud	Termostato ambiente programable	116,91	116,91	
<b>TOTAL PARTIDA .....</b>					<b>125,58</b>
Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de CIENTO VEINTICINCO EUROS con CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS					

# PRESUPUESTO

CÓDIGO	CANTIDAD UD	RESUMEN	PRECIO	SUBTOTAL	IMPORTE
<b>1A.6</b>	<b>ud</b>	<b>CIRCULADOR</b>			
		Circulador de la marca GRUNDFOS para instalación de calefacción por agua caliente hasta 10 bar y 110°C, para un caudal de 1 m3/h, presión 2,5 m.c.a., con motor de rotor sumergido, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades de trabajo, juego de racores para la instalación, conexionado eléctrico e instalado.			
1A.61	3,000 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	52,02	
1A.62	3,000 h.	Oficial 2º fontanero calefactor	15,79	47,37	
1A.63	1,000 ud	Bomba ALPHA2 de GRUNDFOS	315,00	315,00	
1A.64	2,000 ud	Válv.comp. bronce. 1 1/2"	51,20	102,40	
1A.65	1,000 ud	Válv.ret.PN10/16 1 1/2"	13,83	13,83	
1A.66	10,000 m.	Cond. ríg. 750 V 1,5 mm2 Cu	0,20	2,00	
1A.67	10,000 m.	Tubo PVC ríg. der.ind. M 32/gp5	0,54	5,40	
1A.68	1,000 ud	Antivibrador DN-32/PN-10	35,44	35,44	

**TOTAL PARTIDA..... 573,46**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de QUINIENTOS SETENTA Y TRES EUROS con CUARENTA Y SEIS CÉNTIMOS

<b>1A.7</b>	<b>ud</b>	<b>VASO DE EXPANSIÓN</b>			
		Vaso de expansión de la marca IBAIONDO modelo 12 CMF. Capacidad de 12 litros y presión máxima de 5 bar. 310 mm de alto y un diámetro de 270 mm. Peso 3,2 kg.			
1A.71	0,500 h.	Oficial 1º fontanero calefactor	17,34	8,67	
1A.72	1,000 ud	Vaso de expansión 12l.	17,78	17,78	

**TOTAL PARTIDA..... 26,45**

Asciende el precio total de la partida a la mencionada cantidad de VEINTISEIS EUROS con CUARENTA Y CINCO CÉNTIMOS

## 2.2.- PRESUPUESTO Y MEDICIONES

CÓDIGO	RESUMEN	UDS	LONGITUD	ANCHURA	ALTURA	PARCIALES	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPÍTULO 1A CALEFACCION POR SUELO RADIANTE</b>									
1A.1	<b>m2 SUELO RADIANTE c/PANEL PORTATUBOS UPONOR</b> Calefacción por suelo radiante sistema Uponor, con agua a baja temperatura, circulando en circuito cerrado por tuberías de polietileno reticulado Uponor Wirsbo-evalPEX 16x 2.0, homologado según Norma UNE-EN ISO 15875, sobre panel portatubos Uponor con aislante de poliestireno de 11 mm. de espesor y densidad 30 kg/m3, con zócalo o banda perimetral de espuma de polietileno, Kit completo de colectores de polisulfona (provisto de colector de ida, colector de retorno, detentores, purgadores automáticos, válvulas de paso, termómetros, llaves de llenado y vaciado, tapones, soportes y adaptadores Uponor Q&E o tradicionales), aditivo para mortero Uponor, caja para colectores. Totalmente instalado. (No incluye equipo de producción de calor).						120,60	49,95	6.023,97
1A.2	<b>m TUBERÍA DE DISTRIBUCIÓN</b>						1,00	126,30	126,30
1A.3	<b>ud CALDERA DE PELLETS</b> Caldera de pellets HARGASSNER Classic 9 Aspiración, 2-9,5 kW modelo CL9Saugen.1, totalmente automatizada alimentada por aspiración desde un silo; especialmente eficiente para aplicaciones de baja temperatura (suelo radiante, emisores térmicos de baja temperatura,...); Regulación lambda con detección automática de combustible; Cámara de combustión de material refractario de alta calidad; Rendimiento máximo superior al 95%; Parrilla automática con sistema de compactación de cenizas; Indicador de nivel de llenado automático de la caja de cenizas; Dispositivo de limpieza automática de la caldera, dosificador de pellets doble 100% antiretorno de llama; Sistema de aspiración de alto rendimiento con depósito intermedio; Indicación de consumo y nivel de llenado del silo de pellets. Caldera ensamblada y de fácil y rápida instalación, de conexión monofásica. Con sonda Lambda para dos circuitos de calefacción (con mezcladora) y dos de ACS, incluidas las sondas correspondientes, sonda de interior FR25, 20 m de manguera, transporte y puesta en marcha.						1,00	10.844,15	10.844,15
1A.4	<b>ud DEPÓSITO DE COMBUSTIBLE</b>						1,00	3.164,00	3.164,00
1A.5	<b>ud TERMOSTATO AMBIENT.PROGRAMAB.</b> Termostato ambiente desde 8°C a 32°C, con programación independiente para cada día de la semana de hasta 6 cambios de nivel diarios, con tres niveles de temperatura ambiente: confort, actividad y reducido; programa especial para periodo de vacaciones, con visor de día, hora, temperatura de consigna y ambiente, instalado.						1,00	125,58	125,58
1A.6	<b>ud CIRCULADOR</b> Circulador de la marca GRUNDFOS para instalación de calefacción por agua caliente hasta 10 bar y 110°C, para un caudal de 1 m3/h, presión 2,5 m.c.a., con motor de rotor sumergido, cojinetes de grafito, selector de 3 velocidades de trabajo, juego de racores para la instalación, conexionado eléctrico e instalado.						1,00	573,46	573,46
1A.7	<b>ud VASO DE EXPANSIÓN</b> Vaso de expansión de la marca IBAIONDO modelo 12 CMF. Capacidad de 12 litros y presión máxima de 5 bar. 310 mm de alto y un diámetro de 270 mm. Peso 3,2 kg.						1,00	26,45	26,45
<b>TOTAL CAPÍTULO 1A CALEFACCION POR SUELO RADIANTE .....</b>									<b>20.883,91</b>
<b>TOTAL.....</b>									<b>20.883,91</b>

## 2.3.- RESUMEN DE PRESUPUESTO

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
1A	CALEFACCION POR SUELO RADIANTE.....	20.883,91	100,00
	<b>TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>20.883,91</b>	
	13,00% Gastos generales.....	2.714,91	
	6,00% Beneficio industrial.....	1.253,03	
	SUMA DE G.G. y B.I.	3.967,94	
	21,00% I.V.A.....	5.218,89	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA</b>	<b>30.070,74</b>	
	<b>HONORARIOS INGENIERO TÉCNICO</b>		
	Proyecto 8,00% s/ P.E.M.....	1.670,71	
	I.V.A. 21,00% s/ proyecto.....	350,85	
	<b>TOTAL HONORARIOS PROYECTO</b>	<b>2.021,56</b>	
	Dirección de obra 8,00% s/ P.E.M.....	1.670,71	
	I.V.A. 21,00% s/ dirección.....	350,85	
	<b>TOTAL HONORARIOS DIRECCIÓN</b>	<b>2.021,56</b>	
	<b>TOTAL HONORARIOS INGENIERO TÉCNICO</b>	<b>4.043,12</b>	
	<b>TOTAL HONORARIOS</b>	<b>4.043,12</b>	
	<b>TOTAL PRESUPUESTO GENERAL</b>	<b>34.113,86</b>	

Asciende el presupuesto general a la expresada cantidad de TREINTA Y CUATRO MIL CIENTO TRECE EUROS con OCHENTA Y SEIS CÉNTIMOS

FABERO, a Abril 2013.

El promotor

La dirección facultativa

Pliego de condiciones  
Instalación de calefacción

---

<b>1.- OBJETO Y ALCANCE</b> .....	<b>1</b>
<b>2.- GENERALIDADES</b> .....	<b>2</b>
2.1.- DEFINICIONES .....	2
2.2.- TRABAJOS NO INCLUIDOS .....	2
2.3.- MODIFICACIONES A ESPECIFICACIONES Y PLANOS .....	3
2.4.- CALIDADES .....	3
2.5.- PROTECCIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y LIMPIEZA .....	3
2.6.- ACCESIBILIDAD .....	3
2.7.- MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES .....	4
<b>3.- NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE</b> .....	<b>4</b>
<b>4.- DIRECCIÓN DE OBRA</b> .....	<b>5</b>
<b>5.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE MATERIALES Y EQUIPOS</b> .....	<b>5</b>
5.1.- AISLAMIENTO TÉRMICO .....	5
5.1.1.- General. ....	5
5.1.2.- Materiales y características. ....	5
5.1.3.- Niveles de aislamiento.....	6
5.1.4.- Colocación. ....	6
5.1.5.- Aislamiento de tuberías.....	6
5.1.6.- Protección del aislamiento. ....	6
5.2.- EMISORES .....	7
5.3.- PURGA .....	8
5.4.- COMPENSADORES DE DILATACIÓN .....	8
5.4.1.- General. ....	8
5.4.2.- Montaje. ....	9
5.5.- ROTULACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS Y FLUIDOS.....	9
5.5.1.- General. ....	9
5.6.- CALDERAS .....	9
5.6.1.- Calderas de combustibles sólidos.....	10
5.6.2.- Documentación. ....	10
5.6.3.- Accesorios.....	10
5.6.4.- Quemadores.....	11
5.7.- DEPÓSITO DE EXPANSIÓN .....	11
5.7.1.- General. ....	11
5.7.2.- Materiales.....	12
5.7.3.- Instalación. ....	12
5.8.- ELEMENTOS DE REGULACIÓN Y CONTROL .....	12
5.8.1.- General. ....	12
5.8.2.- Materiales e instalación. ....	12
5.9.- VALVULERÍA.....	13
5.9.1.- General. ....	13
5.9.2.- Conexiones. ....	13
5.10.- BOMBAS .....	13
5.10.1.- General. ....	13
5.10.2.- Información técnica.....	14

5.11.- REDES GENERALES DE TUBERÍAS Y CONEXIONES.....	14
5.11.1.- Soportes.....	16
5.11.2.- Dilataciones.....	18
5.11.3.- Purga.....	18
5.12.- ELEMENTOS ABSORBEDORES DE LA VIBRACIÓN.....	19
5.12.1.- General.....	19
5.12.2.- Instalación.....	20
5.13.- DRENAJES Y VACIADOS.....	20
5.13.1.- Drenajes.....	20
5.13.2.- Vaciados.....	20
5.14.- ACOMETIDAS DE AGUA A REDES.....	20
<b>6.- ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE SUELO RADIANTE .....</b>	<b>21</b>
6.1.- DESCRIPCIÓN.....	21
6.2.- COMPONENTES DEL SISTEMA.....	21
6.3.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA.....	21
6.4.- TUBERÍAS.....	22
6.4.1.- Generalidades.....	22
6.4.2.- Composición.....	22
6.4.3.- Dimensiones.....	22
6.4.4.- Características.....	22
6.4.5.- Accesorios.....	23
6.5.- SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO.....	25
6.5.1.- Unidad de control.....	25
6.5.2.- Termostato inalámbrico.....	26
6.6.- PUESTA EN OBRA.....	26
6.6.1.- Instalación de la banda perimetral.....	27
6.6.2.- Instalación del sistema de paneles.....	27
<b>7.- PRUEBAS Y ENSAYOS .....</b>	<b>31</b>
7.1.- GENERAL.....	31
7.2.- PRUEBAS PARCIALES.....	32
7.3.- PRUEBAS MECÁNICAS.....	32
7.4.- PRUEBAS HIDROTÉRMICAS.....	33
7.5.- MOTORES.....	33
7.6.- OTRAS PRUEBAS.....	33
<b>8.- RECEPCIÓN .....</b>	<b>33</b>
8.1.- CONDICIONES DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO.....	34
8.1.1.- Elementos emisores.....	34
8.1.2.- Elementos de bombeo.....	34
8.1.3.- Elementos auxiliares.....	34
<b>9.- CONCLUSIÓN .....</b>	<b>35</b>

## 1.- OBJETO Y ALCANCE

El objeto del presente documento es establecer los requisitos técnicos a cumplir por los materiales, los equipos y el montaje de las instalaciones de calefacción correspondientes al presente proyecto. En particular, se definen los siguientes conceptos:

- Características y especificaciones de los materiales y equipos, su suministro e instalación.
- Trabajos a realizar por el Contratista.
- Forma de realizar las instalaciones y el montaje.
- Pruebas y ensayos, durante el transcurso de la obra, a la Recepción Provisional y a la Recepción Definitiva.
- Garantías exigidas.

Será cometido del Contratista el suministro de todos los equipos, materiales, servicios y mano de obra necesarios para dotar al Edificio de las instalaciones descritas en la Memoria, representadas en Planos y recogidas en Mediciones u otros documentos de este Proyecto. Todo ello según las normas, reglamentos y prescripciones vigentes que sean de aplicación, así como las de Seguridad e Higiene.

Asimismo, será cometido del Contratista lo siguiente:

- La conexión de todos los equipos relacionados con las instalaciones, o los que la D.T. estime de su competencia, aún no estando incluidas expresamente.
- Las pruebas y puesta en marcha, y cuanto conlleve.
- Planos finales de obra, "así construido", en papel y en soporte informático, y tres informes con especificaciones y características de equipos y materiales, con libros de uso y mantenimiento. Los planos contendrán:
  - ✓ Todos los trabajos de climatización instalados exactamente de acuerdo con el diseño original.
  - ✓ Todos los trabajos de climatización instalados correspondientes a modificaciones o añadidos al diseño original.
  - ✓ Toda la información dimensional necesaria para definir la ubicación exacta de todos los equipos que, por estar ocultos, no es posible seguirles el recorrido por simple inspección a través de los medios comunes de acceso, establecidos para inspección y mantenimiento.
- La limpieza inmediata y, si se precisa, transporte a vertedero de material sobrante, de todos los tajos y zonas de actuación.
- Sellado ignífugo de huecos y pasos de canalizaciones y conducciones, con resistencia al fuego equivalente a la de los cerramientos o forjados que atraviesan las instalaciones.
- Las ayudas de estricto peonaje y albañilería auxiliar.
- El pequeño material y accesorios, así como transporte y movimiento de todos los equipos.
- Los elementos de fijación y soporte, previa aprobación de los mismos por la D.T., de todos los aparatos.
- Todo el material y equipos de remate, electricidad, soldaduras, etc., para dejar un perfecto acabado.
- Las bancadas y sistemas absorbedores de la vibración para equipos que lo requieran o indique la D.T.
- La imprimación y pintura de todo el material férreo utilizado para bancadas, soportes, herrajes, etc., que se requiera.
- En general, cuanto sea necesario para dejar el conjunto de las instalaciones que se adjudican totalmente rematadas y funcionando correctamente.



## 2.- GENERALIDADES

### 2.1.- DEFINICIONES

Para la instalación de calefacción, el término “Contratista” significa la empresa que ejecuta dicha instalación, o su representante autorizado.

El término “Dirección Técnica”, en adelante D.T., significa la persona o personas responsables técnicamente del montaje, o su representante.

Tanto en los planos como en las especificaciones para las instalaciones de calefacción, ciertas palabras no técnicas serán entendidas con un significado específico que se define a continuación haciendo caso omiso a indicaciones contrarias en las condiciones generales o cualquier otro documento de control de las instalaciones de calefacción.

Cada vez que se emplee el término “Suministro” se entenderá incluida la definición del material, el dimensionado, la disposición, el control de calidad, pruebas en fábrica, costes de embalaje, desembalaje, transporte y almacenamiento en obra, procedimientos, especificaciones, planos, cálculos, manuales y programas para todo lo anterior, para la Propiedad y las Administraciones competentes, necesario para construir y fabricar el material, así como los costes derivados de visados, tasas, etc. para realizar la instalación.

En los términos “Instalación” o “Montaje” se entenderá incluido el coste de medición, replanteo en obra, elevación, manipulación, ejecución y recibo de rozas, realización de pasamuros, paso de forjados, sellado de los mismos, etc. y cualquier otra ayuda de albañilería, colocación, fijación, conexionado eléctrico o mecánico, mantenimiento durante la obra, limpieza, medición final, asistencia a la Propiedad en inspecciones, entrega, adopción de medidas de seguridad contra robo, incendio, sabotaje, daños naturales y accidentes a las personas o a las cosas.

“Proveer”: Suministrar e instalar.

“Nuevo”: Fabricado hace menos de dos años y nunca usado anteriormente.

Por último, el término “Prueba” incluye la comprobación de la instalación, puesta a punto de aparatos para que realicen sus funciones específicas, tarado de protecciones, energización, adopción de medidas de seguridad contra deterioros del material en cuestión o de otros como consecuencia de la primera y contra accidentes a las personas o a las cosas, comprobación de resultados, análisis de los mismos y entrega.

### 2.2.- TRABAJOS NO INCLUIDOS

Será responsabilidad del instalador el suministro de información de potencia y características eléctricas de los equipos a instalar por éste, al instalador eléctrico que suministrará los cuadros eléctricos correspondientes y efectuará el conexionado de equipos y de subsistemas de control siendo responsabilidad exclusiva del instalador la coordinación y verificación del montaje que realice el instalador eléctrico de la alimentación, cableado y conexionado de la red de fuerza y de control al sistema.

## **2.3.- MODIFICACIONES A ESPECIFICACIONES Y PLANOS**

Sólo se admitirán modificaciones por los siguientes conceptos:

- Mejoras en calidad, cantidad o montaje de los diferentes elementos, siempre que no afecten al presupuesto o en todo caso disminuye de la posición correspondiente, no debiendo nunca repercutir el cambio en otros materiales.
- Variaciones en la arquitectura del edificio, siendo la variación de instalaciones definidas por la Dirección de la obra o por el Instalador con la aprobación de aquella.

Estas posibles variaciones, deberán realizarse por escrito acompañadas por la causa, material eliminado, material nuevo, modificación al presupuesto con las certificaciones de precios correspondientes a fechas de entrega, no pudiéndose efectuar ningún cambio si el anterior documento no ha sido aprobado por la propiedad y Dirección de obra.

## **2.4.- CALIDADES**

La maquinaria, materiales o cualquier otro elemento en el que sea definible una calidad, será el indicado en el Proyecto. Si el Instalador propusiese una de calidad similar, solo la Dirección de Obra, definirá si es o no similar, por lo que todo presupuesto de instalación de nuevo material que no sea el específicamente indicado en el Presupuesto, deberá ser aprobada por escrito, por la Dirección de Obra, siendo eliminada sin ningún perjuicio a la Propiedad si no cumpliera este requisito.

## **2.5.- PROTECCIÓN DURANTE LA CONSTRUCCIÓN Y LIMPIEZA**

Los aparatos, materiales y equipos que se instalen, se protegerán durante el periodo de construcción a fin de evitar los daños que les pudiera ocasionar el agua, basura, sustancias químicas o de cualquier otra clase. Los extremos abiertos de los tubos se limpiarán, por completo, antes de su instalación, así como el interior de todos los tramos de tubería, accesorios, llaves, etc. La dirección de la obra se reserva el derecho de eliminar cualquier material que por un inadecuado almacenamiento juzgase defectuoso.

A la terminación de los trabajos, el instalador procederá a una limpieza general del material sobrante, recortes, desperdicios, etc., así como de todos los elementos montados o de cualquier otro concepto relacionado directamente con su trabajo.

## **2.6.- ACCESIBILIDAD**

El Instalador preverá las limitaciones o particularidades que puedan afectar a la instalación del equipo descrito en esta sección de las Especificaciones.

Tanto el equipo como los aparatos serán instalados de manera que queden accesibles y listos para funcionamiento y conservación, pero situados en locales protegidos contra posible manipulación y sabotaje.

En el trazado de las diferentes conducciones, bandejas y otros aparatos, el Instalador se fijará en la altura a que quedan las tuberías y espacios libres que han sido dejados en el edificio para su trabajo y se familiarizará con el acabado interior y con los detalles estructurales del edificio.

En el caso de que sean vistas su aspecto exterior no delatará la instalación a la que sirven por lo que estarán en rigurosa concordancia con las instalaciones que le acompañen.

## **2.7.- MAQUINARIA Y MEDIOS AUXILIARES**

El Instalador queda obligado a aportar a la obra el equipo de maquinaria y medios auxiliares que sean precisos para la buena ejecución de aquellas en los plazos parciales y totales que se convengan.

El equipo quedará adscrito a la obra en la inteligencia de que no podrá retirarse sin el consentimiento expreso de la Dirección de Obra.

## **3.- NORMATIVA TÉCNICA APLICABLE**

Las instalaciones comprendidas en la presente Especificación cumplirán con todas y cada una de las especificaciones contenidas en los siguientes documentos:

- Código técnico de la edificación (CTE), aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de Marzo, y sus posteriores modificaciones.
- Reglamento de Aparatos a Presión, aprobado por Real Decreto 1244/1979 de 4 de Abril y posteriores modificaciones.
- Real decreto 1027/2007, de 20 de julio (BOE 207, de 29/08/2007), por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.
- Documento básico de protección frente al ruido DB-HR, según Real Decreto 1371/2007, de 19 de Octubre.
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de 2 de Agosto de 2002, según R. D. 842/2002, y las Instrucciones Técnicas Complementarias al mismo.
- Real Decreto 865/2003, de 4 de Julio, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.
- Real Decreto 846/2006 de 7 de Julio, por el que se declaran de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de chimeneas modulares metálicas y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.
- Reglamento de Instalaciones Molestas, Insalubres, Nocivas y peligrosas.
- Normas UNE.

En cuanto a los equipos y materiales a emplear, cumplirán con lo especificado en la Normativa Nacional (Normas UNE) y las que se especifiquen en cada uno de los apartados correspondientes.

## **4.- DIRECCIÓN DE OBRA**

El Contratista actuará en todo momento bajo las órdenes de la D.T., a quien únicamente pedirá la conformidad de sus trabajos y nuevas necesidades y, de acuerdo con la cual, resolverá los problemas o incidencias que pudieran presentarse.

## **5.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE MATERIALES Y EQUIPOS**

### **5.1.- AISLAMIENTO TÉRMICO**

#### **5.1.1.- General.**

El aislamiento térmico se instalará después de las pruebas de estanqueidad del sistema y del limpiado y protección de las superficies.

El aislamiento no quedará interrumpido en el paso de los elementos estructurales del edificio. El manguito pasamuros deberá tener las dimensiones suficientes para que pase la conducción con el aislamiento, con una holgura no superior a 3 centímetros. Tampoco se permitirá la interrupción del aislamiento en los soportes.

El puente térmico constituido por el soporte deberá quedar interrumpido por la interposición de un material elástico entre el mismo y la conducción, excepto cuando el soporte sea un punto fijo.

Tras la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y control y las válvulas quedarán visibles y accesibles.

Las franjas de color y las flechas de distinción del fluido transportado en las conducciones se pintarán o pegarán sobre la superficie exterior del aislamiento o de la protección del mismo.

La Dirección facultativa rechazará cualquier material aislante que muestre evidencia de estar mojado o húmedo.

#### **5.1.2.- Materiales y características.**

El fabricante del material aislante garantizará las características de conductividad, densidad aparente, permeabilidad al vapor de agua y demás características mediante etiquetas y marcas de calidad.

Todos los materiales aislantes empleados deberán haber sido sometidos a los ensayos indicados en las normas UNE específicas. En el caso de que el material no esté certificado debidamente y ofrezca dudas sobre la calidad, la Dirección facultativa podrá dirigirse a un laboratorio oficial para la realización de ensayos de comprobación, con cargo a la empresa instaladora.

### 5.1.3.- Niveles de aislamiento.

Las tuberías deberán cubrirse con los espesores mínimos de aislamiento indicados en la IT 1.2.4.2 del RITE. En las mediciones se harán constar expresamente los espesores de aislamiento superiores a los indicados en dicho apéndice; de no existir indicaciones, se entenderá que son válidos dichos espesores.

### 5.1.4.- Colocación.

El aislamiento se efectuará a base de mantas, fieltros, placas, segmentos o coquillas, soportadas según las instrucciones del fabricante. El asiento del material aislante será compacto y firme, sin cámaras de aire; el espesor se mantendrá uniforme. Cuando se requiera la instalación de varias capas, se procurará que las juntas longitudinales y transversales de las capas no coincidan y que cada capa quede firmemente fijada.

El aislamiento estará protegido con materiales adecuados, para evitar el deterioro, cuando estén expuestas a choque metálico y a las inclemencias meteorológicas. La protección se realizará según se indique en las mediciones.

Cuando sea necesaria la colocación de flejes distanciadores, con objeto de sujetar el revestimiento y conservar un espesor homogéneo, deberán colocarse un material aislante para evitar el puente térmico formado por ellos.

### 5.1.5.- Aislamiento de tuberías.

El aislamiento térmico de tuberías aéreas o empotradas se realizará siempre con coquillas para diámetros inferiores a 25 cm; para tuberías de diámetros superiores se utilizarán fieltros o mantas.

El aislamiento se adherirá a la tubería, para lo cual las coquillas se atarán con venda y sucesivamente con plentitas galvanizadas (se prohíbe el uso de alambres). Las curvas y los codos se realizarán con trozos de coquilla cortados en forma de gajos. En ningún caso el aislamiento con coquilla presentará más de dos juntas longitudinales.

Para tuberías empotradas podrán utilizarse aislamientos a granel, siempre que quede garantizado el valor del coeficiente de conductividad térmica del material empleado.

Todos los accesorios de la red de tuberías deberán cubrirse con el mismo nivel de aislamiento que la tubería. En ningún caso el material aislante impedirá la actuación sobre los órganos de maniobra de las válvulas, ni la lectura de los instrumentos de medida y control.

### 5.1.6.- Protección del aislamiento.

Cuando así se indique en las mediciones, el material aislante tendrá un acabado resistente a las acciones mecánicas y, cuando sea instalado al exterior, a las inclemencias del tiempo.

La protección del aislamiento se aplicará siempre en equipos, aparatos y tuberías situados en la sala de máquinas y en tuberías que transcurran por pasillos de servicio, sin falso techo, amén de las conducciones instaladas en el exterior.

### 5.2.- EMISORES

Para todo tipo de calefacción queda prohibido que las superficies calefactoras accesibles por el usuario, tengan una temperatura superficial exterior superior a ochenta grados centígrados (80°C) sin estar protegidas contra contactos casuales.

Se construirán de materiales resistentes a la corrosión y con todos sus elementos inalterables al agua caliente.

Estarán provistos de los soportes de fijación a la pared o el suelo con los accesorios necesarios para su sustentación.

Dispondrán en todo caso de válvula de reglaje, siendo termostática en dormitorios, y detentor.

Dispondrán de purgador en aquellos casos en que se prevea una acumulación de aire que impida su correcto funcionamiento.

Deben situarse a una distancia del suelo no menor de cien milímetros (100 mm) y cuarenta milímetros (40mm) del paramento.

Se desaconseja su instalación en nicho y en caso de instalarse se aconseja que el techo tenga forma curva de tal forma que la distancia del radiador al techo sea superior de sesenta y cinco milímetros (65mm) en su parte exterior y cuarenta milímetros (40 mm) en su parte interior.

Los elementos calefactores serán fácilmente desmontables, sin necesidad de desmontar parte de la red de tuberías.

Todas las válvulas de la superficie de calefacción serán fácilmente accesibles.

Cuando las superficies de calefacción estén situadas junto a un cerramiento exterior, se recomienda poner, entre la superficie de calefacción y el muro exterior, un aislamiento de un material apropiado cuya conductancia sea, como máximo, de uno coma cinco (1,5) kW/(m<sup>2</sup>°C).

En ningún caso se debilitará el cerramiento exterior por la colocación en hornacina de la superficie de calefacción.

En radiadores tipo panel, la distancia a pared podrá ser de dos centímetros y medio (2,5 cm).

Si se coloca un radiador con un envolvente, se tendrá la precaución de que entre la pared superior del radiador y el techo de la envoltura exista una distancia mínima de cinco centímetros (5 cm), así como entre los laterales de la envoltura y la pared. En todo caso deberán existir aberturas tanto en la parte alta como en la baja como mínimo de cinco centímetros (5cm) para facilitar la convección natural. En este caso,

además, el acuerdo entre la pared del fondo y el techo, se hará de forma que facilite la salida de aire situada detrás del radiador.

La instalación del radiador y su unión con la red de tuberías se efectuará de forma que el radiador se pueda purgar bien de aire hacia la red, sin que queden bolsas que impidan el completo llenado del radiador o impidan una buena circulación del agua en el mismo, En caso contrario cada radiador dispondrá de un purgador automático o manual.

Cuando se utilicen radiadores infrarrojos como calefacción permanente, se instalarán como mínimo a dos metros (2 m) de las personas y de cualquier tipo de combustible.

Emisores de elementos de aluminio:

- Los elementos emisores de calor empleados en la instalación serán radiadores de elementos de aluminio, fabricados por inyección a presión de la aleación de aluminio previamente fundida, con las siguientes especificaciones:
  - ✓ Radiadores de aluminio para instalaciones de agua caliente hasta 6 bar y 110 °C o vapor a baja presión hasta 0.5 bar.
  - ✓ Radiadores formados por elementos acoplables entre sí mediante manguitos de rosca derecha-izquierda y junta de estanqueidad.
  - ✓ Radiadores montados y probados a la presión de 6 bar.

### **5.3.- PURGA**

En la parte más alta de cada circuito, se pondrá una purga para eliminar el aire que pudiera allí acumularse. Se recomienda que esta purga se coloque con una conducción de diámetro no inferior a quince milímetros (15 mm) con un purgador y conducción de la posible agua que se eliminase con la purga. Esta conducción irá en pendiente hacia el punto de vaciado, que deberá ser visible.

Se colocarán además purgas, automáticas o manuales, en cantidad suficiente para evitar la formación de bolsas de aire en tuberías o aparatos en los que, por su disposición, fuesen previsibles.

Todos los filtros de malla y/o tela metálica que se instalen en circuitos de agua con el propósito de proteger los aparatos de la suciedad acumulada durante el montaje, deberán ser retirados una vez terminada de modo satisfactorio la limpieza del circuito.

### **5.4.- COMPENSADORES DE DILATACIÓN**

#### **5.4.1.- General.**

Los compensadores de dilatación se instalarán donde se requiera, según la experiencia de la empresa instaladora. Los dilatadores deberán situarse siempre entre dos anclajes de fijación y deberán ser calculados de forma que absorban la dilatación debida a la máxima variación de temperatura previsible. Los soportes incluidos entre los puntos fijos deberán permitir el libre movimiento de la tubería.

Los compensadores deberán recubrirse con el mismo espesor de aislamiento que la tubería donde estén instalados; de forma que en ningún caso el aislamiento podrá impedir el movimiento del dilatador.

Las conexiones podrán realizarse con manguitos para soldar a la tubería, con bridas montadas por cuellos rebordeados o con bridas soldadas. Con diámetros nominales inferiores a 5 cm la unión será por manguitos, para diámetros superiores se hará por bridas de acero.

### 5.4.2.- Montaje.

Según la membrana venga o no pretensada de fábrica, habrá que soltar el anillo de retención o proceder a un pretensado en obra respectivamente, para que el compensador quede en condiciones de trabajo. En caso que sea necesario el pretensado, se realizará bajo la supervisión del responsable de la empresa instaladora, previo cálculo y siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los compensadores de dilatación se montarán entre dos puntos de anclaje o puntos fijos. De un lado y otro del compensador, si éste sólo admite movimientos axiales, deberán instalarse soportes de guiado, uno de los cuales podrá eliminarse si, como es recomendable en la mayoría de los casos, el dilatador se situara cerca de un punto fijo.

## 5.5.- ROTULACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE EQUIPOS Y FLUIDOS

### 5.5.1.- General.

Los fluidos de las diferentes tuberías, aislados o no, se identificarán mediante bandas de colores, según las normas UNE, añadiéndose un texto rotulado con letras blancas o negras de 2,5 cm de alto, identificador del fluido. Cada tubería exhibirá flechas indicando el sentido del flujo.

En tuberías aisladas, la identificación se realizará mediante cinta adhesiva de celulosa laminada con una capa transparente de etil celulosa. Todas las identificaciones mencionadas se ejecutarán de igual forma. Las tuberías no aisladas se identificarán con bandas de color pintadas.

Todos los equipos estarán provistos de la correspondiente placa de identificación, que defina la denominación específica y la zona a la que atiende.

Todas las válvulas dispondrán de una chapa inoxidable, con la referencia de identificación grabada.

Cada equipo eléctrico de corte y maniobra deberá ser identificado mediante rótulos grabados.

## 5.6.- CALDERAS

Las calderas cumplirán con el R.D. 275/1.995, por el que se dictan las normas de aplicación de la directiva del Consejo 92/42 CEE relativa a los requisitos mínimos de rendimientos relativos para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos y válidas para caldera de una potencia nominal comprendida entre 4 a 400 kW.



Los generadores de calor, calderas y quemadores utilizarán el combustible para el que fueron diseñados.

### 5.6.1.- Calderas de combustibles sólidos.

No podrá cerrarse por completo el registro de humos que lleve a estos a la chimenea, en caso de no disponer de un dispositivo de barrido de gases, previo a la puesta en marcha.

Podrán estar constituidas por elementos de hierro fundido o como un monobloque con cuerpo de acero. En cualquier caso, llevarán envolvente metálica calorifugada como protección.

Dispondrán de los siguientes elementos:

- Parrillas.
- Compuertas de registro y limpieza.
- Conducto de impulsión de gases de combustión, dotado de regulador de tiro.
- Orificios para la conexión con las tuberías de agua.

La potencia máxima liberada para calefacción no podrá superar el 10% de las pérdidas máximas de calor calculadas del local o edificio a calentar.

### 5.6.2.- Documentación.

El fabricante de la caldera deberá suministrar la documentación exigible por otras reglamentaciones aplicables y además como mínimo los siguientes datos:

- Información sobre potencia y rendimiento requerida por R.D. 275/1.995, por el que se dictan las normas de aplicación de la directiva del Consejo 92/42 CEE.
- Condiciones de utilización de la caldera y condiciones de nominales de salida del fluido portador.
- Características del fluido portador.
- Contenido de fluido portador de la caldera.
- Caudal mínimo de fluido portador que debe pasar por la caldera.
- Dimensiones exteriores máximas de la caldera y cotas de situación de los elementos que se han de unir a otras partes de la instalación.
- Dimensiones de la bancada.
- Pesos en transporte y funcionamiento.
- Instrucciones de instalación, limpieza y mantenimiento.
- Curvas de potencia-tiro necesarios en la caja de humos.

### 5.6.3.- Accesorios.

En toda caldera deberán incluirse utensilios necesarios para limpieza y conducción si procede, así como aparatos de medida, tales como termómetros y manómetros.

Los termómetros medirán la temperatura del fluido portador en lugar próximo a la salida, por medio de un bulbo que, con su correspondiente vaina de protección penetre en el interior de la caldera. No se admiten termómetros de contacto.

Los aparatos de medida irán situados en lugar visible y de fácil acceso para su entretenimiento y recambio, con las escalas adecuadas a la instalación.

### 5.6.4.- Quemadores.

Dispondrán de una etiqueta de identificación energética en la que se especifiquen los siguientes datos:

- Nombre del fabricante e importador en su caso.
- Marca, modelo y tipo de quemador.
- Tipo de combustible.
- Valores límites del gasto horario.
- Potencias nominales para los valores anteriores del gasto.
- Presión de alimentación del combustible del quemador.
- Tensión de alimentación.
- Potencia del motor eléctrico.
- Nivel máximo de potencia de acústica ponderado.
- Dimensiones y peso.

Todas las piezas y uniones del quemador serán perfectamente estancas.

### 5.7.- DEPÓSITO DE EXPANSIÓN

#### 5.7.1.- General.

Los depósitos de expansión se instalarán en todos los circuitos cerrados de la instalación, en los lugares indicados en los Planos y según se indique en las Mediciones.

Los datos que sirven de base para la selección del mismo son los siguientes:

- Volumen total de agua en la instalación, en litros.
- Temperatura mínima de funcionamiento.
- Temperatura máxima que pueda alcanzar el agua durante el funcionamiento de la instalación.
- Presiones mínima y máxima de servicio, en depósitos cerrados.
- Volumen de expansión calculado, en litros.

Los cálculos darán como resultado final el volumen total del depósito y la presión nominal PN, que son los datos que definen sus características de funcionamiento.

Los depósitos cerrados cumplirán con el Reglamento de Recipientes a Presión y llevarán la correspondiente placa de timbre.

## 5.7.2.- Materiales.

Los materiales a emplear en la fabricación de los depósitos de expansión son los que se describen a continuación:

- Depósitos de expansión cerrados.
- Cuerpo de acero de calidad, soldado en atmósfera inerte, fosfatado y pintado.
- Membrana impermeable de caucho, de elevada elasticidad y resistente a las altas temperaturas.
- Válvula de llenado de gas inerte precintada.
- Carga de gas inerte (nitrógeno).
- Conexión a la red por rosca o brida.

Cuando el volumen total del depósito cerrado sea igual o superior a 100 litros tendrá el cuerpo dividido en dos partes por medio de un acoplamiento por brida, para permitir el recambio de la membrana.

## 5.7.3.- Instalación.

Los depósitos de expansión se conectarán a la red en la aspiración de las bombas de los circuitos primarios.

La conexión a la red deberá realizarse de manera que no pueda crearse una bolsa de aire en el mismo.

## 5.8.- ELEMENTOS DE REGULACIÓN Y CONTROL

### 5.8.1.- General.

Se incluyen en este pliego, los elementos siguientes:

- Termostatos y reguladores de temperatura ambiente.
- Sondas de temperatura.
- Válvulas motorizadas.
- Central de regulación.
- Sonda de presión.

### 5.8.2.- Materiales e instalación.

El error máximo obtenido en laboratorio, entre la temperatura real existente y la indicada por el termostato una vez alcanzado el equilibrio, será como máximo de 1 °C.

El diferencial estático de los termostatos no será superior a 1,5 °C. El termostato resistirá sin que sufran modificaciones sus características, 10.000 ciclos de apertura-cierre, a la máxima carga prevista para el circuito mandado por el termostato.

Los reguladores de temperatura ambiente serán electrónicos, 24V  $\pm$ 20% y señal de mando progresivo de 0 a 20 V.

El termostato dispondrá de cursor para su accionamiento situado en lugar visible, junto con escala de temperatura en grados Celsius comprendido entre 5 y 35, con divisiones de grado en grado y en cifra cada 5. El cursor podrá bloquearse en un punto determinado.

Se evitará su colocación en paredes soleadas o en la proximidad de fuentes de calor, y a una altura de 1,5 metros del suelo.

### **5.9.- VALVULERÍA**

#### **5.9.1.- General.**

En cualquier tipo de válvula, el acabado de las superficies de asiento y obturador deberá asegurar la estanqueidad al cierre de las mismas para las condiciones de servicio.

El volante y la palanca deberán ser de dimensiones suficientes para asegurar el cierre y la apertura de forma manual, sin la ayuda de medios auxiliares. El órgano de mando no deberá interferir con el aislamiento de la tubería y del cuerpo de válvula.

Las superficies del asiento y del obturador deberán ser intercambiables. La empaquetadura deberá ser recambiable en servicio, con válvula abierta a tope, sin necesidad de desmontarla. Las válvulas roscadas y las válvulas de mariposa serán de diseño tal que, cuando estén correctamente acopladas a las tuberías, no tengan lugar interferencias entre las tuberías y el obturador.

En el cuerpo de las válvulas irán troquelados la presión nominal y el diámetro nominal.

#### **5.9.2.- Conexiones.**

Salvo que se indique lo contrario en las mediciones, las conexiones de las válvulas serán del siguiente tipo, según el diámetro nominal de las mismas:

- Hasta DN 20: conexiones roscadas hembra.
- DN 25, 32 y 40: conexiones roscadas hembra o bridas.
- Desde DN 50: conexiones por bridas.

### **5.10.- BOMBAS**

#### **5.10.1.- General.**

Se instalarán los elementos absorbedores de la vibración necesarios para impedir la transmisión de vibraciones a las estructuras y a las redes de tuberías.

Se recomienda que antes y después de cada bomba de circulación se monte un manómetro para poder apreciar la presión diferencial. En el caso de bombas en paralelo, este manómetro podrá situarse en el tramo común.

La bomba deberá ir montada en un punto tal que pueda asegurarse que ninguna parte de la instalación queda en depresión con relación a la atmósfera. La presión a la entrada deberá ser la suficiente para asegurar que no se producen fenómenos de cavitación ni en la entrada ni en el interior de la bomba.

El conjunto motobomba será fácilmente desmontable. En general, el eje del motor y de la bomba quedarán bien alineados y se montará un acoplamiento elástico si el eje no es común. Cuando los ejes del motor y de la bomba no estén alineados, la transmisión se efectuará por correas trapezoidales.

Salvo en instalaciones individuales con bombas especialmente preparadas para ser soportadas por la tubería, las bombas no ejercerán ningún esfuerzo sobre la red de distribución. La sujeción de la bomba se hará preferentemente al suelo y no a las paredes. Se recomienda aislar elásticamente el grupo motobomba del resto de la instalación y de la estructura del edificio.

Cuando las dimensiones de la tubería sean distintas a las de salida o entrada de la bomba se efectuará un acoplamiento cónico con un ángulo en el vértice no superior a 30°C.

La bomba y el motor estarán montados con holgura a su alrededor, suficiente para una fácil inspección de todas sus partes.

El agua de goteo, cuando exista, será conducida al desagüe correspondiente. En todo caso, el goteo del prensaestopas, cuando deba existir, será visible.

### 5.10.2.- Información técnica.

El fabricante deberá suministrar con las bombas centrífugas, la siguiente información:

- Tipo, modelo y número de serie.
- Curvas características de funcionamiento, en las que se relacionen caudales, presiones y rendimientos para cada combinación de:
  - ✓ Motor.
  - ✓ r.p.m.
  - ✓ Tipo de impulsor.
- Variación de la presión neta positiva requerida en la aspiración de la bomba en función del caudal.
- Características de la corriente de alimentación.
- Presión y temperatura máxima de trabajo.
- Limitaciones en cuanto a posiciones de funcionamiento.
- Dimensiones, peso y cotas de conexiones.
- Instrucciones de montaje y mantenimiento.

### 5.11.- REDES GENERALES DE TUBERÍAS Y CONEXIONES

Las tuberías estarán diseñadas de forma que la pérdida de carga en tramos rectos sea inferior a 40 mm.c.a./m sin sobrepasar 2 m/s de velocidad en tramos que discurran por locales habitados y de 3 m/s en tuberías enterradas o en galerías.

El material empleado en las canalizaciones de las instalaciones será cobre según norma UNE 442.

## PLIEGO DE CONDICIONES

Las conexiones de los aparatos y equipos a las redes de tuberías se harán de forma que no exista interacción mecánica entre aparato y tubería, exceptuando las bombas en línea y no debiendo transmitirse al equipo ningún esfuerzo mecánico a través de la conexión procedente de la tubería.

Toda conexión será realizada de tal manera que pueda ser fácilmente desmontable para sustitución o reparación del equipo o aparato.

Las tuberías estarán instaladas de forma que su aspecto sea limpio y ordenado, dispuestas en líneas paralelas o a escuadra con los elementos estructurales del edificio o con tres ejes perpendiculares entre sí.

Las tuberías horizontales, en general, deberán estar colocadas lo más próximas al suelo, dejando siempre espacio suficiente para manipular el aislamiento térmico.

La holgura entre tuberías o entre éstas y los paramentos una vez colocado el aislamiento necesario no será inferior a tres centímetros (3 cm).

La accesibilidad será tal que pueda manipularse o sustituirse una tubería sin tener que desmontar el resto.

En ningún momento se debilitará un elemento estructural para poder colocar la tubería, sin autorización expresa del Director.

Cuando la instalación esté formada por varios circuitos parciales, cada uno de ellos se equipará el suficiente número de válvulas de regulación y corte para poderlo equilibrar y aislar sin que se afecte al servicio del resto.

En los tramos curvos, los tubos no representarán garrotas y otros defectos análogos, ni aplastamientos y otras deformaciones en su sección transversal.

En ningún caso la selección de la tubería en las curvas será inferior a la sección en tramo recto.

En las alineaciones rectas, las desviaciones serán inferiores al dos por mil (2%).

Las tuberías por agua caliente irán colocadas de manera que no se formen en ellas bolsas de aire. Para la evacuación automática del aire hacia el vaso de expansión o hacia los purgadores, los tramos horizontales deberán tener una pendiente mínima del 0,5% cuando la circulación sea por gravedad o del 0,2% cuando la circulación sea forzada. Estas pendientes se mantendrán en frío y en caliente. Cuando debido a las características de la obra haya que reducir la pendiente, se utilizará el diámetro de tubería inmediatamente superior al necesario.

La pendiente será ascendente hacia el vaso de expansión o hacia los purgadores y con preferencia en el sentido de la circulación del agua.

5.11.1.- Soportes.

Los apoyos de las tuberías, en general, serán los suficientes para que, una vez calorifugadas, no se produzcan flechas superiores al dos por mil, ni ejerzan esfuerzo alguno sobre elementos o aparatos a que estén unidas, como calderas, intercambiadores, bombas, etc.

La sujeción se hará con preferencia en los puntos fijos y partes centrales de los tubos, dejando libres zonas de posible movimiento tales como curvas.

Cuando por razones de diversa índole, sea conveniente evitar desplazamientos no convenientes para el funcionamiento correcto de la instalación, tales como desplazamientos transversales o giros en uniones, en estos puntos se pondrá un elemento de guiado.

Los elementos de sujeción y de guiado permitirán la libre dilatación de la tubería y no perjudicarán al aislamiento de la misma.

Los tubos de cobre llevarán elementos de soporte, a una distancia no superior a lo indicado en el siguiente cuadro:

**Tabla 1:** Distancia máxima entre elementos de soporte en tubería de cobre.

DIAMETRO DE TUBO (mm)	TRAMOS VERTICALES (m)	TRAMOS HORIZONTALES (m)
< 10	1,80	1,20
DE 12 A 20	2,40	1,80
DE 25 A 40	3,00	2,40
DE 50 A 100	3,70	3,00

Los soportes de madera o alambre serán admisibles únicamente durante la colocación de la tubería, pero deberán ser sustituidos por las piezas indicadas en estas prescripciones.

Los soportes tendrán la forma adecuada para ser anclados a la obra de fábrica o a dados situados en el suelo.

Se evitará anclar la tubería a paredes con espesor menor de ocho centímetros (8 cm) pero en el caso de que fuese preciso, los soportes irán anclados a la pared por medio de tacos de madera u otro material apropiado.

Los soportes de las canalizaciones verticales sujetarán la tubería en todo su contorno. Serán desmontables para permitir después de estar anclados, colocar o quitar la tubería con un movimiento incluso perpendicular al eje de la misma.

Cuando exista peligro de corrosión de los soportes de tuberías enterradas, éstos y las guías deberán ser de materiales resistentes a la corrosión o estar protegidos contra la misma.

La tubería estará anclada de modo que los movimientos sean absorbidos por las juntas de dilatación y por la propia flexibilidad del trazado de la tubería. Los anclajes serán lo suficientemente robustos para resistir cualquier empuje normal.

## PLIEGO DE CONDICIONES

Los anclajes de la tubería serán suficientes para soportar el peso de las presiones no compensadas y los esfuerzos de expansión. Para tuberías de vapor deberán estar sobredimensionadas por un coeficiente de seguridad de 10 % con objeto de prevenir los defectos de la corrosión.

Es aconsejable que los anclajes sean galvanizados y se evitará que cualquier parte metálica del anclaje esté en contacto con el suelo de una galería de conducción.

Los colectores se soportaran debidamente y en ningún caso deben descansar sobre generadores u otros aparatos.

Queda prohibido el soldado de la tubería a los soportes o elementos de sujeción o anclaje.

Cuando las tuberías pasen a través de muros, tabiques, forjados, etc. se dispondrán manguitos protectores que dejen espacio libre alrededor de la tubería, debiéndose rellenar este espacio con masilla plástica. Si la tubería va aislada, no se interrumpirá el aislamiento en el manguito.

Los manguitos deberán sobresalir al menos tres milímetros de la parte superior de los pavimentos.

Los tubos tendrán la mayor longitud posible, con objeto de reducir al mínimo el número de uniones.

Los manguitos de reducción en tramos horizontales serán excéntricos y enrasados por la generatriz superior.

En las uniones soldadas en tramos horizontales, los tubos se enrasarán por su generatriz superior para evitar la formación de bolsas.

Antes de efectuar una unión, se repasarán las tuberías para eliminar las rebabas que puedan haberse formado al cortar o aterrizar los tubos.

Cuando las uniones se hagan con bridas, se interpondrá entre ellas una junta de amianto en las canalizaciones por vapor a baja presión y de cartón para agua caliente.

Al realizar la unión de dos tuberías no se forzarán éstas, sino que deberán haberse cortado y colocado con la debida exactitud.

No se podrán realizar uniones en los cruces de muros, forjados, etc.

Todas las uniones deberán poder soportar una presión superior en un cincuenta por ciento (50%) a la de trabajo.

Se prohíbe expresamente la ocultación o enterramiento de uniones mecánicas.

Las canalizaciones ocultas en la albañilería, si la naturaleza de ésta no permite su empotramiento, irán alojadas en cámaras ventiladas, tomando medidas adecuadas (pintura, aislamiento con barrera para vapor, etc.) cuando las características del lugar sean propicias a la formación de condensaciones en las tuberías de calefacción, cuando éstas están frías.



Las tuberías empotradas y ocultas en forjados deberán disponer de un adecuado tratamiento anticorrosivo y estar envueltas con una protección adecuada, debiendo estar suficientemente resuelta la libre dilatación de la tubería y el contacto de esta con los materiales de construcción.

Se evitará, en lo posible, la utilización de materiales diferentes en una canalización, de manera que no formen pares galvánicos. Cuando ello fuese necesario, se aislarán eléctricamente unos de otros o se hará una protección catódica adecuada.

Las tuberías ocultas en terreno deberán disponer de una adecuada protección anticorrosiva, recomendándose que discurran por zanjas rodeadas de arena lavada o inerte, además del tratamiento anticorrosivo, o por galerías.

En cualquier caso, deberán preverse los suficientes registros y el adecuado trazado de pendiente para desagüe y purga.

### 5.11.2.- Dilataciones.

Para compensar las dilataciones se dispondrán liras, dilatadores lineales o elementos análogos, o se utilizará el amplio margen que se tiene con los cambios de dirección, dando curvas con un radio superior a cinco veces el diámetro de la tubería.

Las curvas y liras de dilatación serán del mismo material que la tubería. Sus longitudes serán las especificadas al hablar de materiales y las distancias entre ellas serán tales que las tensiones en las fibras más tensadas no sean superiores a 80MPa, en cualquier estado térmico de la instalación. Los dilatadores no obstaculizarán la eliminación del aire y vaciado de las instalaciones.

Los elementos dilatadores irán colocados de forma que permita a las tuberías dilatarse con movimientos en la dirección de su propio eje, sin que se originen esfuerzos transversales. Se colocarán guías junto a los elementos de dilatación.

Se dispondrá del número de elementos de dilatación necesario para que la disposición de los aparatos a que van conectados no se ve afectada y para que no estén éstos sometidos a esfuerzos indebidos como consecuencia de los movimientos de dilatación de las tuberías.

### 5.11.3.- Purga.

En la parte más alta de cada circuito, se pondrá una purga para eliminar el aire que pudiera allí acumularse. Se recomienda que esta purga se coloque con una conducción de diámetro no inferior a quince milímetros (15 mm) con un purgador y conducción de la posible agua que se eliminase con la purga. Esta conducción irá en pendiente hacia el punto de vaciado, que deberá ser visible.

Se colocarán además purgas, automáticas o manuales, en cantidad suficiente para evitar la formación de bolsas de aire en tuberías o aparatos en los que, por su disposición, fuesen previsibles.

Todos los filtros de malla y/o tela metálica que se instalen en circuitos de agua con el propósito de proteger los aparatos de la suciedad acumulada durante el montaje, deberán ser retirados una vez terminada de modo satisfactorio la limpieza del circuito.

Las tuberías no estarán en contacto con ninguna conducción de energía eléctrica o de telecomunicación, con el fin de evitar los efectos de corrosión que una derivación pueda ocasionar, debiendo preverse siempre una distancia mínima de treinta centímetros (30 cm) a las conducciones eléctricas y de tres centímetros (3 cm) a las tuberías de gas más cercanas desde el exterior de la tubería o del aislamiento si lo hubiese.

Se tendrán especial cuidado en que las canalizaciones de agua fría o refrigerada no sean calentadas por las canalizaciones de vapor o de agua caliente, bien por radiación directa o por conducción a través de soportes, debiéndose prever siempre una distancia mínima de veinticinco centímetros (25 cm) entre exteriores de tuberías, salvo que vayan aisladas.

Las tuberías no atravesarán chimeneas, conductos de aire acondicionado ni chimeneas de ventilación.

En el caso de utilizar intercambiadores de calor, a la entrada de cada cambiador, se colocará una válvula mandada por un termostato que regule la entrada de agua del circuito primario al cambiador, de acuerdo con la temperatura que exista en el fluido secundario. Esta válvula será de regulación continua. A cada una de las salidas y entradas del cambiador se les dotará de una válvula de cierre. El cierre de estas válvulas será eficaz. Se recomienda que cada válvula automática disponga de un circuito en paralelo, el cual incluirá una válvula de cierre.

Todas las calderas tendrán en un punto bajo una válvula de vaciado que permita asegurar que la caldera podrá quedar completamente vacía de agua.

### **5.12.- ELEMENTOS ABSORBEDORES DE LA VIBRACIÓN**

#### **5.12.1.- General.**

Todos los equipos con partes móviles (bombas, compresores, etc.) deberán instalarse con las recomendaciones del fabricante, poniendo especial cuidado en la nivelación y alineación de los elementos de transmisión. Deberán estar dotados de los absorbedores de la vibración que recomiende el fabricante con el fin de no transmitir vibraciones al edificio.

Los elementos absorbedores de la vibración serán del tamaño adecuado a la unidad en la que estén montados. Serán de tipo soporte metálico o caucho. Los de caucho serán del tipo antideslizante.

Las redes de tuberías se instalarán en zonas que no requieran un alto nivel de exigencias acústicas y preferentemente por conductos registrables de obra y fijaciones absorbedoras de la vibración. Las redes de tuberías estarán equipadas con dispositivos para evitar golpes de ariete.

### 5.12.2.- Instalación.

Los absorbedores de la vibración quedarán instalados de forma que soporten igual carga. La forma de fijación de los absorbedores de la vibración debe ser aquella que mejor permita la función a que se destinen, pudiéndose realizar mediante espárragos o puntos de soldadura.

Las conexiones de los equipos con las canalizaciones, se realizarán mediante dispositivos absorbedores de la vibración.

### 5.13.- DRENAJES Y VACIADOS

#### 5.13.1.- Drenajes.

En la parte más alta de cada circuito, se pondrá un drenaje o purga para eliminar el aire que pudiera acumularse. Se recomienda que esta purga se coloque con una conducción de diámetro no inferior a quince milímetros (15 mm), con un purgador y conducción de la posible agua que se eliminase con la purga. Esta conducción irá en pendiente hacia el punto de vaciado, que deberá ser visible.

Se colocarán, además, purgas automáticas o manuales, en cantidad suficiente para evitar la formación de bolsas de aire en tuberías o aparatos en los que por su disposición fuesen previsibles.

#### 5.13.2.- Vaciados.

En cada rama de la instalación que pueda aislarse existirá un dispositivo de vaciado de la misma. Cuando las tuberías de vaciado puedan conectarse a un colector común que las lleve a un desagüe, esta conexión se realizará de forma que el paso del agua desde la tubería al colector sea visible.

Toda la instalación, salvo pequeños tramos, como pasos de puerta, etc., podrá vaciarse.

### 5.14.- ACOMETIDAS DE AGUA A REDES

En toda instalación de agua existirá un círculo de alimentación que disponga de una válvula de retención y otra de corte, antes de la conexión a la instalación, recomendándose la instalación de un filtro.

La tubería de alimentación de agua podrá realizarse al depósito de expansión o a una tubería de retorno.

No podrá realizarse dicha alimentación con una conexión directa a la red de distribución de agua urbana, siendo necesaria una separación entre ambos circuitos.

Se instalará un equipo para el tratamiento de agua de alimentación en caso de que no se cumplan, para ésta, las limitaciones especificadas por los fabricantes de los equipos.

La alimentación automática de agua a las instalaciones únicamente se permitirá cuando esté suficientemente garantizado el control de la estanqueidad de la misma.

Se identificarán todas las tuberías mediante colores y sentidos de flujo del fluido que circula por ellas.

En cualquier caso, la alimentación de agua al sistema no podrá realizarse por razones de salubridad, con una conexión directa a la red de distribución urbana.

### **6.- ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE SUELO RADIANTE**

#### **6.1.- DESCRIPCIÓN**

En toda instalación de agua existirá un círculo de alimentación que disponga de una válvula de retención y otra de corte, antes de la conexión a la instalación, recomendándose la instalación de un filtro.

La tubería de alimentación de agua podrá realizarse al depósito de expansión o a una tubería de retorno.

No podrá realizarse dicha alimentación con una conexión directa a la red de distribución de agua urbana, siendo necesaria una separación entre ambos circuitos.

Se instalará un equipo para el tratamiento de agua de alimentación en caso de que no se cumplan, para ésta, las limitaciones especificadas por los fabricantes de los equipos.

La alimentación automática de agua a las instalaciones únicamente se permitirá cuando esté suficientemente garantizado el control de la estanqueidad de la misma.

Se identificarán todas las tuberías mediante colores y sentidos de flujo del fluido que circula por ellas.

En cualquier caso, la alimentación de agua al sistema no podrá realizarse por razones de salubridad, con una conexión directa a la red de distribución urbana.

#### **6.2.- COMPONENTES DEL SISTEMA**

Tubos evalPEX (en rollos).

Accesorios: Codo guía, eurocono de conexión, lámina de poliestireno estructurado, colectores acero inoxidable, armarios para colectores, banda perimetral, aditivo para mortero y sistema de control inalámbrico o vía cable compuesto por unidad de control y termostatos (inalámbricos o no).

#### **6.3.- CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA**

El sistema de calefacción por suelo radiante está diseñado para que el confort y la seguridad estén garantizados.

Comenzando por los colectores de distribución fabricados en acero inoxidable que reparten el agua de cada uno de los circuitos a través de tuberías de Polietileno reticulado con barrera antioxígeno.

Estas tuberías se colocan sobre planchas base, especialmente diseñadas para aislar y garantizar una correcta instalación de la tubería.

La temperatura se puede controlar con un sistema vía cable o inalámbrico que facilita la libre instalación de los termostatos en las habitaciones.

### **6.4.- TUBERÍAS**

#### **6.4.1.- Generalidades.**

Deberá tener unas características tales que su vida útil no sea inferior a 50 años.

#### **6.4.2.- Composición.**

Tubería de Polietileno reticulado mediante radiación de electrones con barrera antidifusora de oxígeno (Pex-c) conforme a UNE 53381 clase C color natural.

El grado de reticulación no será inferior al 60% conforme a UNE-EN 579.

#### **6.4.3.- Dimensiones.**

Las dimensiones normalizadas serán:

DN-16: diámetro exterior 16 mm.

- Diámetro exterior máximo 16.30 mm.
- Espesor pared 1,8 mm.
- Longitud: rollo 200 m.

#### **6.4.4.- Características.**

La experiencia nos demuestra que la tubería de diámetro 16 es la adecuada para una instalación de calefacción por suelo radiante, ya que una de superior diámetro aumenta la sección de la solera sin obtener grandes beneficios y una de menor diámetro produce importantes pérdidas de carga.

La barrera antidifusora de oxígeno impide la entrada de aire en la instalación, lo que evita exponer a los elementos metálicos del sistema a una oxidación.

Es muy flexible y de muy fácil instalación en los paneles. Resistente a la rotura por stress.

El radio mínimo de curvatura es de 5 veces el diámetro.

### 6.4.4.1.- Codo guía.

Permite la fijación de las tuberías en la salida del armario colector, ya que las tuberías de Polietileno reticulado tienen “memoria térmica” y tienden a recuperar su posición original (en rollo) con la aplicación del agua caliente del sistema.

Es un elemento imprescindible para realizar la transición vertical horizontal de las tuberías, tanto en los tramos de ida como en los de retorno.

### 6.4.4.2.- Eurocono.

Es el elemento metálico (latón cromado) de transición entre la tubería y la salida de los colectores de acero inoxidable.

### 6.4.5.- Accesorios.

#### 6.4.5.1.- Lámina de poliestireno estructurado (ps).

Lámina de Poliestireno estructurado (PS) encolado a un panel de poliestireno expandido.

Válido para su utilización con tuberías de diámetros 14 y 16 mm.

Permite una distancia entre las tuberías de 5, 10, 15 y 20 cm en instalación normal, permite la instalación en diagonal.

La estructura del panel está pensada especialmente para una perfecta fijación de las tuberías, permitiendo que el mortero envuelva a las tuberías.

El sistema de unión entre los paneles se realizará por solapado que hace posible trabajar con el excedente de material cortado (ver puesta en obra de paneles).

Su sistema especial de solape entre paneles evita la que el mortero penetre por las juntas. Puede ser instalado con mortero de cemento líquido, ya que este no penetra por las uniones.

Coefficiente de conductividad térmica 0,035 W/(m°C).

#### 6.4.5.2.- Colectores.

Colector de acero inoxidable, equipado con válvulas de regulación manuales, válvulas de rosca 1/2” purgadoras y de desagüe, salidas de circuitos a unir a la tubería mediante Euroconos de rosca macho 3/4”.

La conexión desde la distribución de la caldera al colector se realizará mediante la unión de la tuerca loca de este a una válvula manual de esfera de rosca 1”.

El cuerpo de ida puede ir equipado con:

- Detentores de regulación.
- Caudalímetros.

La principal diferencia entre ambos es que en los detentores la regulación del caudal de ida se realiza manualmente, pero no se aprecia visualmente cuanto se ha obstruido o liberado la válvula, mientras que los caudalímetros si ofrecen esta posibilidad.

El caudal de retorno también puede ser controlado mediante cabezales termoeléctricos, que sustituyen a las válvulas de regulación manuales.

El circuito de Ida comienza en el colector situado abajo, que es donde se instalan los caudalímetros. Por tanto, el Retorno se realiza por el colector superior, permitiendo más libertad de acceso a las válvulas de regulación.

El número de salidas está marcado por el número de circuitos, teniendo un máximo de 12 circuitos por colector.

Los colectores disponen de unas válvulas que sirven para purgar el aire de la instalación, así como para facilitar el llenado de la misma en la puesta en obra.

Las ventajas de los colectores de acero inoxidable son:

- Inalterables a la oxidación.
- Reducido peso.
- Diámetro interior de gran tamaño.
- Reducción de las pérdidas de carga.
- Fabricados de una sola pieza. No tienen puntos de soldadura.

Los soportes de fijación están incluidos.

### 6.4.5.3.- Cabezales termoeléctricos.

Abren o cierran el caudal del circuito de retorno del colector, en función de la señal emitida por los termostatos inalámbricos.

Su instalación permite mantener una temperatura independiente en cada local, ya que cuando los termostatos alcanzan la temperatura adecuada envían una señal a la unidad de control para cerrar ese circuito únicamente.

Un único termostato puede controlar varios circuitos, permitiendo su utilización en locales de gran superficie.

### 6.4.5.4.- Armario de colectores.

Armario metálico para colectores de 2 a 12 salidas, lacado en color blanco.

Hay que tener en cuenta que las dimensiones de los armarios más grandes están pensadas para la puesta en obra de bombas de recirculación unidas al colector en el interior del armario.

El espesor del armario colector es regulable (de 11 a 15 cm).

En su interior irán dispuestos los elementos de distribución y control de circuitos, como son los colectores, unidad de control, etc.

### 6.4.5.5.- Banda perimetral.

Compuesta de espuma de Polietileno espumado con babero de plástico que evita la entrada de mortero en la instalación.

Controla la dilatación del sistema garantizando al menos un margen de 5 mm.

Evita el puente acústico que puede producirse entre los paneles y los tabiques.

En uno de los lados dispone de una tira autoadhesiva, mientras que por el otro lleva un babero para evitar el paso de mortero en su unión con los paneles.

Dimensiones: rollos de 50 m x 10 mm altura.

### 6.4.5.6.- Aditivo para mortero.

Este aditivo mejora las características de transmisión del calor, ayuda a evitar la formación de burbujas en el mortero y facilita el contacto entre mortero y tubería.

La aplicación de aditivo de mortero de cemento permite realizar reducciones de agua importantes en la mezcla.

Su incorporación a la mezcla de cemento debe ser del 1 al 1,5% del peso del cemento.

## 6.5.- SISTEMA DE CONTROL INALÁMBRICO

El sistema de control inalámbrico se basa en señales de radio para transmitir información sobre la temperatura de cada zona y controlarla.

Este sistema de control inalámbrico tiene dos componentes principales: la unidad de control, los termostatos y los cabezales termoeléctricos.

### 6.5.1.- Unidad de control.

La unidad de control se conecta a una fuente de alimentación de 230V CA. Puede controlar hasta 16 cabezales termoeléctricos de 24V y hasta 8 termostatos de habitación por radio.



En la unidad de control hay un panel que se utiliza para registrar los termostatos de habitación y controlar su funcionamiento.

La unidad de control también puede controlar un calentador y/o una bomba de circulación, es decir, apagar el calentador y/o la bomba cuando no hay demanda de calefacción.

Si la unidad no recibe señal de algún termostato durante 3 horas una alarma avisará de que algo sucede.

La unidad dispone de una función de ejercicio de válvulas se utiliza para impedir que las válvulas de distribución de los colectores de calefacción por suelo radiante se bloqueen o endurezcan tras un período de inactividad prolongado, haciéndolas funcionar como mínimo una vez al día.

Existe un modelo de unidad de control con programador temporal programable 2 canales y 4 periodos.

### 6.5.1.1.- Antena.

En ocasiones la recepción de la señal en la unidad de control no es correcta ya que está situada en el interior de del armario metálico de colectores o el termostato está alejado del armario.

Si surgen problema de recepción la unidad de control puede equiparse con una antena externa para aumentar su alcance.

El alcance de la antena es de 30 m de radio.

### 6.5.2.- Termostato inalámbrico.

El termostato de habitación se instala en la habitación que se desea controlar. El termostato está alimentado por batería de litio y puede reubicarse fácilmente para adaptarse a cambios posteriores en el uso de la habitación.

Un termostato de habitación puede controlar diversos circuitos de tuberías por ejemplo en una habitación grande.

Las señales de radio que transportan la información sobre la temperatura de la habitación se transmiten a la unidad en intervalos de 2-30 minutos. La señal se repite dos veces a intervalos cortos, para reducir el riesgo de posibles interferencias.

## 6.6.- PUESTA EN OBRA

Se seguirán paso a paso, y en un orden lógico, las instrucciones para la instalación del sistema de suelo radiante de acuerdo con UNE EN 1264.

En primer lugar se realizará la instalación de las tuberías de calefacción que llegan hasta los colectores. Estas tuberías discurrirán empotradas por la pared o, en el caso de ir por el suelo, lo más cerca de los tabiques que sea posible.

Se preverá la ubicación de los armarios de colectores para facilitar de este modo la entrada y salida de la tubería por el lateral de los mismos.

Se tendrá especial cuidado de no instalar la tubería de distribución de calefacción por ninguna zona donde vayan a discurrir los circuitos de suelo radiante.

### 6.6.1.- Instalación de la banda perimetral.

La instalación del sistema de paneles comienza con la aplicación de la Banda perimetral.

Sitúe y pegue la Banda perimetral a lo largo de la parte baja de todos los elementos verticales en contacto con la placa (muros, tabiques, pilares, etc.). No hay que olvidarse de colocar la Banda en el hueco de las puertas.

Cuando se hayan instalado los paneles, el babero de plástico de la Banda perimetral se sitúa en ellos. De esta manera el mortero no penetra a través de la unión entre la Banda perimetral y los paneles.

Si la instalación se realiza con mortero líquido, el babero se ha de fijar al panel mediante un trozo a los tetones del panel.

El sobrante superior de la Banda perimetral se debe cortar solo cuando el suelo final (parquet, gres, etc.) y sus juntas hayan sido instalados.

### 6.6.2.- Instalación del sistema de paneles.

#### 6.6.2.1.- Lámina de poliestireno estructurado.

Los paneles se han de situar en la habitación de izquierda a derecha. Están fabricados de tal manera que cuando se están instalando, gracias a su sistema especial de unión de paneles por solapado, casi no se produce desecho de material.

Situar el primer panel en la esquina izquierda de la habitación más alejada, poniendo los solapes hacia el lado de la pared. Esto permite que la línea lateral de tetones pequeños (la contraria a los laterales solapados) quede dispuesta para ser unida.

Después colocar el solape del segundo panel en los tetones del primer panel y presionar.

Cuando se termina la primera hilera, simplemente se comienza una nueva con el panel sobrante de la hilera anterior.

Es importante seguir el diagrama de instalación y corte de los paneles, ya que el tamaño de los tetones donde se solapa es un poco más pequeño para facilitar el solapado.

Después de instalar el sistema de paneles la instalación de las tuberías puede comenzar. En instalaciones de suelo radiante en las cuales el terreno se encuentre directamente en contacto con el forjado se recomienda la puesta en obra de un film plástico entre los paneles y el forjado, con el fin de evitar la subida por capilaridad de la humedad del terreno.

### 6.6.2.2.- Juntas de dilatación.

Para realizar una junta de dilatación se puede colocar una tira de Poliestireno que se puede dejar embebida en el mortero.

En una vivienda normal la dilatación del sistema es absorbida por la zona perimetral recubierta con Banda de Poliestireno.

En las puertas se debe instalar una junta de dilatación que separe las placas de un local con otro.

Las superficies de más de 40 m<sup>2</sup> deben ser separadas mediante una junta de dilatación. La proporción de longitudes no debe exceder de 1:2. Por ejemplo no se calculará dilatación para una superficie de 1 metro de ancho por 40 de largo, sino que ésta dispondrá de una junta de dilatación cada 8 metros. Un ejemplo válido sería una superficie de 5 x 8 m = 40 m<sup>2</sup>.

Para superficies de menos de 40 m<sup>2</sup> se dejará una junta cada 8 m.

Si es posible los circuitos no deben cruzar las juntas de dilatación. Si en algún diseño las tuberías atraviesan alguna junta de dilatación deberán ir recubiertas por una vaina en esa zona.

### 6.6.2.3.- Instalación de los colectores.

Este paso es uno de los más importantes, ya que de los colectores parten todos los circuitos.

Los colectores deberán colocarse en zonas de fácil y libre acceso. Con el fin de facilitar las uniones al colector de las tuberías, estos van en el interior de un armario metálico con capacidad suficiente para los colectores y los juegos de llaves de corte.

La ubicación de los colectores debe elegirse en base a los siguientes puntos:

- La altura a la que se colocan los colectores será de 60 a 70 cm sobre el forjado, con el fin de que los tubos puedan curvarse los 90° que son necesarios desde la vertical del colector hasta la horizontal del suelo.
- Los colectores de acero inoxidable disponen de válvulas purgadoras, ya que al ser el colector el punto más alto de la instalación el aire acumulado se podrá eliminar fácilmente.
- No se debe alimentar una habitación con un colector que este más bajo que esta. Si en una casa o planta hay dos niveles, el colector se ha de situar en el nivel más alto. Si sólo hay una habitación con un nivel superior se instalará un colector independiente para dicha habitación. Esto se debe a que si entra aire en la instalación este no podrá ser purgado del nivel superior.

- Nunca se ha de llevar los tubos por una zona más baja que la habitación a la que va destinado el circuito, ya que el aire no podrá salir de este.
- El colector se situará en el lugar más céntrico posible de la planta, para evitar largas tiradas de tubo.
- Cuando exista más de un colector se procurará que cada colector alimente a una zona (zona de dormitorios, zona de comedor-estar, etc.).
- Si se tiene varias plantas se ha de procurar que los colectores estén cerca de los montantes generales.

Los colectores se montan sobre los soportes de fijación en su emplazamiento, bien sea introducidos en un tabique o en un armario.

### 6.6.2.4.- Instalación de las tuberías.

Las tuberías para suelo radiante pueden ser instaladas de muchas maneras diferentes. Gracias a los paneles especiales es muy fácil instalar las tuberías. La conexión de las tuberías a los paneles garantiza que éstas quedan fijas.

El instalador puede elegir el diseño que más se adapte a las circunstancias.

La instalación de las tuberías comienza en los colectores de suelo radiante. Para ello hay que verificar el orden de realización los circuitos para que estos no se crucen y comprobar que el rollo de tubo que se va a instalar tiene los metros suficientes para realizarlo.

Se fija el extremo al colector y se tiende el tubo pasándolo primero por el codo de sujeción correspondiente.

Se puede aprovechar ambos lados del colector para alimentar varios circuitos, solo es necesario atravesar el tabique por su parte baja.

El paso de los tubos a las habitaciones se hace por los huecos de las puertas, aprovechando de este modo la propia tirada del tubo para calentar pasillos y zonas de tránsito.

El método de colocación del tubo en las instalaciones dependerá de la forma elegida de instalarlo como hemos explicado con anterioridad en este mismo capítulo.

En el caso de que la instalación se realice en varias plantas, es conveniente empezar por la de arriba, de este modo nadie pisará los tubos ya montados.

En las habitaciones la instalación de las tuberías se realizará desde el perímetro hacia el interior. Para ello hay que tener en cuenta las distancias mínimas de separación con los muros (10 cm con tabiques, 15 cm con muros exteriores).

El espaciado entre tubos vendrá dado por el cálculo realizado dependiendo de las necesidades caloríficas de cada local y por la distancia / guía dada por los paneles.

Finalmente se conecta el retorno de la tubería al colector.

Después de esto el sistema está listo para ser sometido a una prueba de presión y estanqueidad antes de ser vertido el mortero de cemento.

### 6.6.2.5.- Aplicación del mortero de cemento.

Una vez acabado el proceso de instalación de los circuitos de tuberías se verterá el mortero de cemento sobre la superficie a calefactar.

El espesor variará en función de los materiales del suelo de la instalación, pero en general es recomendable una sección de mortero de cemento de 4 a 5 cm de espesor tomados desde la parte superior de la tubería.

Este espesor variará en función de la superficie a calefactar, ya que si esta es de gran dimensión o va a soportar grandes pesos, el espesor deberá aumentar para que no se produzcan grietas.

La instalación deberá estar en carga cuando se efectúe el vertido del mortero y haber sido testada correctamente.

### 6.6.2.6.- Aditivo de mortero.

En la mezcla del mortero es recomendable la aplicación de un aditivo especial para mortero de cemento. La proporción de la mezcla debería ser del 1 al 1,5% del peso del cemento.

### 6.6.2.7.- Ubicación de la unidad de control.

La unidad de control debe ubicarse justo encima del colector de calefacción por suelo radiante, en la pared o dentro del armario del distribuidor.

La unidad de control debe montarse horizontalmente y de tal manera que se facilite el acceso al panel de control y la extracción de la cubierta de la unidad de control.

### 6.6.2.8.- Ubicación de la antena de radio.

Si la unidad de control se instala en un armario de metal, debe utilizarse siempre la antena externa, que debe instalarse fuera del armario.

Para evitar interferencias, la antena debe instalarse a 70 cm. como mínimo del armario y de otros objetos metálicos. La antena externa debe montarse siempre verticalmente.

No se debe montar la antena de forma permanente hasta que haya comprobado que la potencia de la señal es satisfactoria.

### 6.6.2.9.- Ubicación del termostato inalámbrico.

El termostato debe registrarse en la unidad de control antes de montarlo en la pared. El termostato debe estar ubicado en una pared interior a 1,5 - 2 m por encima del suelo.

Siempre que sea posible, debe instalarse en un lugar alejado de la luz del sol, corrientes de aire, radiadores, televisores, etc. En habitaciones con una cantidad considerable de humedad y vapor, por ejemplo baños, el termostato debe ubicarse lo más lejos posible de la fuente de humedad.

### 6.6.2.10.- Solado de suelos.

Cualquier superficie puede ser instalada con un sistema de calefacción por suelo radiante, aunque las más prácticas son las superficies cerámicas, ya que son grandes transmisoras de calor.

A la hora de verter el mortero se tendrá en cuenta la calidad de transmisión calorífica del suelo a colocar, ya que no se necesitaría la misma sección para un parquet o una moqueta (aislantes ambos) que para un suelo cerámico.

### 6.6.2.11.- Momento adecuado para la instalación.

En la puesta en obra de un sistema de calefacción por suelo radiante se ha de buscar el momento idóneo de entrar a la obra, ya que se deben cumplir unos requisitos mínimos antes de comenzar:

- Toda la tabiquería debe estar acabada, ya que son los tabiques los que delimitan los circuitos de calefacción.
- Las redes de fontanería y electricidad han de estar terminadas, ya que los tramos de ellas que vayan sobre forjado quedan bajo la instalación de suelo radiante. La red de saneamiento ha de estar presentada pero no instalada, ya que los sanitarios no deben estar colocados con la excepción de la bañera.
- Los tabiques donde van a ir situados los armarios de colectores, que no estén empotrados, deben tener los yesos o azulejos puestos, ya que una vez instalados los armarios de colectores no se podrá alicatar o dar yeso detrás.
- En el caso de que exista riesgo de heladas, es conveniente no empezar a instalar hasta que la edificación esté provista de puertas y ventanas.

La superficie de forjado debe encontrarse libre de cascotes, materiales de construcción y pegotes de yeso o cemento. También ha de estar perfectamente nivelada.

## 7.- PRUEBAS Y ENSAYOS

### 7.1.- GENERAL

Una vez finalizado totalmente el montaje de la instalación y habiendo sido probada y puesta a punto, (pruebas en vacío y en carga, control de fugas, etc.) el instalador procederá a la realización de las diferentes pruebas finales previas a la recepción provisional, según se indica en los capítulos siguientes.

Estas pruebas serán las mínimas exigidas, pudiendo la Dirección Facultativa, si lo considerase oportuno, dictaminar otras que tuviesen relación con la verificación de la prestación de la instalación.

Las pruebas serán realizadas por el instalador en presencia de las personas que determine la Dirección de Obra, pudiendo asistir a las mismas un representante de la Propiedad.

El instalador pondrá a disposición de la Dirección de Obra todos los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación. Se excluye la prestación de energía, agua y combustible necesarios, que será a cargo de otros salvo que el contrato, de forma expresa lo contemple de forma diferente, tanto para la realización de las pruebas como para la simulación de las condiciones nominales necesarias.

Todas las mediciones se realizarán con aparatos homologados, pertenecientes al instalador, previamente contrastados y aprobados por la Dirección de Obra. En ningún caso deben utilizarse los aparatos fijos pertenecientes a la instalación, sirviendo así mismo las mediciones para el contraste de éstos.

### **7.2.- PRUEBAS PARCIALES**

Durante la construcción se realizarán pruebas de todos los elementos que deben quedar ocultos y no se cubrirán hasta que estas pruebas parciales den resultados satisfactorios a juicio del Director Facultativo. Igualmente, se deben hacer pruebas parciales de todos los elementos que indique el Director Facultativo.

Para la ejecución de las pruebas finales, es condición necesaria que la instalación haya sido previamente equilibrada y puesta a punto.

### **7.3.- PRUEBAS MECÁNICAS**

Terminada la instalación será sometida en conjunto a todas las pruebas que aquí se indican así como a las que indique el Director, debiéndose realizar todas las modificaciones, reparaciones y sustituciones necesarias hasta que estas pruebas sean satisfactorias a juicio del Director Facultativo. El instalador está obligado a suministrar todo el equipo necesario para las pruebas requeridas. Todos los equipos y materiales deberán ser sometidos a las pruebas siguientes:

- Intercambiadores de energía térmica: Para todos los equipos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica (baterías), se realizará una comprobación individual, midiendo los caudales en juego, las pérdidas de presión estática y las temperaturas seca y húmeda de los fluidos y se calculará la eficiencia, comparándola con la de proyecto.
- Red de agua: Independiente de las pruebas parciales a que hayan sido sometidas las partes de la instalación a lo largo del montaje, todos los equipos y conducciones deberán someterse a una prueba final de estanqueidad, como mínimo a una presión interior de prueba en frío, equivalente a vez y media la de trabajo, con un mínimo de 400 kPa y una duración no menor a veinticuatro horas. Posteriormente, se realizarán pruebas de circulación de agua de circuitos (bombas en marcha), comprobación de limpieza de los filtros de agua y medida de presiones. Por último, se realizará la comprobación de la estanqueidad del circuito con el fluido a temperatura de régimen.

## 7.4.- PRUEBAS HIDROTÉRMICAS

Se realizarán las pruebas que, a criterio del Director, sean necesarias para comprobar el funcionamiento normal en régimen de invierno o verano, obteniendo un estadillo de condiciones hidrotérmicas interiores para unas condiciones exteriores debidamente registradas.

## 7.5.- MOTORES

Para los motores eléctricos, se comprobará que la potencia absorbida por los motores eléctricos, en las condiciones de funcionamiento correspondientes al máximo caudal de los ventiladores, es igual a la de proyecto.

## 7.6.- OTRAS PRUEBAS

Por último, se comprobará que la instalación cumple con las exigencias de sanidad, seguridad, confortabilidad, eficiencia energética, fiabilidad y duración marcada en el proyecto y de acuerdo con la reglamentación vigente. Particularmente, se comprobará el buen funcionamiento de la regulación automática del sistema.

## 8.- RECEPCIÓN

Una vez realizadas las pruebas mencionadas en los párrafos anteriores con resultados satisfactorios para el Director, debiendo, además, estar la instalación debidamente acabada de pintura, limpieza, remates, etc., se presentará el certificado de la instalación según modelo del RITE, ante la Delegación Provincial del Ministerio correspondiente para potencias superiores a 10 kW en frío y superiores a 6 kW en producción de calor.

Una vez cumplimentados los requisitos previstos en el párrafo anterior, se realizará el acta de recepción provisional, en el que la firma instaladora entregará al Director Facultativo, si no lo hubiera hecho antes, los siguientes documentos:

- Resultados de las pruebas.
- Manual de instrucciones.
- Libro de mantenimiento.
- Libro-Registro del usuario del Ministerio, debidamente diligenciado.
- Proyecto “así construido”, en el que junto a una descripción de la instalación, se relacionarán todas las unidades y equipos empleados, indicando marca, modelo, características y fabricante, así como los planos definitivos de lo ejecutado.
- Un ejemplar de Copia del Certificado de la Instalación presentado ante la Delegación provincial del Ministerio correspondiente.



## **8.1.- CONDICIONES DE ACEPTACIÓN Y RECHAZO**

### **8.1.1.- Elementos emisores.**

No se permitirá la instalación de radiadores que no se encuentren homologados por el Ministerio de Industria y Energía.

### **8.1.2.- Elementos de bombeo.**

Estarán en posesión de la documentación técnica exigible.

Los materiales de construcción del equipo deberán ser aptos de acuerdo con el líquido que circule por éste, en lo que se refiere a:

- Temperatura.
- Grado de corrosividad.
- Características abrasivas.

El conjunto motor-bomba será fácilmente desmontable y el acoplamiento mecánico entre ambos tendrá la protección suficiente para evitar daños contra el personal.

Se comprobarán las condiciones de funcionamiento dadas por el fabricante y si los resultados varían en más de diez por ciento (10%) se rechazará el equipo.

### **8.1.3.- Elementos auxiliares.**

Estarán en posesión de la documentación técnica exigible.

Se realizará una comprobación individual de todos los elementos en los que se efectúe una transferencia de energía térmica, anotando las condiciones de funcionamiento.

## 9.- CONCLUSIÓN

Con la descripción que antecede y con lo presentado en los planos adjuntos, se estiman quedan puestas de manifiesto las condiciones que reúne esta instalación, por lo que se somete el presente proyecto a las consideraciones de los Organismos Oficiales a efectos de las oportunas aprobaciones. Cualquier cambio sobre lo aquí especificado deberá ser previamente aceptado por la Dirección Facultativa.

La instalación de calefacción mencionada en este proyecto, forma parte de un proyecto general para el cual se ha redactado el correspondiente Estudio de Seguridad en el que se recogen las especificaciones de Seguridad y Salud de la misma, por lo tanto no es necesario la redacción de un proyecto específico de seguridad y salud para estas instalaciones.

Valladolid, Abril de 2013

**Laura Goldschmidt Alonso**  
**Ingeniero Técnico Industrial**

## Conclusiones Instalación de calefacción

---

---

<b>1.- INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2.- ESTUDIO COMPARATIVO .....</b>	<b>1</b>
2.1.- ELEMENTOS EMISORES .....	1
2.2.- CONFORT TÉRMICO .....	2
2.3.- TEMPERATURA DE TRABAJO DEL AGUA.....	2
2.4.- CONSUMO .....	3
2.5.- INVERSIÓN .....	3
<b>3.- ELECCIÓN DE COMBUSTIBLE. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>4</b>

## 1.- INTRODUCCIÓN

A lo largo de cada uno de los capítulos anteriores se han detallado todos los aspectos de la instalación de calefacción de la vivienda unifamiliar objeto de estudio.

Como se exponía en la memoria, en este proyecto se ha realizado el cálculo de dicha instalación tanto por radiadores como por suelo radiante, especificando, en el apartado oportuno, los cálculos necesarios para el dimensionado de todos los elementos de la instalación, funcionamiento, materiales y forma de instalación de los componentes, así como el presupuesto completo para cada una de las dos opciones.

En este documento anexo se realiza un estudio comparativo atendiendo a distintos factores con el fin de exponer tanto los pros como los contras de las instalaciones diseñadas.

Al mismo tiempo se explican los motivos que han llevado a elegir como combustible de la instalación de calefacción los pellets y no otro de los varios combustibles ofertados en el mercado.

## 2.- ESTUDIO COMPARATIVO

Con el fin de entender mejor las diferencias entre los dos tipos de instalaciones de las que se ha hablado a lo largo de todo el proyecto, a continuación se hará una comparativa según una serie de aspectos:

### 2.1.- ELEMENTOS EMISORES

Una de las diferencias fundamentales radica en los elementos emisores, que debido a su forma y distribución dentro de las estancias influyen no sólo en la estética de la vivienda, si no también en otra serie de factores que a continuación se detallan.

Los emisores en la instalación de calefacción por radiadores son los propios radiadores. Su colocación bajo las ventanas consigue que se compense el efecto denominado "pared fría". Al ser elementos visibles hace que se reduzca el espacio disponible y que interfieran en la estética de la estancia.

Por otro lado, en la instalación de suelo radiante los emisores son las tuberías de cada uno de los circuitos que están distribuidas a lo largo de toda la superficie de la casa, y que están situadas bajo la capa de mortero y el gres del solado. A diferencia de la calefacción por radiadores, los emisores no reducen espacio en las estancias ni son percibidos visualmente.

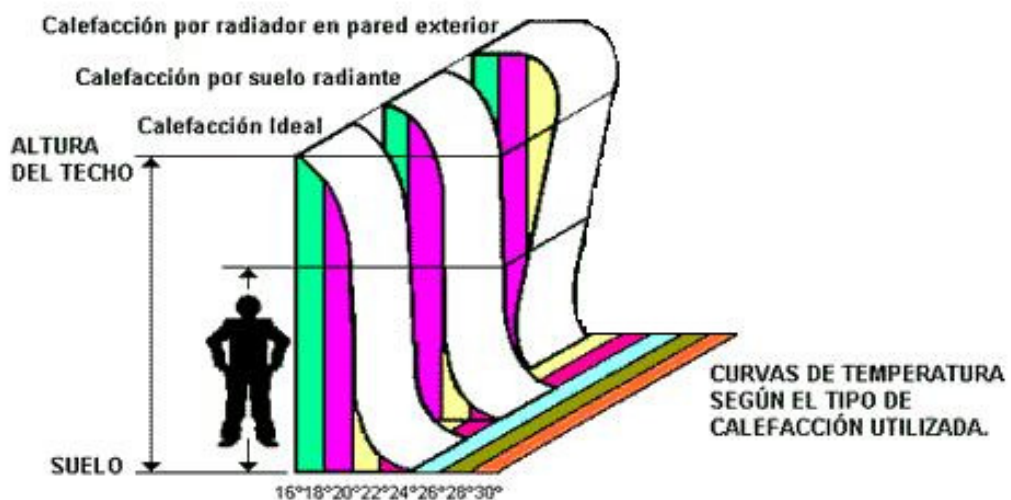
Otra de las diferencias que existen entre el uso de uno u otro sistema en referencia a sus elementos emisores es la velocidad del aire. Al ser ésta mucho menor en el caso del suelo radiante, donde no supera los 0,05 m/s, los movimientos de partículas son muy reducidos, lo que mejora la calidad del aire interior sin que se produzcan corrientes de aire en los locales.

## 2.2.- CONFORT TÉRMICO

Se define confort térmico como el bienestar físico y de comodidad de un individuo cuando las condiciones del ambiente como la temperatura, la humedad y el movimiento del aire son favorables.

Es en este sentido donde se puede decir que el sistema de calefacción por suelo radiante presenta mayores ventajas que el sistema de calefacción por radiadores. Como ya se apuntaba antes, la velocidad del aire en el sistema radiante es muy baja, lo que hace que se consiga una mayor sensación de bienestar.

Además, el suelo radiante consigue que la distribución de temperaturas a diferentes niveles sea más semejante a la ideal que la de los radiadores como se muestra a continuación:



**Figura 1:** Distribución de temperaturas según sistema de calefacción.

Como observamos a través del diagrama de la figura 1, en el sistema de calefacción por suelo radiante la estratificación vertical de temperaturas es menor, con valores ligeramente cálidos en la zona inferior cercana al suelo y valores ligeramente frescos en la zona superior cercana a la cabeza, lo que lo asemeja en mayor medida al diagrama del perfil idealmente confortable. El que se consigan dichas condiciones es debido a que la convección desde la superficie caliente del suelo impide que el aire fresco más pesado descienda hacia las cotas más bajas y se acumule en la zona inferior, hecho que sí ocurre en el caso de la instalación de calefacción por radiadores

Por otro lado, una elevada temperatura a la altura de la cabeza resulta molesta, y como se puede ver, en la calefacción por radiadores es la zona en la que se concentra la mayor parte del calor.

## 2.3.- TEMPERATURA DE TRABAJO DEL AGUA

Otra de las diferencias que presentan los distintos tipos de instalación de calefacción de los que estamos hablando es la temperatura a la que trabaja el agua en dichos sistemas.

Para el sistema de calefacción por radiadores, la temperatura a la que entra el agua en los emisores es de 80°C. Por otro lado, la temperatura de trabajo del agua para el suelo radiante es de 46,89°C según cálculos.

Teniendo esto en cuenta, y dado que en ambos sistemas el cálculo está hecho para una temperatura del local de 21°C, es obvio que los saltos térmicos en el sistema de calefacción por radiadores son mucho más altos, y por lo tanto, resultan pérdidas de calor mayores.

La menor temperatura del agua de impulsión en el sistema de suelo radiante ofrece otro importante factor de ahorro energético dado que conlleva la disminución de pérdidas de calor en sala de calderas y en las conducciones hasta colectores.

La moderada temperatura de impulsión de agua que necesita el sistema hace que se mejore el rendimiento de los equipos de generación, lo que hace además que sea compatible con casi cualquier fuente energética, cosa que no es posible para niveles térmicos más elevados, como energías renovables y recuperación de flujos de energía residuales. En particular, es el único sistema de calefacción que puede ser alimentado energéticamente por paneles solares térmicos.

### **2.4.- CONSUMO**

En lo que a consumo se refiere, la instalación de calefacción por suelo radiante será la que presente un consumo más reducido.

Esto va a ser debido a que, entre otras cosas, las cargas puntuales que se han de vencer son menores. Como se ha comentado ya en el apartado de cálculos de este proyecto, debido a la elevada inercia térmica del sistema de suelo radiante, se ha promediado la carga térmica total a lo largo de un periodo de tiempo. Es por tanto que, con el objetivo de no sobredimensionar la instalación, se ha aplicado un factor de corrección a la carga del 0,6%.

Otro de los factores que condicionan que el consumo de la instalación por suelo radiante sea menor es que ésta presenta un mayor rendimiento debido a que la temperatura de impulsión que se necesita es menor que en el sistema de calefacción por radiadores.

Por último, también influirá en la disminución del consumo el que la temperatura de consigna del aire, debido a que hay más superficie radiante, es más baja, consiguiendo la misma temperatura operativa que con el otro sistema.

### **2.5.- INVERSIÓN**

En lo que respecta a la inversión inicial, podemos observar en el documento de presupuesto que el desembolso es sensiblemente mayor en la instalación de calefacción por suelo radiante.

Comprobamos como el presupuesto general para la instalación de calefacción por radiadores es de 28.072,33 € frente a los 34.113,86 € del presupuesto general de la instalación de suelo radiante.

Sin embargo, y atendiendo a lo expuesto en el apartado anterior, la diferencia de precio, no siendo excesivamente elevada, se puede ver compensada a lo largo del tiempo por el menor consumo de la instalación y el amplio número de ventajas que aporta la instalación de suelo radiante.

### 3.- ELECCIÓN DE COMBUSTIBLE. JUSTIFICACIÓN

En cuanto a la elección del combustible, en este caso se ha tenido en cuenta principalmente la disponibilidad en la zona, y según esto, el gasto y el poder contaminante de cada uno de ellos.

En un principio partimos de tres combustibles posibles: gas natural, gasóleo y la biomasa. El primero de ellos, el gas natural, se descartó, ya que a pesar de haber en la localidad canalizaciones para la distribución de éste, no las hay en todas las calles. Precisamente la calle en la que está ubicada la vivienda no dispone de ella, y el coste de contratar la acometida sería ya de entrada muy elevado.

Teniendo como posibles ya sólo el gasóleo y la biomasa, comparamos ambos sistemas para ver cuánto dinero nos costaría cada uno de ellos.

Tomamos como coste del kWh de calor para cada uno de los sistemas el proporcionado por el "Informe de precios energéticos: carburantes y combustibles" que publica el IDAE:

Gasóleo: 0,087 €/kWh

Biomasa: 0,034 €/kWh

Si suponemos una estimación anual de necesidad energética de una vivienda en 13000 kWh/año, tenemos que:

- Para el sistema de calefacción de gasóleo nos sale un consumo anual de 1131 €.
- Para el sistema de calefacción de biomasa tenemos que el gasto anual es de 442 €.

Vemos como la biomasa nos ofrece un ahorro de casi el 40 %, y teniendo en cuenta que las emisiones de CO<sub>2</sub> con éste último sistema son nulas, y que se trata de una energía sostenible, la instalación de calefacción del proyecto se ha calculado para funcionar con caldera de pellets.

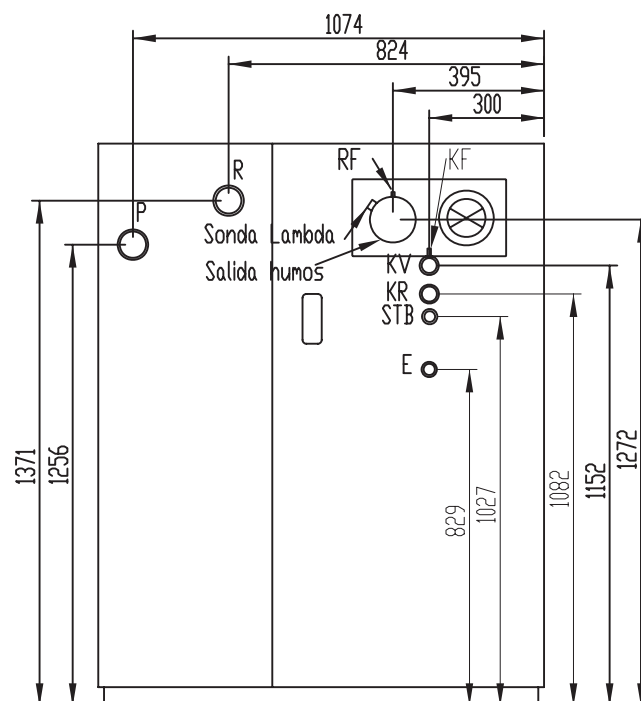
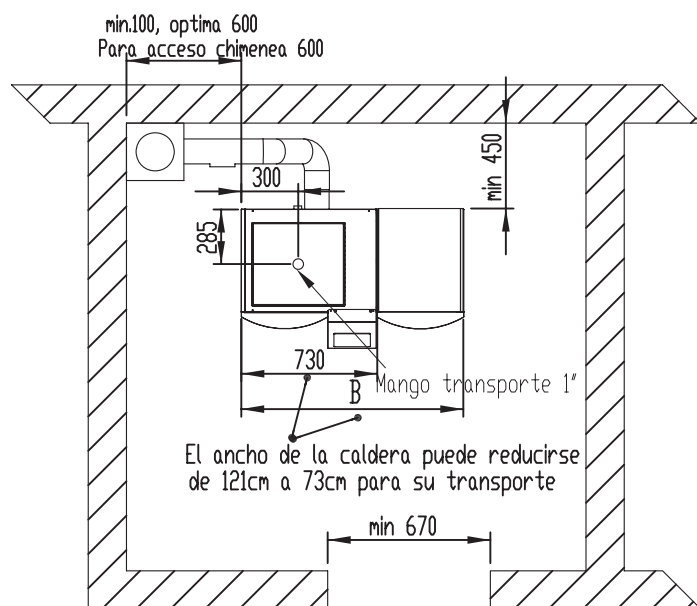
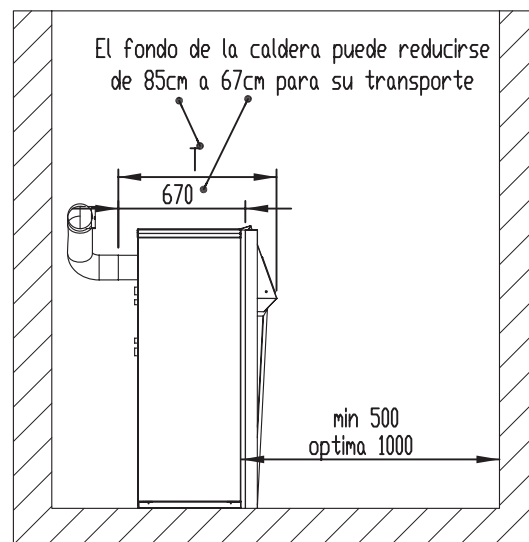
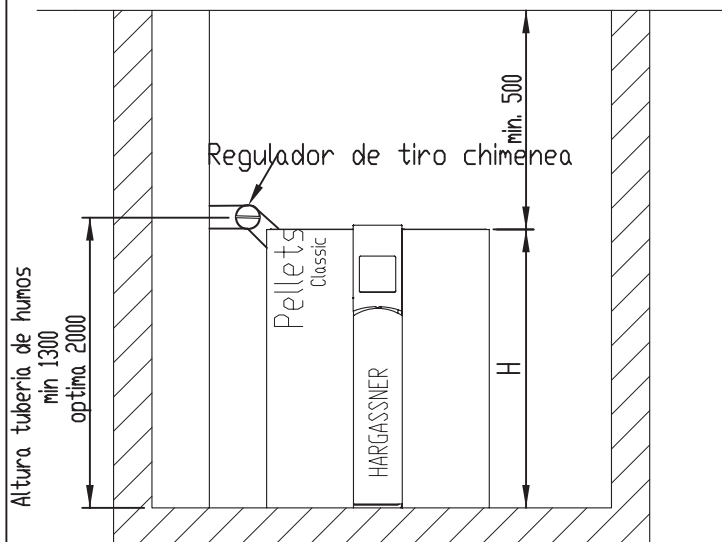
Valladolid, Abril de 2013

**Laura Goldschmidt Alonso**  
**Ingeniero Técnico Industrial**



Anexo  
Instalación de calefacción

---



### HOJA DE DATOS TÉCNICOS PARA Classic 9-22

Tipo	WTH	9	12	14	15	22		
	HSV	9	12	14	15	22		
Potencia Caldera	P	2-9,5	3,5-12	4-14,9	4,5-16	6,5-22	kW	
Altura Caldera	H	1470	1470	1470	1470	1470	mm	
Ancho Caldera	A	1165	1165	1165	1165	1165	mm	
Fondo Caldera	F	825	825	825	825	825	mm	
Desmontaje Entera/Descompuesta (Ver ilustraciones)	HxAxF	1470 / 1470 1165 / 730 825 / 670						mm
Altura tubo de humos	RH	1272	1272	1272	1272	1272	mm	
Diámetro tubo humos	RD	130	130	130	130	130	mm	
Altura Entrada	VL	1152	1152	1152	1152	1152	mm	
Altura Retorno	RL	1082	1082	1082	1082	1082	mm	
Entrada y Retorno	VRL	1"	1"	1"	1"	1"	Pulgada	
Presión Operación max.	p	3	3	3	3	3	bar	
T operación max.	T	95	95	95	95	95	°C	
Capacidad agua	V	38	38	38	38	38	Litro	
Peso	m	300	300	300	300	300	kg	
Presión de tiro	p	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	mbar	
Toma eléctrica		230V AC, 50Hz, 16A						

### Leyenda Classic 9-22

Entrada Caldera	KV	1"
Retorno Caldera	KR	1"
Vaciado	E	1/2"
Sensor Caldera	KF	1/2"
Limitador de T seguridad	STB	1/2"
Diámetro tubo de humos	RD	ø 130mm
Sensor de humos	RF	Vaina
Alimentación Pellets	P	ø 50mm
Flujo de aire	R	ø 50mm

### Datos técnicos y medidas Pellets Classic 9-22

Enero 2009



**HARGASSNER**  
HACKGUT-PELLETS-HEIZTECHNIK MIT

A - 4952 Weng 00  
Tel: +43/7723/5274 -0  
Fax: +43/7723/5274 -5  
office@hargassner.at  
www.hargassner.at

ZUKUNFT

Bibliografía  
Instalación de calefacción

---

## LIBROS, WEBS Y DOCUMENTOS

DOCUMENTOS TÉCNICOS DE INSTALACIONES EN LA EDIFICACIÓN. DTIE 9.04 SISTEMA DE SUELO RADIANTE. *Francisco Javier Rey Martínez y Eloy Velasco Gómez*. Ed. ATECYR.

REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE) Y SUS INSTRUCCIONES COMPLEMENTARIAS. <http://www.cne.es/cne/doc/legislacion/RITE.pdf>.

GUÍA TÉCNICA: CONDICIONES CLIMÁTICAS EXTERIORES DE PROYECTO. *IDAE*. <http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/eficienciaenergetica/rite/reconocidos/reconocidos/condicionesclimaticas.pdf>.

INFORMACIÓN TÉCNICA SOBRE EL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN INVISIBLE UPONOR. <http://www.climatizacioninvisible.com/>.

MANUAL TÉCNICO UPONOR FONTANERÍA 2012. <http://www.uponor.es/~media/Files/Uponor/Spain/Manuales%20Tecnicos/Manual%20T%C3%A9cnico%20Uponor%20Fontaner%C3%ADa%202012.pdf>.

APLICACIONES DE CALEFACCIÓN Y CLIMATIZACIÓN. MANUAL TÉCNICO. *Uponor*. [http://germans-segarra.cat/docs/MT\\_climatizacion\\_invisible.pdf](http://germans-segarra.cat/docs/MT_climatizacion_invisible.pdf).

AENOR: NORMA UNE 10001:2001. *Climatización. Condiciones climáticas para proyectos*.

APLICACIONES DE FONTANERÍA Y CALEFACCIÓN. MANUAL TÉCNICO SISTEMA UPONOR DE CALEFACCIÓN POR RADIADORES. <http://www.siscocan.es/webdesa/productos/173/Uponor-calefaccion-radiadores.pdf>.

INFORME DE PRECIOS ENERGÉTICOS: CARBURANTES Y COMBUSTIBLES. <http://www.idae.es/index.php/idpag.481/relcategoria.1368/relmenu.363/mod.pags/mem.detalle>.

MANUAL DE TUBERÍA DE COBRE. <http://es.scribd.com/doc/27235861/Manual-Tuberias>.

CALDERAS DE PELLETS. SILO TEXTIL. MANUAL, FICHAS TÉCNICAS Y LISTA DE PRECIOS. [http://www.hargassner.es/productos/index\\_categorias](http://www.hargassner.es/productos/index_categorias).

GRUPO DE IMPULSIÓN. TARIFA DE PRECIOS GRUNDFOS 2012. <http://www.fanairsl.com/tarifa-grundfos-2012/>.

CASO DE EXPANSIÓN. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS IBAIONDO. <http://www.ibaiondo.es/productos/category/775/vasos-expansion-con-membrana-fija/presion-max-5-bar-5-35-l.html>.

## PROGRAMAS UTILIZADOS

AutoCad 2008. *Realización de planos*.

Presto 8.8. *Cálculo del presupuesto total de la instalación*.

Microsoft Word. *Procesador de textos*.

# Lista de Tablas

## Instalación de calefacción

---

**MEMORIA**

Tabla 1: Caudales de ventilación mínimos exigidos.....3

**CÁLCULOS**

Tabla 1: Condiciones interiores de diseño.....1  
 Tabla 2: Coeficientes de mayoración.....2  
 Tabla 3: Potencia y número de elementos instalados.....13  
 Tabla 4: Tramos y longitudes de tubería (m).....15  
 Tabla 5: Caudal requerido por los radiadores instalados.....16  
 Tabla 6: Tramos y caudales circulantes.....16  
 Tabla 7: Diámetro de tuberías.....18  
 Tabla 8: Pérdida de carga en tuberías.....19  
 Tabla 9: Densidad de flujo de calor a disipar por el suelo radiante.....24  
 Tabla 10: Cálculo de  $a_u$  en función de  $R_{sup}$  y la separación entre tubos.....27  
 Tabla 11: Cálculo de  $a_D$  en función de  $R_{sup}$  y la separación entre tubos .....27  
 Tabla 12: Valores de  $\Delta T_{DMLT}$  para las diferentes temperaturas de entrada del agua según  $\Delta T$ ....32  
 Tabla 13: Distancia entre tubos para cada estancia.....35  
 Tabla 14: Longitud de tubería de cada circuito.....36  
 Tabla 15: Caudal circulante por cada circuito.....37  
 Tabla 16: Pérdidas de carga en circuitos.....39

**PLIEGO DE CONDICIONES**

Tabla 1: Distancia máxima entre elementos de soportes en tubería de cobre.....16

## Lista de Figuras

### Instalación de calefacción

---

**MEMORIA**

Figura 1: Distribución vertical de temperaturas en función del sistema de calefacción.....	8
Figura 2: Formas de distribución de suelo radiante.....	10
Figura 3: Sistema de colectores.....	16

**CÁLCULOS**

Figura 1: Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en $m^2K/W$ .....	2
Figura 2: Resistencia térmicas superficiales de particiones interiores en $m^2K/W$ .....	2
Figura 3: Caudales de ventilación mínimos exigidos.....	9
Figura 4: Temperaturas influyentes en la emisión calorífica del radiador.....	11
Figura 5: Emisión calorífica para distintos $\Delta t$ .....	12
Figura 6: Características radiador ROCA DUBAL.....	14
Figura 7: Esquema numerado instalación de radiadores.....	14
Figura 8: Diagrama de pérdidas de carga en tubos de cobre.....	17
Figura 9: Longitudes equivalentes de las pérdidas de carga en elementos.....	20
Figura 10: Curva característica grupo de impulsión ALPHA2 25-40 130.....	21
Figura 11: Características técnicas del grupo térmico.....	22
Figura 12: Características técnicas del vaso de expansión.....	23
Figura 13: Configuración suelo radiante TIPO A.....	25
Figura 14: Diagramas pérdida de carga en tuberías Wirsbo-evalPEX.....	38
Figura 15: Diagrama de pérdida de carga en el colector Wirsbo Q&E en función del caudal y número de circuitos.....	37
Figura 16: Pérdida de carga en accesorios.....	40
Figura 17: Curva característica grupo de impulsión ALPHA2 25-40 130.....	41
Figura 18: Características técnicas del grupo térmico.....	42
Figura 19: Características técnicas del vaso de expansión.....	43
Figura 20: Dimensiones y capacidad del silo textil.....	44

**CONCLUSIONES**

Figura 1: Distribución de temperaturas según sistema de calefacción.....	2
--	---