



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**ALUMNA**

Rocío Feijoo Díaz

**TUTORES**

José Carlos Juan Álvarez Feal

Juan Carlos Carral Couce

**FECHA**

JUNIO 2018



## **1 CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE ENERGÍAS ALTERNATIVAS**

El presente proyecto comprende el cálculo y diseño de las instalaciones de agua caliente sanitaria, calefacción y electricidad, para una vivienda unifamiliar de nueva construcción.

Para cada instalación se analizan los requisitos que debe cumplir en base a las necesidades de la vivienda y a la normativa vigente. Posteriormente, se define una solución que permita satisfacer los requisitos establecidos, seleccionando los materiales y equipos necesarios.

La instalación de agua caliente sanitaria se proyecta con un aporte de energía solar térmica y la energía necesaria para calefacción se obtiene mediante una bomba de calor geotérmica, que alimenta un sistema emisor por suelo radiante.

Además, se redacta un Estudio Básico de Seguridad y Salud, y se realizan los planos necesarios para la correcta definición de lo proyectado.

Por último, se elabora una valoración económica de las instalaciones definidas, así como un Pliego de condiciones en el que se recogen los aspectos generales, facultativos, económicos y técnicos que regularán la ejecución de las obras.

## **2 CÁLCULO E DISEÑO DE INSTALACIONES PARA UNHA VIVENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE ENERXÍAS ALTERNATIVAS**

O presente proxecto comprende o cálculo e deseño das instalación de auga quente sanitaria, calefacción e electricidade, para una vivenda unifamiliar de nova construción.

Para cada instalación analízanse os requisitos que debe cumprir en base ás necesidades da vivenda e á normativa vixente. Posteriormente, defínese unha solución que permita satisfacer os requisitos establecidos, seleccionando os materiais e equipos necesarios.

A instalación de auga quente sanitaria proxéctase con un aporte de enerxía solar térmica e a enerxía necesaria para calefacción obtense mediante unha bomba de calor xeotérmica, que alimenta un sistema emisor por chan radiante.

Ademais, redáctase un Estudo Básico de Seguridade e Saúde, e realízanse os planos precisos para a correcta definición do proxectado.

Por último, elaborase unha valoración económica das instalación definidas, así como un Prego de condicións no que se recollen os aspectos xerais, facultativos, económicos e técnicos que regularán a execución das obras.

### **3 CALCULATION AND DESIGN OF FACILITIES FOR A SINGLE-FAMILY HOME BY MEANS OF USE OF ALTERNATIVE ENERGIES**

This project includes the calculation and the design of the facilities of warm sanitary water, heating and electricity for a new construction home.

For each facility, the requirements due to the necessities of the home and to the legislation are analysed. Afterwards, a solution that allow satisfying the requirements stipulated is defined. The materials and the equipment are selected too.

The warm sanitary water system are projected with a solar energy contribution. The energy required for the heating is obtained by a geothermal heat pump, which supply the energy to a radiant floor system.

Furthermore, a health and safety basic study is written, and the plans required for the right definition of the facilities projected are carried out.

Lastly, an economic valuation of the facilities and a document with the economic, legal and technical specifications are elaborated.

## ÍNDICE GENERAL

### 1. DOCUMENTO I. MEMORIA

- 1.1. Anexo I. Sistema de captación solar para ACS
- 1.2. Anexo II. Instalación de agua caliente sanitaria
- 1.3. Anexo III. Cálculo de cargas térmicas para calefacción
- 1.4. Anexo IV. Instalación de calefacción
- 1.5. Anexo V. Instalación eléctrica
- 1.6. Anexo VI. Estudio Básico de Seguridad y Salud

### 2. DOCUMENTO II. PLANOS

### 3. DOCUMENTO III. PLIEGO DE CONDICIONES

### 4. DOCUMENTO IV. MEDICIONES Y PRESUPUESTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Documento I**

**MEMORIA**





## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	OBJETO .....	6
2	ALCANCE .....	6
3	ANTECEDENTES.....	6
4	AGENTES .....	6
5	NORMAS Y REFERENCIAS .....	7
5.1	DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	7
5.2	PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	7
5.3	BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS REFERENCIAS .....	8
6	DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	8
7	SITUACIÓN.....	9
8	DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA .....	9
8.1	SUPERFICIE DE LOS LOCALES.....	10
9	INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	11
9.1	REQUISITOS DE DISEÑO.....	11
9.2	ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	11
9.3	RESULTADOS FINALES.....	12
10	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN.....	14
10.1	REQUISITOS DE DISEÑO.....	14
10.2	ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	15
10.3	RESULTADOS FINALES.....	17
11	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	19
11.1	REQUISITOS DE DISEÑO.....	19
11.2	ANÁLISIS DE SOLUCIONES .....	19
11.3	RESULTADOS FINALES.....	20
12	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	22
13	CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA.....	23

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución en planta de la vivienda .....	9
Figura 2. Instalación de agua caliente sanitaria con aporte de energía solar térmica	12
Figura 3. Instalación de calefacción mediante geotermia y suelo radiante .....	16

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Superficie de los espacios de la vivienda.....	10
Tabla 2. Cargas térmicas de la vivienda .....	14
Tabla 3. Coeficiente de transmisión térmicas de los cerramientos.....	14
Tabla 4. Paso de tubería, longitud de circuito y caudal necesario para vencer la carga térmica máxima de cada local.....	18
Tabla 5. Intensidad asignada del interruptor automático de cada circuito. Fuente: ITC-BT-25.....	21
Tabla 6. Sección de los conductores de cada circuito .....	21
Tabla 7. Presupuesto de las obras .....	22

## 1 OBJETO

El presente proyecto tiene como objeto el cálculo y diseño de instalaciones para cubrir las necesidades de agua caliente sanitaria, calefacción y electricidad, de una vivienda unifamiliar de nueva construcción, situada en el municipio de Vilalba (Lugo).

Forma parte del objetivo del proyecto el uso de energías alternativas, de forma que la instalación de agua caliente sanitaria se diseñará con un aporte de energía solar térmica, y las necesidades de calefacción se cubrirán mediante energía geotérmica.

## 2 ALCANCE

Se incluye en el alcance de este proyecto:

- La instalación de agua caliente sanitaria con aporte de energía solar térmica.
- La instalación de calefacción con energía geotérmica y suelo radiante.
- La red eléctrica de distribución interior.

## 3 ANTECEDENTES

Se pretende ejecutar la construcción de una vivienda unifamiliar en el término municipal de Vilalba (Lugo), y surge la necesidad de proyectar las instalaciones necesarias para asegurar unas condiciones apropiadas de habitabilidad, y un adecuado nivel de confort.

Teniendo en cuenta el contexto de incremento de precios de las fuentes de energía tradicionales, así como los problemas de contaminación que llevan asociados, el uso de energías renovables en la edificación se presenta como una alternativa atractiva tanto desde el punto de vista económico como ambiental.

## 4 AGENTES

Actúa como promotor de este proyecto la Escuela Politécnica Superior, con sede en Campus de Esteiro, Rúa Mendizábal s/n - 15403 Ferrol (A Coruña).

Actúa como proyectista la alumna de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales Rocío Feijoo Díaz, con DNI 34282697-R.

## 5 NORMAS Y REFERENCIAS

### 5.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

Para la elaboración del presente proyecto se han tenido en cuenta las siguientes normas y disposiciones legales:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE "Ahorro de energía" y el Documento Básico DB-HS "Salubridad", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- Norma UNE-EN 1057:2007+A1:2010: Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.
- Norma UNE 149201:2017. Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios
- Norma UNE 100715-1:2014. Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera. Parte 1: Sistemas de circuito cerrado vertical.
- Norma UNE-EN 1264-2:2009+A1:2013: Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 2: Suelo radiante: Métodos para la determinación de la emisión térmica de los suelos radiantes por cálculo y ensayo.

### 5.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO

A continuación, se relacionan las herramientas informáticas empleadas en la elaboración de este proyecto:

- Microsoft Office Word 2016, para procesado de texto.
- Microsoft Office Excel 2016, para realización de cálculos y gráficos.
- Autodesk AutoCAD 2018, para elaboración de esquemas y planos.

- CE3X, para cálculo de la calificación energética
- Cype 2018:
  - o IFC BUILDER, para modelado de la vivienda.
  - o CYPETHERM LOADS, para cálculo de cargas térmicas.
  - o CYPELEC REBT, para cálculo de la instalación eléctrica.
  - o Generador de precios, para elaboración de presupuesto y pliego de condiciones.

### 5.3 BIBLIOGRAFÍA Y OTRAS REFERENCIAS

En la redacción del presente proyecto se han empleado los siguientes textos y manuales:

- “Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura” elaborado por el IDAE para Instalaciones de Energía Solar Térmica.
- “Manual de tubo y accesorios de cobre”, elaborado por el Centro Español de Información del Cobre (CEDIC).
- “Guía técnica de Agua caliente sanitaria central” elaborada por el IDAE.
- “Manual de climatización geotérmica” editado por ACLUXEGA (Asociación Clúster da Xeotermia Galega).
- Norma alemana VDI 4640.
- “Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Sistema de suelo radiante” editado por ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración).
- Guías técnicas de aplicación del Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”.
- “Guía Técnica de Condiciones climáticas exteriores de proyecto”, elaborada por el IDAE.
- “Mapa tecnológico: Calor y Frío Renovables. Área tecnológica: Geotermia”, elaborado por el Observatorio Tecnológico de la Energía, dependiente del IDAE.

## 6 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

A continuación, se relacionan las abreviaturas utilizadas de forma frecuente a lo largo del presente proyecto:

- IDAE: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía
- CTE: Código Técnico de la Edificación.
- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios

- ACS: Agua Caliente Sanitaria
- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- ITC-BT: Instrucción Técnica Complementaria del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Las demás abreviaturas empleadas se definen en el momento de su uso.

## 7 SITUACIÓN

La vivienda objeto de este proyecto se situará en Camiño Camporredondo, s/n, Vilalba (Lugo), con coordenadas 43°18'17"N 7°40'16"W.

## 8 DESCRIPCIÓN DE LA VIVIENDA

Se trata de una vivienda unifamiliar, de una sola planta y 170 m<sup>2</sup> de superficie útil, con la fachada principal orientada al nordeste.

Cuenta con cuatro dormitorios, tres baños, un pasillo, un cuarto de calderas, un salón-comedor, una cocina, un despacho y una sala de juegos. Además, en la fachada principal se sitúa un garaje adosado a la vivienda, desde el cual se accede a la misma.

El salón-comedor y todos los dormitorios excepto uno están situados en la fachada trasera, con orientación suroeste, y por tanto la más soleada.

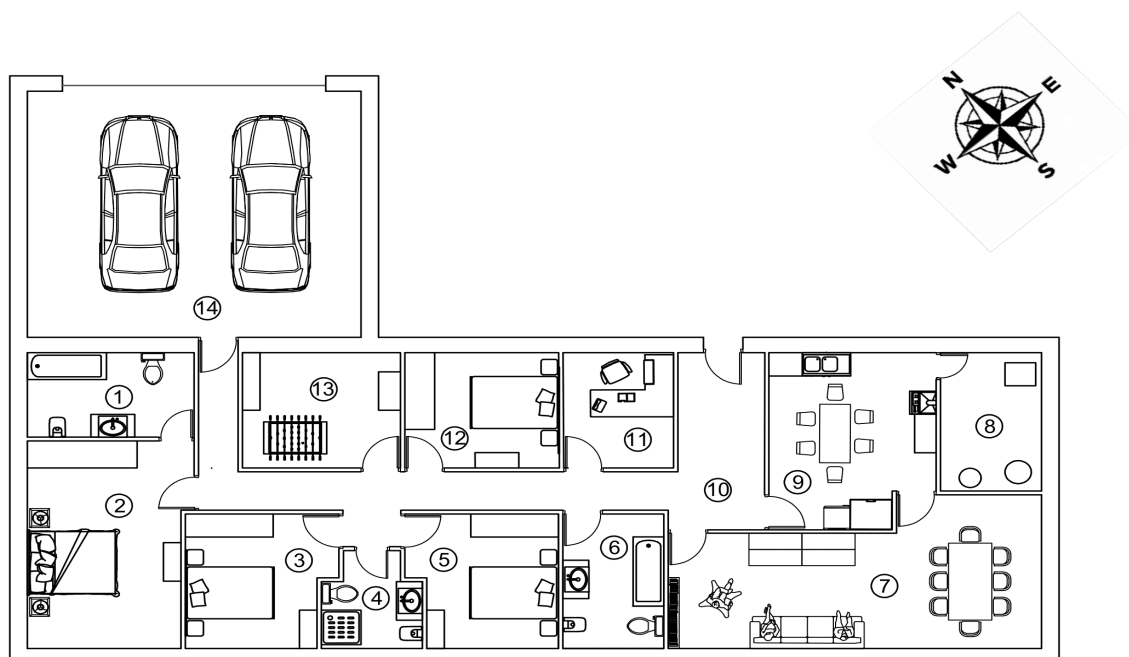


Figura 1. Distribución en planta de la vivienda

## 8.1 SUPERFICIE DE LOS LOCALES

En la siguiente tabla se recoge la superficie correspondiente a los distintos locales de la vivienda, con el número de referencia de la figura 1.

**Tabla 1. Superficie de los espacios de la vivienda**

Referencia	Espacio	Superficie ( $m^2$ )
1	Baño dormitorio principal	8,3
2	Dormitorio principal	19
3	Dormitorio 1	11,3
4	Baño 1	5,1
5	Dormitorio 2	11,3
6	Baño 2	8,1
7	Salón-comedor	28,7
8	Cuarto de calderas	8,3
9	Cocina	16,5
10	Pasillo	24,5
11	Despacho	7,5
12	Dormitorio 3	10,5
13	Sala de juegos	10,8
14	Garaje	48,6



## 9 INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

### 9.1 REQUISITOS DE DISEÑO

Se necesita abastecer de agua caliente sanitaria una vivienda unifamiliar ocupada por 5 personas durante todo el año. Considerando un consumo por persona y día de 28 litros, que es el establecido por el Código Técnico de la Edificación, la demanda de ACS de la vivienda será de 140 litros diarios.

En cumplimiento de la *Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*, perteneciente al *Documento Básico HE Ahorro de Energía*, del CTE, una parte de la demanda de agua caliente sanitaria deberá ser cubierta mediante energía solar térmica. Teniendo en cuenta el consumo diario y la situación geográfica de la vivienda objeto de este proyecto, la contribución solar mínima asciende al 30% de la energía anual necesaria. Conviene señalar también que, en aplicación del citado documento, la energía producida por la instalación solar no podrá superar el 110% de la demanda energética en ningún mes del año, ni en más de tres meses el 100%.

Considerando lo establecido hasta el momento se dimensionará la instalación solar térmica, y el equipo de apoyo para hacer frente a las necesidades de la vivienda cuando la radiación solar resulte insuficiente.

Por otra parte, se requiere el diseño de una red de distribución para suministrar el ACS en los puntos de consumo, que serán:

- Dos baños con bañera, bidé y lavabo.
- Un baño con ducha, bidé y lavabo.
- Cocina con lavadora, lavavajillas y fregadero.

### 9.2 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Para cumplir con los requisitos de diseño establecidos en el apartado anterior, se proyecta una instalación formada por los siguientes elementos:

- Sistema de captación: está formado por los colectores, cuya misión es captar la radiación solar, transformarla en energía térmica y transmitir esa energía a un fluido de trabajo que circula por su interior, denominado líquido caloportador.
- Circuito primario: conjunto de tuberías, bomba y demás elementos, encargados de conducir el fluido de trabajo desde el colector hasta el acumulador y viceversa. Se encuentra recubierto de un aislante térmico para minimizar las pérdidas de calor.

- Sistema de intercambio y acumulación: el acumulador solar almacena la energía producida por el colector en forma de agua caliente. Para calentar esta agua el acumulador incorpora un intercambiador en su interior, el cual realiza la transferencia de calor entre el fluido que circula por el circuito primario y el agua de consumo contenida en el acumulador.
- Sistema de regulación y control: se encarga de gestionar los arranques y paradas de la bomba de circulación del circuito primario, garantizando un correcto funcionamiento de la instalación.
- Sistema de apoyo: permite cubrir las necesidades de la vivienda cuando la radiación solar resulta insuficiente
- Circuito secundario: conjunto de tuberías encargadas de conducir el agua caliente sanitaria hasta los puntos de consumo. Al igual que en el circuito primario, se recubrirán con un aislante térmico para reducir las pérdidas de calor.

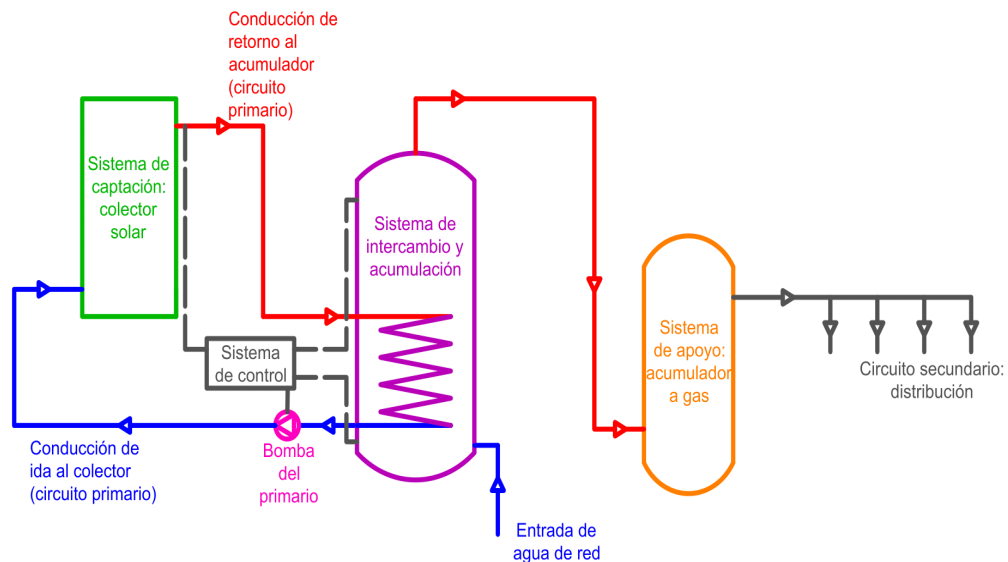


Figura 2. Instalación de agua caliente sanitaria con aporte de energía solar térmica

### 9.3 RESULTADOS FINALES

A continuación, se resumen los resultados obtenidos para el dimensionamiento de cada uno de los sistemas de la instalación proyectada. El procedimiento que ha llevado a alcanzar dichos resultados, así como todos los condicionantes que se han tenido en cuenta, se recogen en los Anexos I y II.

- Sistema de captación: se instalará un único colector modelo SOL 200 "Baxi", con una superficie de captación de  $1,9 m^2$ , que permite cubrir el 55% de las necesidades anuales de ACS de la vivienda. Dicho captador se situará en la cubierta suroeste, por ser la que presenta mejores condiciones de soleamiento, con un ángulo de inclinación de  $15^\circ$ , igual al de la cubierta de la vivienda, garantizando una buena integración estética.
- Circuito primario: se ejecutará con tubo de cobre de  $12 mm$  de diámetro exterior y  $1 mm$  de espesor, recubierto con coquilla aislante HT/Armaflex S "Armacell", (recomendada para instalaciones de energía solar) de  $32 mm$  de espesor.
- Sistema de intercambio y acumulación: se selecciona el interacumulador 200 CC/TA FM "Promasol" con  $200 l$  de capacidad que permite cubrir la demanda diaria de ACS, establecida en  $140 l/día$  en los requisitos de diseño.
- Sistema de regulación y control: se instalará la centralita de regulación CS-2 "Baxi", con sondas de temperatura en la salida del colector solar, en la parte inferior del acumulador y en la parte superior del mismo. De esta forma se podrán gestionar los arranques y paradas de la bomba del circuito primario en función de las temperaturas medidas por las sondas.
- Sistema de apoyo: se opta por un sistema con acumulación frente a un sistema de producción instantánea con el fin de reducir la potencia necesaria. Se selecciona el acumulador a gas S 160 KP "Junkers", con un volumen de acumulación de  $155 l$ , que permite cubrir la demanda diaria de ACS. Este equipo se conectará a la salida del acumulador solar, de forma que sólo se emplee cuando la radiación solar resulte insuficiente para satisfacer las necesidades de la vivienda.
- Circuito secundario: se ejecutará en tubo de cobre colocado en superficie (con el fin de facilitar las operaciones futuras de mantenimiento) y en el interior de canaletas que protegen la instalación frente a golpes mecánicos. Del acumulador a gas sale una tubería de  $26 mm$  de diámetro interior, que se ramifica en dos. Una de esas ramificaciones, ejecutada en tubo de  $20 mm$  de diámetro interior, alimenta los puntos de consumo de ACS de la cocina. La otra ramificación, con  $26 mm$  de diámetro interior, será la de alimentación general a baños. De ella parten las derivaciones individuales a cada baño de la vivienda y a los puntos de consumo de los mismos, ejecutadas con tubo de  $20 mm$  de diámetro interior. Para la alimentación general a baños será necesaria la instalación de una red de retorno, que discurrirá paralela a esta, empleando tubo de  $16 mm$  de diámetro interior. Todas las tuberías se aislarán con SH/Armaflex "Armacell" de  $30 mm$  de espesor. Para una mejor visualización de los recorridos y diámetros de tubería del circuito secundario, consultar el plano N°7 de la documentación gráfica del presente proyecto.

## 10 INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

### 10.1 REQUISITOS DE DISEÑO

Con el objetivo de asegurar un adecuado confort térmico en la vivienda, se plantea la necesidad de proyectar una instalación de calefacción que permita vencer las cargas térmicas existentes, cuyo proceso de cálculo se detalla en el Anexo III, y que suman un total de 9,1 kW, distribuidas según la siguiente tabla:

**Tabla 2. Cargas térmicas de la vivienda**

Espacio	Carga térmica (W)
Dormitorio principal	1011
Dormitorio 1	477
Dormitorio 2	477
Dormitorio 3	520
Baño dormitorio principal	576
Baño 1	503
Baño 2	527
Salón-comedor	1585
Cocina	980
Despacho	658
Sala de juegos	534
Cuarto de calderas	726
Pasillo	430

Estas cargas térmicas incluyen las debidas a transmisión (a través de cerramientos opacos y acristalados), ventilación e infiltración.

Para el cálculo de las cargas térmicas por transmisión a través de los cerramientos, es preciso conocer el coeficiente global de transmisión térmica, que será función de los elementos constructivos empleados. La siguiente tabla recoge los valores correspondientes a cada cerramiento, cuya composición se describe en las páginas 7, 8 y 9 del Anexo III.

**Tabla 3. Coeficiente de transmisión térmicas de los cerramientos**

Cerramiento	Coeficiente de transmisión térmica ( $W/(m^2 \cdot K)$ )
Fachada	0,20
Cubierta	0,22
Suelo	0,27
Ventanas	1,3
Puerta exterior	0,9

En cuanto a las cargas por ventilación se calcularán teniendo en cuenta los caudales mínimos establecidos en la *Sección HS 3 del Documento Básico de Salubridad* del CTE.

## 10.2 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Para cumplir con los requisitos de diseño establecidos en el apartado anterior, se proyecta una instalación con geotermia y suelo radiante. La energía geotérmica es una fuente limpia y renovable, que aprovecha el calor del subsuelo mediante una bomba de calor, la cual maximiza su rendimiento cuando se combina con un sistema emisor de baja temperatura como es el suelo radiante.

La instalación estará formada por los siguientes elementos:

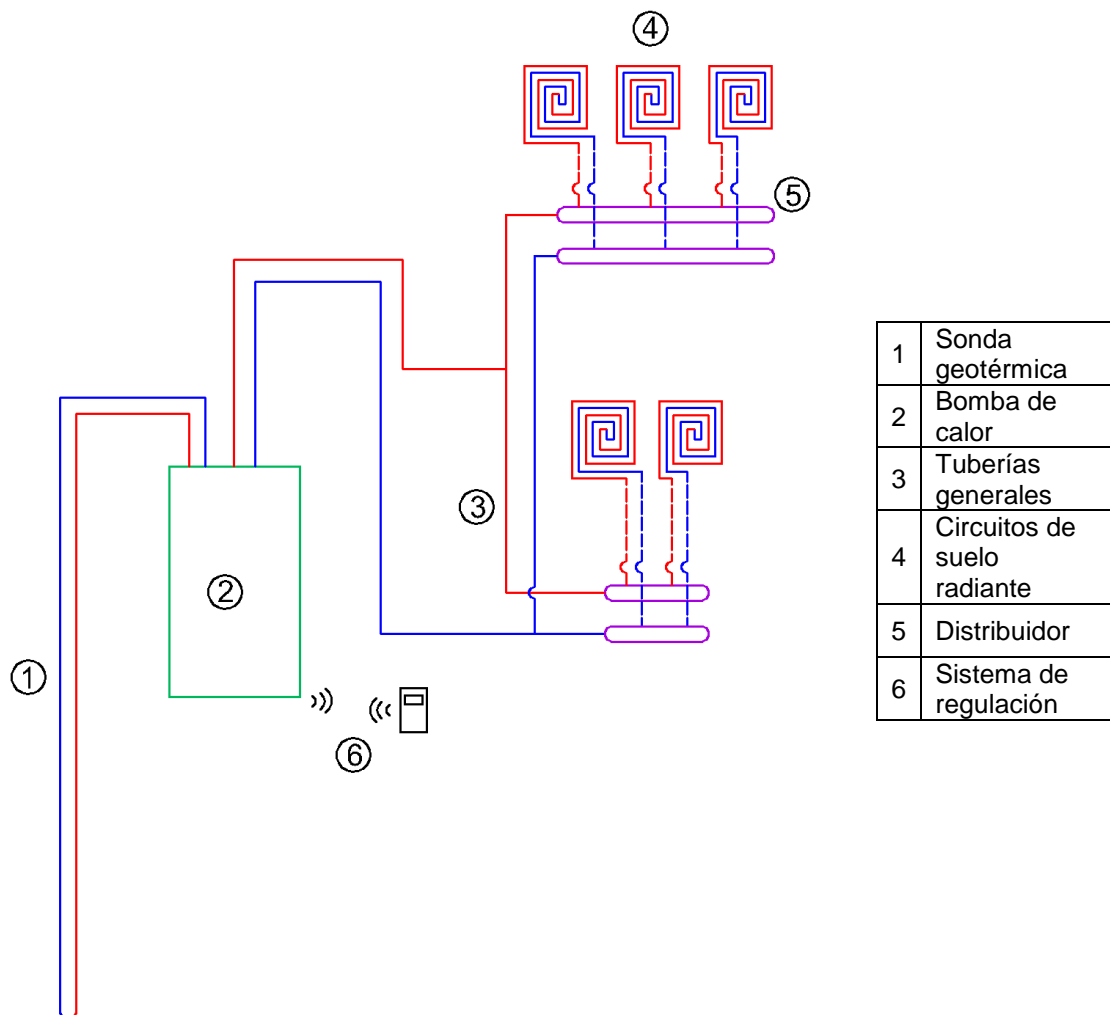
- Bomba de calor geotérmica: basa su funcionamiento en un ciclo termodinámico que describe un fluido refrigerante contenido en su interior.
  - o El fluido caloportador que circula por las sondas de captación se pone en contacto con el refrigerante a través de un intercambiador. Como el fluido de las sondas se encuentra a mayor temperatura, el refrigerante se calienta y evapora.
  - o A continuación, deja el evaporador para pasar al compresor de la bomba de calor, accionado con energía eléctrica, y cuya misión es aumentar la presión del vapor de refrigerante. Este aumento de presión lleva consigo un aumento de temperatura.
  - o El calor contenido en el fluido frigorífico se aprovecha para calentar el agua de calefacción cediéndole energía a través de un condensador. Esa pérdida de energía hace que el refrigerante baje su temperatura y se condense.
  - o Por último, mediante una válvula de expansión, el fluido frigorífico pierde presión y en consecuencia temperatura, regresando así a su estado inicial antes de volver a entrar en el evaporador para extraer de nuevo el calor del fluido caloportador procedente del subsuelo.

De esta forma, la bomba de calor permite extraer energía de un foco frío (el subsuelo) para transferirla a un foco caliente (la vivienda) con una aportación de energía eléctrica relativamente pequeña.

- Sondas geotérmicas: son las encargadas de conducir el fluido caloportador (mezcla de agua y anticongelante) desde el evaporador de la bomba de calor a través del terreno, de forma que aumente su temperatura al absorber calor del subsuelo y regrese de nuevo al evaporador para ceder el calor absorbido.
- Tuberías generales: transportan el agua caliente desde la bomba de calor hasta los distribuidores, y viceversa.
- Distribuidores: distribuyen el agua de la tubería general, procedente de la bomba de calor, a cada uno de los circuitos de suelo radiante, y recogen el agua de dichos circuitos para enviarla de nuevo a la bomba de calor. Están compuestos de dos colectores horizontales paralelos, uno de ida y otro de retorno.

- Circuitos de suelo radiante: están formados por tubos que transportan agua con o sin aditivos como fluido caloportador, y que van ocultos bajo el suelo, embebidos en una capa de mortero sobre la que se coloca el pavimento. De esta forma, el calor contenido en el agua que circula por los tubos es cedido al ambiente a través de la capa de mortero y del pavimento, mediante radiación, conducción, y, en menor grado, convección natural.
- Sistema de regulación: mediante un termostato modulante que se comunica vía radio con la bomba de calor, se varía la potencia de la misma, ajustándola a las necesidades de la vivienda en función de la temperatura deseada. Dicho termostato es programable, y además se puede controlar mediante Wi-Fi desde un Smartphone o Tablet.

En la siguiente figura se muestra el esquema de la instalación.



**Figura 3. Instalación de calefacción mediante geotermia y suelo radiante**

### 10.3 RESULTADOS FINALES

A continuación, se resumen los resultados obtenidos para cada uno de los elementos de la instalación de proyectada. El procedimiento que ha llevado a alcanzar dichos resultados, así como todos los factores que han sido considerados, se detallan en el Anexo IV.

- Bomba de calor geotérmica: Teniendo en cuenta la carga máxima de calefacción de la vivienda, se selecciona la bomba de calor ecoGEO Básica 3-12 “ecoFOREST”, con una potencia calorífica máxima de 12 kW y un COP de 4,6. Esta bomba cuenta con la denominada tecnología inverter modulante, que permite adaptar la potencia térmica, el caudal y la temperatura de impulsión a lo requerido en cada momento, de tal forma que se reducen los arranques y paradas y disminuye el consumo eléctrico.
- Sondeas geotérmicas: Para determinar la profundidad de las perforaciones, necesarias se emplea el método proporcionado por el “Manual de climatización geotérmica” editado por ACLUXEGA (Asociación Clúster da Xeotermia Galega) obteniendo como resultado la necesidad de realizar dos sondeos de 80 m de profundidad cada uno.

En cuanto a la sonda empleada, se selecciona una sonda geotérmica en doble U, fabricada en polietileno de alta densidad, modelo RAUGEO PE-RC DUO “REHAU”.

- Tuberías generales: se ejecutarán con tubería de PE-RT de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor de pared.
- Distribuidores: se instalarán dos distribuidores, uno situado en el cuarto de calderas, que alimentará los circuitos de la cocina, salón-comedor, pasillo y cuarto de calderas, y otro situado en el pasillo, que alimentará los demás circuitos de la vivienda. La situación de estos distribuidores se puede consultar en el Plano N° 8 de la documentación gráfica del proyecto.
- Circuitos de suelo radiante: para los circuitos de suelo radiante se selecciona la distribución en espiral, por ser la que mejor homogeneiza la temperatura del suelo al ir intercalando los primeros tubos de ida con los últimos de retorno. En cuanto al dimensionado, se determina la separación a la que hay que colocar los tubos, la longitud de tubería necesaria y el caudal que debe circular por cada circuito, para poder vencer la carga térmica máxima de cada local con una temperatura de entrada a los circuitos de 36,5°C. La propia bomba de calor adaptará el caudal y la temperatura de impulsión cuando las condiciones no sean las de carga térmica máxima y en función de la temperatura ambiente deseada, establecida por el usuario en el termostato.

**Tabla 4. Paso de tubería, longitud de circuito y caudal necesario para vencer la carga térmica máxima de cada local**

<b>Local</b>	<b>Paso de tubería seleccionado (m)</b>	<b>Longitud del circuito (m)</b>	<b>Caudal volumétrico (l/h)</b>
Dormitorio principal	0,25	85,4	160,1
Dormitorio 1	0,3	40,5	59,1
Dormitorio 2	0,3	38,7	59,1
Dormitorio 3	0,25	44,0	66,9
Baño dormitorio principal	0,15	68,1	84,1
Baño 1	0,05	105,0	91,1
Baño 2	0,15	60,8	64,0
Salón-comedor 1	0,25	57,4	144,8
Salón-comedor 2	0,25	57,4	144,8
Cocina	0,2	84,5	148,3
Despacho	0,05	158,4	78,8
Sala de juegos	0,25	45,4	68,7
Cuarto de calderas	0,05	166,0	86,1
Pasillo	0,35	79,0	31,6



## 11 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

### 11.1 REQUISITOS DE DISEÑO

Se necesita dotar de energía eléctrica una vivienda unifamiliar de  $170\text{ m}^2$  de superficie útil. Según lo estipulado por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT 10, se considerará como vivienda con grado de electrificación elevado aquella que se encuentre en alguna de las siguientes situaciones:

- Previsión de utilización de aparatos electrodomésticos superior a la electrificación básica.
- Previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire.
- Superficie útil de la vivienda superior a  $160\text{ m}^2$ .

Así pues, a la vivienda objeto de este proyecto se le asignará un grado de electrificación elevado, por lo que la potencia mínima a prever será de  $9200\text{ W}$ .

Además, es necesario proyectar una red de puesta a tierra acorde a la ITC-BT-18 y a la ITC-BT-26.

### 11.2 ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Para cumplir con los requisitos de diseño establecidos, se ejecutará una instalación formada por los siguientes elementos:

- Acometida: conecta la red de distribución de electricidad de la compañía eléctrica con la caja de protección y medida. Es propiedad de la empresa suministradora.
- Caja de protección y medida: aloja los elementos de protección de la derivación individual y los dispositivos requeridos para el control de la energía eléctrica consumida. En cumplimiento de la ITC-BT-13, como la fachada de la vivienda no linda con la vía pública, la caja de protección y medida se situará en el límite entre las propiedades pública y privada.
- Derivación individual: es la encargada de conducir la energía eléctrica desde la caja de protección y medida hasta el cuadro general de mando y protección.
- Cuadro general de mando y protección: contiene los dispositivos generales e individuales de mando y protección. En cumplimiento de la ITC-BT-17 debe situarse junto a la puerta de entrada, a una altura medida desde el nivel del suelo comprendida entre  $1,4\text{ m}$  y  $2\text{ m}$ . El cuadro general de mando y protección contendrá los siguientes elementos:

- Un interruptor general automático, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Dos interruptores diferenciales, uno por cada grupo de circuitos interiores.
- Un dispositivo de corte omnipolar, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, para cada uno de los circuitos interiores.
- Una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable.
- Circuitos interiores: en cumplimiento de la ITC-BT-25, por tratarse de una vivienda con electrificación elevada, se instalarán los siguientes circuitos:
  - $C_1$ : destinado a alimentar los puntos de iluminación.
  - $C_2$ : destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.
  - $C_3$ : destinado a cocina y horno.
  - $C_4$ : destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico. Se desdoblará en 3 circuitos independientes.
  - $C_5$ : destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuarto de cocina.
  - $C_6$ : circuito adicional del tipo  $C_1$ .
  - $C_7$ : circuito adicional del tipo  $C_2$ .
  - $C_8$ : destinado a alimentar la bomba de calor geotérmica.
  - $C_{10}$ : destinado a la instalación de una secadora.
  - $C_{12}$ : circuito adicional del tipo  $C_5$ .
- Red de puesta a tierra: en cumplimiento de la ITC-BT-26 se instalará en el fondo de las zanjas de cimentación, y antes de empezar esta, un cable rígido de cobre desnudo, de  $35 \text{ mm}^2$  de sección, según ITC-BT-18, formando un anillo cerrado que abarque todo el perímetro del edificio. Al conductor en anillo se conectará mediante soldadura aluminotermia un cierto número de hierros de los considerados principales, y como mínimo uno por zapata. Se instalarán conductores de protección acompañando a los conductores activos en todos los circuitos de la vivienda hasta los puntos de utilización.

### 11.3 RESULTADOS FINALES

A continuación, se resumen los resultados obtenidos en el dimensionamiento de la instalación eléctrica. En el Anexo V se recoge con más detalle el procedimiento de obtención de dichos resultados.

- La intensidad nominal del interruptor general automático será de 40 A, que corresponde con una potencia prevista de 9200 W.

- La intensidad asignada de los interruptores diferenciales será también de 40 A, cumpliendo con la exigencia del REBT de ser igual o superior a la intensidad nominal del interruptor general.
- La intensidad nominal de cada uno de los interruptores automáticos que protegen los circuitos interiores se establece en la ITC-BT 25 en función de la aplicación del circuito, y tomará los siguientes valores:

**Tabla 5. Intensidad asignada del interruptor automático de cada circuito. Fuente: ITC-BT-25**

Circuito	Intensidad asignada del interruptor automático (A)
C <sub>1</sub> Iluminación	10
C <sub>2</sub> Tomas de uso general	16
C <sub>3</sub> Cocina y horno	25
C <sub>4.1</sub> Lavadora	16
C <sub>4.2</sub> Lavavajillas	16
C <sub>4.3</sub> Termo eléctrico	16
C <sub>5</sub> Baño y cuarto de cocina	16
C <sub>6</sub> Desdoble iluminación	10
C <sub>7</sub> Desdoble tomas de uso general	16
C <sub>8</sub> Calefacción	25
C <sub>10</sub> Secadora	16
C <sub>12</sub> Desdoble baño y cuarto de cocina	16

- La sección de los conductores de cobre que conforman los circuitos interiores será la que se recoge en la siguiente tabla.

**Tabla 6. Sección de los conductores de cada circuito**

Circuito	Sección del conductor (mm <sup>2</sup> )
C <sub>1</sub> Iluminación	1,5
C <sub>2</sub> Tomas de uso general	2,5
C <sub>3</sub> Cocina y horno	6
C <sub>4.1</sub> Lavadora	2,5
C <sub>4.2</sub> Lavavajillas	2,5
C <sub>4.3</sub> Termo eléctrico	2,5
C <sub>5</sub> Baño y cuarto de cocina	2,5
C <sub>6</sub> Desdoble iluminación	1,5
C <sub>7</sub> Desdoble tomas de uso general	2,5
C <sub>8</sub> Calefacción	6
C <sub>10</sub> Secadora	2,5
C <sub>12</sub> Desdoble baño y cuarto de cocina	2,5

De esta forma para todos los circuitos se cumple con las secciones mínimas establecidos en la ITC-BT-25 y no se supera la caída de tensión máxima admisible en el conjunto derivación individual + circuito.

## 12 RESUMEN DEL PRESUPUESTO

A continuación, se resume el presupuesto necesario para llevar a cabo las obras descritas en el presente proyecto.

**Tabla 7. Presupuesto de las obras**

Capítulo I. Instalación solar térmica	3.575,70 €
Capítulo II. Instalación de agua caliente sanitaria	4.399,80 €
Capítulo III. Instalación geotérmica	21.370,82 €
Capítulo IV. Instalación de calefacción por suelo radiante	10.925,05 €
Capítulo V. Instalación eléctrica	4.331,53 €
Capítulo VI. Seguridad y salud	1.500,00 €
<b>IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>46.102,90 €</b>
13% de gastos generales	5.993,38 €
6% de beneficio industrial	2.766,17 €
<b>IMPORTE DE EJECUCIÓN</b>	<b>54.862,45 €</b>
21% de IVA	11.521,11 €
<b>IMPORTE DE CONTRATA</b>	<b>66.383,56 €</b>

Así pues, el importe de ejecución material de las obras asciende a la cantidad de 46.102,90 €.

El importe de ejecución, considerando un 13% de gastos generales y un 6% de beneficio industrial, asciende a 54.862,65 €.

El importe de contrata asciende a la cantidad de 66.383,56 € (SESENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS).

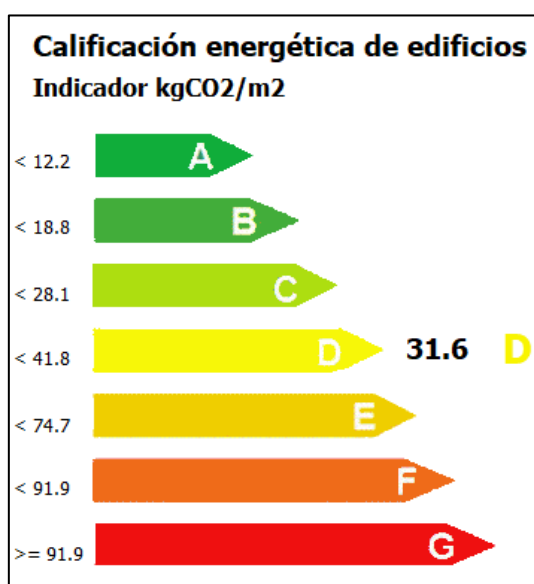
## 13 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DE LA VIVIENDA

Tal y como se refleja en el resumen del presupuesto, el capítulo de mayor peso es el correspondiente a la instalación geotérmica. Sin embargo, el uso de esta fuente de energía renovable va a suponer una importante mejora en la eficiencia energética de la vivienda, que se traduce en un ahorro en el gasto de calefacción.

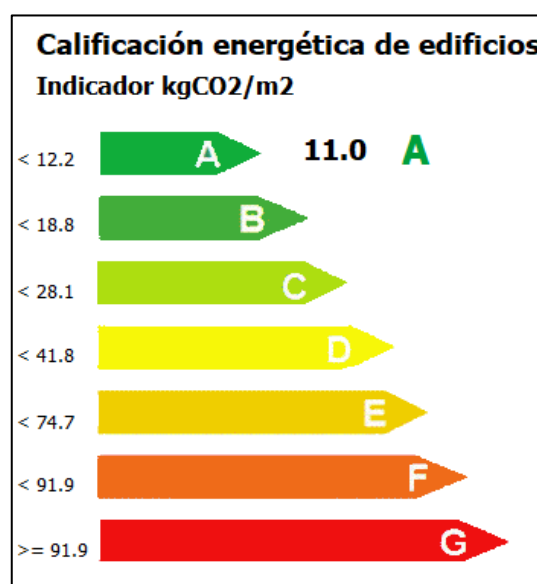
Para ilustrar este hecho, se ha calculado con el programa CE3X la calificación energética de la vivienda, con las instalaciones proyectadas y cambiando la instalación geotérmica por una caldera de condensación a gas. Una mejor calificación energética supone un ahorro de energía, y, por lo tanto, un ahorro económico, que, a largo plazo, permite compensar la elevada inversión inicial.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Con caldera de condensación a gas



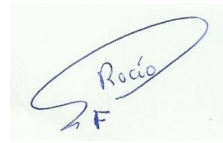
Con bomba de calor geotérmica



Con la instalación de la bomba de calor geotérmica se consigue la calificación energética máxima, mientras que con la opción más convencional (caldera de condensación a gas) se obtiene una calificación energética D.

Aunque no entra en el alcance de este trabajo el análisis de viabilidad de las instalaciones proyectadas, cabe destacar que el período de retorno de una instalación de calefacción con geotermia frente a una convencional con gas natural, para una vivienda unifamiliar, se estima en torno a los 7 años. La vida útil de la instalación estará en torno a los 25 años para las bombas de calor y en torno a los 50 para el intercambiador con el subsuelo, por lo que se puede afirmar que la inversión en geotermia, además de suponer una reducción del impacto ambiental de la vivienda, resulta económicamente rentable.

En Ferrol, a junio de 2018

A handwritten signature in blue ink on a light green background. The signature consists of a large, stylized loop that encloses the word "Rocío" and the initials "F".

Fdo.: Rocío Feijoo Díaz



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Anexo I**

**SISTEMA DE CAPTACIÓN SOLAR PARA ACS**





## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	OBJETO .....	6
2	ALCANCE .....	6
3	NORMAS Y REFERENCIAS .....	6
4	CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA .....	6
4.1	CÁLCULO DEL CONSUMO DE ACS .....	7
4.2	DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA.....	8
4.3	OBTENCIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA .....	9
5	CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN: MÉTODO F-CHART .....	9
5.1	VALORACIÓN DE LA ENERGÍA NECESARIA PARA CUBRIR LAS NECESIDADES DE AGUA CALIENTE SANITARIA .....	9
5.2	VALORACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN LA SUPERFICIE INCLINADA DEL CAPTADOR O CAPTADORES.....	12
5.2.1	Pérdidas por orientación, inclinación y sombras.....	13
5.3	PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN: APROXIMACIÓN DE LA SUPERFICIE NECESARIA.....	15
5.4	CÁLCULO DE LA FRACCIÓN ANUAL CUBIERTA .....	16

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Demanda energética mensual para ACS .....	11
Figura 2. Cálculo de pérdidas por orientación e inclinación .....	14
Figura 3. Colector solar SOL 200 “Baxi”. Fuente: Catálogo de Baxi .....	16
Figura 4. Fracción de la demanda energética mensual aportada por el sistema de captación solar .....	20
Figura 5. Demanda energética mensual de ACS y energía mensual aportada por el sistema de captación solar .....	21

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda de referencia a 60°C. Fuente: <i>Sección HE 4 CTE</i> .....	7
Tabla 2. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Fuente: <i>Sección HE 4 CTE</i> .....	8
Tabla 3. Zonas climáticas en función de la radiación solar global media diaria anual. Fuente: <i>Sección HE 4 CTE</i> .....	8
Tabla 4. Contribución solar mínima anual (%) para ACS en función de la demanda y de la zona climática. Fuente: <i>Sección HE 4 CTE</i> .....	9
Tabla 5. Cálculo de la demanda mensual de energía para ACS.....	11
Tabla 6. Factor de corrección para superficies inclinadas (latitud 43°). Fuente: Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura (IDAE) .....	12
Tabla 7. Cálculo de la energía incidente sobre 1m <sup>2</sup> de superficie inclinada 45° y orientada hacia el sur.....	13
Tabla 8. Cálculo de la energía incidente sobre 1m <sup>2</sup> de superficie inclinada 15° y desviada 42° respecto al sur .....	15
Tabla 9. Cálculo de D <sub>1</sub> .....	17
Tabla 10. Cálculo de D <sub>2</sub> .....	19
Tabla 11. Cálculo de la fracción mensual de demanda energética aportada por el sistema de captación solar .....	20
Tabla 12. Cálculo de la energía útil captada cada mes por el sistema solar .....	21

## 1 OBJETO

Este anexo tiene como objeto el dimensionamiento del sistema de captación solar para ACS en base a la normativa existente.

## 2 ALCANCE

El alcance de este documento será únicamente la obtención de la superficie de captación necesaria, y la selección de un colector que permita cubrirla. Los demás elementos de la instalación solar térmica y de distribución de ACS se abordarán en el Anexo II de este proyecto.

## 3 NORMAS Y REFERENCIAS

Para la elaboración de este anexo se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones y documentos:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE "Ahorro de energía" y el Documento Básico DB-HS "Salubridad", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- "Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura" elaborado por el IDAE para Instalaciones de Energía Solar Térmica
- "Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT".

## 4 CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

Los edificios de nueva construcción, como es el caso de la vivienda del presente proyecto, entran dentro del ámbito de aplicación de la *Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria*, perteneciente al *Documento Básico HE Ahorro de Energía*, del Código Técnico de la Edificación. Dicha sección establece una contribución mínima de energía solar térmica para la producción de ACS.

Se define como contribución solar mínima anual la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS, obtenidos a partir de los valores mensuales. La contribución solar mínima anual para cada proyecto se obtiene a partir de la tabla 2.1 de la *Sección HE 4*, en función de la zona climática y de la demanda de ACS a una temperatura de referencia de 60°C.

A continuación, se determinará la zona climática en la que se encuentra la edificación objeto de este proyecto, así como la demanda total de ACS de la misma. Con ello se podrá determinar la contribución solar mínima anual, para posteriormente proceder a calcular la superficie de captación necesaria para cubrir dicha contribución.

## 4.1 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ACS

Según la tabla 4.1 de la *Sección HE 4* del CTE, el consumo de ACS en viviendas para una temperatura de 60°C es de 28 litros por persona y día.

**Tabla 1. Demanda de referencia a 60°C. Fuente: Sección HE 4 CTE**

CRITERIO DE DEMANDA	LITROS/(DÍA·UNIDAD)	UNIDAD
<b>Viviendas</b>	<b>28</b>	<b>Por persona</b>
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión*	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

El mismo documento establece que, en el uso residencial privado, el número mínimo de personas por vivienda se determinará en función del número de dormitorios. La vivienda del presente proyecto cuenta con 4 dormitorios, por lo que a efectos de cálculo de la demanda de ACS se considerarán 5 personas.

**Tabla 2. Valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. Fuente: Sección HE 4 CTE**

<b>NÚMERO DE DORMITORIOS</b>	1	2	3	4	5	6	≥ 6
<b>NÚMERO DE PERSONAS</b>	1.5	3	4	5	6	6	7

Así pues, el consumo total diario de ACS de la vivienda proyectada será el calculado mediante la ecuación (1):

$$\text{Consumo diario total} = \text{Consumo diario por persona} \cdot N^{\circ} \text{ de personas} \quad (1)$$

Se obtiene un consumo diario total de 140 l.

## 4.2 DETERMINACIÓN DE LA ZONA CLIMÁTICA

La tabla 4.4 de la Sección HE 4 del CTE establece los límites de las zonas climáticas en base a la radiación solar global media diaria anual sobre superficie horizontal.

El documento básico *HE Ahorro de energía*, a efectos de aplicación del mismo, reconoce como válidos para la asignación de la zona climática los valores del “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”, permitiendo el uso de los valores correspondientes a la capital de provincia para todas las localidades.

Utilizando los datos proporcionados por dicho Atlas para Lugo (capital de provincia), se obtiene una Radiación Solar Global media diaria anual sobre superficie horizontal de  $3.84 (kW \cdot h)/m^2$ , por lo que se puede concluir que la vivienda objeto de este proyecto se encuentra en la zona climática II.

**Tabla 3. Zonas climáticas en función de la radiación solar global media diaria anual. Fuente: Sección HE 4 CTE**

Zona climática	$MJ/m^2$	$kW \cdot h/m^2$
I	$H < 13,7$	$H < 3,8$
II	$13,7 \leq H < 15,1$	$3,8 \leq H < 4,2$
III	$15,1 \leq H < 16,6$	$4,2 \leq H < 4,6$
IV	$16 \leq H < 18,0$	$4,6 \leq H < 5,0$
V	$H \geq 18,0$	$H \geq 5,0$

### 4.3 OBTENCIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN SOLAR MÍNIMA

Una vez conocidos los valores de la demanda total de ACS diaria y la zona climática en la que se encuentra la edificación objeto del proyecto, se puede establecer la contribución solar mínima de ACS, que resulta ser del 30%.

Tabla 4. Contribución solar mínima anual (%) para ACS en función de la demanda y de la zona climática. Fuente: Sección HE 4 CTE

Demanda total de ACS del edificio (litros/día)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5000	30	<b>30</b>	40	50	60
5000-10000	30	40	50	60	70
>10000	30	50	60	70	70

## 5 CÁLCULO DE LA SUPERFICIE DE CAPTACIÓN: MÉTODO F-CHART

Para determinar la superficie de colectores necesaria, así como la cobertura solar que proporcionan, se va a emplear el método f-chart, avalado por el “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura*” elaborado por el IDAE para Instalaciones de Energía Solar Térmica. Dicho documento establece que se trata de un método ampliamente aceptado como proceso de cálculo suficientemente exacto para largas estimaciones, si bien no ha de aplicarse para estimaciones de tipo semanal o diario. Indica además que para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y que es perfectamente válido para determinar el rendimiento o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

### 5.1 VALORACIÓN DE LA ENERGÍA NECESARIA PARA CUBRIR LAS NECESIDADES DE AGUA CALIENTE SANITARIA

La demanda energética mensual de ACS se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$DE_{mes} = C \cdot n_{días} \cdot \rho \cdot C_e \cdot (T_{agua\ caliente} - T_{agua\ red}) \quad (2)$$

Donde:

$DE_{mes}$ : Demanda energética mensual de ACS ( $kJ/mes$ )

$C$ : consumo diario de ACS ( $l/día$ )

$n_{días}$ : número de días del mes ( $días/mes$ )

$\rho$ : densidad del agua ( $1 kg/l$ )

$C_e$ : calor específico del agua ( $4,186 kJ/(kg \cdot ^\circ C)$ )

$T_{agua caliente}$ : temperatura de acumulación del agua ( $60^\circ C$ )

$T_{agua red}$ : temperatura media del agua fría ( $^\circ C$ )

El consumo diario de ACS serán los 140 litros obtenidos en el apartado 4.1. de este anexo. El CTE contempla la posibilidad de corregir dicho consumo para temperaturas en el acumulador final diferentes de  $60^\circ C$ . Sin embargo, en el presente proyecto se va a adoptar esa temperatura de acumulación por lo que no será de aplicación la citada corrección.

Los valores de temperatura media del agua fría se obtienen del CTE, concretamente del apéndice B de la *Sección HE 4*. La tabla B.1 de dicho apéndice recoge datos para las capitales de provincia. Como la localidad del presente proyecto no coincide con la capital de provincia se deben corregir los valores de la tabla con la expresión de la ecuación (3):

$$T_{agua red} = T_{agua red capital provincia} - B \cdot A_z \quad (3)$$

Donde:

$A_z = \text{altura de la localidad} - \text{altura de la capital de provincia}$

*Altura de la localidad: 480 m*

*Altura de la capital de provincia: 412 m*

$B = 0,0066$  de octubre a marzo

$B = 0,0033$  de abril a septiembre

En la siguiente tabla se recogen los cálculos de energía mensual necesaria para ACS en  $kJ$ , según la ecuación (2), y el correspondiente valor en  $kW \cdot h$ .

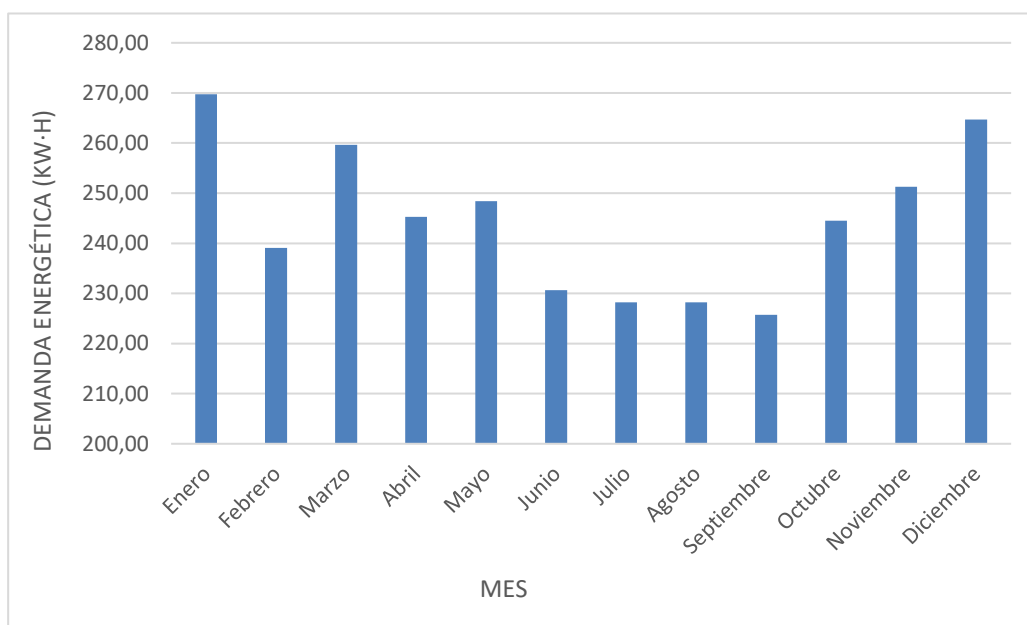


**Tabla 5. Cálculo de la demanda mensual de energía para ACS.**

Mes	Nº días mes	Tª agua red capital provincia (°C)	Factor B	Tª agua red localidad proyecto (°C)	$DE_{mes}$ ( $\frac{kJ}{mes}$ )	$DE_{mes}$ ( $\frac{kW \cdot h}{mes}$ )
Enero	31	7	0,0066	6,6	971017	269,73
Febrero	28	8	0,0066	7,6	860639	239,07
Marzo	31	9	0,0066	8,6	934683	259,63
Abril	30	10	0,0033	9,8	883005	245,28
Mayo	31	11	0,0033	10,8	894271	248,41
Junio	30	13	0,0033	12,8	830262	230,63
Julio	31	15	0,0033	14,8	821603	228,22
Agosto	31	15	0,0033	14,8	821603	228,22
Septiembre	30	14	0,0033	13,8	812680	225,74
Octubre	31	12	0,0066	11,6	880181	244,49
Noviembre	30	9	0,0066	8,6	904532	251,26
Diciembre	31	8	0,0066	7,6	952850	264,68
<b>TOTAL</b>					<b>10567325</b>	<b>2935,37</b>

El valor total de energía necesaria para calentar el ACS a lo largo de un año es de  $2935,37 kW \cdot h$ .

La figura 1 permite visualizar de forma gráfica los resultados de demanda energética mensual obtenidos:



**Figura 1. Demanda energética mensual para ACS**

## 5.2 VALORACIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR INCIDENTE EN LA SUPERFICIE INCLINADA DEL CAPTADOR O CAPTADORES

El punto de partida será la energía, en kW·h, que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes. Estos valores se obtienen del “Atlas de Radiación Solar en España utilizando datos del SAF de Clima de EUMETSAT”.

El factor de corrección k para superficies inclinadas representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo y otra horizontal.

El factor k se encuentra tabulado en el “Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura” del IDAE, en función de la latitud y del ángulo de inclinación deseado. La tabla 6 recoge los valores de k para una latitud de 43°, la correspondiente al emplazamiento del presente proyecto. De entre los datos proporcionados por dicha tabla se seleccionarán los correspondientes a una inclinación de 45°, la más próxima a la latitud, que será la inclinación óptima según la Sección HE 4 del CTE.

**Tabla 6. Factor de corrección para superficies inclinadas (latitud 43°). Fuente: Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura (IDAE)**

LATITUD: 43°												
Inclinación	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1,08	1,07	1,05	1,03	1,02	1,02	1,02	1,04	1,06	1,08	1,1	1,09
10	1,15	1,12	1,09	1,06	1,04	1,03	1,04	1,07	1,11	1,16	1,19	1,18
15	1,22	1,18	1,13	1,08	1,05	1,03	1,05	1,09	1,15	1,23	1,27	1,26
20	1,28	1,22	1,16	1,09	1,05	1,03	1,05	1,1	1,19	1,29	1,35	1,33
25	1,33	1,26	1,18	1,1	1,04	1,02	1,04	1,11	1,22	1,34	1,42	1,4
30	1,37	1,29	1,2	1,1	1,03	1	1,03	1,11	1,24	1,38	1,48	1,45
35	1,41	1,31	1,2	1,09	1,01	0,98	1,01	1,1	1,25	1,42	1,52	1,5
40	1,43	1,33	1,2	1,07	0,98	0,95	0,98	1,09	1,25	1,44	1,56	1,54
<b>45</b>	<b>1,45</b>	<b>1,33</b>	<b>1,19</b>	<b>1,05</b>	<b>0,95</b>	<b>0,91</b>	<b>0,95</b>	<b>1,06</b>	<b>1,24</b>	<b>1,45</b>	<b>1,59</b>	<b>1,57</b>
50	1,46	1,33	1,17	1,02	0,91	0,87	0,91	1,03	1,23	1,46	1,61	1,58
55	1,46	1,32	1,15	0,98	0,86	0,82	0,86	1	1,21	1,45	1,62	1,59
60	1,45	1,3	1,12	0,94	0,81	0,76	0,81	0,95	1,17	1,44	1,62	1,59
65	1,43	1,27	1,08	0,89	0,75	0,7	0,75	0,9	1,13	1,41	1,61	1,58
70	1,41	1,23	1,03	0,83	0,69	0,64	0,69	0,84	1,09	1,38	1,58	1,56
75	1,37	1,19	0,98	0,77	0,62	0,57	0,62	0,78	1,09	1,34	1,55	1,53
80	1,33	1,14	0,92	0,7	0,55	0,49	0,55	0,71	0,97	1,28	1,51	1,49
85	1,28	1,08	0,85	0,63	0,47	0,42	0,47	0,64	0,9	1,22	1,45	1,44
90	1,22	1,02	0,78	0,56	0,4	0,34	0,39	0,56	0,83	1,16	1,39	1,38

Multiplicando la energía que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes por el factor de corrección k correspondiente, se obtiene la energía que incide sobre un metro cuadrado de superficie inclinada 45° y orientada hacia el ecuador en un día medio de cada mes (ecuación (4)).

$$H_{dm}(45^\circ, 0^\circ) \left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot día} \right) = H_{dm}(0^\circ) \left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot día} \right) \cdot k \quad (4)$$

El producto de ese valor por el número de días del mes se corresponde con la energía media mensual incidente sobre un metro cuadrado de superficie inclinada 45° y orientada hacia el ecuador:

$$H_{mes}(45^\circ, 0^\circ) \left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes} \right) = H_{dm}(45^\circ, 0^\circ) \left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot día} \right) \cdot N^\circ \text{ días mes} \quad (5)$$

La tabla 7 recoge los resultados de estos cálculos.

**Tabla 7. Cálculo de la energía incidente sobre 1m<sup>2</sup> de superficie inclinada 45° y orientada hacia el sur**

Mes	Nº días mes	$H_{dm}(0^\circ)$ $\left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot día} \right)$	k	$H_{dm}(45^\circ, 0^\circ)$ $\left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot día} \right)$	$H_{mes}(45^\circ, 0^\circ)$ $\left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes} \right)$
Enero	31	1,65	1,22	2,39	74,2
Febrero	28	2,37	1,18	3,15	88,3
Marzo	31	3,64	1,13	4,33	134,3
Abril	30	4,49	1,08	4,71	141,4
Mayo	31	5,32	1,05	5,05	156,7
Junio	30	6,27	1,03	5,71	171,2
Julio	31	6,33	1,05	6,01	186,4
Agosto	31	5,71	1,09	6,05	187,6
Septiembre	30	4,35	1,15	5,39	161,8
Octubre	31	2,71	1,23	3,93	121,8
Noviembre	30	1,79	1,27	2,85	85,4
Diciembre	31	1,4	1,26	2,20	68,1
TOTAL					<b>1577,2</b>

### 5.2.1 Pérdidas por orientación, inclinación y sombras

Hasta el momento se ha calculado la energía que incidiría mensualmente en 1 m<sup>2</sup> de superficie de captación con la orientación y la inclinación óptimas.

Sin embargo, los colectores se instalarán en la cubierta suroeste, desviada 42° respecto al sur, y con un ángulo de inclinación de 15°, el mismo que la cubierta, obteniendo una mejor estética del conjunto.

Para determinar las pérdidas debidas a la desviación con respecto al óptimo se emplea el gráfico proporcionado en el “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura*” del IDAE. Tal y como se puede apreciar en la siguiente figura, la radiación incidente sobre la superficie de captación será un 93% de la que incidiría con la orientación e inclinación óptimas, por lo que las pérdidas se sitúan en un 7%.

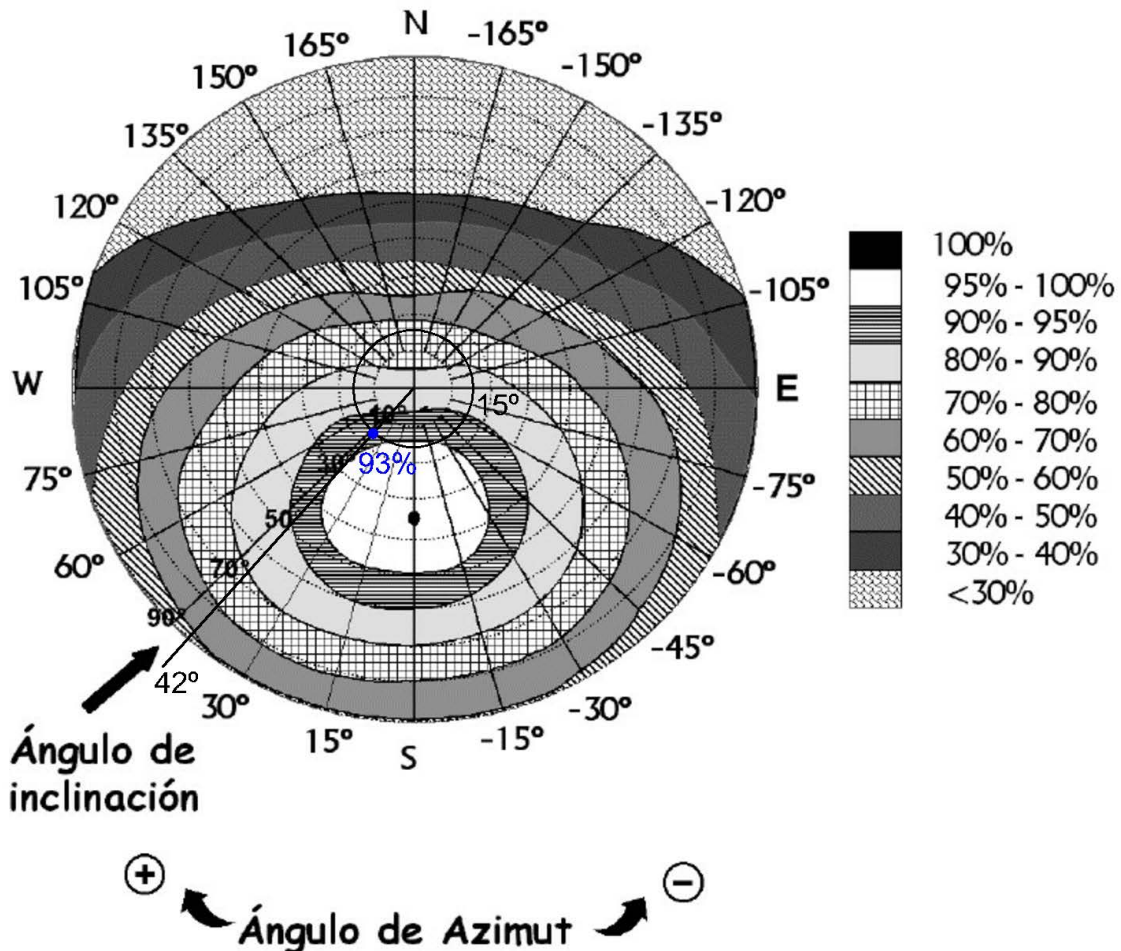


Figura 2. Cálculo de pérdidas por orientación e inclinación

Para el caso de superposición (colectores paralelos a la envolvente del edificio), que es el correspondiente a este proyecto, el CTE, en su *Sección HE 4*, fija las pérdidas máximas por orientación e inclinación en un 20%, por lo que queda comprobado que la orientación e inclinación seleccionadas cumplen con los requerimientos de la normativa.

Las pérdidas por sombras serán nulas debido a que no existe ningún obstáculo alrededor de la vivienda.

Para tener en cuenta el 7% de pérdidas por orientación e inclinación calculado, se multiplicará la energía media mensual incidente sobre un metro cuadrado de superficie inclinada 45° y orientada hacia el ecuador (situación óptima) por 0,93, obteniendo la energía media mensual incidente sobre un metro cuadrado de superficie con la inclinación y orientación seleccionadas:

$$H_{mes}(15^\circ, 42^\circ) \left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes} \right) = H_{dm}(45^\circ, 0^\circ) \left( \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot día} \right) \cdot 0,93 \quad (6)$$

Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 8. Cálculo de la energía incidente sobre 1m<sup>2</sup> de superficie inclinada 15° y desviada 42° respecto al sur**

Mes	$H_{mes}(45^\circ, 0^\circ)$ $\left(\frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes}\right)$	$H_{mes}(15^\circ, 42^\circ)$ $\left(\frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes}\right)$
Enero	74,2	69,0
Febrero	88,3	82,1
Marzo	134,3	124,9
Abril	141,4	131,5
Mayo	156,7	145,7
Junio	171,2	159,2
Julio	186,4	173,4
Agosto	187,6	174,5
Septiembre	161,8	150,5
Octubre	121,8	113,3
Noviembre	85,4	79,4
Diciembre	68,1	63,4
<b>TOTAL</b>	<b>1577,2</b>	<b>1466,8</b>

### 5.3 PREDIMENSIONADO DE LA INSTALACIÓN: APROXIMACIÓN DE LA SUPERFICIE NECESARIA

El método f-chart es un método iterativo, por lo que es necesario suponer un valor inicial de superficie de captación para luego comprobar si cumple con la contribución solar mínima exigida.

Tal y como se ha determinado en el apartado 5.1 de este anexo, la energía necesaria para cubrir la demanda anual de ACS resulta ser de 2935,37 kW · h. De esta demanda, según lo explicado en el apartado 4, es obligatorio cubrir mediante energía solar térmica como mínimo un 30%, es decir, 880,6 kW · h.

Dividiendo la energía anual que se debe proporcionar mediante solar térmica (880,6 kW · h) entre la energía anual incidente en un metro cuadrado de superficie de captación (1466,8 kW · h/m<sup>2</sup>) se obtiene una primera aproximación de la superficie de captación necesaria.

$$\text{Superficie de captación aproximada} = \frac{DE_{solar\ térmica\ anual} \left(\frac{kW \cdot h}{año}\right)}{H_{anual} \left(\frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot año}\right)} \quad (7)$$

La superficie de captación obtenida asciende a 0,60 m<sup>2</sup>.

Se selecciona el captador SOL 200, de la empresa Baxi, con una superficie de apertura de  $1,9 \text{ m}^2$ , superior a la que se acaba de calcular, por lo que se supondrá inicialmente la instalación de un único colector, y por tanto una superficie de captación de  $1,9 \text{ m}^2$ .



Figura 3. Colector solar SOL 200 “Baxi”. Fuente: Catálogo de Baxi

## 5.4 CÁLCULO DE LA FRACCIÓN ANUAL CUBIERTA

La expresión utilizada por el método f-chart para calcular la fracción mensual de energía cubierta por la superficie de captación es la recogida en la ecuación (8):

$$f = 1,029 \cdot D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 + 0,0018 \cdot D_2^2 + 0,0215 \cdot D_1^3 \quad (8)$$

El parámetro  $D_1$ , tal y como lo define el “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura*” del IDAE expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano y la demanda energética durante un mes ( $DE_{mes}$ ):

$$D_1 = \frac{\text{Energía absorbida por el captador}}{\text{Demanda energética}} \quad (9)$$

Según el citado documento, la energía absorbida por el captador se calculará mediante la expresión:

$$E_a = S_c \cdot F_r' \cdot (\tau\alpha) \cdot H_{dm} \cdot n^{\circ} \text{días} \quad (10)$$

Donde

$S_c$ : superficie de captación ( $m^2$ ). En el presente proyecto es igual a  $1,9 m^2$ .

$H_{dm}$ : radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie inclinada del captador por unidad de área ( $kW \cdot h/m^2$ )

$n^{\circ}días$ : número de días del mes

$F'_r \cdot (\tau\alpha)$ : factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F'_r \cdot (\tau\alpha) = F_r \cdot (\tau\alpha)_n \cdot [(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n] \cdot (F'_r / F_r) \quad (11)$$

Donde:

$F_r \cdot (\tau\alpha)_n$ : Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador. Para el colector seleccionado vale 0,817.

$(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$ : Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble). En el presente proyecto se tomará el valor de 0,96.

$F'_r / F_r$ : Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

La tabla 8 recoge el cálculo de  $D_1$  mediante las ecuaciones (9), (10) y (11):

**Tabla 9. Cálculo de  $D_1$**

Mes	$DE_{mes} \left( \frac{kW \cdot h}{mes} \right)$	$E_a \left( \frac{kW \cdot h}{mes} \right)$	$D_1$
Enero	269,7	97,6	0,362
Febrero	239,1	116,2	0,486
Marzo	259,6	176,8	0,681
Abril	245,3	186,2	0,759
Mayo	248,4	206,3	0,830
Junio	230,6	225,4	0,977
Julio	228,2	245,4	1,075
Agosto	228,2	247,0	1,082
Septiembre	225,7	213,1	0,944
Octubre	244,5	160,4	0,656
Noviembre	251,3	112,4	0,447
Diciembre	264,7	89,7	0,339

El parámetro  $D_2$ , según la definición del citado “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura*” del IDAE expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador, para una determinada temperatura, y la demanda energética durante un mes ( $DE_{mes}$ ):

$$D_2 = \frac{\text{Energía perdida por el captador}}{\text{Demanda energética}} \quad (12)$$

La energía perdida por el captador viene dada por la siguiente expresión:

$$E_p = S_c \cdot F_r' \cdot U_L \cdot (100 - T_{amb}) \cdot \Delta t \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (13)$$

Donde:

$S_c$ : superficie de captación ( $m^2$ ). En el presente proyecto es igual a  $1,9 m^2$ .

$$F_r' \cdot U_L = F_r \cdot U_L \cdot (F_r' / F_r)$$

Donde  $F_r \cdot U_L$  es la pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador). Será igual a  $a_1 + 30a_2$ , siendo  $a_1$  y  $a_2$  los coeficientes de la ecuación de eficiencia del captador. Para el captador seleccionado  $a_1 = 3,716$  y  $a_2 = 0,018$ .

$T_{amb}$ : Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas. Se obtiene del “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura*” del IDAE.

$\Delta t$ : Período de tiempo considerado (se calcula como el número de horas de sol útiles diarias por el número de días del mes)

$K_1$ : Factor de corrección por almacenamiento, que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = \left( \frac{\text{kg acumulación}}{75 \cdot S_c} \right)^{-0.25} \quad (14)$$

Tal y como establece la *Sección HE 4* del CTE, debe cumplirse que:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (15)$$

Donde:

$V$ : volumen de acumulación solar ( $l$ )

$A$ : área total de captación ( $m^2$ )



Así pues, para una superficie de captación de  $1,9 m^2$  el volumen de acumulación deberá estar comprendido entre  $95 l$  y  $342 l$ . Teniendo en cuenta que el consumo diario de ACS calculado en el apartado 4.1. de este anexo es de  $140 l$ , se escogerá un volumen de acumulación de  $200 l$ , que cumple con el criterio establecido.

$K_2$ : Factor de corrección, para A.C.S., que relaciona la temperatura de A.C.S., la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = \frac{(11,6 + 1,18 \cdot T_{ACS} + 3,86 \cdot T_{red} - 2,32 \cdot T_{amb})}{(100 - T_{amb})} \quad (16)$$

Donde:

$T_{ACS}$ : temperatura del agua caliente sanitaria ( $60^\circ\text{C}$ )

$T_{red}$ : temperatura del agua de red (determinada en el apartado 5.1 de este Anexo)

$T_{amb}$ : Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas. Se obtiene del "Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura" del IDAE.

La tabla 9 recoge el cálculo de  $D_2$  mediante las ecuaciones (12), (13), (14) y (16).

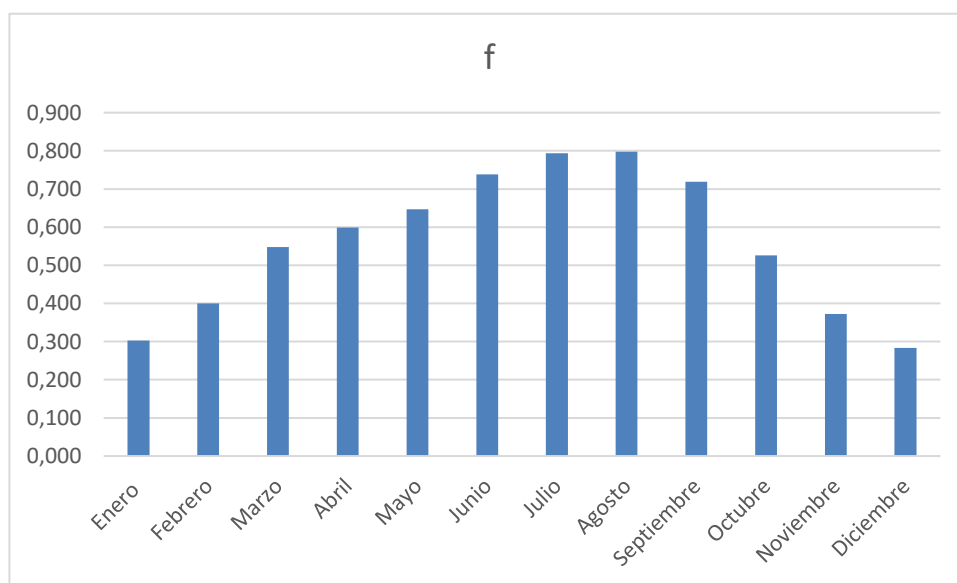
**Tabla 10. Cálculo de  $D_2$**

Mes	$\frac{DE_{mes}}{\text{mes}}$ ( $\frac{kW \cdot h}{mes}$ )	$\frac{E_p}{mes}$ ( $\frac{kW \cdot h}{mes}$ )	$D_2$
Enero	269,7	162,42	0,602
Febrero	239,1	169,02	0,707
Marzo	259,6	188,79	0,727
Abril	245,3	194,42	0,793
Mayo	248,4	198,32	0,798
Junio	230,6	192,52	0,835
Julio	228,2	203,89	0,893
Agosto	228,2	202,44	0,887
Septiembre	225,7	184,88	0,819
Octubre	244,5	190,12	0,778
Noviembre	251,3	159,26	0,634
Diciembre	264,7	156,70	0,592

Una vez conocidos los valores de  $D_1$  y  $D_2$  se procede a calcular la fracción de la demanda energética mensual aportada por el sistema de captación solar. Para ello se emplea la ecuación (8). Los resultados se recogen en la tabla 10 y en la figura 3.

**Tabla 11. Cálculo de la fracción mensual de demanda energética aportada por el sistema de captación solar**

Mes	$D_1$	$D_2$	$f$
Enero	0,362	0,602	0,303
Febrero	0,486	0,707	0,400
Marzo	0,681	0,727	0,548
Abril	0,759	0,793	0,599
Mayo	0,830	0,798	0,647
Junio	0,977	0,835	0,739
Julio	1,075	0,893	0,793
Agosto	1,082	0,887	0,798
Septiembre	0,944	0,819	0,719
Octubre	0,656	0,778	0,526
Noviembre	0,447	0,634	0,373
Diciembre	0,339	0,592	0,284



**Figura 4. Fracción de la demanda energética mensual aportada por el sistema de captación solar**

Teniendo en cuenta los valores obtenidos, se puede concluir que con la instalación de un captador del modelo seleccionado se cumple la restricción establecida en la Sección *HE 4* del CTE de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética, y en no más de tres meses el 100%.

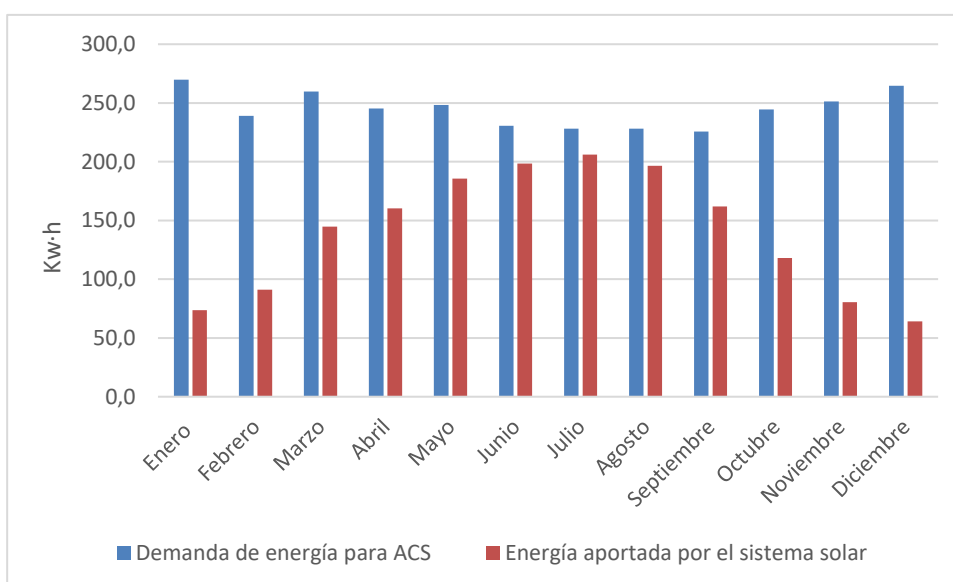
Multiplicando el valor de la fracción  $f$  para cada mes por la demanda energética mensual de ACS ( $DE_{mes}$ ) se obtiene la energía útil captada cada mes.

$$Q_u = f \cdot DE_{mes} \quad (17)$$

**Tabla 12. Cálculo de la energía útil captada cada mes por el sistema solar**

Mes	$DE_{mes} \left( \frac{kW \cdot h}{mes} \right)$	$f$	$Q_u \left( \frac{kW \cdot h}{mes} \right)$
Enero	269,7	0,303	81,7
Febrero	239,1	0,400	95,6
Marzo	259,6	0,548	142,2
Abril	245,3	0,599	146,9
Mayo	248,4	0,647	160,7
Junio	230,6	0,739	170,3
Julio	228,2	0,793	181,1
Agosto	228,2	0,798	182,1
Septiembre	225,7	0,719	162,3
Octubre	244,5	0,526	128,6
Noviembre	251,3	0,373	93,7
Diciembre	264,7	0,284	75,1
<b>TOTAL</b>	<b>2935,4</b>		<b>1620,3</b>

El siguiente gráfico representa la energía aportada por el sistema de captación solar frente a la demanda energética mensual de ACS.



**Figura 5. Demanda energética mensual de ACS y energía mensual aportada por el sistema de captación solar**

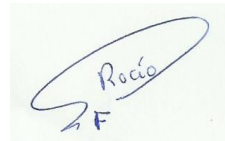
La cobertura anual del sistema se determina mediante la relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las demandas energéticas:

$$\text{Contribución solar anual} = \sum_{i=1}^{12} Q_u / \sum_{i=1}^{12} DE_{mes} \quad (18)$$

Con la instalación de un captador del modelo seleccionado, que supone una superficie de captación de  $1,9 \text{ m}^2$ , se obtiene una cobertura anual del 55%, superior al 30% exigido por la *Sección HE 4* del *Documento Básico HE* del Código Técnico de la Edificación.

No se recurre a la instalación de más captadores, pues esto llevaría a incumplir la restricción ya mencionada de no superar en ningún mes del año el 110% de la demanda energética ni el 100% en más de tres meses.

En Ferrol, a junio de 2018

A handwritten signature in blue ink on a light green background. The signature consists of a large, stylized loop that encloses the name 'Rocío' and the initials 'F'. Below the initials, there is a small mark that looks like a checkmark or a stylized 'F'.

Fdo.: Rocío Feijoo Díaz



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Anexo II**

**INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	OBJETO .....	6
2	ALCANCE .....	6
3	NORMAS Y REFERENCIAS .....	6
4	ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN .....	7
5	SISTEMA DE CAPTACIÓN .....	7
6	CIRCUITO PRIMARIO.....	8
6.1	DIMENSIONADO DE LAS CONDUCCIONES DEL CIRCUITO PRIMARIO.	8
6.2	CÁLCULO DE ESPESORES DE AISLAMIENTO .....	11
6.3	ELEMENTOS AUXILIARES.....	13
6.3.1	Líquido caloportador .....	13
6.3.2	Vaso de expansión.....	16
6.3.3	Bomba .....	18
6.3.4	Purgador .....	20
6.3.5	Válvula de seguridad.....	21
6.3.6	Válvulas de corte.....	21
6.3.7	Válvulas de vaciado .....	21
6.3.8	Válvulas de retención.....	21
7	SISTEMA DE INTERCAMBIO Y ACUMULACIÓN .....	22
8	SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL.....	23
9	SISTEMA DE APOYO .....	23
10	CIRCUITO SECUNDARIO.....	24
10.1	Dimensionado de las conducciones del secundario.....	25
10.1.1	Salida del acumulador a gas.....	27
10.1.2	Alimentación a cocina.....	28
10.1.3	Alimentación a baños .....	28
10.1.4	Alimentación a puntos de consumo .....	29
10.1.5	Resumen de los resultados obtenidos .....	30
10.1.6	Comprobación de la presión .....	30
10.2	RED DE RETORNO .....	31
10.3	CÁLCULO DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO .....	33
10.4	Vaso de expansión .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2. Captador SOL 200 “Baxi”. Fuente: Catálogo de BAXI .....	8
Figura 3. Aislante para el circuito primario HT/Armaflex S. Fuente: Catálogo de Armacell .....	13
Figura 4. Líquido solar FAC-10 “Baxi”. Fuente: Catálogo de Baxi .....	14
Figura 5. Calor específico del líquido solar en función de la temperatura y la concentración. Fuente: Documentación técnica proporcionada por el fabricante.....	14
Figura 6. Vaso de expansión 18 SMF. Fuente: Catálogo de Ibaiondo.....	18
Figura 7. Pérdida de carga en el colector solar SOL 200 de BAXI en función del caudal que lo atraviesa. Fuente: Documentación técnica proporcionada por el fabricante .....	20
Figura 8. Interacumulador solar 200 CC/TA FM. Fuente: Catálogo de Promasol Sistemas Solares Térmicos.....	22
Figura 9. Centralita de regulación CS-2. Fuente: Catálogo de BAXI .....	23
Figura 10. Acumulador a gas S 160 KP. Fuente: Catálogo de Junkers .....	24
Figura 11. Curvas características de la gama COMFORT. Fuente: Catálogo de Grundfos .....	32
Figura 12. Aislamiento SH/Armaflex. Fuente: Catálogo de Armacell .....	33
Figura 13. Vaso de expansión 24 CMR de Ibaiondo. Fuente: Catálogo de Ibaiondo.	36



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Diámetro de tubería de primario, velocidad de circulación y pérdida de carga unitaria.....	11
Tabla 2. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios. Fuente: RITE .....	12
Tabla 3. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios. Fuente: RITE .....	12
Tabla 4. Espesor de aislamiento para el circuito primario .....	13
Tabla 5. Coeficiente de expansión del agua según la temperatura máxima de la instalación y el porcentaje de glicol. Fuente: Catálogo de Ibaiondo .....	17
Tabla 6. Cálculo del volumen mínimo del vaso de expansión del circuito primario ....	18
Tabla 7. Presión máxima de trabajo en los componentes del circuito primario .....	21
Tabla 8. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato. Fuente: Sección HS 4 CTE .....	25
Tabla 9. Aparatos a los que abastece la salida del acumulador a gas .....	27
Tabla 10. Selección del diámetro de la salida del acumulador a gas .....	27
Tabla 11. Aparatos a los que abastece el tramo de alimentación a cocina .....	28
Tabla 12. Selección del diámetro del tramo de alimentación a cocina .....	28
Tabla 13. Aparatos a los que abastece el tramo de alimentación a baños.....	28
Tabla 14. Selección del diámetro del tramo de alimentación a baños.....	29
Tabla 15. Aparatos a los que abastece el ramal de enlace más desfavorable .....	29
Tabla 16. Selección del diámetro del ramal de enlace más desfavorable .....	29
Tabla 17. Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos. Fuente: Sección HS 4 CTE .....	30
Tabla 18. Cálculo de las pérdidas de carga hasta el punto de consumo más desfavorable .....	31
Tabla 19. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios. Fuente: RITE .....	33
Tabla 20. Volumen de la instalación de ACS. ....	35
Tabla 21. Coeficiente de expansión del agua en función de la temperatura. Fuente: Catálogo de Ibaiondo.....	35

## 1 OBJETO

El objeto de este documento es el cálculo y definición de la instalación de agua caliente sanitaria de la vivienda para la cual se realiza el presente proyecto.

## 2 ALCANCE

Forman parte del alcance de este anexo los componentes requeridos para satisfacer las necesidades de ACS de la vivienda. Dichos componentes serán:

- Sistema de captación
- Circuito primario
- Sistema de intercambio y acumulación
- Sistema de regulación y control
- Sistema de apoyo.
- Circuito secundario

## 3 NORMAS Y REFERENCIAS

Para la elaboración de este documento se tendrán en cuenta las siguientes normas y referencias:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE "Ahorro de Energía", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE "Ahorro de energía" y el Documento Básico DB-HS "Salubridad", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- UNE-EN 1057:2007+A1:2010: Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.

- “Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura” elaborado por el IDAE para instalaciones de energía solar térmica.
- “Manual de tubo y accesorios de cobre”, elaborado por el Centro Español de Información del Cobre (CEDIC).
- “Guía técnica de Agua caliente sanitaria central” elaborada por el IDAE.
- Norma UNE 149201:2017. Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.

## 4 ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN

En la figura 1 se puede apreciar un esquema de la instalación, cuyos elementos se irán describiendo a lo largo de este anexo.

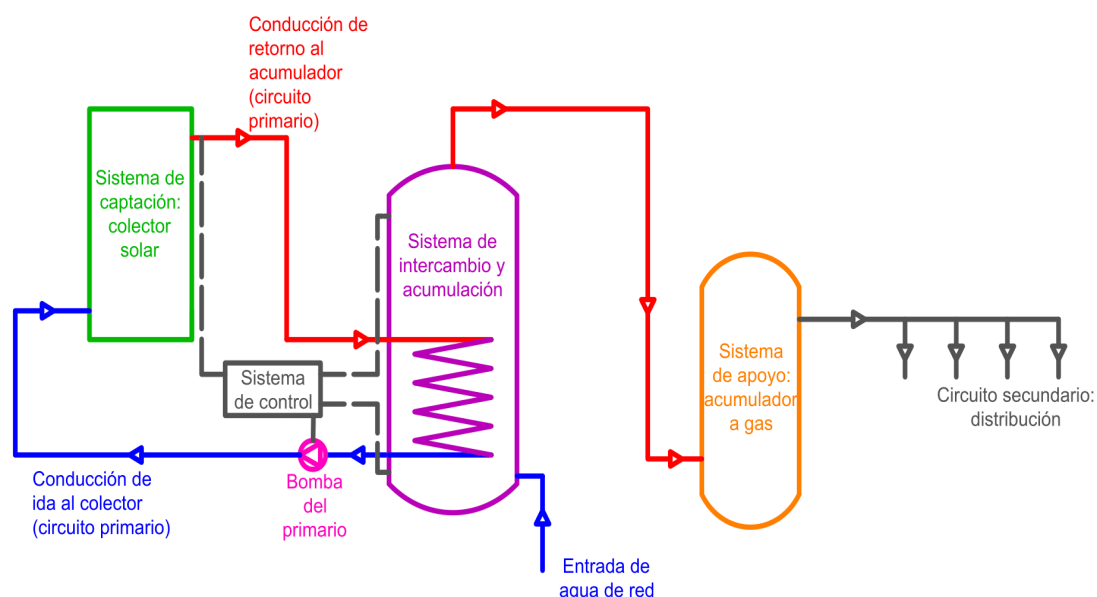


Figura 1. Esquema de la instalación de ACS

## 5 SISTEMA DE CAPTACIÓN

Está formado por los colectores solares, encargados de captar la radiación, transformarla en energía térmica y transmitir esa energía al fluido de trabajo que circula por su interior.

Este sistema ya ha sido dimensionado en el Anexo I, dando como resultado la instalación de un único colector de la empresa Baxi, modelo SOL 200, que proporciona una cobertura anual del 55% de la energía demandada para ACS.



Figura 2. Captador SOL 200 “Baxi”. Fuente: Catálogo de BAXI

## 6 CIRCUITO PRIMARIO

El líquido caloportador es conducido desde el acumulador hasta los colectores solares a través de la rama fría del circuito primario. En los colectores eleva su temperatura gracias a la radiación solar captada, y regresa al acumulador a través de la rama caliente del primario. El intercambiador contenido en el interior del acumulador permite la cesión de la energía que había ganado el fluido de trabajo, el cual calienta el agua de consumo acumulada, e inicia de nuevo su recorrido hacia los colectores.

El circuito primario estará compuesto por las conducciones que canalizan el líquido caloportador a lo largo de los recorridos descritos, así como por aquellos elementos auxiliares necesarios para el correcto funcionamiento del sistema, tales como válvulas, bomba de circulación, vaso de expansión, etc.

### 6.1 DIMENSIONADO DE LAS CONDUCCIONES DEL CIRCUITO PRIMARIO

Según el “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura*” elaborado por el IDAE para instalaciones de energía solar térmica, en las tuberías del circuito primario podrán utilizarse como materiales el cobre y el acero inoxidable. En el presente proyecto se opta por el uso del cobre.

El caudal recomendado por el fabricante del colector para el circuito primario es de  $40 \text{ l}/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ . Teniendo en cuenta que la superficie del captador instalado es de  $1,9 \text{ m}^2$ , por el primario circulará un caudal de  $76 \text{ l}/\text{h}$ , es decir,  $2,1 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ .

Para dimensionar las conducciones se deben tener en cuenta dos restricciones, establecidas por el citado pliego:

- La velocidad de circulación del fluido será inferior a  $2\text{m/s}$  cuando la tubería discorra por locales habitados y a  $3\text{m/s}$  cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.
- La pérdida de carga unitaria nunca será superior a  $40\text{ mm}$  de columna de agua por metro lineal.

A continuación, se procederá al cálculo del diámetro mínimo de conducción que cumple con cada criterio, utilizando el más restrictivo de los resultados obtenidos para la selección del diámetro mínimo normalizado en base a la norma UNE-EN 1057:2007+A1:2010.

#### Criterio de velocidad máxima

El “*Manual de tubo y accesorios de cobre*”, elaborado por el Centro Español de Información del Cobre (CEDIC), establece que, para el dimensionado del circuito primario, se aplicará el sistema de cualquier circuito hidráulico, según la ley de dinámica de fluidos.

La relación entre el caudal  $Q$ , la velocidad  $v$  y la sección  $S$  en tuberías de sección constante, se establece de la forma definida por la ecuación (1):

$$Q = v \cdot S \quad (1)$$

Donde:

$Q$ : caudal ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$v$ : velocidad ( $\text{m/s}$ ).

$S$ : sección interior de la tubería ( $\text{m}^2$ )

La sección en tuberías circulares viene dada por la expresión de la ecuación (2):

$$S = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (2)$$

Donde:

$S$ : sección interior de la tubería ( $\text{m}^2$ )

$D$ : diámetro interior de la tubería ( $\text{m}$ )

Así pues, para este tipo de conducciones la expresión del caudal queda de la siguiente forma:

$$Q = v \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} \quad (3)$$

Donde:

$Q$ : caudal ( $m^3/s$ )

$v$ : velocidad ( $m/s$ )

$D$ : diámetro interior de la tubería ( $m$ )

Tomando un caudal de  $76 l/h$ , igual a  $2,1 \cdot 10^{-5} m^3/s$ , que es el que circula por el circuito primario, y una velocidad máxima permitida de  $2 m/s$ , mediante la aplicación de la ecuación (3) se obtiene un diámetro mínimo de  $3,66 mm$  para las conducciones del primario.

#### Criterio de pérdida de carga máxima

El citado “*Manual de tubo y accesorios de cobre*” propone la fórmula de Flamant para tuberías lisas de cobre para agua caliente como válida para la determinación de la pérdida de carga unitaria en el circuito primario:

$$Pdc_{unitaria} = 378 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (4)$$

Donde:

$Pdc_{unitaria}$ : pérdida de carga unitaria ( $mmca/m$ )

$Q$ : caudal que circula por la tubería ( $l/h$ )

$D$ : diámetro interior de la tubería ( $mm$ )

Se debe tener en cuenta que como el líquido caloportador no va a ser agua, sino una mezcla de agua y anticongelante a base de glicol, la pérdida de carga obtenida mediante la fórmula de Flamant ha de multiplicarse por 1,3, debido a la mayor viscosidad del fluido. Así pues, la expresión a utilizar será la de la ecuación (5):

$$Pdc_{unitaria} = 1,3 \cdot 378 \cdot \frac{Q^{1,75}}{D^{4,75}} \quad (5)$$

Donde:

$Pdc_{unitaria}$ : pérdida de carga unitaria ( $mmca/m$ )

$Q$ : caudal que circula por la tubería ( $l/h$ )

$D$ : diámetro interior de la tubería ( $mm$ )

Tomando un caudal de  $76 l/h$ , que es el que circula por el circuito primario, y una pérdida de carga unitaria máxima de  $40 mmca/m$ , mediante la aplicación de la ecuación (5) se obtiene un diámetro mínimo de  $8,36 mm$  para las conducciones del primario.

### Elección del diámetro

El criterio de la pérdida de carga máxima resulta ser el más restrictivo, impidiendo usar diámetros en el primario inferiores a 8,36 mm. Así pues, el circuito primario se ejecutará con tubo de cobre de 12 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor de pared, resultando un diámetro interior de 10 mm, que es el diámetro interior normalizado inmediatamente superior al mínimo obtenido.

**Tabla 1. Diámetro de tubería de primario, velocidad de circulación y pérdida de carga unitaria**

<b>Diámetro exterior seleccionado (mm)</b>	12
<b>Espesor pared (mm)</b>	1
<b>Diámetro interior (mm)</b>	10
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,3
<b>Pérdida de carga unitaria (mmca/m)</b>	17,1

## 6.2 CÁLCULO DE ESPESORES DE AISLAMIENTO

Con la finalidad de minimizar las pérdidas de calor durante su recorrido, las conducciones del circuito primario deberán estar convenientemente aisladas.

El cálculo del espesor de aislamiento mínimo se realizará mediante el procedimiento simplificado establecido por el “Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios”, en adelante RITE.

Para este procedimiento, el propio reglamento proporciona tablas que recogen los valores de los espesores mínimos de aislamiento térmico en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura máxima del fluido.

Los valores tabulados están determinados para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m · K), por lo que cuando se utilicen materiales con otra conductividad térmica habrá que corregir el espesor mínimo mediante la ecuación (6):

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[ \exp \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D} \right) - 1 \right] \quad (6)$$

Donde:

$d$ : espesor mínimo del material empleado (mm)

$d_{ref}$ : espesor mínimo de referencia (mm)

$D$ : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería ( $mm$ )

$\lambda$ : conductividad térmica del material empleado ( $W/(m \cdot K)$ )

$\lambda_{ref}$ : conductividad térmica de referencia, igual a  $0,04 W/(m \cdot K)$  a  $10^\circ C$

En el presente proyecto se considerará como temperatura máxima de trabajo  $100^\circ C$ , por lo que el espesor mínimo requerido en interiores será de  $25 mm$  y en exteriores de  $35 mm$ , de acuerdo con las tablas 2 y 3.

**Tabla 2. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios. Fuente: RITE**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido ( $^\circ C$ )		
	$40 < T \leq 60$	$60 < T \leq 100$	$100 < T \leq 180$
$D \leq 35$	25	<b>25</b>	30
$35 < D \leq 60$	30	30	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40
$90 < D \leq 140$	30	40	50
$140 < D$	35	40	50

**Tabla 3. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios. Fuente: RITE**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido ( $^\circ C$ )		
	$40 < T \leq 60$	$60 < T \leq 100$	$100 < T \leq 180$
$D \leq 35$	35	<b>35</b>	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

El aislante seleccionado será el HT/Armaflex S, de la empresa Armacell, recomendado para instalaciones de energía solar. Se trata de un aislamiento térmico flexible de espuma elastomérica de célula cerrada, resistente a altas temperaturas (hasta  $150^\circ C$ ), y que optimiza la eficiencia de las instalaciones de energía solar térmica para agua caliente sanitaria. Su recubrimiento de color blanco le proporciona una buena resistencia mecánica y a los rayos UVA. Además, no se degrada con la acción del sol o las condiciones atmosféricas.



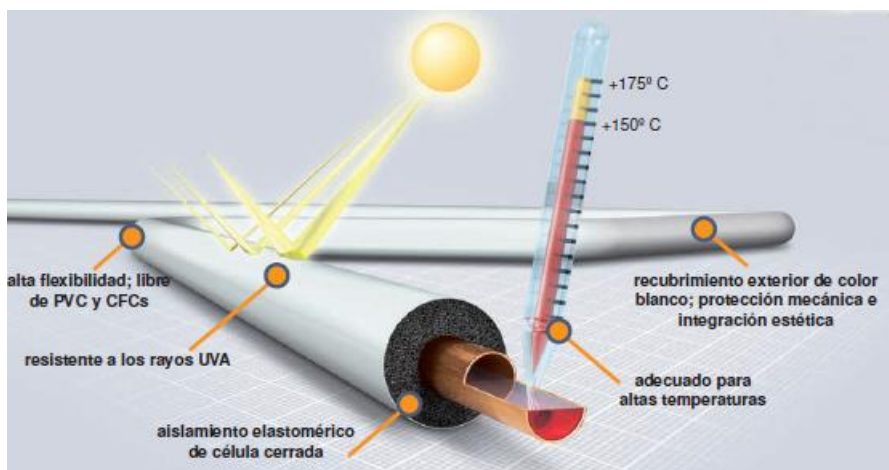


Figura 3. Aislante para el circuito primario HT/Armaflex S. Fuente: Catálogo de Armacell

La conductividad térmica del aislamiento elegido a 10°C es de  $0,037 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ , por lo que habrá que corregir los espesores mínimos de acuerdo con la ecuación (6). Los valores obtenidos son los siguientes:

Tabla 4. Espesor de aislamiento para el circuito primario

Espesor mínimo de referencia en interiores (mm)	25
Espesor mínimo de referencia en exteriores (mm)	35
Conductividad térmica de referencia a 10°C ( $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ )	0,04
Conductividad térmica del HT/ Armaflex S a 10°C ( $\text{W}/\text{m} \cdot \text{K}$ )	0,037
Espesor mínimo corregido en interiores (mm)	21,41
Espesor mínimo corregido en exteriores (mm)	29,50
Espesor comercial seleccionado para interiores (mm)	32
Espesor comercial seleccionado para exteriores (mm)	32

Así pues, se aislará todo el circuito primario con HT/Armaflex S de 32 mm de espesor.

## 6.3 ELEMENTOS AUXILIARES

### 6.3.1 Líquido caloportador

Es el fluido de trabajo que circula por las tuberías del circuito primario. Eleva su temperatura al atravesar los colectores, para posteriormente ceder la energía captada al agua de consumo contenida en el acumulador a través de un intercambiador.

El “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura*” elaborado por el IDAE para instalaciones de energía solar térmica, establece que como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos suelen ser anticongelantes, aunque a veces se utilizan también anticorrosivos.

Para el presente proyecto se ha seleccionado el líquido solar FAC-10, de Baxi, el mismo fabricante de los captadores, el cual lo suministra en garrafas de 10 l.



Figura 4. Líquido solar FAC-10 “Baxi”. Fuente: Catálogo de Baxi

Basado en el 1,2 propilenglicol, se trata de un anticongelante con propiedades anticorrosivas, miscible con agua, y que además previene el ensuciamiento de las superficies, asegurando una alta eficiencia térmica.

En cumplimiento del apartado 1.3.2 *Protección contra heladas* del citado pliego, el calor específico de la mezcla anticongelante no será inferior a  $3kJ/(kg \cdot K)$  medido a una temperatura  $5^{\circ}C$  inferior a la mínima histórica registrada. La temperatura mínima histórica registrada en Lugo, según datos de la AEMET, es de  $-10^{\circ}C$ , por lo que se empleará como temperatura mínima de referencia  $-15^{\circ}C$ .

El fabricante del líquido solar recomienda, para prevenir la corrosión, mantener la concentración del mismo en el rango 40-75%. Con una concentración del 40%, y haciendo uso de las gráficas proporcionadas por Baxi, se puede comprobar que se supera el calor específico mínimo (se obtiene un valor ligeramente superior a los  $3,7kJ/(kg \cdot K)$ ).

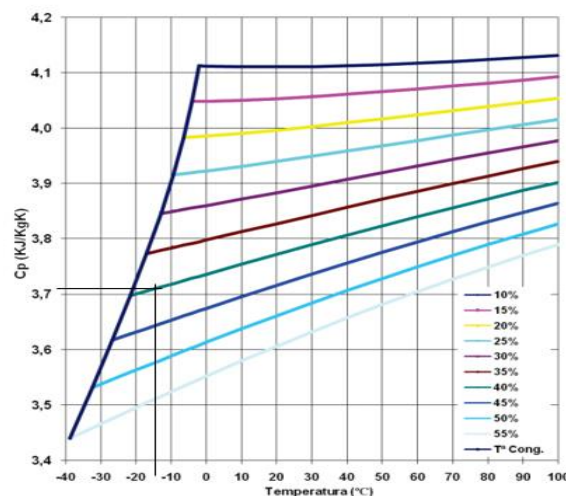


Figura 5. Calor específico del líquido solar en función de la temperatura y la concentración. Fuente: Documentación técnica proporcionada por el fabricante

Con esta concentración, según datos del propio fabricante, el punto de congelación de la mezcla desciende hasta los  $-21^{\circ}\text{C}$ . Se trata pues de un valor inferior a la temperatura mínima que se ha tomado como referencia, y, por tanto, suficiente para las condiciones climatológicas del lugar en el que se ubica la instalación proyectada.

De esta forma, concluimos que el fluido caloportador utilizado será el líquido solar FAC-10 con una concentración volumétrica en agua del 40%. A continuación, se determinará el volumen de líquido solar necesario.

### 6.3.1.1 Cálculo del volumen de fluido caloportador

El volumen de fluido caloportador necesario para la instalación será la suma del volumen contenido en el colector solar, el volumen del serpentín del intercambiador y el volumen de las tuberías del circuito primario.

#### Volumen de fluido en el colector solar

La capacidad del colector solar seleccionado para este proyecto, el captador SOL 200 de Baxi, es de 1,9 l, según datos del propio fabricante.

#### Volumen de fluido en el serpentín del intercambiador

La capacidad del serpentín del intercambiador seleccionado, el modelo 200 CC/TA FM de Promasol Sistemas Solares Térmicos, es de 5,8 l, según las especificaciones de la empresa fabricante.

#### Volumen de las tuberías

El volumen de las tuberías del primario se calculará mediante la expresión del volumen de un cilindro:

$$V_{tuberías} = L_{tuberías} \cdot \frac{\pi \cdot D_{interior}^2}{4} \quad (7)$$

Donde:

$V_{tuberías}$ : volumen de las tuberías del primario ( $m^3$ )

$L_{tuberías}$ : longitud de las tuberías del primario ( $m$ )

$D_{interior}$ : diámetro interior de las tuberías del primario ( $m$ ).

El circuito primario consta de dos tramos: uno de ida, desde el acumulador hasta el colector, y otro de retorno, desde el colector hasta el acumulador. En total, suman una longitud de 18 m, con un diámetro interior de 0,01 m, tal y como se ha determinado en el apartado 6.1. de este anexo. Así pues, aplicando la ecuación (7), se obtiene un volumen de  $0,0014 m^3$ , que equivale a 1,4 l de líquido caloportador.

### Volumen total

Sumando los tres valores anteriores (volumen de colector, volumen de intercambiador y volumen de tuberías), el volumen total de fluido caloportador asciende a 9,1 l. De ese volumen se ha determinado que el 40% será de líquido solar, por lo que son necesarios 3,6 l de líquido solar FAC-10 para el llenado de la instalación proyectada.

### 6.3.2 Vaso de expansión

El RITE establece que los circuitos cerrados de agua o soluciones acuosas, como es el caso del circuito primario, estarán equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permita absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

Para dimensionar el vaso de expansión se empleará el procedimiento proporcionado para circuitos solares por el fabricante Ibaiondo, una empresa con amplia experiencia en el diseño y fabricación de este tipo de elementos.

El volumen mínimo del vaso de expansión responderá a la siguiente expresión:

$$V = \frac{V_t \cdot e + V_{res} + V_{vap}}{F_p} \quad (8)$$

Donde:

$V$ : volumen mínimo del vaso de expansión (l)

$V_t$ : volumen total de fluido caloportador del circuito solar (l)

$e$ : coeficiente de expansión para la temperatura máxima del sistema (*adimensional*)

$V_{res}$ : volumen de reserva (l)

$V_{vap}$ : volumen de evaporación (l)

$F_p$ : factor de presión (*adimensional*)

El volumen total de fluido caloportador en el circuito solar incluye el contenido en los colectores, en las tuberías y en el serpentín del intercambiador. Ya ha sido calculado en el apartado anterior y asciende a 9,1 l.

El coeficiente de expansión depende de la temperatura máxima que se alcanza y del porcentaje de concentración de glicol. Para una temperatura máxima de 100°C y un 40% de líquido solar, el coeficiente de expansión toma el valor de 0,0563, según se extrae de la siguiente tabla, proporcionada por el fabricante Ibaiondo:

**Tabla 5. Coeficiente de expansión del agua según la temperatura máxima de la instalación y el porcentaje de glicol. Fuente: Catálogo de Ibaiondo**

TEMPERATURA (°C)	COEFICIENTE DE EXPANSIÓN (adimensional)		
	$C_e$ (gilcol 0%)	$C_e$ (gilcol 20%)	$C_e$ (gilcol 40%)
10	0,0004	0,0064	0,0128
20	0,0018	0,0082	0,0146
30	0,0044	0,0108	0,0172
40	0,0078	0,0143	0,0207
50	0,0125	0,0185	0,0249
60	0,0171	0,0235	0,0299
70	0,0227	0,0292	0,0356
80	0,0290	0,0354	0,0418
90	0,0359	0,0423	0,0483
<b>100</b>	0,0434	0,0499	<b>0,0563</b>

El volumen de reserva se calcula con la siguiente expresión:

$$V_{res} = 0,02 \cdot V_t \quad (9)$$

El volumen de evaporación será la suma del volumen de fluido caloportador en los colectores solares más el volumen en las tuberías, es decir, 3,3 l.

El factor de presión responde a la siguiente ecuación:

$$F_p = 1 - \frac{P_0 + 1}{P_{max} + 1} \quad (10)$$

Donde:

$P_0$ : presión de inflado del vaso (bar). Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$P_0 = \frac{H}{10} + 0,2 \quad (11)$$

Donde  $H$ : altura entre el vaso de expansión y el punto más alto de la instalación (m)

$P_{max}$ : presión máxima del sistema (bar). Se calcula por medio de las siguientes expresiones:

$$\begin{array}{ll} P_{max} = P_{vs} - 0,5 & \text{Cuando } P_{vs} \leq 5 \text{ bar} \\ P_{max} = P_{vs} \cdot 0,9 & \text{Cuando } P_{vs} > 5 \text{ bar} \end{array} \quad (12)$$

Donde  $P_{vs}$  es la presión de tarado de la válvula de seguridad, es decir, 6 bar, valor que se justificará posteriormente en el apartado 6.3.5. de este Anexo.

En la siguiente tabla se resume el valor de todos los parámetros que intervienen en el cálculo, así como el resultado obtenido del volumen mínimo del vaso de expansión:

**Tabla 6. Cálculo del volumen mínimo del vaso de expansión del circuito primario**

Volumen total (l)	9,1
Coefficiente de expansión (adimensional)	0,0563
Volumen de reserva (l)	0,18
Volumen de evaporación (l)	3,3
Factor de presión (adimensional)	0,76
<b>Volumen mínimo del vaso (l)</b>	<b>5,3</b>

Se selecciona un vaso de expansión solar, de la empresa Ibaiondo, modelo 8 SMF, de 8 l de capacidad, el cual se coloca en la aspiración de la bomba.



**Figura 6. Vaso de expansión 8 SMF. Fuente: Catálogo de Ibaiondo**

Este vaso está diseñado para temperaturas de entre  $-10^{\circ}\text{C}$  y  $130^{\circ}\text{C}$  y es apto para uso de anticongelantes hasta el 50%, valores dentro de los cuales se encuentra la instalación objeto de este proyecto.

### 6.3.3 Bomba

La selección de la bomba del circuito primario se hace en base al caudal a bombear y al valor de la pérdida de carga que tiene que vencer.

#### 6.3.3.1 Caudal a bombear

Será el caudal de fluido caloportador que circula por el circuito primario, es decir, 76 l/h.

### 6.3.3.2 Pérdida de carga a vencer

Será la suma de la pérdida de carga que se produce en tuberías, accesorios, intercambiador y colectores.

#### Pérdida de carga en las tuberías

En el apartado 6.1. de este anexo, se obtuvo una pérdida de carga unitaria en las tuberías del circuito primario de 17,1 mmca por metro lineal de tubería. Teniendo en cuenta la longitud de dichas conducciones, se obtiene la pérdida de carga total en las tuberías del primario, a partir de la siguiente ecuación:

$$Pdc_{total} = Pdc_{unitaria} \cdot L_{tuberías} \quad (13)$$

Donde:

$Pdc_{total}$ : pérdida de carga total en las tuberías del primario (mmca)

$Pdc_{unitaria}$ : pérdida de carga unitaria en las tuberías del primario (mmca/m)

$L_{tuberías}$ : longitud de las tuberías del primario (m)

La pérdida de carga en las tuberías del primario resulta ser de 307,7 mmca.

#### Pérdida de carga en los accesorios

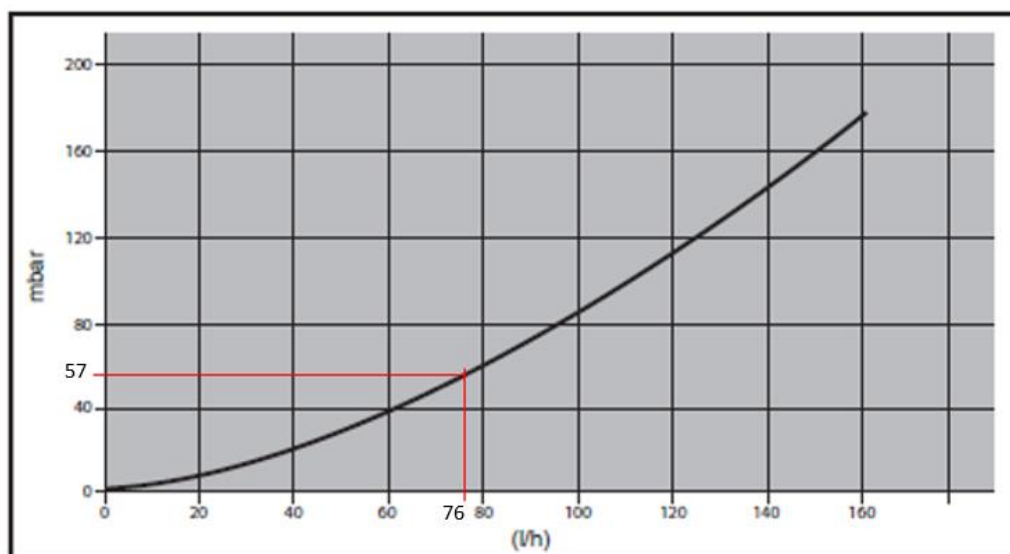
Las pérdidas de carga en los accesorios se pueden aproximar como un 20 o 30% de las pérdidas en las tuberías. Tomando el valor más alto (30%), se obtiene una pérdida de carga en los accesorios de 92,3 mmca.

#### Pérdidas en el intercambiador

La pérdida de carga en el serpentín del acumulador asciende a 500 mmca.

#### Pérdidas de carga en los captadores

El fabricante del colector seleccionado proporciona en sus catálogos la curva de pérdidas de carga en función del caudal. Así pues, según se muestra en la figura 7, para un caudal de 76 l/h que circula por el primario, se obtiene una pérdida de carga de 57 mbar, es decir, 580 mmca.



**Figura 7. Pérdida de carga en el colector solar SOL 200 de BAXI en función del caudal que lo atraviesa. Fuente: Documentación técnica proporcionada por el fabricante**

#### Pérdida de carga total

Sumando las pérdidas de carga que se acaban de calcular, se obtiene una pérdida de carga total en el primario de 1,5 *mca.*

#### **6.3.3.3 Selección de la bomba**

Conocida la pérdida de carga total, se selecciona una bomba de circulación que permita vencer dicha pérdida de carga para el caudal del primario.

Se instalará la bomba ALPHA SOLAR 15-75, del fabricante Grundfos, una bomba específica para instalaciones solares domésticas, y que cumple con los requisitos establecidos.

La bomba debe situarse en las zonas más frías del circuito, para evitar problemas de cavitación, por lo que se colocará en el retorno a los captadores solares.

#### **6.3.4 Purgador**

Los purgadores se utilizan en instalaciones solares térmicas cerradas para eliminar de modo automático el aire que aparece en el circuito primario, evitando así problemas tales como ruidos o un mal intercambio térmico. Para garantizar su perfecto funcionamiento, el purgador se instala en el punto más alto de la instalación, y siempre en posición vertical.

Se selecciona el purgador automático especial para altas temperaturas "SOLAR-VENT", de la empresa Potermic, para su colocación junto al colector (punto más alto de la instalación).



### 6.3.5 Válvula de seguridad

La válvula de seguridad debe estar tarada a la presión máxima que el circuito puede soportar (la mínima de las presiones máximas especificadas para cada uno de los elementos que lo componen).

La siguiente tabla recoge las presiones máximas de los distintos componentes conectados con el circuito primario:

**Tabla 7. Presión máxima de trabajo en los componentes del circuito primario**

Componente	Presión máxima permitida ( <i>bar</i> )
Colector	10
Serpentín del interacumulador	6
Bomba	10
Purgador	10

Se instala la válvula de seguridad DUCO Solar, del fabricante Potermic, tarada a 6 *bar*, valor limitado por el serpentín del interacumulador. Al alcanzar dicha presión, la válvula se abrirá, dejando escapar líquido caloportador y reduciendo así la presión del circuito. En condiciones normales de operación la válvula de seguridad no debe actuar, ya que es el vaso de expansión el que se encarga de absorber el volumen de dilatación del fluido.

### 6.3.6 Válvulas de corte

Las válvulas de corte se emplean para sectorizar la instalación, permitiendo o no la circulación del fluido caloportador por un tramo determinado. Todos los elementos susceptibles de sustitución por fallo dispondrán de válvulas de corte en sus conexiones con el circuito primario. Así, se instalarán este tipo de válvulas en las conexiones del colector, del interacumulador, de la bomba y del vaso de expansión.

### 6.3.7 Válvulas de vaciado

Se instalarán en el punto más bajo del circuito, a fin de poder vaciar la instalación cuando sea necesario.

### 6.3.8 Válvulas de retención

Las válvulas de retención, también denominadas válvulas antirretorno, impiden que el fluido circule en el sentido opuesto al deseado. Se instalarán válvulas antirretorno en la entrada de agua fría del acumulador, para evitar que el agua caliente se mezcle con el agua fría de red, y en la impulsión de la bomba.

## 7 SISTEMA DE INTERCAMBIO Y ACUMULACIÓN

El intercambiador tiene como función calentar el agua de consumo mediante el calor captado de la radiación solar por el fluido caloportador. Presenta forma de serpentín aumentando así la superficie de contacto y por lo tanto la transmisión de calor.

La misión del acumulador es almacenar el agua calentada de forma que esté disponible para su uso cuando sea requerida, independientemente de la radiación solar existente en el momento.

En este proyecto se opta por un intercambiador situado en el interior del acumulador, por lo que hablaremos en realidad de un interacumulador. El agua fría entra por la parte inferior del mismo, y, a medida que se calienta en contacto con el serpentín, va ascendiendo hasta situarse en la parte superior, donde está la salida de agua caliente.

El Código Técnico de la Edificación, en su documento básico HE Ahorro de energía, *Sección HE 4*, establece que se debe prever una acumulación acorde con la demanda, al no ser esta simultánea con la generación. Además, la relación entre la superficie de captación y el volumen de acumulación debe cumplir la siguiente restricción:

$$50 < V/A < 180 \quad (14)$$

Donde:

$V$ : volumen de acumulación ( $l$ )

$A$ : área de captación ( $m^2$ ). Para este proyecto  $1,9 m^2$

Tal y como ya se ha establecido en el Anexo I, se escoge un volumen de acumulación de  $200 l$ , que cumple con las exigencias establecidas por la *Sección HE 4* del CTE en relación al área de captación, y además permite cubrir la demanda diaria de ACS ( $140 l/día$ ).

Se selecciona el interacumulador 200 CC/TA FM, de la empresa Promasol Sistemas Solares Térmicos, con una capacidad de  $200 l$ . Este equipo cuenta con una superficie de intercambio de  $0,96 m^2$ , por lo que permite cumplir con la condición de que la relación entre la superficie útil de intercambio y la superficie total de captación no sea inferior a  $0,15$ , restricción establecida por el “*Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura*” del IDAE.



**Figura 8. Interacumulador solar 200 CC/TA FM “Promasol”. Fuente: Catálogo de Promasol Sistemas Solares Térmicos**

## 8 SISTEMA DE REGULACIÓN Y CONTROL

Forman parte del sistema de regulación una centralita de control y tres sondas de temperatura, situadas en la salida del colector solar, en la parte inferior del acumulador y en la parte superior del mismo.

La centralita gestiona los arranques y paradas de la bomba del primario de la siguiente forma:

- Cuando la diferencia de temperatura ente la salida del colector y la parte inferior del acumulador (parte más fría) sea superior a un valor prefijado, la bomba se accionará.
- Cuando la diferencia de temperatura entre la salida del colector y la parte inferior del acumulador sea inferior a un segundo valor prefijado, próximo a cero, la bomba se detendrá.
- Cuando la temperatura en la salida del colector sea próxima a la temperatura máxima admisible por los elementos del circuito primario, la bomba se detendrá.
- Cuando la temperatura en la parte inferior del acumulador (parte más fría) sea superior a la temperatura máxima de acumulación en el depósito, la bomba se detendrá.
- Cuando la temperatura en la parte superior del acumulador (parte más caliente) sea superior a la temperatura máxima admisible por este, la bomba se detendrá.

Se selecciona la centralita de regulación CS-2 de Baxi, con una programación fácil e intuitiva, y que permite visualizar la temperatura medida por las sondas y su evolución.



Figura 9. Centralita de regulación CS-2. Fuente: Catálogo de BAXI

## 9 SISTEMA DE APOYO

La instalación de un sistema de apoyo o fuente de energía auxiliar permite hacer frente a la demanda de ACS cuando la radiación solar es insuficiente. La *Sección HE 4* del CTE establece que no se permite la conexión de un sistema de generación auxiliar en el acumulador solar, por lo que habrá que hacer uso de un sistema de producción instantánea o bien un sistema de producción con acumulación, pero instalando un segundo acumulador, a mayores del solar.

Para este proyecto se opta por un sistema con acumulación, debido a que proporcionan mayores caudales que los sistemas de producción instantánea, además de requerir una menor potencia.

El equipo seleccionado es un acumulador de agua a gas, del fabricante Junkers, modelo S 160 KP.



**Figura 10. Acumulador a gas S 160 KP “Junkers”. Fuente: Catálogo de Junkers**

Este acumulador presenta una capacidad de 155 l, superior a la demanda diaria de ACS de la vivienda.

La salida del acumulador del sistema solar se conectará con la entrada del acumulador a gas, tal y como se refleja en la figura 1 de este anexo. El acumulador a gas está provisto de una sonda que controla la temperatura del agua en reserva, de forma que se encenderá el quemador cuando dicha temperatura descienda por debajo del valor prefijado. Mientras no exista consumo, ambos acumuladores permanecerán llenos, el de apoyo a la temperatura de preparación establecida y el solar a la temperatura que permita la radiación solar. Cuando se requiera ACS en los puntos de consumo, esta se obtendrá de la acumulada en el sistema auxiliar, el cual se rellena con el agua procedente del acumulador solar y este, a su vez, con agua de la red. Si la temperatura del agua procedente del acumulador solar no es suficiente para mantener la temperatura en el acumulador a gas por encima del valor establecido, se enciende el quemador, el cual aporta la energía necesaria. De esta forma, se prioriza el uso de la energía procedente del colector solar, y el sistema auxiliar solo entra en funcionamiento cuando la radiación es insuficiente para hacer frente a la demanda.

## 10 CIRCUITO SECUNDARIO

Es el encargado de conducir el agua desde el acumulador a gas hasta los puntos de consumo. Está formado por tuberías, válvulas, etc.

El ACS, por estar en contacto con las personas, debe considerarse agua de consumo humano, por lo que los componentes de las tuberías no deben alterar las características de potabilidad del agua. Para garantizarlo, contarán con el marcado y el certificado adecuado según las normas UNE-ISO correspondientes en cada caso.

Los materiales permitidos para distribución de ACS son variados, tanto metálicos como plásticos. Entre ellos:

- Metálicos: acero galvanizado, acero inoxidable o cobre.
- Termoplásticos: policloruro de vinilo, polietileno, polietileno reticulado, polibutileno, polipropileno, multicapa polímero/aluminio/polietileno, etc.

Para el presente proyecto, por su uso extendido y su buen funcionamiento, se selecciona el cobre como material de las tuberías del circuito secundario.

Con el fin de facilitar el futuro mantenimiento de la instalación, las tuberías de distribución de ACS se colocarán en superficie, en el interior de canaletas que las protejan contra golpes mecánicos.

## 10.1 DIMENSIONADO DE LAS CONDUCCIONES DEL SECUNDARIO

Según la *Sección HS 4. Suministro de agua* del CTE, el dimensionado de la red de suministro de ACS se hará a partir del dimensionado de cada tramo.

El dimensionado de los tramos, a su vez, se llevará a cabo siguiendo el procedimiento que se detalla a continuación:

1. Se calcula el caudal máximo del tramo como la suma de los caudales de los puntos de consumo alimentados. Dichos caudales quedan establecidos mediante la tabla 2.1 de la *Sección HS 4*, que se recoge a continuación:

**Tabla 8. Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato. Fuente: Sección HS 4 CTE**

Aparato	Caudal instantáneo de ACS por aparato (l/s)
Lavabo	0,065
Ducha	0,1
Bañera	0,2
Bidé	0,065
Fregadero doméstico	0,1
Lavavajillas doméstico	0,1
Lavadora doméstica	0,15
Lavadero	0,1

2. Se establecen los coeficientes de simultaneidad para cada tramo de acuerdo con un criterio adecuado.

No existe una norma de obligado cumplimiento que determine los coeficientes de simultaneidad. La “*Guía técnica de Agua caliente sanitaria central*” elaborada por el IDAE remite a la norma UNE 149201:2017 para el establecimiento de dichos coeficientes para viviendas, en función del caudal total máximo y del caudal mayor de los aparatos unitarios. Para un caudal total máximo inferior a 20 l/s y un caudal mayor de los aparatos unitarios inferior a 0,5 l/s, que es el caso de la vivienda de este proyecto, los coeficientes de simultaneidad serán  $A = 0,6820$ ,  $B = 0,450$  y  $C = -0,140$ .

3. Se determina el caudal de cálculo en cada tramo, que según la citada norma UNE responderá a la siguiente expresión:

$$Q_C = A \cdot (Q_T)^B + C \quad (15)$$

Donde:

$Q_C$ : caudal simultáneo de cálculo (l/s)

$Q_T$ : caudal total, suma del caudal de todos los aparatos que alimenta el tramo (l/s)

$A, B, C$ : coeficientes de simultaneidad (*adimensional*)

4. Se elige una velocidad de cálculo comprendida dentro de los intervalos siguientes:
  - a. Tuberías metálicas: entre 0,5 m/s y 2 m/s.
  - b. Tuberías termoplásticas y multicapas: entre 0,5 m/s y 3,5 m/s.
5. Se obtiene el diámetro correspondiente a cada tramo en función del caudal y de la velocidad elegida, a partir de la ecuación (16):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_C}{\pi \cdot v}} \quad (16)$$

Donde:

$D$ : diámetro interior de la tubería (m)

$Q_C$ : caudal simultáneo de cálculo ( $m^3/s$ )

$v$ : velocidad de circulación del agua (m/s)

En función del resultado obtenido se selecciona un diámetro comercial, y con dicho diámetro se calcula la velocidad de circulación del agua mediante la siguiente expresión:

$$v = \frac{4 \cdot Q_C}{\pi \cdot D_{com}^2} \quad (17)$$

Donde:

$v$ : velocidad de circulación del agua ( $m/s$ )

$Q_c$ : caudal simultáneo de cálculo ( $m^3/s$ )

$D_{com}$ : diámetro interior seleccionado del catálogo comercial ( $m$ )

A continuación, se procede a determinar el diámetro de cada tramo del secundario siguiendo el procedimiento explicado.

### 10.1.1 Salida del acumulador a gas

La tubería por la que sale el ACS del acumulador a gas se dimensionará a partir del caudal simultáneo total de la instalación, ya que debe abastecer a todos los aparatos de la misma.

**Tabla 9. Aparatos a los que abastece la salida del acumulador a gas**

<b>Aparatos a los que abastece</b>	Bidé baño 2
	Bañera baño 2
	Lavabo baño 2
	Bidé baño 1
	Ducha baño 1
	Lavabo baño 1
	Bidé baño dormitorio principal
	Bañera baño dormitorio principal
	Lavabo baño dormitorio principal
	Lavadora
	Lavavajillas
	Fregadero

**Tabla 10. Selección del diámetro de la salida del acumulador a gas**

<b>Caudal total (<math>l/s</math>)</b>	1,24
<b>Caudal simultáneo de cálculo (<math>l/s</math>)</b>	0,61
<b>Diámetro interior seleccionado (<math>mm</math>)</b>	26
<b>Velocidad (<math>m/s</math>)</b>	1,2

Se obtiene como resultado un diámetro interior de 26  $mm$ .

### 10.1.2 Alimentación a cocina

A partir de la tubería de salida del acumulador a gas parte un tramo que suministra ACS a la cocina. Por tratarse de una tubería de alimentación a cuarto húmedo privado (categoría en la que se incluyen baños, aseos y cocinas) tendrá que presentar un diámetro nominal mínimo de 20 mm, según la Sección HS 4, del CTE.

**Tabla 11. Aparatos a los que abastece el tramo de alimentación a cocina**

<b>Aparatos a los que abastece</b>	Lavadora
	Lavavajillas
	Fregadero

**Tabla 12. Selección del diámetro del tramo de alimentación a cocina**

<b>Caudal total (l/s)</b>	0,35
<b>Caudal simultáneo de cálculo (l/s)</b>	0,29
<b>Diámetro interior seleccionado (mm)</b>	20
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,91

Para este tramo se selecciona un diámetro interior de 20 mm.

### 10.1.3 Alimentación a baños

Además del tramo que alimenta la cocina, de la tubería de salida del acumulador a gas parte otro tramo que alimentará a los tres baños de la vivienda.

**Tabla 13. Aparatos a los que abastece el tramo de alimentación a baños**

<b>Aparatos a los que abastece</b>	Bidé baño 2
	Bañera baño 2
	Lavabo baño 2
	Bidé baño 1
	Ducha baño 1
	Lavabo baño 1
	Bidé baño dormitorio principal
	Bañera baño dormitorio principal
	Lavabo baño dormitorio principal



**Tabla 14. Selección del diámetro del tramo de alimentación a baños**

<b>Caudal total (l/s)</b>	0,89
<b>Caudal simultáneo de cálculo (l/s)</b>	0,51
<b>Diámetro interior seleccionado (mm)</b>	26
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,95

El diámetro interior seleccionado es el mismo que para la salida del acumulador a gas: 26 mm.

#### 10.1.4 Alimentación a puntos de consumo

A partir de los tramos de alimentación a cocina y a baños que se acaban de calcular, partirán las derivaciones que suministran ACS a los puntos de consumo.

Con el fin de uniformizar los diámetros de la instalación, se calculará el diámetro para el caso más desfavorable y se usará por extensión para todos los demás.

El caso más desfavorable será el que presente un caudal simultáneo de cálculo mayor. Esta situación se produce en la tubería que alimenta el baño del dormitorio principal (bañera, bidé y lavabo), desde la tubería general de alimentación a baños.

**Tabla 15. Aparatos a los que abastece la derivación individual más desfavorable**

<b>Aparatos a los que abastece</b>	Bidé baño dormitorio principal
	Bañera baño dormitorio principal
	Lavabo baño dormitorio principal

**Tabla 16. Selección del diámetro de la derivación individual más desfavorable**

<b>Caudal total (l/s)</b>	0,33
<b>Caudal simultáneo de cálculo (l/s)</b>	0,27
<b>Diámetro interior seleccionado (mm)</b>	20
<b>Velocidad (m/s)</b>	0,87

Así pues, se usará tubo de cobre de 20 mm de diámetro interior para alimentar, partiendo de los tramos principales, a todos los aparatos consumidores de ACS. Este diámetro permite cumplir con el mínimo establecido por la *Sección HS 4* para todos los aparatos con los que cuenta la vivienda. Dichos mínimos se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 17. Diámetros mínimos de derivaciones a los aparatos. Fuente: Sección HS 4 CTE**

<b>Aparato o punto de consumo</b>	<b>Diámetro nominal para tubo de cobre (mm)</b>
Lavabo	12
Bidé	12
Ducha	12
Bañera	20
Fregadero doméstico	12
Lavavajillas doméstico	12
Lavadora doméstica	20

### 10.1.5 *Resumen de los resultados obtenidos*

Las conducciones seleccionadas para la distribución de ACS en la vivienda son:

- Tubo de cobre de 26 mm de diámetro interior y espesor de pared 1 mm para la salida del acumulador a gas y el ramal de alimentación general a baños.
- Tubo de cobre de 20 mm de diámetro interior y espesor de pared 1 mm para el ramal de alimentación a cocina y suministro a los puntos de consumo.

Para una mejor visualización de estos resultados consultar el plano nº7 de la documentación gráfica del proyecto.

### 10.1.6 *Comprobación de la presión*

Según la *Sección HS 4* del CTE se comprobará que la presión disponible en el punto de consumo más desfavorable supera los siguientes valores:

- 100 kPa para grifos comunes
- 150 kPa para fluxores y calentadores

En el presente proyecto el punto de consumo más desfavorable será la bañera del baño del dormitorio principal. Para comprobar si se cumple la condición establecida por el CTE habrá que determinar la pérdida de carga que se produce hasta ese punto.

Para simplificar el procedimiento de cálculo de pérdidas de carga existen ábacos proporcionados por los fabricantes de tuberías que permiten calcular estas pérdidas conociendo el caudal que circula por la conducción y su diámetro.

En el tramo de salida del acumulador a gas el caudal simultáneo de cálculo asciende a 2200 l/h, con un diámetro interior de 26 mm. En estas condiciones, utilizando el ábaco proporcionado por el Centro Español de Información del Cobre, se obtiene una pérdida de carga unitaria de 60 mm de columna de agua por metro lineal de tubería.

En el tramo de alimentación a baños el diámetro se mantiene pero el caudal simultáneo de cálculo se reduce a 1825 l/h. De esta forma las pérdidas de carga unitarias serán de 40 mmca/m.

En la derivación individual al baño del dormitorio principal, hasta que la tubería se ramifica, el caudal simultáneo de cálculo se mantiene en 1825 l/h pero el diámetro se reduce a 20 mm, por lo que las pérdidas de carga unitarias serán de 130 mmca.

En el ramal de enlace a la bañera, tras la ramificación de la tubería, el diámetro se mantiene en 20 mm y el caudal de cálculo será únicamente el de alimentación a la bañera, es decir, 720 l/h, por lo que las pérdidas de carga unitarias serán de 28 mmca.

Habrà que tener en cuenta, además, las pérdidas de carga en los accesorios, que pueden estimarse como un 20% o 30% de las pérdidas en las tuberías. Los resultados se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 18. Cálculo de las pérdidas de carga hasta el punto de consumo más desfavorable**

Pérdida de carga en la salida del acumulador a gas (mmca)	90
Pérdida de carga en la alimentación a baños (mmca)	1260
Pérdida de carga en la derivación al baño del dormitorio principal (mmca)	65
Pérdida de carga en el ramal de enlace a la bañera del dormitorio principal (mmca)	70
Pérdida de carga total en la instalación (sin incluir accesorios) (mmca)	1485
Pérdida de carga total en la instalación (incluyendo accesorios) (mmca)	1930,5
<b>Pérdida de carga total en la instalación (kPa)</b>	<b>18,9</b>

La pérdida de carga total hasta el punto de consumo más desfavorable asciende a 18,9 kPa.

Manteniendo constante la presión de entrada del agua de red mediante un reductor de presión a 2 bar se puede garantizar la presión mínima exigida en los puntos de consumo. Además, de este modo se cumple con la restricción impuesta por el CTE de no superar los 500 kPa en ningún punto de consumo.

## 10.2 RED DE RETORNO

En cumplimiento con lo dispuesto por la Sección HS 4 del CTE la red de distribución de ACS debe estar dotada de una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida al punto de consumo más alejado sea igual o mayor de 15 m, situación que se produce en la vivienda de este proyecto en el tramo de alimentación a los baños. Así pues, se dispondrá una red de retorno para dicho tramo hasta el acumulador, la cual discurrirá paralelamente a la red de impulsión.

El caudal de retorno, según el propio CTE, puede estimarse en un 10% del agua de alimentación, como mínimo. Por lo tanto, para este proyecto el caudal recirculado será igual o superior a 182,5 l/h, por lo que se selecciona como caudal de recirculación 200 l/h. Con ese caudal y un diámetro interior de 16 mm, que es el mínimo que exige el CTE, se obtiene una velocidad de circulación de 0,28 m/s.

Conocida la velocidad y el diámetro interior se pueden determinar las pérdidas de carga unitarias en el retorno, a partir del ábaco proporcionado por el Centro Español de Información del Cobre, resultando un valor de  $7 \text{ mm}$  de columna de agua por metro lineal de tubería. Multiplicando ese valor por los  $33 \text{ m}$  de tubería de retorno se obtienen unas pérdidas de  $231 \text{ mmca}$ . Este valor ha de multiplicarse por  $1,3$  a fin de tener en cuenta las pérdidas localizadas, resultando unas pérdidas de carga totales en la tubería de retorno de  $300 \text{ mmca}$ .

Para la conducción de ida, de  $26 \text{ mm}$  de diámetro, la pérdida de carga unitaria con el caudal de recirculación será de  $0,8 \text{ mmca/m}$ , lo que supone una pérdida de carga total (incluyendo pérdidas localizadas) de  $34,3 \text{ mmca}$ .

Así pues, en total se producirá una pérdida de carga en ida y retorno de  $334 \text{ mmca}$ , es decir,  $0,33 \text{ mca}$ .

Se selecciona la bomba de recirculación UP 20-14, de la Gama COMFORT del fabricante Grundfos, la cual presenta tres modos de funcionamiento:

- Modo AUTOADAPT: memoriza, almacena y ajusta el modo de funcionamiento al patrón de consumo.
- Modo temperatura: mantiene la temperatura del agua dentro de un intervalo.
- Modo 100%: funciona constantemente a la máxima velocidad.

Se puede cambiar de un modo a otro fácilmente, con sólo pulsar un botón.

La bomba seleccionada, tal y como se puede observar en la figura 17, permite vencer sin problema la pérdida de carga calculada para el caudal de recirculación establecido ( $0,2 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

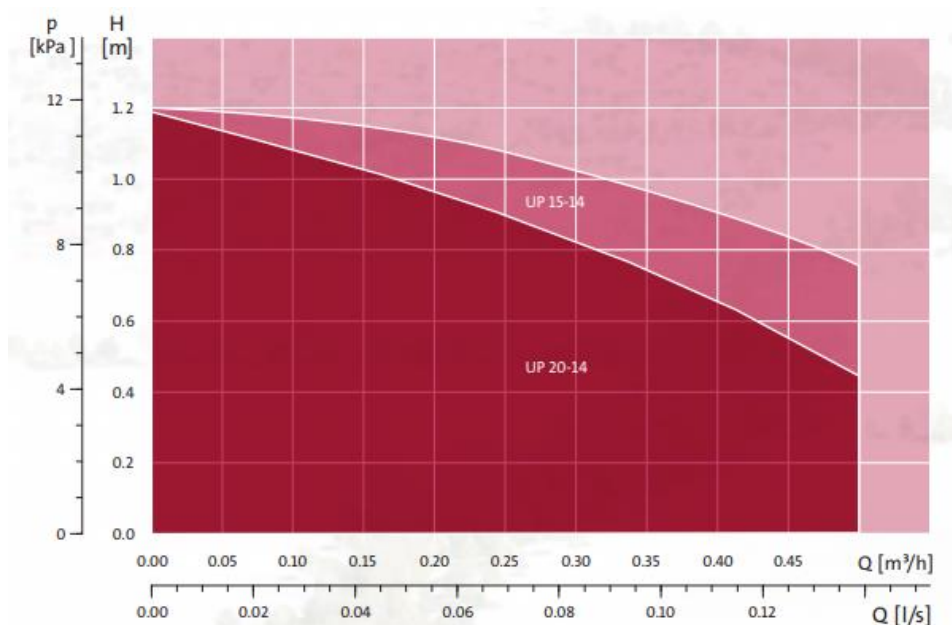


Figura 11. Curvas características de la gama COMFORT. Fuente: Catálogo de Grundfos

## 10.3 CÁLCULO DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO

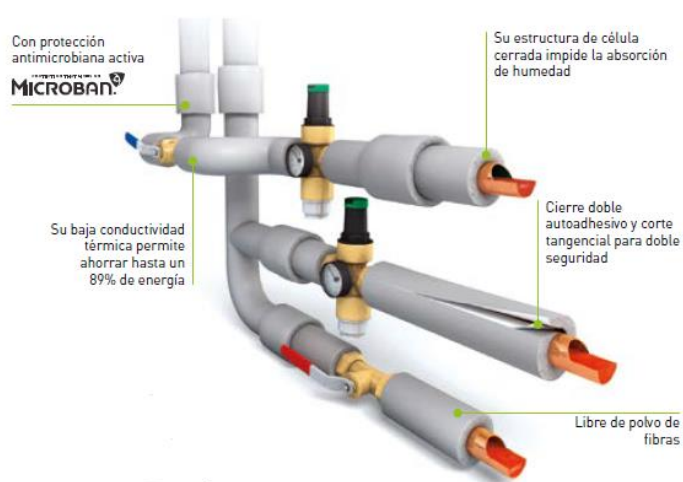
El cálculo del espesor de aislamiento mínimo se realizará mediante el procedimiento simplificado establecido por el RITE, ya empleado en el circuito primario. Todas las tuberías del secundario discurren por el interior de edificios. Así pues, el espesor mínimo de aislamiento para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040  $W/(m \cdot K)$  sería de 25 mm, tal y como se recoge en la tabla 19.

**Tabla 19. Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios. Fuente: RITE**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40 < T ≤ 60	60 < T ≤ 100	100 < T ≤ 180
D ≤ 35	25	<b>25</b>	30
35 < D ≤ 60	30	30	40
60 < D ≤ 90	30	30	40
90 < D ≤ 140	30	40	50
140 < D	35	40	50

Sin embargo, el RITE establece que los espesores mínimos de aislamiento en redes de funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en la tabla aumentados en 5 mm. Así pues, el espesor mínimo será de 30 mm.

Se selecciona el aislamiento SH/Armaflex, de la empresa Armacell.



**Figura 12. Aislamiento SH/Armaflex. Fuente: Catálogo de Armacell**

Su conductividad térmica a 10°C es de  $0,034 W/(m \cdot K)$ , por lo que habrá que corregir el espesor mínimo mediante la ecuación (18), obteniendo un valor de  $23 mm$  para las conducciones de ida y retorno.

$$d = \frac{D}{2} \cdot \left[ \exp\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D}\right) - 1 \right] \quad (18)$$

Donde:

$d$ : espesor mínimo del material empleado ( $mm$ )

$d_{ref}$ : espesor mínimo de referencia ( $mm$ )

$D$ : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería ( $mm$ )

$\lambda$ : conductividad térmica del material empleado ( $W/m \cdot K$ )

$\lambda_{ref}$ : conductividad térmica de referencia, igual a  $0,04 W/m \cdot K$  a 10°C.

Teniendo en cuenta la importancia de un buen aislamiento para minimizar la pérdida de temperatura del ACS se selecciona el espesor comercial de  $30 mm$ .

## 10.4 VASO DE EXPANSIÓN

Para dimensionar el vaso de expansión del secundario se usará, al igual que para el primario, el procedimiento proporcionado por el fabricante Ibaiondo, pero en este caso para vasos de expansión en circuitos de ACS.

El volumen mínimo del vaso de expansión se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$V_{vaso} \geq \frac{V_{instalación} \cdot C_e}{F_p} \quad (19)$$

Donde:

$V_{vaso}$ : volumen mínimo del vaso de expansión ( $l$ )

$V_{instalación}$ : volumen total de la instalación de ACS ( $l$ )

$C_e$ : coeficiente de expansión para la temperatura máxima del sistema (*adimensional*)

$F_p$ : factor de presión (*adimensional*)

El volumen total de la instalación de ACS será la suma del volumen contenido en las conducciones más el volumen del acumulador solar y del acumulador a gas, resultando un valor de  $387 l$ , distribuido según se recoge en la tabla 20.

**Tabla 20. Cálculo del volumen de la instalación de ACS.**

Volumen conducciones (l)	32
Volumen acumulador solar (l)	200
Volumen acumulador a gas (l)	155
<b>Volumen total (l)</b>	<b>387</b>

El coeficiente de expansión depende de la temperatura máxima del sistema. Para una temperatura máxima de 80°C adquiere un valor de 0,029 según la tabla proporcionada por el propio fabricante.

**Tabla 21. Coeficiente de expansión del agua en función de la temperatura. Fuente: Catálogo de Ibaiondo**

Temperatura (°C)	$C_e$
10	0,0004
20	0,0018
30	0,0044
40	0,0078
50	0,0125
60	0,0171
70	0,0227
<b>80</b>	<b>0,0290</b>
90	0,0359
100	0,0434

El factor de presión responde a la siguiente expresión:

$$F_p = 1 - \frac{P_0 + 1}{P_{max} + 1} \quad (20)$$

Donde:

$P_0$ : presión de inflado del vaso (bar). Se calcula como  $P_0 = P_1 - 0,3$

$P_1$ : presión de entrada de la red (bar). Se ajusta a 2 bar mediante un reductor de presión

$P_{max}$ : presión máxima del sistema (bar). Se calcula con una de las siguientes expresiones:

$$P_{max} = P_{vs} - 0,5 \quad \text{cuando } P_{vs} \leq 5 \text{ bar}$$

$$P_{max} = 0,9 \cdot P_{vs} \quad \text{cuando } P_{vs} > 5 \text{ bar}$$

Siendo  $P_{vs}$  la presión de tarado de la válvula de seguridad (bar)

La presión de tarado de la válvula de seguridad será la mínima de las presiones máximas de trabajo de los equipos que componen el circuito secundario. Esta presión va a estar limitada por el acumulador a gas, que soporta una presión máxima de 6 bar, por lo que ese será el valor de tarado de la válvula de seguridad.

Conocidos ya todos los términos de la ecuación (20) se puede calcular el factor de presión:

**Tabla 22. Cálculo del factor de presión**

$P_0$ (bar)	1,7
$P_{max}$ (bar)	6
$F_p$ (adimensional)	0,61

Conocidos el volumen de la instalación, el coeficiente de expansión y el factor de presión, se obtiene mediante la ecuación (19) el volumen mínimo del vaso de expansión.

**Tabla 23. Cálculo del volumen del vaso de expansión**

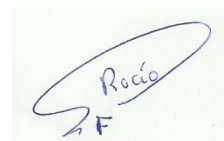
$V_{instalación}$ (l)	387
$C_e$ (adimensional)	0,029
$F_p$ (adimensional)	0,61
$V_{mínimo vaso}$ (l)	18,3

Se selecciona el vaso de expansión 24 CMR del fabricante Ibaiondo, con capacidad de 24 l que permite satisfacer los requisitos de la instalación de este proyecto.



**Figura 13. Vaso de expansión 24 CMR "Ibaiondo". Fuente: Catálogo de Ibaiondo**

En Ferrol, a junio de 2018



Fdo.: Rocío Feijoo Díaz





UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Anexo III**

**CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS PARA CALEFACCIÓN**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1 OBJETO.....	6
2 ALCANCE .....	6
3 NORMAS Y REFERENCIAS .....	6
4 CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN .....	6
4.1 CARGA TÉRMICA POR TRANSMISIÓN .....	7
4.1.1 Coeficiente de orientación.....	7
4.1.2 Coeficiente de intermitencia .....	8
4.1.3 Coeficiente global de transmisión de calor .....	8
4.1.4 Temperatura interior de la vivienda .....	11
4.1.5 Temperatura exterior de proyecto .....	11
4.2 CARGA TÉRMICA POR VENTILACIÓN .....	11
4.2.1 Caudal de ventilación .....	12
4.3 CARGA TÉRMICA POR INFILTRACIÓN .....	13
4.3.1 Caudal de infiltración.....	13
5 REALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS: SOFTWARE CYPETHERM LOADS.....	14
5.1 RESULTADOS.....	15

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Composición de la fachada .....	9
Figura 2. Panel Sandwich de cubierta. Fuente: Catálogo de Thermochip .....	9
Figura 3. Composición de la cubierta .....	10
Figura 4. Composición de la solera .....	10
Figura 5. Vivienda modelada mediante el software IFC Builder .....	14

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coeficientes de orientación del cerramiento .....	8
Tabla 2. Caudales mínimos (l/s) para ventilación de caudal constante en locales habitables. Fuente: Documento Básico HS 3 CTE .....	12
Tabla 3. Caudales de ventilación de cada local (l/s) .....	13
Tabla 4. Caudal de infiltración en cada local .....	14
Tabla 5. Distribución de la carga térmica máxima de calefacción .....	15

## 1 OBJETO

El objeto de este documento es calcular la carga térmica de calefacción máxima a la cual va a estar sometida la vivienda para la que se realiza el presente proyecto.

## 2 ALCANCE

Se incluye en el alcance de este anexo la identificación de las cargas térmicas que van a afectar a la vivienda y de los parámetros que influyen en ellas, asignándoles sus correspondientes valores, para poder introducirlos al software de cálculo empleado.

## 3 NORMAS Y REFERENCIAS

Para la elaboración de este documento se tendrán en cuenta las siguientes normas y referencias:

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Orden FOM/588/2017, de 15 de junio, por la que se modifican el Documento Básico DB-HE "Ahorro de energía" y el Documento Básico DB-HS "Salubridad", del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- *"Guía Técnica de Condiciones climáticas exteriores de proyecto"*, elaborada por el IDAE.

## 4 CARGAS TÉRMICAS DE CALEFACCIÓN

Se entiende como carga térmica de calefacción de un edificio aquellos fenómenos que provocan modificaciones en la temperatura interior.

Las cargas térmicas de calefacción que afectan a la vivienda son:

- Transmisión a través de los cerramientos opacos.
- Transmisión a través de superficies acristaladas.
- Ventilación
- Infiltración
- Iluminación
- Ocupación
- Equipamiento interno

El método utilizado para el cálculo de las cargas térmicas de calefacción en este proyecto contemplará únicamente la existencia de tres cargas térmicas: carga térmica por transmisión (a través de cerramientos opacos y de superficies acristaladas), carga térmica por ventilación y carga térmica por infiltración. Así pues, no se tendrán en cuenta las ganancias internas de calor (iluminación, ocupación y equipamiento interno).

## 4.1 CARGA TÉRMICA POR TRANSMISIÓN

Representa las pérdidas de calor a través de los cerramientos de la vivienda. Se calcula mediante la ecuación (1):

$$Q = C_o \cdot C_i \cdot U \cdot S \cdot (T_i - T_e) \quad (1)$$

Donde:

$Q$ : carga térmica por transmisión a través del cerramiento ( $W$ )

$C_o$ : coeficiente de orientación del cerramiento (*adimensional*)

$C_i$ : coeficiente de intermitencia de la instalación (*adimensional*)

$U$ : coeficiente global de transmisión de calor ( $\frac{W}{m^2 \cdot K}$ )

$S$ : superficie del cerramiento ( $m^2$ )

$T_i$ : temperatura interior de la vivienda ( $^{\circ}C$ )

$T_e$ : temperatura exterior de proyecto ( $^{\circ}C$ )

### 4.1.1 Coeficiente de orientación

El coeficiente de orientación es un factor adimensional usado para considerar la ausencia de radiación solar y la presencia de vientos dominantes sobre los cerramientos, en función de su orientación. Se tiene en cuenta sólo para cerramientos verticales, tomando los valores recogidos en la siguiente tabla:

**Tabla 1. Coeficientes de orientación del cerramiento**

Orientación del cerramiento	Coeficiente de orientación (adimensional)
Norte	1,2
Sur	0
Este	1,1
Oeste	1,1

#### *4.1.2 Coeficiente de intermitencia*

El coeficiente de intermitencia es un factor de seguridad que se emplea para tener en cuenta paradas en la instalación de calefacción durante una parte del día. Con este coeficiente se mejoran las cargas térmicas para así obtener como resultado una mayor potencia calorífica, de forma que se alcancen las condiciones de confort en un menor tiempo después de la parada. Se empleará como coeficiente de mayoración de las cargas un 5%.

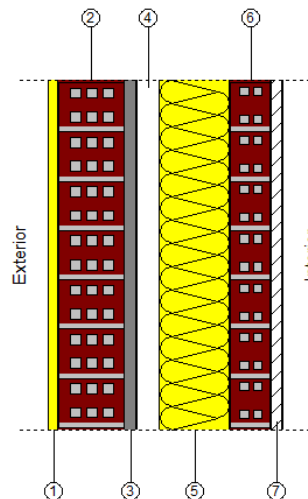
#### *4.1.3 Coeficiente global de transmisión de calor*

Depende del espesor y de la conductividad térmica de los materiales empleados en el cerramiento. A continuación, se definen los elementos constructivos empleados en la envolvente de la vivienda con su correspondiente valor de coeficiente global de transmisión de calor.

##### Fachada

Se adopta como solución constructiva una fachada ventilada, con  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo perforado para la hoja exterior y tabicón de ladrillo hueco doble para la interior. Entre ambas hojas se sitúa la cámara de aire y el aislamiento térmico mediante espuma de poliuretano. Para el revestimiento interior se opta por el enlucido de yeso, y para el exterior se utiliza mortero monocapa, un mortero coloreado que se emplea como acabado final en fachadas. Evita tener que pintar e hidrofugar, ya que hace las funciones de revoco, pintura e hidrofugante.





Capas
1 - Mortero monocapa: 1.50 cm
2 - 1/2 pie LP métrico o catalán 40 mm < G < 60 mm: 11.50 cm
3 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 2.00 cm
4 - Cámara de aire: 4.00 cm
5 - PUR Proyección con Hidrofluorcarbono HFC [ 0.028 W/[mK]]: 12.00 cm
6 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm]: 7.00 cm
7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300: 2.00 cm
Espesor total: 40.00 cm

**Figura 1. Composición de la fachada**

Se obtiene un coeficiente de transmisión de calor de  $0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

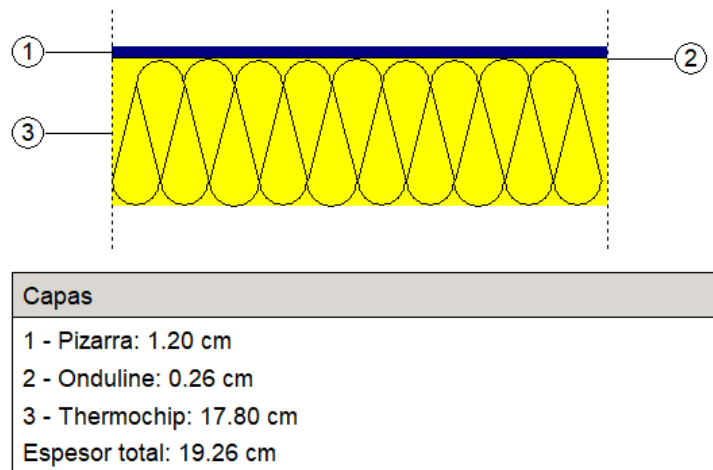
### Cubierta

Para el tejado de la vivienda se opta por una cubierta inclinada de pizarra, un material constructivo ampliamente utilizado en la zona. La pizarra se coloca sobre placas asfálticas onduladas, del fabricante Onduline, que garantizan la impermeabilidad de la cubierta.

La capa inferior será un panel sándwich del fabricante Thermochip, formado por dos tableros unidos a un núcleo de espuma rígida de poliestireno extruido, que actúa como aislante. El tablero exterior es de aglomerado y el interior de tarima de abeto, de forma que no es necesario realizar ningún tipo de acabado.



**Figura 2. Panel Sandwich de cubierta. Fuente: Catálogo de Thermochip**

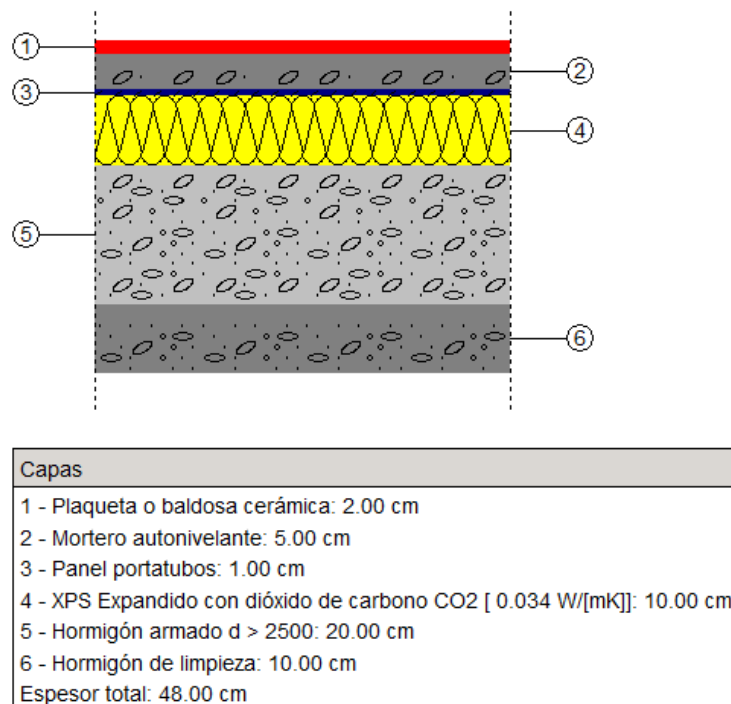


**Figura 3. Composición de la cubierta**

Con estos elementos se obtiene una cubierta con un coeficiente de transmisión térmica de  $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

### Suelo

Sobre el terreno compactado se sitúa la capa de hormigón de limpieza y sobre esta la solera de hormigón armado. A continuación, se coloca el aislamiento y el panel portatubos para las conducciones del suelo radiante. Se finaliza con un mortero autonivelante y el solado cerámico.



**Figura 4. Composición de la solera**

Se obtiene un coeficiente de transmisión térmica para el suelo de  $0,27 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

#### Ventanas

Se instalarán ventanas con carpintería de PVC de 5 cámaras y Climalit Plus 10/16/10, que presentan un coeficiente de transmisión térmica de  $1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

#### Puerta exterior

Para la entrada a la vivienda se colocará una puerta de la gama THERMOSAFE, del grupo HORMANN, con un coeficiente de transmisión térmica de  $0,9 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

### *4.1.4 Temperatura interior de la vivienda*

Como temperatura interior de la vivienda se tomarán  $21^\circ\text{C}$  para todas las estancias, cumpliendo lo establecido por el *Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios* que fija este valor entre  $21^\circ\text{C}$  y  $23^\circ\text{C}$ .

### *4.1.5 Temperatura exterior de proyecto*

Para determinar este valor se recurre a la “*Guía Técnica de Condiciones climáticas exteriores de proyecto*”, elaborada por el IDAE.

Dicho documento establece que, para el cálculo de cargas térmicas de invierno en viviendas, se tomará como temperatura exterior de proyecto la temperatura seca de la localidad con un percentil del 99%, es decir, el valor de temperatura que se supera en un 99% del año.

La propia guía proporciona este dato para distintas estaciones meteorológicas. Se tomará como temperatura exterior de proyecto  $-2,5^\circ\text{C}$ , valor correspondiente a la estación meteorológica de Rozas (Lugo), la más próxima al emplazamiento de la vivienda.

## **4.2 CARGA TÉRMICA POR VENTILACIÓN**

Para cumplir con las exigencias del Código Técnico de la Edificación en materia de calidad del aire interior, será necesario dotar a la vivienda de unas condiciones mínimas de ventilación, las cuales se consideran satisfechas con el establecimiento de una ventilación de caudal constante acorde con la tabla 2.1 de la *Sección HS 3 del Documento Básico de Salubridad*, que se recoge en la tabla 2 de este documento.

**Tabla 2. Caudales mínimos (l/s) para ventilación de caudal constante en locales habitables.**  
Fuente: Documento Básico HS 3 CTE

Caudales mínimos (l/s)					
Número de dormitorios de la vivienda	Locales secos			Locales húmedos	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Sala de estar y comedores (*)	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1	8	-	6	12	6
2	8	4	8	24	7
3 o más	8	4	10	33	8

(\*) Y otros locales pertenecientes a la vivienda con usos similares (salas de juego, despachos, etc.)

El acondicionamiento de ese aire que se introduce en la vivienda procedente del exterior supone un aporte de energía, dando lugar a las denominadas cargas térmicas de ventilación, que se calculan mediante la ecuación (2):

$$Q_{\text{ventilación}} = C \cdot \rho \cdot C_p \cdot (T_i - T_e) \quad (2)$$

Donde:

$Q_{\text{ventilación}}$ : carga térmica de ventilación del local (W)

$C$ : caudal de ventilación del local ( $m^3/s$ )

$\rho$ : densidad del aire

$C_p$ : calor específico del aire a presión constante.

$T_i$ : temperatura interior de la vivienda ( $^{\circ}C$ ).

$T_e$ : temperatura exterior de proyecto ( $^{\circ}C$ )

#### 4.2.1 Caudal de ventilación

Para el cálculo de las cargas térmicas de la vivienda de este proyecto se adoptarán los valores mínimos de caudal de ventilación establecidos por el CTE para cada local, aumentando el caudal de la cocina a 14 l/s y el del cuarto de calderas a 12 l/s para igualar el caudal de extracción de la vivienda (locales húmedos) con el de admisión (locales secos).

**Tabla 3. Caudales de ventilación de cada local (l/s)**

Admisión: locales secos		Extracción: locales húmedos	
Local	Caudal de ventilación (l/s)	Local	Caudal de ventilación (l/s)
Dormitorio principal	8	Baño dormitorio principal	8
Dormitorio 1	4	Baño 1	8
Dormitorio 2	4	Baño 2	8
Dormitorio 3	4	Cocina	14
Salón-comedor	10	Cuarto de calderas	12
Despacho	10	<b>TOTAL</b>	<b>50</b>
Sala de juegos	10		
<b>TOTAL</b>	<b>50</b>		

### 4.3 CARGA TÉRMICA POR INFILTRACIÓN

La carga térmica por infiltración contempla la energía necesaria para acondicionar el aire exterior que se introduce en la vivienda de forma involuntaria (a través de rendijas de puertas y ventanas). Se calcula con la misma expresión que la carga por ventilación.

#### 4.3.1 Caudal de infiltración

A partir del caudal total de ventilación y del volumen de la vivienda, se puede obtener el número de renovaciones de aire por hora que se producen mediante la ventilación:

$$N^{\circ} \text{ renov. por hora} = \frac{\text{Caudal ventilación } \left(\frac{m^3}{h}\right)}{\text{Volumen a renovar } \left(\frac{m^3}{\text{renovación}}\right)} \quad (3)$$

Donde:

*Caudal ventilación*  $\left(\frac{m^3}{h}\right)$ : será el caudal total obtenido en el apartado anterior, es decir, 50 l/s, que equivalen a 180 m<sup>3</sup>/h.

*Volumen a renovar*  $\left(\frac{m^3}{\text{renovación}}\right)$ : será el volumen total de aire que hay en la vivienda, es decir, el volumen interior de la misma, que asciende a 477 m<sup>3</sup>.

Aplicando la ecuación (3) se obtiene una tasa de renovación por ventilación de 0,4 renovaciones por hora.

A través de un formulario online de una empresa de certificación energética (Aurea Consulting), se hace una estimación de las renovaciones de aire por hora que se producen debido a la infiltración, teniendo en cuenta la tasa de ventilación, el volumen de la vivienda, la superficie de fachadas, cubierta y huecos y la permeabilidad de estos últimos.

De esta forma se determina que la relación entre ambas tasas de renovación de aire (ventilación e infiltración) está en torno al 25%, por lo que el caudal de infiltración se aproximará como un 25% del caudal de ventilación de cada local:

**Tabla 4. Caudal de infiltración en cada local**

Local	Caudal de infiltración (l/s)
Dormitorio principal	2
Dormitorio 1	1
Dormitorio 2	1
Dormitorio 3	1
Salón-comedor	2,5
Despacho	2,5
Sala de juegos	2,5
Baño dormitorio principal	2
Baño 1	2
Baño 2	2
Cocina	3,5
Cuarto de calderas	3

## 5 REALIZACIÓN DE LOS CÁLCULOS: SOFTWARE CYPETHERM LOADS

El cálculo de la carga térmica máxima de calefacción para la vivienda objeto de este proyecto se realiza mediante el software CYPETHERM LOADS, de CYPE Ingenieros, integrado en el flujo de trabajo Open BIM.

El primer paso será modelar la vivienda mediante el software IFC Builder, definiendo únicamente sus características geométricas y su orientación.



**Figura 5. Vivienda modelada mediante el software IFC Builder**

El modelo geométrico se exporta al software CYPETHERM LOADS gracias a que están integrados en el mismo flujo de trabajo. Ya en este software es donde se definirán todos los parámetros necesarios para el cálculo de las cargas térmicas:

- Materiales y espesores de los elementos que forman la envolvente térmica, tanto opacos como acristalados, dando lugar a los valores del coeficiente global de transferencia térmica.
- Coeficientes de orientación de los cerramientos.
- Temperatura exterior de proyecto.
- Temperatura interior de los locales.
- Caudal de ventilación para cada local.
- Caudal de infiltración para cada local.

## 5.1 RESULTADOS

Una vez asignados a los parámetros del apartado anterior sus correspondientes valores, establecidos a lo largo de este documento, se procede a realizar el cálculo, dando como resultado una carga máxima de calefacción de 9,1 kW. En la siguiente tabla se recoge la aportación de cada espacio de la vivienda a la carga térmica total:

**Tabla 5. Distribución de la carga térmica máxima de calefacción**

Espacio	Carga térmica (W)
Dormitorio principal	1011
Dormitorio 1	477
Dormitorio 2	477
Dormitorio 3	520
Baño dormitorio principal	576
Baño 1	503
Baño 2	527
Salón-comedor	1585
Cocina	980
Despacho	658
Sala de juegos	534
Cuarto de calderas	726
Pasillo	430

En Ferrol, a junio de 2018



Fdo.: Rocío Feijoo Díaz



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Anexo IV**

**INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN**





## ÍNDICE DE CONTENIDO

1 OBJETO.....	7
2 ALCANCE .....	7
3 NORMAS Y REFERENCIAS .....	7
4 OBTENCIÓN DE ENERGÍA: INSTALACIÓN GEOTÉRMICA .....	8
4.1 BOMBA DE CALOR .....	8
4.1.1 Selección de la bomba de calor .....	9
4.2 SONDAS DE CAPTACIÓN .....	10
4.2.1 Selección del tipo de captación .....	10
4.2.2 Cálculo de la profundidad de perforación .....	11
4.2.3 Selección de la sonda .....	12
4.3 COLECTOR .....	13
4.4 FLUIDO CALOPORTADOR .....	13
4.4.1 Estimación del volumen necesario .....	13
5 SISTEMA EMISOR: SUELO RADIANTE .....	15
5.1 DISTRIBUIDORES.....	15
5.2 CIRCUITOS .....	16
5.2.1 Configuración.....	16
5.2.2 Dimensionado .....	17
5.2.3 Caudal .....	31
5.3 TUBERÍAS GENERALES.....	33
5.4 SISTEMA DE REGULACIÓN .....	33

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema del sistema de captación geotérmico .....	8
Figura 2. Bomba de calor ecoGEO Básica. Fuente: catálogo de ecoFOREST.....	9
Figura 3. Sistema de captación vertical. Fuente: <a href="http://www.t-reunidas.es/">http://www.t-reunidas.es/</a> .....	10
Figura 4. Sonda geotérmica RAUGEO PE-RC DUO. Fuente: catálogo de REHAU ..	12
Figura 5. Colector RAUGEO CLICK. Fuente: catálogo de REHAU .....	13
Figura 6. Esquema del sistema de emisión por suelo radiante.....	15
Figura 7. Distribuidor HKV-CL. Fuente: catálogo de Roth .....	16
Figura 8. Distribución en espiral. Fuente: “Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Sistema de suelo radiante” editado por ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración) .....	16

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores recomendados de calor específico de extracción. Fuente: VDI 4640 .....	11
Tabla 2. Cálculo del factor de cubierta superficial.....	18
Tabla 3. Valores del factor de recubrimiento en función del paso para una resistencia superficial nula.....	19
Tabla 4. Valores del factor de diámetro exterior de la tubería en función del paso para una resistencia superficial nula .....	19
Tabla 5. Densidad de flujo de calor máxima necesaria para cada local de la vivienda .....	20
Tabla 6. Potencia máxima aportada desde el suelo radiante.....	21
Tabla 7. Parámetros y exponentes que no dependen del paso de tubería .....	22
Tabla 8. Parámetros y exponentes que dependen del paso de tubería .....	22
Tabla 9. Diferencia media logarítmica de temperaturas del baño 1 en función del paso de tubería .....	22
Tabla 10. Temperatura de entrada para el circuito del baño 1 en función del paso de tubería .....	23
Tabla 11. Diferencia media logarítmica de temperaturas en función de la temperatura de entrada y del salto térmico .....	24
Tabla 12. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el pasillo en función del paso de tubería.....	24
Tabla 13. Diferencia media logarítmica de temperaturas en función del salto térmico para una temperatura de entrada de 36,5 °C. ....	25
Tabla 14. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio principal en función del paso de tubería.....	25
Tabla 15. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el baño 1 en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado) .....	26
Tabla 16. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el pasillo principal en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado) .....	26
Tabla 17. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio principal en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado) .....	27
Tabla 18. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio 1 en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado) .....	27
Tabla 19. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio 2 en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado) .....	27
Tabla 20. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio 3 principal en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado) .....	28
Tabla 21. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el baño del dormitorio principal en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado) .....	28

Tabla 22. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el baño 2 en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado).....	28
Tabla 23. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el salón-comedor en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado).....	29
Tabla 24. Diferencia media logarítmica de temperaturas para la cocina en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado).....	29
Tabla 25. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el despacho en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado).....	29
Tabla 26. Diferencia media logarítmica de temperaturas para la sala de juegos en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado).....	30
Tabla 27. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el cuarto de calderas en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado).....	30
Tabla 28. Paso y longitud de tubería de suelo radiante para cada local de la vivienda .....	31
Tabla 29. Salto térmico de cada circuito de suelo radiante .....	32
Tabla 30. Caudal volumétrico de cada circuito de suelo radiante .....	33

## 1 OBJETO

Con este documento se pretende definir y calcular la instalación de calefacción de la vivienda para la cual se realiza el presente proyecto.

## 2 ALCANCE

El alcance de este anexo comprende las dos partes imprescindibles para calefactar una vivienda: la obtención de energía, que se realizará mediante una bomba geotérmica, y la emisión de calor, para la cual se empleará suelo radiante.

## 3 NORMAS Y REFERENCIAS

En la realización de este documento se tendrán en cuenta las siguientes disposiciones:

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio.
- “Manual de climatización geotérmica” editado por ACLUXEGA (Asociación Clúster da Xeotermia Galega)
- Norma alemana VDI 4640
- “Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Sistema de suelo radiante” editado por ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración).
- Norma UNE-EN 1264-2:2009+A1:2013. Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 2: Suelo radiante: Métodos para la determinación de la emisión térmica de los suelos radiantes por cálculo y ensayo.
- Norma UNE 100715-1:2014. Diseño, ejecución y seguimiento de una instalación geotérmica somera. Parte 1: Sistemas de circuito cerrado vertical.
- “Mapa tecnológico: Calor y Frío Renovables. Área tecnológica: Geotermia”, elaborado por el Observatorio Tecnológico de la Energía, dependiente del IDAE.

## 4 OBTENCIÓN DE ENERGÍA: INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

Para cubrir las necesidades de calefacción de la vivienda se opta por la energía geotérmica, una energía limpia y renovable, que aprovecha el calor del subsuelo mediante una bomba de calor e intercambiadores verticales u horizontales (sondas geotérmicas).

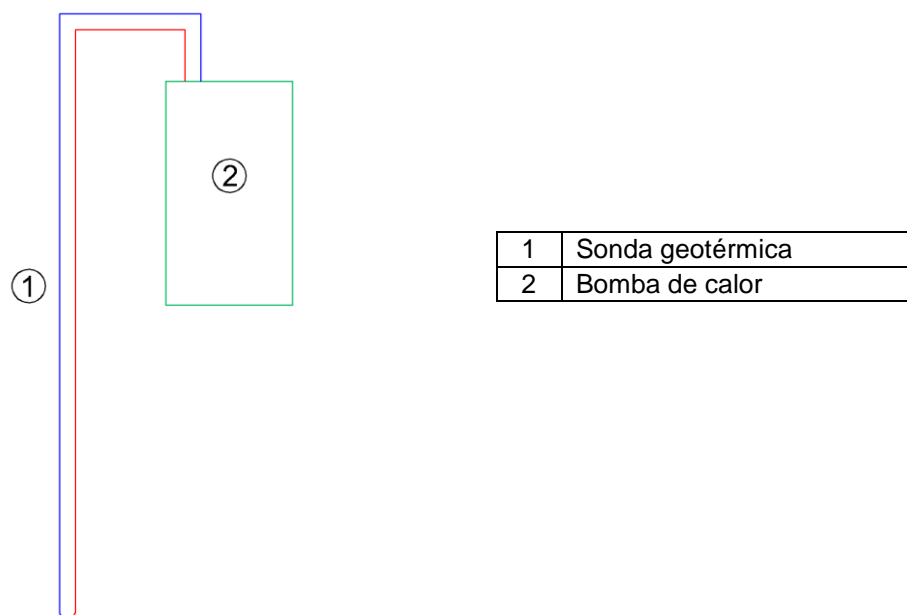


Figura 1. Esquema del sistema de captación geotérmico

### 4.1 BOMBA DE CALOR

Una bomba de calor es, en general, una máquina que transfiere calor desde un foco frío a otro caliente, utilizando una cantidad de trabajo relativamente pequeña. Así pues, la ventaja que poseen las bombas de calor frente a otros sistemas se encuentra en su capacidad para aprovechar la energía existente en el ambiente (foco frío) para calefactar las dependencias interiores (foco caliente), con una aportación relativamente pequeña de energía eléctrica.

En el caso concreto de la bomba de calor geotérmica, extrae energía del suelo a través de un fluido caloportador, para transferirla al interior de la vivienda, venciendo así las cargas térmicas existentes. A diferencia de cualquier bomba de calor, las bombas geotérmicas se caracterizan por disponer de temperaturas (en el foco geotérmico) prácticamente constantes durante todo el año, lo cual permite obtener rendimientos muy elevados.

### 4.1.1 Selección de la bomba de calor

Los parámetros a tener en cuenta para la selección de la bomba de calor son su potencia calorífica y su COP.

La potencia calorífica deberá permitir vencer las cargas térmicas de la vivienda. Para este proyecto, según los cálculos realizados en el Anexo III, la carga térmica máxima de calefacción asciende a  $9,1 \text{ kW}$ .

El COP es un coeficiente de rendimiento que mide el grado de eficiencia de la bomba. Se trata de la relación entre la energía térmica que produce (calor cedido para calefacción) y la energía eléctrica que consume (principalmente en el compresor). Así pues, cuanto mayor sea el COP de la bomba, mayor será su eficiencia y menor el gasto necesario para calefactar la vivienda.

Se selecciona la bomba de calor ecoGEO Básica 3-12, de la Gama Doméstica ecoGeo, del fabricante ecoFOREST, con una potencia de calefacción máxima de  $12 \text{ kW}$ , y un COP de 4,6. Esta bomba cuenta con tecnología inverter modulante, que permite adaptar la potencia térmica, el caudal y la temperatura de impulsión a lo requerido en cada momento. De esta forma, los arranques y paradas se reducen considerablemente, alargando la vida útil del equipo. Además, se reduce el consumo eléctrico.



**Figura 2. Bomba de calor ecoGEO Básica. Fuente: catálogo de ecoFOREST**

La bomba de calor seleccionada incluye los siguientes componentes tanto para el circuito de captación como para el de calefacción:

- Bomba de impulsión de velocidad variable y alta eficiencia.
- Vaso de expansión.
- Válvula de seguridad.
- Válvula de vaciado.



## 4.2 SONDAS DE CAPTACIÓN

Las sondas de captación son las encargadas de conducir el fluido caloportador (mezcla de agua y anticongelante) desde el evaporador de la bomba de calor a través del terreno, de forma que aumente su temperatura al absorber calor del subsuelo y regrese de nuevo al evaporador para ceder el calor absorbido.

### 4.2.1 Selección del tipo de captación

Las sondas de captación pueden ser horizontales o verticales. Para la instalación geotérmica de este proyecto se opta por sondas verticales, a pesar de su mayor coste económico, debido a las ventajas que estas presentan:

- Se pierde menos terreno.
- Se obtiene un rendimiento mayor en la instalación.
- Se garantiza la independencia del clima.

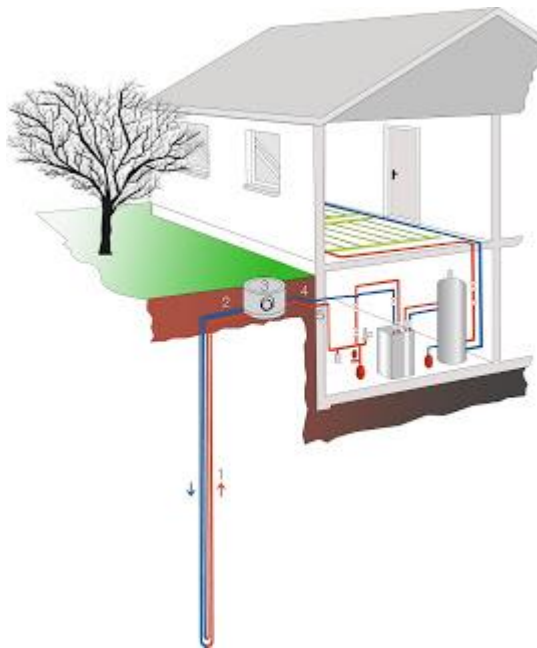


Figura 3. Sistema de captación vertical. Fuente: <http://www.t-reunidas.es/>

### 4.2.2 Cálculo de la profundidad de perforación

Para calcular la profundidad de perforación necesaria, se empleará el método proporcionado en el “Manual de climatización geotérmica” editado por ACLUXEGA (Asociación Clúster da Xeotermia Galega).

En primer lugar, se calcula la potencia del evaporador, que será la potencia a aportar por el terreno. Dicha potencia vendrá dada por la ecuación (1):

$$P_{\text{evaporador}} = \frac{P_{\text{calefacción}} \cdot (COP - 1)}{COP} \quad (1)$$

Donde:

$P_{\text{evaporador}}$ : potencia del evaporador ( $W$ )

$P_{\text{calefacción}}$ : potencia calorífica de la bomba ( $W$ ).

$COP$ : coeficiente de rendimiento de la bomba (*adimensional*).

A continuación, se determina la longitud de perforación mediante la siguiente expresión:

$$L_{\text{perforación}} = \frac{P_{\text{evaporador}}}{C_e \text{ extracción}} \quad (2)$$

Donde:

$L_{\text{perforación}}$ : longitud o profundidad de perforación necesaria

$P_{\text{evaporador}}$ : potencia del evaporador ( $W$ )

$C_e \text{ extracción}$ : calor específico de extracción ( $W/m$ )

Para determinar el calor específico de extracción se tendrá en cuenta la norma alemana VDI 4640, que proporciona valores recomendados en función de la conductividad térmica del terreno y de las horas de funcionamiento anuales equivalentes.

**Tabla 1. Valores recomendados de calor específico de extracción. Fuente: VDI 4640**

Tipo de terreno	Conductividad térmica ( $W/(m \cdot K)$ )	$C_e$ para 1800 h ( $W/m$ )	$C_e$ para 2400 h ( $W/m$ )
Suelo malo (sedimentos rocosos)	< 1,5	25	20
Normal (roca dura y sedimentos saturados)	1,5 – 3	60	50
Terrenos rocosos con alta conductividad térmica	> 3	84	70

Según el manual “Mapa tecnológico: Calor y Frío Renovables. Área tecnológica: Geotermia” elaborado por el Observatorio Tecnológico de la Energía, dependiente del IDAE, en una instalación doméstica típica, con bomba de calor geotérmica de 12 kW de potencia calorífica, como la proyectada en este documento, las horas de funcionamiento anuales equivalentes estarán entre 1000 y 1500. Así pues, de entre las dos opciones proporcionadas por la norma VDI, se selecciona la de 1800 h de funcionamiento anual equivalente.

Según la norma UNE 100715-1:2014, la instalación objeto de este proyecto será de tipo A, por presentar una potencia inferior a 30 kW. Para este tipo de instalaciones, dicha norma establece que no es necesario realizar un test de respuesta térmica del terreno, sino que la caracterización del mismo se puede realizar en base a la cartografía geológica publicada. Consultando los mapas disponibles en la web del Instituto Geológico y Minero de España, se determina el tipo de terreno en el que se situará la vivienda, cuya conductividad térmica resulta situarse en el rango  $1,5 W/(m \cdot K) - 3 W/(m \cdot K)$ .

De la tabla 1, para 1800 h de funcionamiento anual equivalente y conductividad térmica entre 1,5 y 3  $W/(m \cdot K)$ , se obtiene un calor específico de extracción de 60 W/m.

Aplicando las ecuaciones (1) y (2) para una potencia calorífica de 12 kW, un COP de 4,6 y un calor específico de extracción de 60 W/m se obtiene una profundidad de perforación de 156,5 m.

Se realizarán 2 sondeos de 80 m de profundidad cada uno.

#### 4.2.3 Selección de la sonda

Se selecciona la sonda RAUGEO PE-RC DUO, una sonda geotérmica en doble U, fabricada en polietileno de alta densidad, con un pie de sonda compacto y robusto. Se opta por una sonda en doble U frente a las sondas simples en U debido a que demuestran un mejor intercambio tierra-agua.



**Figura 4. Sonda geotérmica RAUGEO PE-RC DUO. Fuente: catálogo de REHAU**

Los tubos de la sonda presentan un diámetro exterior de 32 mm con un espesor de pared de 3 mm. El diámetro del pie de la sonda asciende a 96 mm.

### 4.3 COLECTOR

Las dos sondas se conectan a un colector con un módulo de impulsión y otro de retorno. Cada módulo de retorno lleva incorporado un caudalímetro y una válvula de cierre que permiten asegurar que circule el mismo caudal por ambas sondas. Desde el colector partirán las tuberías de conexión con la bomba de calor.

Para este proyecto se selecciona el colector RAUGEO CLICK, fabricado en poliamida reforzada con fibra de vidrio.



Figura 5. Colector RAUGEO CLICK. Fuente: catálogo de REHAU

### 4.4 FLUIDO CALOPORTADOR

Con el objetivo de proteger la instalación frente a la congelación, se utilizará como fluido caloportador una mezcla de agua y anticongelante.

Se empleará una solución anticongelante agua-monoetilenglicol, con una concentración de anticongelante puro del 33%. De esta forma se obtiene una temperatura de congelación de  $-14^{\circ}\text{C}$ , inferior a la mínima histórica registrada en la localización de la vivienda ( $-10^{\circ}\text{C}$ ).

#### 4.4.1 Estimación del volumen necesario

El volumen de fluido caloportador será la suma del contenido en las sondas más el contenido en las tuberías que conectan las sondas con la sala de calderas. En ambos casos, el volumen se calculará mediante la expresión del volumen de un cilindro:

$$V = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot L \quad (3)$$

Donde:

$V$ : volumen de la sonda o de la tubería ( $m^3$ )

$D$ : diámetro interior de la sonda o de la tubería ( $m$ )

$L$ : longitud de la sonda o de la tubería ( $m$ )

#### 4.1.1.1 Volumen contenido en las sondas

Cada sonda de 80  $m$  está formada por cuatro tubos (dos de ida y dos de retorno) de 32  $mm$  de diámetro exterior y 3  $mm$  de espesor de pared. Así pues, el volumen de fluido contenido en cada sonda será de 170  $l$ .

Se instalan dos sondas de las características anteriores, por lo que el volumen total de fluido en las sondas será de 340  $l$ .

#### 4.1.1.2 Volumen contenido en las tuberías

La conexión de las sondas de captación con el colector se realiza mediante tubo de polietileno PE 100 de 40  $mm$  de diámetro exterior y 3,7  $mm$  de espesor.

La conexión del colector con la bomba de calor se realiza mediante tubo de polietileno PE 100 de 50  $mm$  de diámetro exterior y 4,6  $mm$  de espesor.

Las perforaciones verticales se estima que se situarán a una distancia horizontal máxima de 15  $m$  medidos desde el colector, por lo que serán necesarios 60  $m$  de tubería (30  $m$  para la conexión de cada perforación, siendo 15  $m$  para ida y 15  $m$  para retorno).

Para la conexión del colector con la bomba geotérmica se estiman necesarios 10  $m$  de tubería (5  $m$  para ida y 5  $m$  para retorno).

Teniendo en cuenta las longitudes y diámetros establecidos, el volumen de fluido contenido en las tuberías, calculado según la ecuación (3), asciende a 63  $l$  (50  $l$  en las conexiones de las perforaciones verticales con el colector, y 13  $l$  en la conexión del colector con la bomba de calor).

#### 4.1.1.3 Volumen total y anticongelante necesario

Sumando el volumen contenido en las sondas y en las tuberías se obtiene un volumen total en la instalación de 403  $l$ . Teniendo en cuenta que la concentración de anticongelante puro es del 33%, serán necesarios 133  $l$  de monoetilenglicol.

## 5 SISTEMA EMISOR: SUELO RADIANTE

Como sistema emisor se ha optado por el suelo radiante, un sistema de calefacción en el que los tubos, que transportan agua con o sin aditivos como fluido caloportador, van ocultos bajo el suelo.

La instalación de suelo radiante estará formada por una serie de componentes, como son los distribuidores, las tuberías generales, las tuberías que conforman los propios circuitos de suelo radiante o el sistema de regulación.

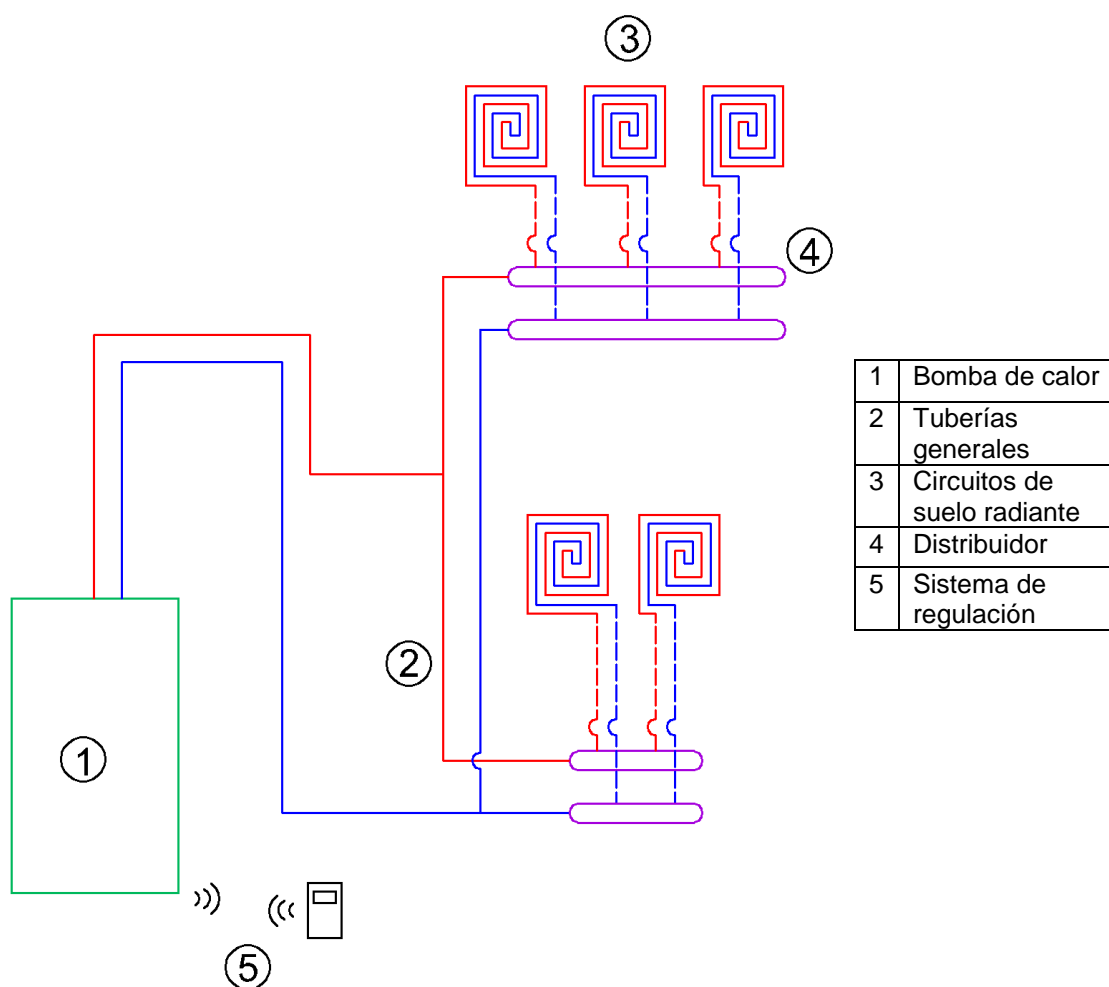


Figura 6. Esquema del sistema de emisión por suelo radiante

### 5.1 DISTRIBUIDORES

Los distribuidores son los elementos de la instalación encargados de conducir el agua de la tubería general, procedente de la bomba de calor, a cada uno de los circuitos de suelo radiante, y recoger el agua procedente de dichos circuitos para llevarla de nuevo a la bomba de calor. Están compuestos de dos colectores horizontales paralelos, uno de ida y otro de retorno.

De la bomba de calor, situada en el cuarto de calderas, saldrá una tubería que se ramifica para alimentar dos colectores, uno situado en el propio cuarto de calderas (que alimenta los circuitos de la cocina, salón-comedor, pasillo y cuarto de calderas) y otro situado en el pasillo (que alimenta los demás circuitos de la vivienda). La situación de estos distribuidores se puede consultar en el Plano N° 8 de la documentación gráfica del proyecto.

Los distribuidores instalados serán del modelo HKV-CL, del grupo Roth.



Figura 7. Distribuidor HKV-CL. Fuente: catálogo de Roth

## 5.2 CIRCUITOS

### 5.2.1 Configuración

Para los circuitos de suelo radiante se selecciona la distribución en espiral. Se trata de la distribución que mejor homogeneiza la temperatura del suelo radiante al ir intercalando los primeros tubos de ida con los últimos de retorno. Además, se adapta con facilidad a cualquier forma geométrica.

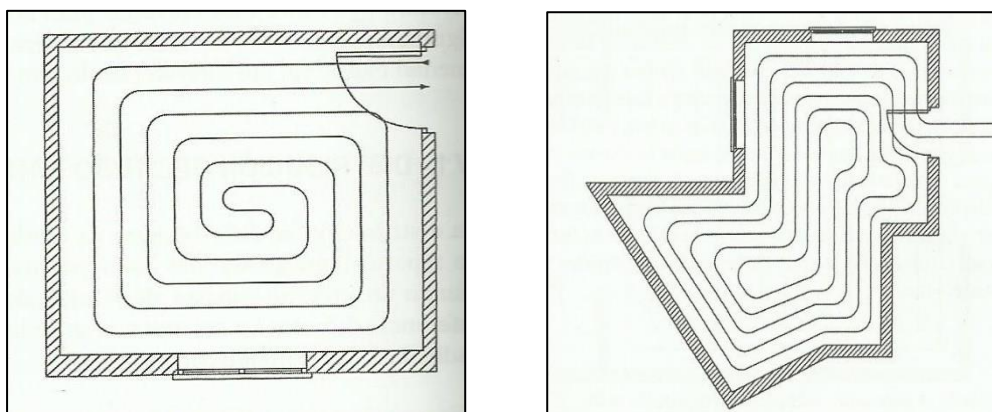


Figura 8. Distribución en espiral. Fuente: “Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Sistema de suelo radiante” editado por ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración)

## 5.2.2 Dimensionado

El dimensionado de los circuitos 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.

### 5.2.2.1 Método empleado

Para dimensionar el suelo radiante de este proyecto se seguirá el método establecido en la norma UNE-EN 1264, recogido en el volumen “*Documentos técnicos de instalaciones en la edificación. Sistema de suelo radiante*” editado por ATECYR (Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración).

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

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_u^{m_u} \cdot a_D^{m_D} \cdot \Delta T_{DMLT} \quad (4)$$

Donde:

$q$ : densidad de flujo de calor ( $W/m^2$ )

$B$ : coeficiente del sistema ( $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ )

$a_B$ : factor de cubierta superficial (*adimensional*)

$a_T$ : parámetro de espaciado o factor de paso (*adimensional*)

$a_u$ : factor de recubrimiento de la tubería (*adimensional*)

$a_D$ : factor de diámetro exterior de la tubería (*adimensional*)

$m_T, m_u, m_D$ : exponentes de los factores

$\Delta T_{DMLT}$ : diferencia media logarítmica de temperaturas ( $^\circ C$ )

La **densidad de flujo de calor** es la potencia calorífica que debe disipar el suelo por unidad de superficie.

El **coeficiente del sistema** para suelo radiante es de  $B = 6,5 W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

El **factor de cubierta superficial** (revestimiento del suelo) se calcula a partir de la siguiente ecuación:

$$a_B = \frac{\frac{1}{h} + \frac{e_0}{k_0}}{\frac{1}{h} + \frac{e_0}{k_E} + R_{sup}} \quad (5)$$



Donde:

$h$ : coeficiente de película

$e_0$ : espesor de referencia de la capa de mortero

$k_0$ : conductividad de referencia de la capa de mortero

$k_E$ : conductividad térmica real de la capa de mortero

$R_{sup}$ : resistencia de la superficie

La resistencia de la superficie puede calcularse dividiendo el espesor por la conductividad, pero normalmente se utilizan los siguientes valores aproximados:

- Cerámico (terrazo o gres):  $R_{sup} = 0 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$
- Parqué (7 mm):  $R_{sup} = 0,05 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$
- Moqueta (5 mm):  $R_{sup} = 0,1 \text{ (m}^2 \cdot \text{°C)/W}$

La siguiente tabla muestra el valor que adquiere el factor de cubierta, así como los valores de los parámetros que permiten calcularlo:

**Tabla 2. Cálculo del factor de cubierta superficial**

Parámetro	Valor
Coeficiente de película ( $W/(m^2 \cdot \text{°C})$ )	10,8
Espesor de referencia de la capa de mortero ( $m$ )	0,045
Conductividad de referencia de la capa de mortero ( $W/(m \cdot \text{°C})$ )	1
Conductividad térmica real de la capa de mortero ( $W/(m \cdot \text{°C})$ )	1,7
Resistencia de la superficie ( $(m^2 \cdot \text{°C)/W}$ )	0
<b>Factor de cubierta superficial <math>a_B</math> (adimensional)</b>	<b>1,16</b>

El **parámetro de espaciado o factor de paso** depende de la resistencia superficial, y se puede calcular mediante la ecuación (6):

$$a_T = 1,23 - 0,94 \cdot R_{sup} + 2 \cdot R_{sup}^2 \quad (6)$$

Aplicando esta expresión para una resistencia de la superficie nula (correspondiente a un material cerámico) se obtiene un factor de espaciado  $a_T = 1,23$ .

El **factor de recubrimiento de la tubería** depende de la separación entre los tubos (paso) y de la resistencia superficial. Para una resistencia superficial nula (caso de los materiales cerámicos como los empleados en este proyecto), el factor de recubrimiento adquiere los siguientes valores:

**Tabla 3. Valores del factor de recubrimiento en función del paso para una resistencia superficial nula**

<b>Paso (m)</b>	<b>Factor de recubrimiento <math>a_u</math> (adimensional)</b>
0,05	1,065
0,1	1,059
0,15	1,053
0,2	1,048
0,25	1,042
0,3	1,036
0,35	1,031

El **factor de diámetro exterior de la tubería** depende también de la separación entre los tubos (paso) y de la resistencia superficial. Este factor toma los siguientes valores:

**Tabla 4. Valores del factor de diámetro exterior de la tubería en función del paso para una resistencia superficial nula**

<b>Paso (m)</b>	<b>Factor de diámetro <math>a_D</math> (adimensional)</b>
0,05	1,012
0,1	1,028
0,15	1,038
0,2	1,044
0,25	1,048
0,3	1,052
0,35	1,054

Los **exponentes** de los factores que aparecen en la ecuación (4) se obtienen mediante las siguientes expresiones:

Exponente del factor de espaciado:

$$m_T = 1 - \frac{T}{0,075} \quad (7)$$

Donde:

$T$ : separación entre los tubos, también denominada paso ( $m$ )

Exponente del factor de recubrimiento de tubería:

$$m_u = 100 \cdot (0,045 - e_u) \quad (8)$$

Donde:

$e_u$ : espesor real de mortero. Para este proyecto 0,05 m.

Exponente del factor de diámetro exterior de la tubería:

$$m_D = 250 \cdot (D - 0,020) \quad (9)$$

Donde:

$D$ : diámetro exterior de la tubería. Para la tubería seleccionada  $D = 0,016$  m

### 5.2.2.2 Densidad de flujo de calor máxima en cada local

Para poder iniciar el cálculo de la instalación, es necesario conocer la densidad de flujo de calor máxima que ha de emitirse en cada local desde el suelo radiante. Dicho flujo se obtiene como resultado de dividir la carga máxima de calefacción de cada local (calculadas en el Anexo III) entre la superficie del mismo.

Los resultados de densidad de flujo de calor máxima para cada espacio de la vivienda se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 5. Densidad de flujo de calor máxima necesaria para cada local de la vivienda**

Espacio	Carga térmica máxima (W)	Superficie ( $m^2$ )	Densidad de flujo de calor máxima ( $W/m^2$ )
Dormitorio principal	1011	19	53,21
Dormitorio 1	477	11,3	42,21
Dormitorio 2	477	11,3	42,21
Dormitorio 3	520	10,5	49,52
Baño dormitorio principal	576	8,3	69,40
Baño 1	503	5,1	98,63
Baño 2	527	8,1	65,06
Salón-comedor	1585	28,7	55,23
Cocina	980	16,5	59,39
Despacho	658	7,5	87,73
Sala de juegos	534	10,8	49,44
Cuarto de calderas	726	8,3	87,47
Pasillo	430	24,5	17,55

Antes de comenzar con el dimensionado se procede a comprobar si la demanda de algún local es superior a la que puede disipar el sistema por suelo radiante. En ese caso habría que plantear reducir la demanda de calefacción, incluir un sistema de apoyo o seleccionar otro tipo de instalación.

La ecuación que determina el flujo de calor disipado desde el suelo radiante es la siguiente:

$$q = 8,92 \cdot (|T_{suelo} - T_{operativa}|)^{1,1} \quad (10)$$

Donde:

$T_{suelo}$ : temperatura del suelo. Puede alcanzar un máximo de 29°C en zonas ocupadas y de 35°C en zonas perimetrales y baños.

$T_{operativa}$ : temperatura a la que se encuentra el local. El RITE establece que debe estar comprendida entre 21°C y 23°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 y baños:

**Tabla 6. Potencia máxima aportada desde el suelo radiante**

Zona ocupada		Zona perimetral y baños	
$T_{suelo\ máxima} (°C)$	29	$T_{suelo\ máxima} (°C)$	35
$T_{operativa} (°C)$	21	$T_{operativa} (°C)$	21
$q_{máximo} (W/m^2)$	<b>87,9</b>	$q_{máximo} (W/m^2)$	<b>162,6</b>

Se concluye que en ningún local la potencia necesaria es superior a la máxima que puede aportar el suelo radiante, por lo que no será necesaria la instalación de sistemas de apoyo.

### 5.2.2.3 Proceso de dimensionado

Se empieza seleccionando el circuito que disponga de la mayor densidad de flujo térmico, que será el del baño 1 ( $98,63 W/m^2$ ). A partir de este valor se calcula la diferencia media logarítmica de temperaturas mediante la ecuación (4).

Las siguientes tablas recogen los valores de los parámetros y exponentes que forman parte de dicha ecuación, separándolos en aquellos que dependen del paso de tubo y aquellos que no.

**Tabla 7. Parámetros y exponentes que no dependen del paso de tubería**

$B$ ( $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ )	6,5
$a_B$ (adimensional)	1,16
$a_T$ (adimensional)	1,23
$m_U$ (adimensional)	-0,5
$m_D$ (adimensional)	-1

**Tabla 8. Parámetros y exponentes que dependen del paso de tubería**

$T$ (m)	$a_U$ (adimensional)	$a_D$ (adimensional)	$m_T$ (adimensional)
0,05	1,069	1,01	0,33
0,1	1,066	1,02	-0,33
0,15	1,063	1,03	-1,00
0,2	1,057	1,04	-1,67
0,25	1,051	1,05	-2,33
0,3	1,048	1,05	-3,00
0,35	1,04	1,05	-3,67

Los resultados de la diferencia media logarítmica de temperaturas, obtenidos con los valores de las tablas anteriores, en función del paso de tubería, son los siguientes:

**Tabla 9. Diferencia media logarítmica de temperaturas del baño 1 en función del paso de tubería**

<b>Baño 1</b>	
<i>Paso de tubería</i> $T$ (m)	$\Delta T_{DMLT}$ ( $^\circ C$ )
0,05	12,80
0,1	14,88
0,15	17,20
0,2	19,82
0,25	22,77
0,3	26,16
0,35	30,02

Conocida la diferencia media logarítmica de temperaturas se puede calcular la temperatura del agua a la entrada del circuito que permite obtener la densidad de flujo necesaria:

$$T_{entrada} = T_{operativa} + \frac{\Delta T}{1 - \exp\left(-\Delta T / \Delta T_{DMLT}\right)} \quad (11)$$

Donde:

$T_{entrada}$ : temperatura del agua a la entrada del circuito (°C)

$T_{operativa}$ : temperatura del local (°C)

$\Delta T$ : salto térmico del agua en el circuito (°C)

$\Delta T_{DMLT}$ : diferencia media logarítmica de temperaturas (°C)

La temperatura del local se fija en 21°C, cumpliendo con las condiciones interiores de diseño fijadas por el RITE.

Los saltos térmicos (temperatura de entrada menos temperatura de salida) que se establecen para el agua en cada uno de los circuitos deben encontrarse ente 5°C y 15°C.

Para el circuito con mayor densidad de flujo térmico, que es el que se está estudiando, se toma el salto térmico mínimo, es decir, 5°C.

Con estos valores se obtienen las siguientes temperaturas de entrada en función del paso de tubería:

**Tabla 10. Temperatura de entrada para el circuito del baño 1 en función del paso de tubería**

<b>Baño 1</b>	
<b><i>Paso de tubería T (m)</i></b>	<b><i>T<sub>entrada</sub> (°C)</i></b>
0,05	36,5
0,1	38,5
0,15	40,8
0,2	43,4
0,25	46,4
0,3	49,7
0,35	53,6

A continuación, se procede a seleccionar una temperatura de entrada de entre las obtenidas. El procedimiento consiste en determinar el valor de diferencia media logarítmica de temperaturas que se necesita para el resto de circuitos y compararlo con los valores que proporcionan los diferentes saltos térmicos entre 5°C y 15°C para las posibles temperaturas de entrada obtenidas. Se seleccionará la temperatura de entrada máxima que permita obtener la densidad de flujo de calor necesaria en cada local sin pasarse.

Se utiliza para el cálculo el local con menor densidad de flujo térmico, que será el pasillo, con  $17,55 \text{ W/m}^2$ . Si cumple este local también cumplirán todos los demás.

Los valores de diferencia media logarítmica de temperaturas en función del salto térmico y de la temperatura de entrada (la temperatura operativa se considera fija en  $21^\circ\text{C}$ ) se obtienen con la siguiente expresión:

$$\Delta T_{DMLT} = \frac{\Delta T}{\ln \frac{T_{\text{entrada}} - T_{\text{operativa}}}{T_{\text{entrada}} - \Delta T - T_{\text{operativa}}}} \quad (12)$$

Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 11. Diferencia media logarítmica de temperaturas en función de la temperatura de entrada y del salto térmico**

$T_{\text{entrada}} (^\circ\text{C})$	Diferencia media logarítmica de temperaturas $\Delta T_{DMLT} (^\circ\text{C})$										
36,5	12,8	12,2	11,6	11,0	10,3	9,6	8,8	8,0	7,1	5,9	4,3
38,5	14,9	14,3	13,7	13,1	12,5	11,8	11,1	10,4	9,6	8,7	7,7
40,8	17,2	16,6	16,1	15,5	14,9	14,2	13,6	12,9	12,2	11,4	10,6
43,4	19,8	19,3	18,7	18,1	17,5	16,9	16,3	15,7	15,0	14,3	13,6
46,4	22,8	22,2	21,7	21,1	20,5	19,9	19,3	18,7	18,1	17,4	16,8
49,8	26,2	25,6	25,1	24,5	24,0	23,4	22,8	22,2	21,6	21,0	20,3
53,7	30,0	29,5	28,9	28,4	27,8	27,3	26,7	26,1	25,5	24,9	24,3
$\Delta T (^\circ\text{C})$	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>

La tabla representa los valores de  $\Delta T_{DMLT}$  que puede aportar el suelo radiante. Estos valores habrá que compararlos con los que necesita el pasillo.

El cálculo de la diferencia media logarítmica de temperaturas que necesita el pasillo se realiza, al igual que se ha hecho para el baño 1, mediante la ecuación (4). Los valores de los parámetros son los mismos, sólo varía la densidad de flujo de calor. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 12. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el pasillo en función del paso de tubería**

Pasillo	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT} (^\circ\text{C})$
0,05	2,28
0,1	2,65
0,15	3,06
0,2	3,53
0,25	4,05
0,3	4,66
0,35	5,34

Conocida la máxima diferencia media logarítmica de temperatura que necesita el pasillo, se selecciona la temperatura de entrada más alta posible que permita obtener una  $\Delta T_{DMLT}$  menor que la del pasillo. Así pues, consultando la tabla 12, se concluye que la temperatura de entrada será 36,5 °C, que para un salto térmico de 15°C proporciona una  $\Delta T_{DMLT} = 4,3^\circ\text{C}$ , inferior a los 5,34°C que necesita el pasillo con el mayor paso de tubería (0,35 m). Para cumplir con esta temperatura de entrada el circuito del baño 1 (local con mayor densidad de flujo de calor) deberá utilizar el paso de tubería más bajo (0,05 m), tal y como se puede comprobar en la tabla 10.

Una vez seleccionada la temperatura de entrada quedan determinados los valores de  $\Delta T_{DMLT}$  en función únicamente del salto térmico del circuito:

**Tabla 13. Diferencia media logarítmica de temperaturas en función del salto térmico para una temperatura de entrada de 36,5 °C.**

$T_{entrada}$ (°C)	Diferencia media logarítmica de temperaturas $\Delta T_{DMLT}$ (°C)										
<b>36,5</b>	12,8	12,2	11,6	11,0	10,3	9,6	8,8	8,0	7,1	5,9	4,3
$\Delta T$ (°C)	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Conocidos estos valores se procede a determinar el paso de tubería del resto de los locales, comparando la  $\Delta T_{DMLT}$  que necesitan (obtenida mediante la ecuación (4)) con la  $\Delta T_{DMLT}$  correspondiente a la temperatura de entrada seleccionada, cuyos valores se recogen en la tabla 13. Se seleccionará siempre el mayor paso posible, pues esto da lugar a la longitud mínima de tubería y por lo tanto a una menor inversión.

A continuación, se detalla el procedimiento para el dormitorio principal:

Este local presenta una densidad de flujo de calor igual a 53,21 W/m<sup>2</sup>. Así pues, le corresponden los siguientes valores de diferencia media logarítmica de temperaturas en función del paso:

**Tabla 14. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio principal en función del paso de tubería**

Dormitorio principal	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	6,90
0,1	8,03
0,15	9,28
0,2	10,69
0,25	12,28
0,3	14,11
0,35	16,25



Habrá que buscar el mayor paso de tubería que provoque una  $\Delta T_{DMLT}$  inferior a la máxima que genera el suelo radiante para la temperatura de entrada seleccionada (12,8 °C tal y como se aprecia en la tabla 13).

Se concluye que el paso de tubería en el dormitorio principal será de 0,25 m, que proporciona un salto térmico de entre 5°C y 6°C.

Este procedimiento se repite para el resto de locales de la vivienda.

#### 5.2.2.4 Resultados obtenidos

En las siguientes tablas se recogen los valores de  $\Delta T_{DMLT}$  necesarios para cada local, calculados mediante la ecuación (4), resaltando los valores que permiten obtener el mayor paso posible cumpliendo con el criterio de no superar la  $\Delta T_{DMLT}$  máxima que puede generar el suelo radiante para la temperatura de entrada seleccionada.

**Tabla 15. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el baño 1 en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Baño 1</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
<b>0,05</b>	<b>12,84</b>
0,1	14,83
0,15	17,13
0,2	19,82
0,25	22,82
0,3	26,24
0,35	30,11

**Tabla 16. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el pasillo principal en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Pasillo</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	2,28
0,1	2,64
0,15	3,05
0,2	3,53
0,25	4,06
0,3	4,67
<b>0,35</b>	<b>5,36</b>

**Tabla 17. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio principal en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Dormitorio principal</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	6,90
0,1	8,03
0,15	9,28
0,2	10,69
<b>0,25</b>	<b>12,28</b>
0,3	14,11
0,35	16,25

**Tabla 18. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio 1 en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Dormitorio 1</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	5,48
0,1	6,37
0,15	7,36
0,2	8,48
0,25	9,74
<b>0,3</b>	<b>11,20</b>
0,35	12,85

**Tabla 19. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio 2 en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Dormitorio 2</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	5,48
0,1	6,37
0,15	7,36
0,2	8,48
0,25	9,74
<b>0,3</b>	<b>11,20</b>
0,35	12,85

**Tabla 20. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el dormitorio 3 principal en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Dormitorio 3</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	6,43
0,1	7,47
0,15	8,64
0,2	9,95
<b>0,25</b>	<b>11,43</b>
0,3	13,14
0,35	15,07

**Tabla 21. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el baño del dormitorio principal en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Baño dormitorio principal</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	9,01
0,1	10,47
<b>0,15</b>	<b>12,10</b>
0,2	13,94
0,25	16,02
0,3	18,41
0,35	21,12

**Tabla 22. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el baño 2 en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Baño 2</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	8,44
0,1	9,82
<b>0,15</b>	<b>11,35</b>
0,2	13,07
0,25	15,02
0,3	17,26
0,35	19,80

**Tabla 23. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el salón-comedor en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Salón-comedor</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	7,17
0,1	8,33
0,15	9,63
0,2	11,10
<b>0,25</b>	<b>12,75</b>
0,3	14,65
0,35	16,81

**Tabla 24. Diferencia media logarítmica de temperaturas para la cocina en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Cocina</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	7,71
0,1	8,96
0,15	10,36
<b>0,2</b>	<b>11,93</b>
0,25	13,71
0,3	15,75
0,35	18,08

**Tabla 25. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el despacho en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Despacho</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
<b>0,05</b>	<b>11,38</b>
0,1	13,24
0,15	15,30
0,2	17,63
0,25	20,25
0,3	23,27
0,35	26,70

**Tabla 26. Diferencia media logarítmica de temperaturas para la sala de juegos en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Sala de juegos</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
0,05	6,42
0,1	7,46
0,15	8,62
0,2	9,93
<b>0,25</b>	<b>11,41</b>
0,3	13,11
0,35	15,05

**Tabla 27. Diferencia media logarítmica de temperaturas para el cuarto de calderas en función del paso de tubería (resaltado el paso seleccionado)**

<b>Cuarto de calderas</b>	
<i>Paso de tubería T (m)</i>	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)
<b>0,05</b>	<b>11,35</b>
0,1	13,20
0,15	15,26
0,2	17,57
0,25	20,19
0,3	23,20
0,35	26,62

Una vez seleccionado el paso de tubería para cada local se puede calcular la longitud de cada circuito mediante la siguiente expresión:

$$L = \frac{A}{T} + 2 \cdot l \quad (13)$$

Donde:

*L*: longitud del circuito de suelo radiante (*m*)

*A*: área del local a calefactar (*m*<sup>2</sup>)

*T*: paso de tubería seleccionado (*m*)

*l*: distancia desde el distribuidor hasta el local a calefactar (*m*)

En la siguiente tabla se resumen los pasos de tubería seleccionados, así como los resultados del cálculo de longitud de cada circuito.

**Tabla 28. Paso y longitud de tubería de suelo radiante para cada local de la vivienda**

Local	Paso de tubería seleccionado (m)	Longitud del circuito (m)
Dormitorio principal	0,25	85,4
Dormitorio 1	0,3	40,5
Dormitorio 2	0,3	38,7
Dormitorio 3	0,25	44,0
Baño dormitorio principal	0,15	68,1
Baño 1	0,05	105,0
Baño 2	0,15	60,8
Salón-comedor	0,25	120,8
Cocina	0,2	84,5
Despacho	0,05	158,4
Sala de juegos	0,25	45,4
Cuarto de calderas	0,05	166,0
Pasillo	0,35	79,0

Con el fin de reducir la pérdida de carga de la instalación, en el salón-comedor se instalarán dos circuitos iguales, cada uno con la mitad de la longitud calculada.

Para los circuitos de suelo radiante se empleará el tubo X-PERT S5 de polietileno resistente a la temperatura, del fabricante Roth.

### 5.2.3 Caudal

El caudal de diseño de un circuito de suelo radiante se calcula mediante la siguiente expresión:

$$m_h = \frac{A \cdot q}{\Delta T \cdot C_e} \cdot \left( 1 + \frac{R_{sup}}{R_{inf}} + \frac{T_{sup} - T_{inf}}{q \cdot R_{sup}} \right) \quad (14)$$

Donde:

$m_h$ : caudal másico (kg/s)

$q$ : densidad de flujo de calor ( $W/m^2$ )

$A$ : área del local ( $m^2$ )

$\Delta T$ : salto térmico ( $^{\circ}C$ )

$C_e$ : calor específico del agua

$R_{sup}$ : resistencia a la transmisión de calor parcial hacia arriba

$R_{inf}$ : resistencia a la transmisión de calor parcial hacia abajo

$T_{sup}$ : temperatura interior del local

$T_{inf}$ : temperatura bajo el local calefactado

Los valores de densidad de flujo de calor y de área de cada local se obtienen de la tabla 5 de este documento.

El salto térmico se determina por medio de la ecuación (12) con 21°C de temperatura operativa, la temperatura de entrada seleccionada (36,5°C) y la  $\Delta T_{DMLT}$  calculada para cada local. Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 29. Salto térmico de cada circuito de suelo radiante**

Local	$\Delta T_{DMLT}$ (°C)	$\Delta T$ (°C)
Dormitorio principal	12,28	5,9
Dormitorio 1	11,20	7,7
Dormitorio 2	11,20	7,7
Dormitorio 3	11,43	7,3
Baño dormitorio principal	12,10	6,3
Baño 1	12,84	5,0
Baño 2	11,35	7,6
Salón-comedor	12,75	5,1
Cocina	11,93	6,5
Despacho	11,38	7,4
Sala de juegos	11,41	7,3
Cuarto de calderas	11,35	7,6
Pasillo	5,36	14,5

Como calor específico del agua se toma  $4178 J/(kg \cdot K)$ .

La resistencia a la transmisión de calor parcial hacia arriba ( $R_{sup}$ ) incluye la capa de mortero autonivelante y el solado cerámico, resultando un valor de  $0,049 (m^2 \cdot K)/W$ .

La resistencia a la transmisión de calor parcial hacia abajo ( $R_{inf}$ ) incluye el panel portatubos, el aislamiento de poliestireno, el hormigón armado y el hormigón de limpieza, alcanzando un valor de  $3,62 (m^2 \cdot K)/W$ .

La temperatura en el interior del local será la ya establecida a lo largo de este documento (21°C).

La temperatura bajo el local calefactado será la temperatura del terreno, que para cálculo de instalaciones de calefacción en la provincia de Lugo se fija en un valor de 7°C.

Sustituyendo estos valores en la ecuación (14) se obtiene el flujo másico para cada local. A partir del flujo másico se puede obtener, por medio de la densidad del agua, el caudal volumétrico.

Los resultados se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla 30. Caudal volumétrico de cada circuito de suelo radiante**

<b>Circuito</b>	<b>Flujo másico (kg/s)</b>	<b>Caudal volumétrico (l/h)</b>
Dormitorio principal	0,044	160,1
Dormitorio 1	0,016	59,1
Dormitorio 2	0,016	59,1
Dormitorio 3	0,019	66,9
Baño dormitorio principal	0,023	84,1
Baño 1	0,025	91,1
Baño 2	0,018	64,0
Salón-comedor 1	0,040	144,8
Salón-comedor 2	0,040	144,8
Cocina	0,041	148,3
Despacho	0,022	78,8
Sala de juegos	0,019	68,7
Cuarto de calderas	0,024	86,1
Pasillo	0,009	31,6

El ajuste del caudal de cada circuito se realiza mediante los caudalímetros del distribuidor, durante la puesta en marcha de la instalación.

### **5.3 TUBERÍAS GENERALES**

Las tuberías generales transportan el agua de calefacción desde la bomba de calor hasta los distribuidores, y viceversa. Se usarán tuberías de PE-RT de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor de pared.

### **5.4 SISTEMA DE REGULACIÓN**

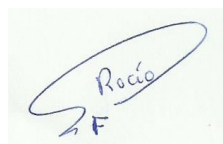
El compresor y las bombas de circulación con tecnología inverter modulante que incorpora la bomba de calor seleccionada, permiten adaptar la potencia térmica, el caudal y la temperatura de impulsión a lo requerido en cada momento.

Esto se consigue mediante un termostato modulante que varía la potencia de la bomba geotérmica en función de la temperatura seleccionada y de la temperatura medida. Estos termostatos son programables, por lo que permiten configurar diferentes patrones de temperatura deseada para distintos días de la semana. Además, pueden ser controlados por medio de conexión Wi-Fi, desde un Smartphone o Tablet.

El termostato se comunica vía radio con la bomba de calor permitiendo gestionar la temperatura de la estancia deseada, ubicando el termostato allí.



En Ferrol, a junio de 2018

A handwritten signature in blue ink on a light green background. The signature consists of a large, stylized loop that encloses the name 'Rocío'. Below the loop, the initials 'RF' are written.

Fdo.: Rocío Feijoo Díaz



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Anexo V**

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	OBJETO .....	6
2	ALCANCE .....	6
3	NORMAS Y REFERENCIAS .....	6
4	GRADO DE ELECTRIFICACIÓN.....	6
5	PARTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	7
5.1	ACOMETIDA .....	7
5.2	CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA.....	7
5.3	DERIVACIÓN INDIVIDUAL .....	8
5.4	CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN .....	8
5.4.1	Situación .....	8
5.4.2	Componentes.....	8
5.5	CIRCUITOS INTERIORES .....	10
5.5.1	Intensidad asignada.....	11
5.5.2	Sección de los conductores .....	11
5.6	RED DE TIERRA.....	13
6	ESQUEMA UNIFILAR .....	14

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuadro general de mando y protección.....	9
---	---

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes del cuadro general de mando y protección .....	9
Tabla 2. Intensidad asignada del interruptor automático de cada circuito. Fuente: REBT, ITC-BT-25 .....	11
Tabla 3. Sección mínima del conductor en función del tipo de circuito interior. Fuente: REBT, ITC-BT-25 .....	11
Tabla 4. Caída de tensión en cada circuito interior .....	12
Tabla 5. Caída de tensión total de cada circuito (derivación individual + circuito interior) .....	13

## 1 OBJETO

El presente anexo tiene como finalidad definir las características generales de la instalación eléctrica de la vivienda unifamiliar para la cual se realiza este proyecto.

## 2 ALCANCE

El alcance de este documento es la definición de las distintas partes de la instalación eléctrica, determinando los circuitos a instalar en la vivienda, la sección de conductor correspondiente a cada uno de ellos y las protecciones requeridas, todo esto dentro de la normativa vigente.

Se pretende así obtener como resultado el esquema unifilar de la instalación.

## 3 NORMAS Y REFERENCIAS

Para la realización de este anexo se cumplirán las disposiciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias, aprobado mediante el Real Decreto 842/2002 del 2 de agosto.

Además, se tendrán en cuenta las Guías Técnicas de Aplicación del REBT, cuyo objeto es facilitar la aplicación práctica de las exigencias que establece el Reglamento y sus Instrucciones Técnicas Complementarias.

## 4 GRADO DE ELECTRIFICACIÓN

Según lo estipulado por el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, en su Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-10, se considerará como vivienda con grado de electrificación elevado aquella que se encuentre en alguna de las siguientes situaciones:

- Previsión de utilización de aparatos electrodomésticos superior a la electrificación básica.
- Previsión de utilización de sistemas de calefacción eléctrica o de acondicionamiento de aire.
- Superficie útil de la vivienda superior a 160 m<sup>2</sup>.

Así pues, a la vivienda objeto de este proyecto se le asignará un grado de electrificación elevado.

La potencia a prever se fija en 9200 W, valor mínimo establecido por normativa para viviendas con electrificación elevada. Se estima que este valor será suficiente para la vivienda de este proyecto, según los resultados obtenidos con calculadoras que las propias comercializadoras ponen a disposición de los usuarios para determinar la potencia a contratar en función de los aparatos eléctricos de las viviendas.

## **5 PARTES DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

La instalación eléctrica de la vivienda del presente proyecto consta de las siguientes partes:

- Acometida
- Caja de protección y medida
- Derivación individual
- Cuadro general de mando y protección
- Circuitos interiores
- Red de tierra

A continuación, se describirá cada una de estas partes con sus principales características.

### **5.1 ACOMETIDA**

La acometida es la línea que conecta la red de distribución de electricidad de la compañía eléctrica con la caja de protección y medida. Es propiedad de la empresa suministradora.

### **5.2 CAJA DE PROTECCIÓN Y MEDIDA**

La caja de protección y medida aloja los elementos de protección de la derivación individual y los dispositivos requeridos para el control de la energía eléctrica consumida. Siguiendo la ITC-BT-13, como la fachada de la vivienda no linda con la vía pública, la caja de protección y medida se situará en el límite entre las propiedades pública y privada. Además, los dispositivos de lectura de los equipos de medida estarán situados a una altura comprendida entre 0,7 m y 1,8 m.



## 5.3 DERIVACIÓN INDIVIDUAL

Es la encargada de conducir la energía eléctrica desde la caja de protección y medida hasta el cuadro general de mando y protección. Se realizará con conductores aislados en el interior de tubos enterrados. La sección de dichos conductores será de  $16 \text{ mm}^2$  dando lugar a una caída de tensión del 1,07% , según los cálculos realizados con el software CYPELEC REBT. Se cumple así con lo establecido en la ITC-BT-15, que fija en el 1,5 % la caída de tensión máxima admisible para el caso de derivaciones individuales en suministros para un único usuario en que no existe línea general de alimentación.

## 5.4 CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCIÓN

### 5.4.1 Situación

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección se ubicarán en el interior de un cuadro de distribución, desde donde partirán los circuitos interiores.

Siguiendo la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-17 los dispositivos generales de mando y protección se situarán junto a la puerta de entrada, por lo que ese será el lugar en el que se instale el cuadro. Además, la altura a la cual se colocan medida desde el nivel del suelo estará comprendida entre 1,4 m y 2 m.

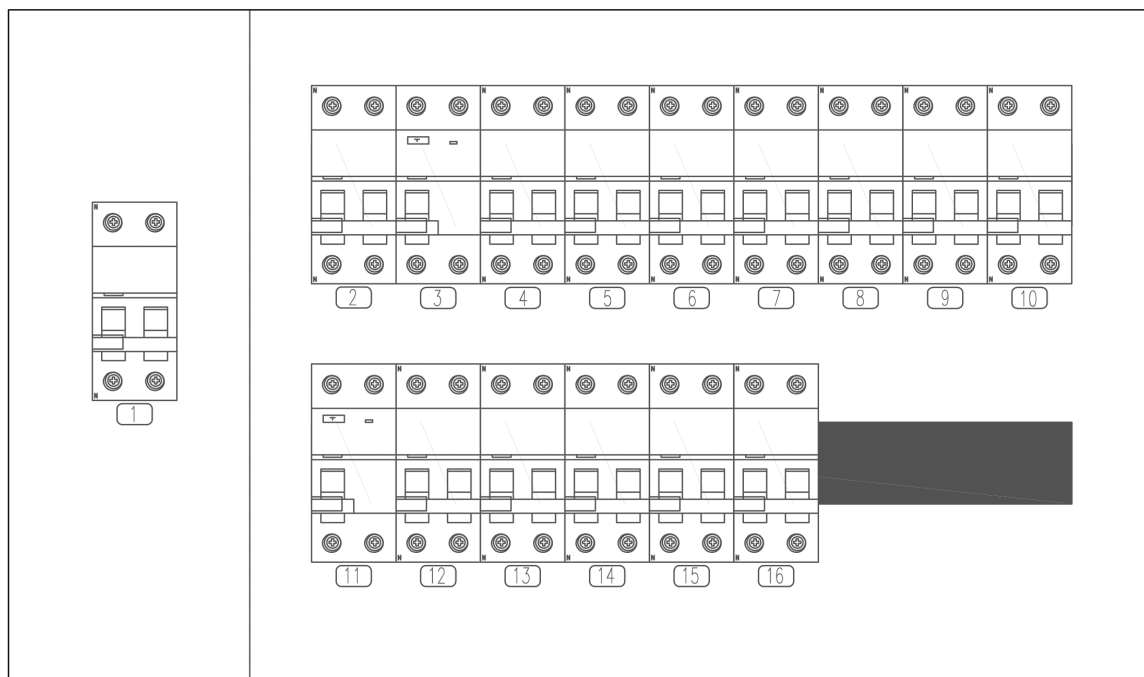
### 5.4.2 Componentes

Cumpliendo con lo dispuesto en la normativa, el cuadro general de mando y protección de la vivienda de este proyecto contará con los siguientes elementos:

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia. Su intensidad nominal será de 40 A, que es la correspondiente a una potencia prevista de 9200 W.
- Dos interruptores diferenciales, uno por cada grupo de circuitos, que permiten prescindir del interruptor diferencial general al quedar protegidos todos los circuitos. Su intensidad asignada será de 40 A, cumpliendo con la exigencia de ser igual o superior a la intensidad nominal del interruptor general.
- Un dispositivo de corte omnipolar, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos, para cada uno de los circuitos interiores. La intensidad nominal de cada uno de estos elementos dependerá del tipo de circuito y quedará establecida en el apartado 5.5.1. de este anexo.

Además, se instalará una caja para el interruptor de control de potencia, inmediatamente antes de los demás dispositivos, en compartimento independiente y precintable. Las características y tipo del ICP serán acordes al tipo de suministro y tarifa a aplicar, y corresponderán a un modelo oficialmente aprobado.

En la siguiente figura se recoge la distribución del cuadro general de mando y protección con todos sus componentes:



**Figura 1. Cuadro general de mando y protección**

**Tabla 1. Componentes del cuadro general de mando y protección**

Referencia	Descripción
1	Interruptor de control de potencia
2	Derivación individual, magnetotérmico
3	Agrupación 1, diferencial
4	C1, magnetotérmico
5	C2, magnetotérmico
6	C3, magnetotérmico
7	C4.1, magnetotérmico
8	C4.2, magnetotérmico
9	C4.3, magnetotérmico
10	C5, magnetotérmico
11	Agrupación 2, diferencial
12	C6, magnetotérmico
13	C7, magnetotérmico
14	C8, magnetotérmico
15	C10, magnetotérmico
16	C12, magnetotérmico

## 5.5 CIRCUITOS INTERIORES

Seguendo la Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-25, por tratarse de una vivienda con electrificación elevada, se deberán instalar los siguientes circuitos:

- $C_1$ : circuito de distribución interna, destinado a alimentar los puntos de iluminación.
- $C_2$ : circuito de distribución interna, destinado a tomas de corriente de uso general y frigorífico.
- $C_3$ : circuito de distribución interna, destinado a cocina y horno.
- $C_4$ : circuito de distribución interna, destinado a alimentar la lavadora, lavavajillas y termo eléctrico.
- $C_5$ : circuito de distribución interna, destinado a alimentar tomas de corriente de los cuartos de baño, así como las bases auxiliares del cuarto de cocina.
- $C_6$ : circuito adicional del tipo  $C_1$ , por cada 30 puntos de luz.
- $C_7$ : circuito adicional del tipo  $C_2$ , por cada 20 tomas de corriente de uso general o si la superficie útil de la vivienda es mayor de  $160 m^2$ .
- $C_8$ : circuito de distribución interna, destinado a la instalación de calefacción eléctrica cuando exista previsión de esta.
- $C_9$ : circuito de distribución interna, destinado a la instalación de aire acondicionado, cuando exista previsión de este.
- $C_{10}$ : circuito de distribución interna, destinado a la instalación de una secadora independiente.
- $C_{11}$ : circuito de distribución interna, destinado a la alimentación del sistema de automatización, gestión técnica de la energía y de seguridad, cuando exista previsión de este.
- $C_{12}$ : circuitos adicionales de cualquiera de los tipos  $C_3$  o  $C_4$ , cuando se prevean, o circuito adicional del tipo  $C_5$ , cuando su número de tomas de corriente exceda de 6.

El circuito  $C_8$  de calefacción se empleará para alimentar la bomba de calor geotérmica.

Se prescindirá del circuito  $C_9$  ya que no existe previsión de instalación de aire acondicionado. Así mismo, también se prescinde del circuito  $C_{11}$  por no existir previsión de instalar ningún sistema de automatización, gestión de la energía o de la seguridad.

Como el número de puntos de luz es superior a 30 pero inferior a 60 se instalará un circuito del tipo  $C_6$ . Además, debido a que el número de tomas de corriente del circuito  $C_5$  excede de 6, se instalará un circuito adicional de este tipo, el  $C_{12}$ .

El circuito  $C_4$  (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico) se desdoblará en tres circuitos independientes. Aunque no está prevista la instalación de un termo eléctrico, se instalará su toma de corriente, quedando esta disponible para otros usos, siguiendo la recomendación de la Guía Técnica de Aplicación de la ITC-BT 25.

Según la normativa, el desdoblamiento del citado circuito no supone la necesidad de instalar un diferencial adicional, aunque se supera el número máximo de circuitos por cada uno de estos elementos, establecido en cinco.

### 5.5.1 Intensidad asignada

Según la ITC-BT-25, la intensidad asignada del interruptor automático que protege cada circuito dependerá de su aplicación, y adoptará los siguientes valores:

**Tabla 2. Intensidad asignada del interruptor automático de cada circuito.**  
Fuente: REBT, ITC-BT-25

Circuito	Intensidad asignada del interruptor automático (A)
C <sub>1</sub> Iluminación	10
C <sub>2</sub> Tomas de uso general	16
C <sub>3</sub> Cocina y horno	25
C <sub>4.1</sub> Lavadora	16
C <sub>4.2</sub> Lavavajillas	16
C <sub>4.3</sub> Termo eléctrico	16
C <sub>5</sub> Baño y cuarto de cocina	16
C <sub>6</sub> Desdoble iluminación	10
C <sub>7</sub> Desdoble tomas de uso general	16
C <sub>8</sub> Calefacción	25
C <sub>10</sub> Secadora	16
C <sub>12</sub> Desdoble baño y cuarto de cocina	16

### 5.5.2 Sección de los conductores

Los conductores serán de cobre, y su sección será como mínimo la recogida en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Sección mínima del conductor en función del tipo de circuito interior.** Fuente: REBT, ITC-BT-25

Circuito	Sección mínima del conductor (mm <sup>2</sup> )
C <sub>1</sub> Iluminación	1,5
C <sub>2</sub> Tomas de uso general	2,5
C <sub>3</sub> Cocina y horno	6
C <sub>4.1</sub> Lavadora	2,5
C <sub>4.2</sub> Lavavajillas	2,5
C <sub>4.3</sub> Termo eléctrico	2,5
C <sub>5</sub> Baño y cuarto de cocina	2,5
C <sub>6</sub> Desdoble iluminación	1,5
C <sub>7</sub> Desdoble tomas de uso general	2,5
C <sub>8</sub> Calefacción	6
C <sub>10</sub> Secadora	2,5
C <sub>12</sub> Desdoble baño y cuarto de cocina	2,5

La elección de la sección de cable de cada circuito estará condicionada a que la caída de tensión sea como máximo del 3%. Esta caída de tensión se calculará para una intensidad de funcionamiento del circuito igual a la intensidad nominal del interruptor automático de dicho circuito, y para una distancia correspondiente a la del punto de utilización más alejado del origen de la instalación interior.

Se seleccionan para cada circuito las secciones mínimas de conductor establecidas en la tabla 3. Mediante el software CYPELEC REBT se calculan las caídas de tensión correspondientes a cada circuito, una vez establecidas las secciones y las longitudes de cada uno de ellos. Los resultados obtenidos son los siguientes:

**Tabla 4. Caída de tensión en cada circuito interior**

Circuito	Caída de tensión (%)	Valor máximo (%)	Cumple (Si/No)
C <sub>1</sub> iluminación	3	3	Si
C <sub>2</sub> Tomas de uso general	2,93	3	Si
C <sub>3</sub> Cocina y horno	0,76	3	Si
C <sub>4.1</sub> Lavadora	0,82	3	Si
C <sub>4.2</sub> Lavavajillas	0,70	3	Si
C <sub>4.3</sub> Termo eléctrico	1,41	3	Si
C <sub>5</sub> Baño y cuarto de cocina	2,93	3	Si
C <sub>6</sub> Desdoble iluminación	1,80	3	Si
C <sub>7</sub> Desdoble tomas de uso general	3,28	3	No
C <sub>8</sub> Calefacción	0,76	3	Si
C <sub>10</sub> Secadora	1,29	3	Si
C <sub>12</sub> Desdoble baño y cuarto de cocina	1,41	3	Si

Se comprueba que el circuito C<sub>7</sub> no cumple con la caída de tensión máxima permitida.

Sin embargo, la normativa establece que el valor de la caída de tensión podrá compensarse entre la de la instalación interior y la de la derivación individual, de forma que la caída de tensión total sea inferior a la suma de los valores límite especificados para ambas, según el tipo de esquema utilizado.

En el caso de derivaciones individuales para suministro de un único usuario sin concentración de contadores, la caída de tensión máxima admisible en la derivación es del 1,5 %, por lo que la caída de tensión máxima total será del 4,5%.

En tabla 5 se resumen los valores de la caída de tensión total para cada circuito (derivación individual + circuito interior), obtenidos con el software CYPELEC REBT.

Se comprueba así que las secciones asignadas a cada circuito, que son las mínimas establecidas por normativa, permiten cumplir con la caída de tensión máxima admisible.

**Tabla 5. Caída de tensión total de cada circuito (derivación individual + circuito interior)**

Circuito	Caída de tensión (%)	Valor máximo (%)	Cumple (Si/No)
C <sub>1</sub> Iluminación	4,08	4,5	Si
C <sub>2</sub> Tomas de uso general	4,00	4,5	Si
C <sub>3</sub> Cocina y horno	1,83	4,5	Si
C <sub>4.1</sub> Lavadora	1,89	4,5	Si
C <sub>4.2</sub> Lavavajillas	1,77	4,5	Si
C <sub>4.3</sub> Termo eléctrico	2,48	4,5	Si
C <sub>5</sub> Baño y cuarto de cocina	4,00	4,5	Si
C <sub>6</sub> Desdoble iluminación	2,87	4,5	Si
C <sub>7</sub> Desdoble tomas de uso general	4,35	4,5	Si
C <sub>8</sub> Calefacción	1,83	4,5	Si
C <sub>10</sub> Secadora	2,36	4,5	Si
C <sub>12</sub> Desdoble baño y cuarto de cocina	2,48	4,5	Si

## 5.6 RED DE TIERRA

Según la ITC-BT-18, las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

Con la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o de las de descarga de origen atmosférico.

En cumplimiento de la ITC-BT-26, por tratarse de una vivienda nueva, deberá establecerse una toma de tierra de protección, según el siguiente sistema: se instalará en el fondo de las zanjas de cimentación, y antes de empezar esta, un cable rígido de cobre desnudo, de 35 mm<sup>2</sup> de sección según ITC-BT-18, formando un anillo cerrado que abarque todo el perímetro del edificio.

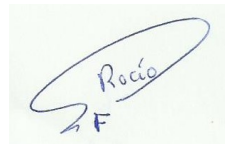
Al conductor en anillo se conectará un cierto número de hierros de los considerados principales, y como mínimo uno por zapata. Estas conexiones se establecerán de forma fiable y segura mediante soldadura aluminotermia.

Se instalarán conductores de protección acompañando a los conductores activos en todos los circuitos de la vivienda hasta los puntos de utilización. Su sección será la misma que la de los conductores de fase para cada circuito. Su función es la de unir eléctricamente las masas de la instalación al conductor de tierra, con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

## 6 ESQUEMA UNIFILAR

Una vez determinados los circuitos necesarios, sus secciones de cable, y las protecciones pertinentes, se procede a la representación de la instalación eléctrica de la vivienda mediante el correspondiente esquema unifilar. El resultado se recoge en el plano número 9 de la documentación gráfica del proyecto.

En Ferrol, a junio de 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop that encloses the name 'Rocío' and a small 'F' below it.

Fdo.: Rocío Feijoo Díaz



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Anexo VI**

**ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**





## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	ANTECEDENTES Y DATOS GENRALES.....	5
1.1	JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	5
1.2	OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD .....	5
1.3	DATOS DEL PROYECTO .....	6
1.4	DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y DE LA OBRA .....	6
1.5	INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA .....	7
1.6	MAQUINARIA PESADA DE OBRA.....	8
1.7	MEDIOS AUXILIARES .....	8
2	RIESGOS LABORALES .....	9
2.1	RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE .....	9
2.2	RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE .....	9
2.3	RIESGOS LABORALES ESPECIALES .....	11
3	PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS .....	11
4	NORMATIVA APLICABLE .....	12
4.1.	GENERAL .....	12
4.2.	EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs) .....	14
4.3.	INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA.....	15
4.4.	NORMATIVA DE ÁMBITO LOCAL (ORDENANZAS MUNICIPALES).....	15
5	PLIEGO DE CONDICIONES .....	16
5.1	EMPLEO Y MANTENIMIENTO DE LOS MEDIOS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN.....	16
5.1.1	Características de empleo y conservación de maquinaria.....	16
5.1.2	Características de empleo y conservación de útiles y herramientas.....	16
5.1.3	Empleo y conservación de equipos preventivos.....	16
5.2	OBLIGACIONES DEL PROMOTOR.....	17
5.3	COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD .....	17
5.4	PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO.....	18
5.5	OBLIGACIONES DE CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTA .....	18
5.6	OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS .....	19
5.7	LIBRO DE INCIDENCIAS .....	20
5.8	PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.....	20
5.9	DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.....	21
5.10	DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS .....	21

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distancia entre el lugar de trabajo y los puntos de asistencia primaria y especializada más próximos.....	7
Tabla 2. Riesgos evitables y medidas técnicas adoptadas.....	9
Tabla 3. Medidas preventivas y protecciones colectivas frente a riesgos laborales no eliminables completamente .....	10
Tabla 4. Equipos de protección individual frente a riesgos laborales no eliminables completamente.....	11

## **1 ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES**

### **1.1 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

De acuerdo con el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, el promotor está obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un estudio de seguridad y salud en los proyectos de obras en que se den alguno de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €).
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas.

El proyecto para el que se elabora el presente documento no cumple ninguno de los supuestos anteriores, por lo que será suficiente con la elaboración de un Estudio Básico de Seguridad y Salud, de acuerdo con lo establecido por el citado Real Decreto.

### **1.2 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se redacta para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, modificada por la Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de Riesgos Laborales.

Conforme a lo especificado en el Artículo 6, apartado 2, del RD. 1627/1997, el Estudio Básico deberá precisar:

- Las normas de seguridad y salud aplicables a la obra.
- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello.
- La relación de los riesgos laborales que no puedan eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficiencia, en especial cuando se propongan medidas alternativas.

- La relación de actividades y medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios apartados del anexo II de dicho RD (trabajos que implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores).
- Las previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

### **1.3 DATOS DEL PROYECTO**

Los datos generales del proyecto para el cual se realiza este Estudio son los siguientes:

- Tipo de obra: instalaciones para una vivienda unifamiliar con aprovechamiento de energía solar térmica y energía geotérmica.
- Situación: Camiño Camporredondo, s/n, Vilalba (Lugo), con coordenadas 43°18'17"N 7°40'16"W.
- Promotor: Escuela Politécnica Superior
- Proyectista: Rocío Feijoo Díaz

### **1.4 DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y DE LA OBRA**

Características y condicionantes del emplazamiento:

- Accesos a la obra: Por vía pública asfaltada que comunica con la entrada a la parcela
- Topografía del terreno: Llano
- Suministro de energía eléctrica: Si
- Suministro de agua: Si
- Sistema de saneamiento: Si
- Servidumbres y condicionantes: No hay

Características generales de la obra y fases de las que consta:

- Demoliciones: No
- Movimiento de tierras: No
- Cimentación y estructuras: No
- Albañilería y cerramientos: No
- Acabados: No
- Instalaciones: Si (agua caliente sanitaria, calefacción y electricidad)

## 1.5 INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo IV, parte A, del RD 1627/1997, los trabajadores tendrán a su disposición:

- Vestuarios adecuados con dimensiones suficientes y asientos y taquillas para cada trabajador.
- Duchas apropiadas y en número suficiente, con agua corriente, caliente y fría.
- Inodoros.
- Lavabos con agua fría y caliente.

De acuerdo con el apartado A) del anexo VI del Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo, la obra dispondrá de un botiquín portátil que contenga los siguientes elementos:

- Desinfectantes y antisépticos autorizados.
- Gasas estériles.
- Algodón hidrófilo.
- Venda.
- Esparadrapo.
- Apósitos adhesivos.
- Tijeras.
- Pinzas.
- Guantes desechables.

El material de primeros auxilios se revisará periódicamente y se irá reponiendo tan pronto como caduque o sea utilizado.

La siguiente tabla recoge las distancias desde el lugar de trabajo hasta los puntos de asistencia primaria y especializada más próximos.

**Tabla 1. Distancia entre el lugar de trabajo y los puntos de asistencia primaria y especializada más próximos**

Nivel de asistencia	Distancia en km
Asistencia Primaria (Urgencias)	1,1
Asistencia Especializada (Hospital)	40,7

La asistencia primaria (Urgencias) se sitúa en el Centro de Saúde de Vilalba, situado en la calle Mestras Amelia e Sagrario, s/n, Vilalba. Su teléfono es 982-510413.

La asistencia especializada (Hospital) se sitúa en el Hospital Universitario Lucus Augusti, situado en la calle Dr.Ulises Romero,1, Lugo. Su teléfono es 982-296000.

## **1.6 MAQUINARIA PESADA DE OBRA**

Entre la maquinaria pesada que se prevé emplear en la ejecución de la obra se incluyen:

- Mezcladora bombeadora para morteros autonivelantes
- Dumper de descarga frontal
- Pisón vibrante de guiado manual
- Máquina perforadora geotermia

## **1.7 MEDIOS AUXILIARES**

A continuación, se relacionan los medios auxiliares que van a ser empleados en la obra y sus características más importantes:

- Andamios tubulares apoyados:
  - o Deberán montarse bajo la supervisión de personal competente.
  - o Se apoyarán sobre una base sólida y preparada adecuadamente.
  - o Se dispondrán anclajes adecuados a las fachadas.
  - o Las cruces de San Andrés se colocarán por ambos lados.
  - o Correcta disposición de las plataformas de trabajo.
  - o Correcta disposición de la barandilla de seguridad, barra intermedia y rodapié.
  - o Correcta disposición de los accesorios a los distintos niveles de trabajo.
  - o Uso de cinturón de seguridad de sujeción Clase A, Tipo I, durante el montaje y desmontaje.
- Andamios sobre borriquetas:
  - o La distancia entre apoyos no debe sobrepasar los 3,5 m.
- Escaleras de mano:
  - o Zapatillas antideslizantes.
  - o Deben sobrepasar en 1 m la altura a salvar.

- Separación de la pared en la base igual a un cuarto de la altura total.
- Instalación eléctrica:
  - Cuadro general en caja estanca de doble aislamiento situado a una altura superior a 1 m.
  - Interruptores diferenciales de 0,3 A en líneas de máquinas y fuerza.
  - Interruptores diferenciales de 0,03 A en líneas de alumbrado a tensión superior a 24 V.
  - Interruptor magnetotérmico general omnipolar accesible desde el exterior.
  - Interruptores magnetotérmicos en líneas de máquinas, tomas de corriente y alumbrado.
  - La instalación de cables será aérea desde la salida del cuadro.
  - La puesta a tierra (caso de no utilizar la del edificio) será igual o inferior a 80  $\Omega$ .

## 2 RIESGOS LABORALES

### 2.1 RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE

La siguiente tabla recoge los riesgos laborales que, pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

Tabla 2. Riesgos evitables y medidas técnicas adoptadas

Riesgo evitable	Medidas adoptadas
Derivados de la rotura de instalaciones existentes	Neutralización de las instalaciones existentes

### 2.2 RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE

A continuación, se presenta una relación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente evitados:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Caídas de objetos sobre operarios.
- Caídas de objetos sobre terceros.
- Choques o golpes contra objetos.



- Fuertes vientos.
- Trabajos en condiciones de humedad.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Sobreesfuerzos.
- Caídas de operarios al vacío o por el plano inclinado de la cubierta.
- Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores.
- Atrapamientos y aplastamientos por partes móviles de maquinaria.
- Lesiones y cortes en manos.
- Lesiones, pinchazos y cortes en pies.
- Dermatitis por contacto con materiales.
- Quemaduras.
- Condiciones meteorológicas adversas.
- Proyecciones de partículas.
- Ruído, contaminación acústica.
- Golpes y aplastamientos de pies.
- Electrocuciiones.
- Ambiente pulvígeno.

En las siguientes tablas se establecen las medidas preventivas y protecciones que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos, así como su grado de adopción.

**Tabla 3. Medidas preventivas y protecciones colectivas frente a riesgos laborales no eliminables completamente**

MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCIÓN
Orden y limpieza de los lugares de trabajo y tránsito	Permanente
Recubrimiento, o distancia de seguridad a líneas eléctricas de baja tensión	Permanente
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)	Permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	Permanente
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento	Permanente
Señalización de la obra (señales y carteles)	Permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21A-113B	Permanente
Evacuación de escombros	Frecuente
Escaleras auxiliares	Ocasional
Información específica	Para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación	Frecuente
Esaleras de tejador o pasarelas	Ocasional
Acopio adecuado de materiales	Permanente
Señalizar obstáculos	Permanente

Ganchos de servicio	Permanente
Accesos adecuados a las cubiertas	Ocasional
Paralización de los trabajos en condiciones meteorológicas adversas	Ocasional
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	Permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	Ocasional
Realizar las conexiones eléctricas sin tensión	Permanente
Mantenimiento adecuado de la maquinaria	Permanente
Andamios adecuados	Ocasional
Carcasas o resguardos de protección de partes móviles de máquinas	Permanente

**Tabla 4. Equipos de protección individual frente a riesgos laborales no eliminables completamente**

EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)	GRADO DE ADOPCIÓN
Cascos de seguridad	Permanente
Ropa de trabajo	Permanente
Ropa impermeable o de protección	Con mal tiempo
Gafas de seguridad	Frecuente
Cinturones de protección del tronco	Ocasional
Guantes de cuero o goma	Ocasional
Botas de seguridad	Permanente
Protectores auditivos	Ocasional
Cinturones y arneses de seguridad	Ocasional

## 2.3 RIESGOS LABORALES ESPECIALES

En la obra para la que se realiza este documento no se contempla la existencia de ninguno de los trabajos que implican riesgos especiales recogidos en el Anexo II del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre. Así pues, no será necesario tomar ninguna medida para controlar dichos riesgos.

## 3 PREVISIONES PARA TRABAJOS FUTUROS

En cuanto a los posibles trabajos posteriores a realizar en su día, se contemplan los siguientes riesgos y medidas preventivas.

Riesgos:

- Caídas de operarios al mismo nivel.
- Caídas de operarios a distinto nivel.
- Contactos eléctricos por accionamiento inadvertido y modificación o deterioro de sistemas eléctricos.
- Explosión de combustibles mal almacenados.
- Fuego por combustibles o modificación de la instalación eléctrica.

- Vibraciones.
- Contaminación por ruido.

Medidas preventivas:

- Andamiajes, escalerillas y demás dispositivos provisionales adecuados y seguros.
- Anclajes de cinturones para reparación en cubierta.

Equipos de protección individual (EPIs):

- Casco de seguridad
- Ropa de trabajo
- Cinturones de seguridad para reparaciones en cubierta

## 4 NORMATIVA APLICABLE

En cumplimiento del artículo 6, apartado 2, del RD. 1627/1997, se relacionan a continuación las principales normas de seguridad y salud aplicables a la obra.

### 4.1. GENERAL

Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. BOE 10/11/1995

Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la Prevención de Riesgos Laborales. BOE 13/12/2003

LEY 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción

Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, que desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción

Real Decreto 171/2004, de 30 de enero, por el que se desarrolla el artículo 24 de la Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales. BOE 31/1/2004. Corrección de errores: BOE 10/03/2004

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y de Salud en las obras de construcción. BOE: 25/10/1997

Real Decreto 216/1999, de 5 de febrero, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud en el trabajo en el ámbito de las empresas de trabajo temporal. BOE 24/2/1999

Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los servicios de prevención. BOE 31/1/1997.

Orden TIN/2504/2010, de 20 de septiembre, por la que se desarrolla el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, por el que se modifican el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención, y el Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción. BOE 29/5/2006.

Real Decreto 688/2005, de 10 de junio, por el que se regula el régimen de funcionamiento de las mutuas de accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de la Seguridad Social como servicio de prevención ajeno. BOE 11/06/2005

Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención. BOE: 1/5/1998

Corrección de errores de la Orden TAS/2926/2002, de 19 de noviembre, por la que se establecen nuevos modelos para la notificación de los accidentes de trabajo y se posibilita su transmisión por procedimiento electrónico. BOE 7/02/2003.

Resolución de 23 de julio de 1998, de la Secretaría de Estado para la Administración Pública, por la que se ordena la publicación del Acuerdo de Consejo de Ministros de 10 de julio de 1998, por el que se aprueba el Acuerdo Administración-Sindicatos de adaptación de la legislación de prevención de riesgos laborales a la Administración General del Estado. BOE: 1/8/1998

Orden de 9 de marzo de 1971 (Trabajo) por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1), (sigue siendo válido el Título II que comprende los artículos desde el nº13 al nº51, los artículos anulados quedan sustituidos por la Ley 31/1995). BOE 16/03/1971.

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y de Salud en las obras de construcción. BOE: 25/10/1997

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. BOE: 23/4/1997

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo. BOE: 23/04/1997

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorsolumbares, para los trabajadores. BOE: 23/04/1997

Real Decreto Legislativo 2/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, sobre la protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo. BOE: 24/05/1997

Orden de 9 de marzo de 1971 por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. BOE: 16/3/1971. SE DEROGA, con la excepción indicada, los capítulos I a V y VII del título II, por Real Decreto 486/1997, de 14 de abril

Orden de 20 de septiembre de 1986 por la que se establece el modelo de libro de incidencias correspondiente a las obras en las que sea obligatorio un estudio de seguridad e higiene en el trabajo. BOE 13/10/86. Corrección de errores: BOE 31/10/86

Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido. BOE 11/3/2006

Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos derivados o que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas. BOE 05/11/2005

Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico. BOE 21/06/2001

Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. BOE 1/5/2001

Reglamentos Técnicos de los elementos auxiliares:

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. BOE 18/9/2002
- Corrección de errores de la Orden de 23 de mayo de 1977 por la que se aprueba el reglamento de aparatos elevadores para obras. BOE: 18/7/1977
- Normativas relativas a la organización de los trabajadores. Artículos 33 al 40 de la Ley de Prevención de riesgos laborales. BOE: 10/11/95
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención. BOE: 31/07/97

## **4.2. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL (EPIs)**

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual. BOE 12/6/1997. Corrección de errores: BOE 18/07/1997

RESOLUCIÓN 5 de julio de 1999, de la Dirección General de Industria y Tecnología, por la que se acuerda la publicación de la lista actualizada de normas armonizadas en el ámbito del Real Decreto 1435/1992, de 27 de noviembre, de aplicación de la Directiva 89/392/CEE, sobre máquinas, modificado por Real Decreto 56/1995, de 20 de enero.

Real Decreto 1849/2000, de 10 de noviembre, por el que se derogan diferentes disposiciones en materia de normalización y homologación de productos industriales. BOE 2/12/2000

Resoluciones aprobatorias de Normas Técnicas Reglamentarias para distintos medios de protección personal de trabajadores:

- Resolución de 14 de diciembre de 1974 de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-1 de cascos de seguridad, no metálicos. BOE 30/12/1974
- Resolución de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-2 sobre protectores auditivos. BOE 1/9/1975. Corrección de errores: BOE 22/10/1975
- Resolución de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-3 sobre pantallas para soldadores. BOE 2/9/1975. Corrección de errores en BOE 24/10/1975

- Resolución de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-4 sobre guantes aislantes de la electricidad. BOE 3/9/1975. Corrección de errores en BOE 25/10/1975
- Resolución de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba nueva norma técnica reglamentaria MT-5, sobre calzado de seguridad contra riesgos mecánicos. BOE 12/2/1980. Corrección de errores: BOE 02/04/1980. Modificación BOE 17/10/1983.
- Resolución de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-6 sobre banquetas aislantes de maniobras. BOE 5/9/1975. Corrección de erratas: BOE 28/10/1975
- Resolución de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-7 sobre equipos de protección personal de vías respiratorias: normas comunes y adaptadores faciales. BOE 6/9/1975.
- Resolución de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-8 sobre equipos de protección de vías respiratorias: filtros mecánicos. BOE 8/9/1975. Corrección de errores: BOE 30/10/1975
- Resolución de la Dirección General de Trabajo por la que se aprueba la norma técnica reglamentaria MT-9 sobre equipos de protección personal de vías respiratorias: mascarillas autofiltrantes. BOE 9/9/1975. Corrección de errores: BOE 31/10/1975

### **4.3. INSTALACIONES Y EQUIPOS DE OBRA**

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo. BOE 7/8/1997. Se Modifican: los anexos I y II y la disposición derogatoria única, por Real Decreto 2177/2004. BOE 13/11/2004

Real Decreto 2177/2004, de 12 de noviembre, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo, en materia de trabajos temporales en altura. BOE 13/11/2004

### **4.4. NORMATIVA DE ÁMBITO LOCAL (ORDENANZAS MUNICIPALES)**

Normas de la administración local. Ordenanzas Municipales en cuanto se refiere a la Seguridad, Higiene y Salud en las Obras y que no contradigan lo relativo al RD. 1627/1997.

Normativas derivadas del convenio colectivo provincial.

## 5 PLIEGO DE CONDICIONES

### 5.1 EMPLEO Y MANTENIMIENTO DE LOS MEDIOS Y EQUIPOS DE PROTECCIÓN

#### 5.1.1 Características de empleo y conservación de maquinaria

Se cumplirá lo indicado por el Reglamento de Seguridad en las máquinas, RD. 1495/86, sobre todo en lo que se refiere a las instrucciones de uso, y a la instalación y puesta en servicio, inspecciones y revisiones periódicas, y reglas generales de seguridad.

#### 5.1.2 Características de empleo y conservación de útiles y herramientas

Tanto en el empleo como la conservación de los útiles y herramientas, el encargado de la obra velará por su correcto empleo y conservación, exigiendo a los trabajadores el cumplimiento de las especificaciones emitidas por el fabricante para cada útil o herramienta.

El encargado de obra establecerá un sistema de control de los útiles y herramientas a fin y efecto de que se utilicen con las prescripciones de seguridad específicas para cada una de ellas.

#### 5.1.3 Empleo y conservación de equipos preventivos

Se considerarán los dos grupos fundamentales:

- Protecciones personales:
  - Se tendrá preferente atención a los medios de protección personal.
  - Toda prenda tendrá fijado un período de vida útil desechándose a su término.
  - Cuando por cualquier circunstancia, sea de trabajo o mala utilización de una prenda de protección personal o equipo, se deteriore, éstas se repondrán independientemente de la duración prevista.
  - Todo elemento de protección personal se ajustará a las normas de homologación del Ministerio de Trabajo y/o Consellería y, en caso que no exista la norma de homologación, la calidad exigida será la adecuada a las prestaciones previstas.
- Protecciones colectivas:
  - El encargado y el jefe de obra, son los responsables de velar por la correcta utilización de los elementos de protección colectiva.

## **5.2 OBLIGACIONES DEL PROMOTOR**

Antes del inicio de los trabajos, el promotor designará un Coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos o diversos trabajadores autónomos.

La designación del Coordinador en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del Real Decreto 1627/1997 debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

## **5.3 COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD**

La designación del Coordinador en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, deberá desarrollar las siguientes funciones:

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el Artículo 10 del Real Decreto 1627/1997.
- Aprobar el plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.
- La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador.



## 5.4 PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un Plan de Seguridad y Salud en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este Estudio Básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este Estudio Básico.

El plan de Seguridad y Salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. Este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de la misma, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del Coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del Coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas. El plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

Los subcontratistas deben elaborar su propio plan de seguridad y salud o adherirse al principal. Si elaboran uno propio deberá ser aprobado de la misma forma que el principal.

## 5.5 OBLIGACIONES DE CONTRATISTA Y SUBCONTRATISTA

El contratista y subcontratistas estarán obligados a:

- Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en particular:
  - o El mantenimiento de la obra en buen estado de limpieza.
  - o La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
  - o La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
  - o El mantenimiento, el control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
  - o La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
  - o El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.

- La recogida de materiales peligrosos utilizados.
  - La adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
  - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
  - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
  - Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
  - Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.
  - Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el Plan y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además, responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el Plan.

Las responsabilidades del Coordinador, Dirección Facultativa y el Promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y a los subcontratistas.

## **5.6 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS**

Los trabajadores autónomos están obligados a:

- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:
  - El mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
  - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
  - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
  - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
  - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
  - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

- Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.
- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud.
- Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

## **5.7 LIBRO DE INCIDENCIAS**

En cada centro de trabajo existirá, con fines de control y seguimiento del Plan de seguridad y salud, un Libro de Incidencias que constará de hojas por duplicado y que será facilitado por el Colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el Plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del Coordinador. Tendrán acceso al Libro la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el Libro de Incidencias, el Coordinador estará obligado a remitir en el plazo de veinticuatro horas una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

## **5.8 PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS**

Cuando el coordinador y durante la ejecución de las obras, observase incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el Libro de Incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

## **5.9 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES**

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y su salud en la obra.

Una copia del Plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

## **5.10 DISPOSICIONES MÍNIMAS DE SEGURIDAD Y SALUD QUE DEBEN APLICARSE EN LAS OBRAS**

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del Real Decreto 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

En Ferrol, a junio de 2018

A handwritten signature in blue ink on a light green background. The signature consists of a large, stylized loop that encloses the name 'Rocío' and the initials 'F' below it.

Fdo.: Rocío Feijoo Díaz



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

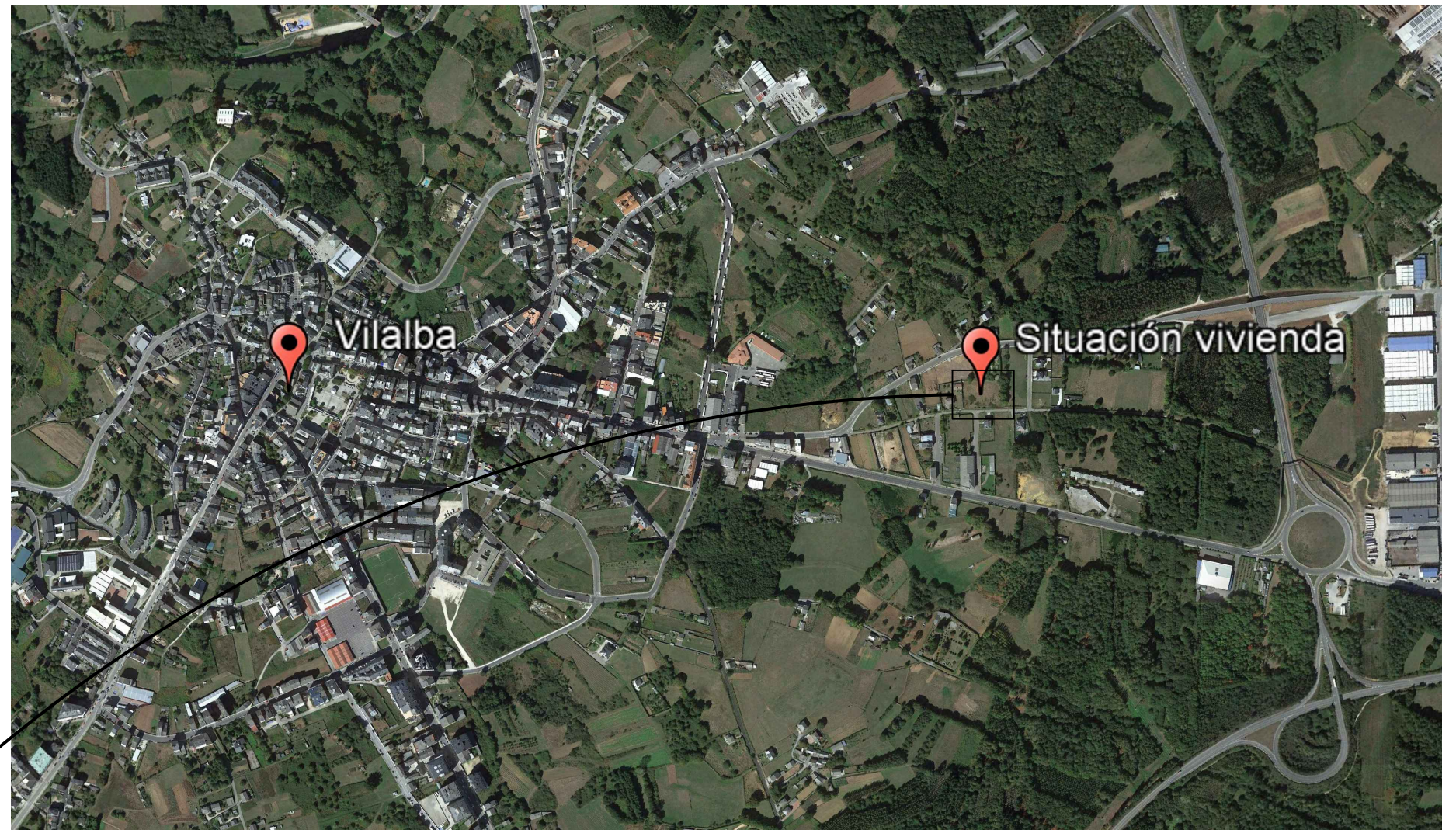
**Documento II**

**PLANOS**

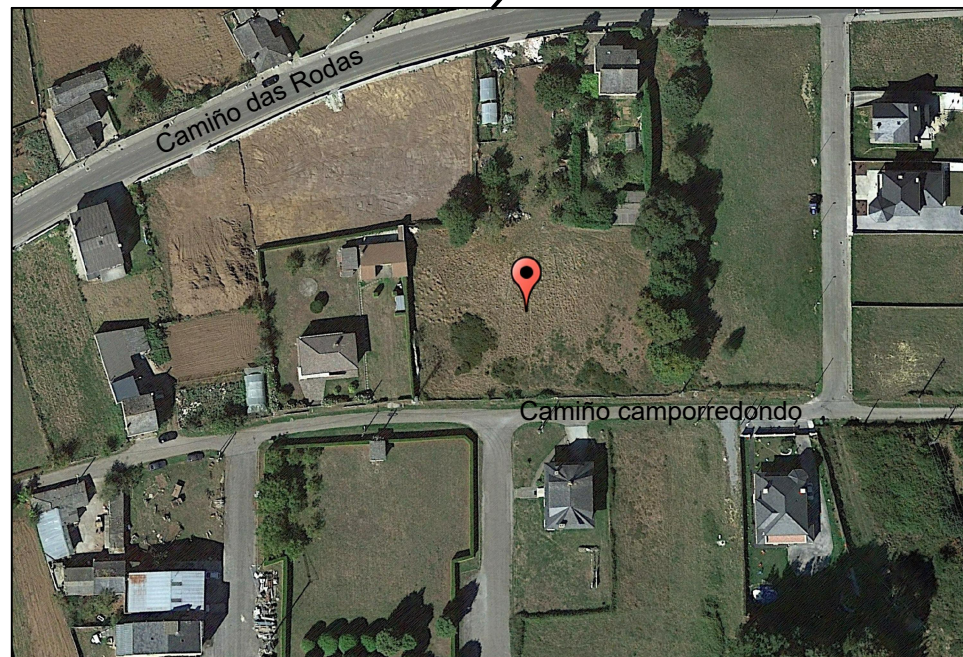


## ÍNDICE DE CONTENIDO

- Plano 1. Situación
- Plano 2. Emplazamiento
- Plano 3. Alzados nordeste y suroeste
- Plano 4. Alzados sureste y noroeste
- Plano 5. Distribución en planta
- Plano 6. Situación captador solar
- Plano 7. Instalación de ACS
- Plano 8. Situación distribuidores suelo radiante
- Plano 9. Esquema unifilar



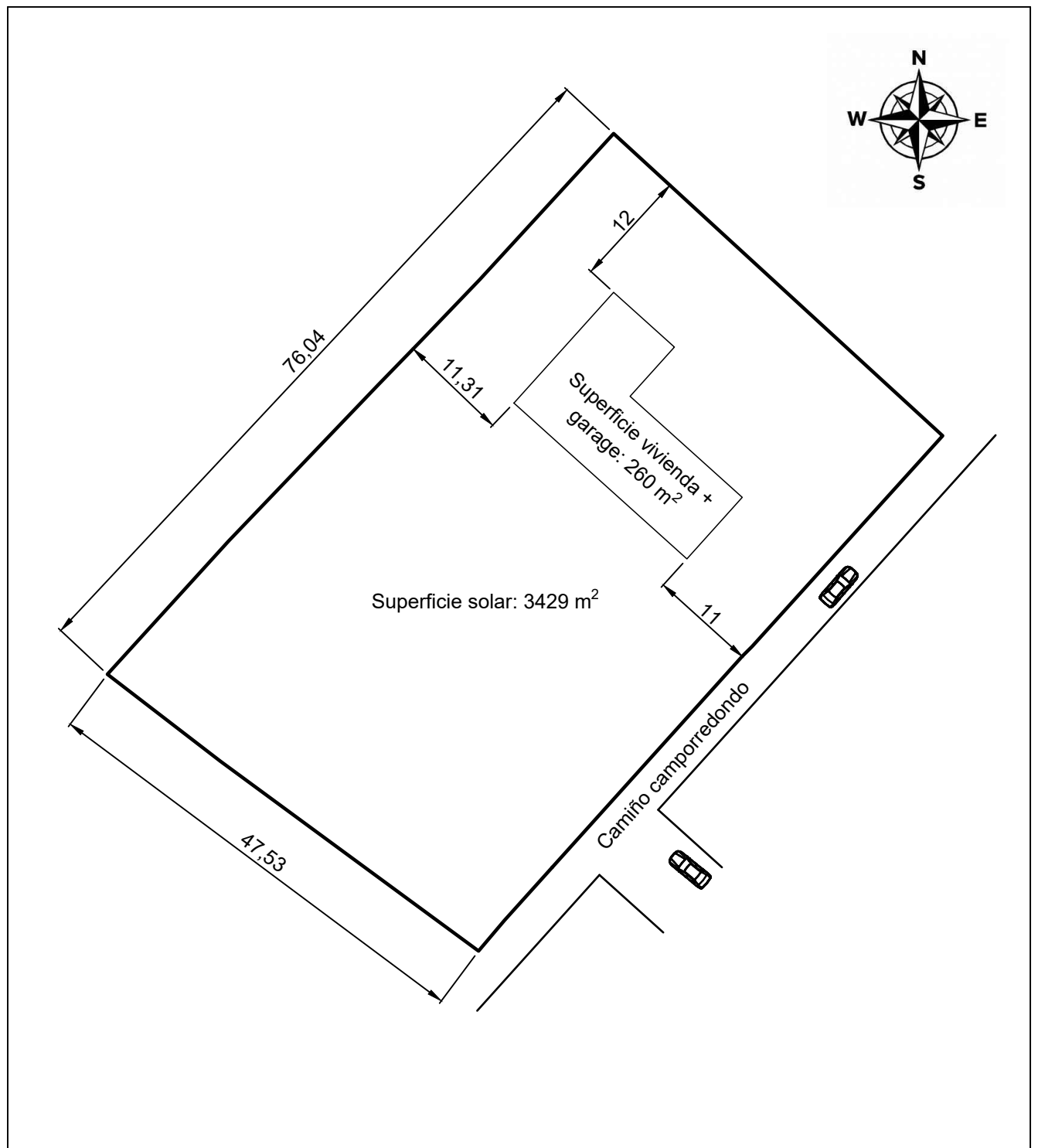
Escala 1:10000



Escala 1:2000

		<p>UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL) Traballo fin de grado</p>			
<p>Título: Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas</p>					
<p>Promotor: Escola Politécnica Superior</p>			<p>Fecha: Junio 2018</p>		
<p>Plano: Situación</p>			<p>Nº Plano 1</p>	<p>Escala: Indicadas</p>	<p>Formato: A3</p>
<p>Autor: Rocío Feijoo Díaz</p>			<p>Firma: </p>		



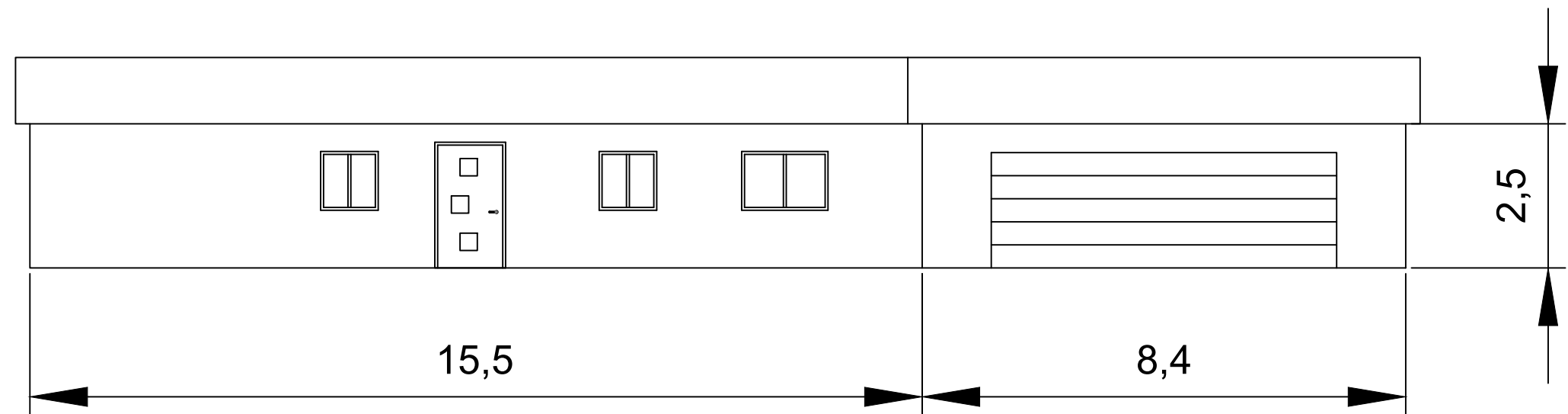


UNIVERSIDADE DA CORUÑA  
 ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL)  
 Trabajo fin de grado

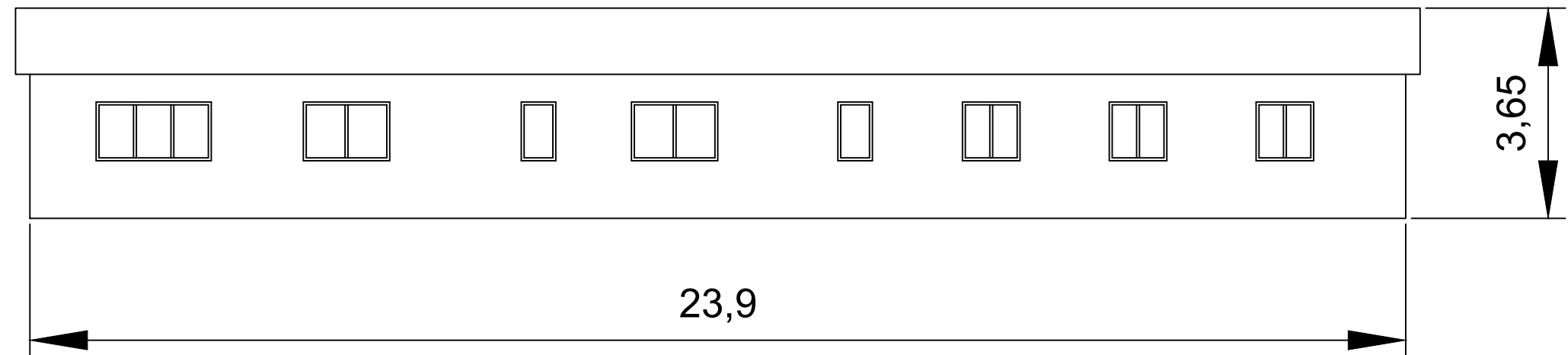


Título: Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas			
Promotor:	Escola Politécnica Superior	Fecha:	Junio 2018
Plano:	Emplazamiento	Nº Plano:	2
		Escala:	1:600
		Formato:	A4
Autor:	Rocío Feijoo Díaz	Firma:	

ALZADO NORDESTE



ALZADO SUROESTE



UNIVERSIDADE DA CORUÑA  
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL)  
Trabajo fin de grado



Título: Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas

Promotor: Escola Politécnica Superior

Fecha: Junio 2018

Plano: Alzados nordeste y suroeste

Nº Plano:  
3

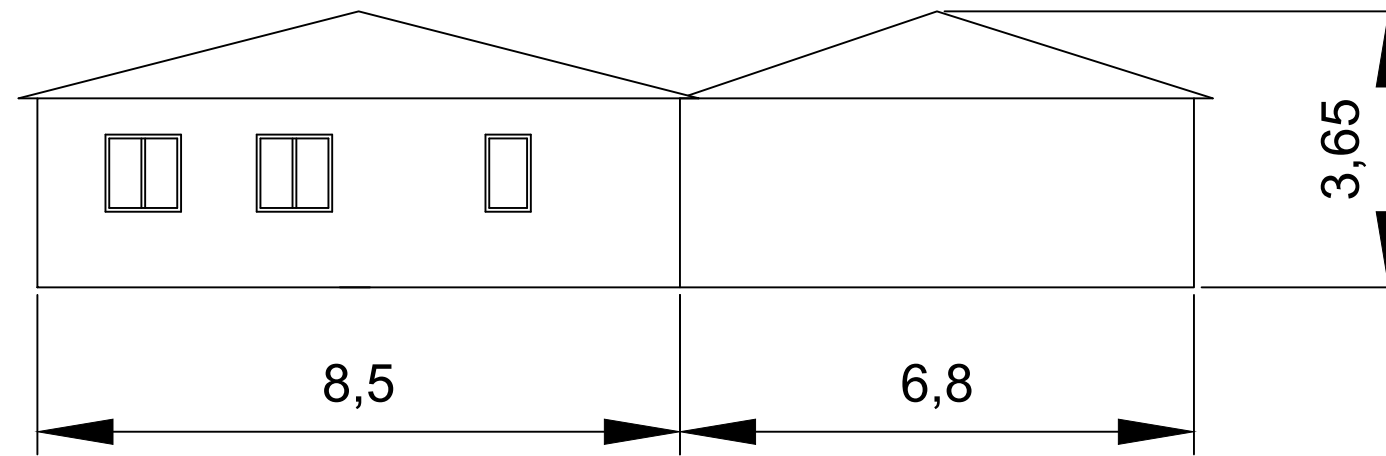
Escala:  
1:100

Formato:  
A3

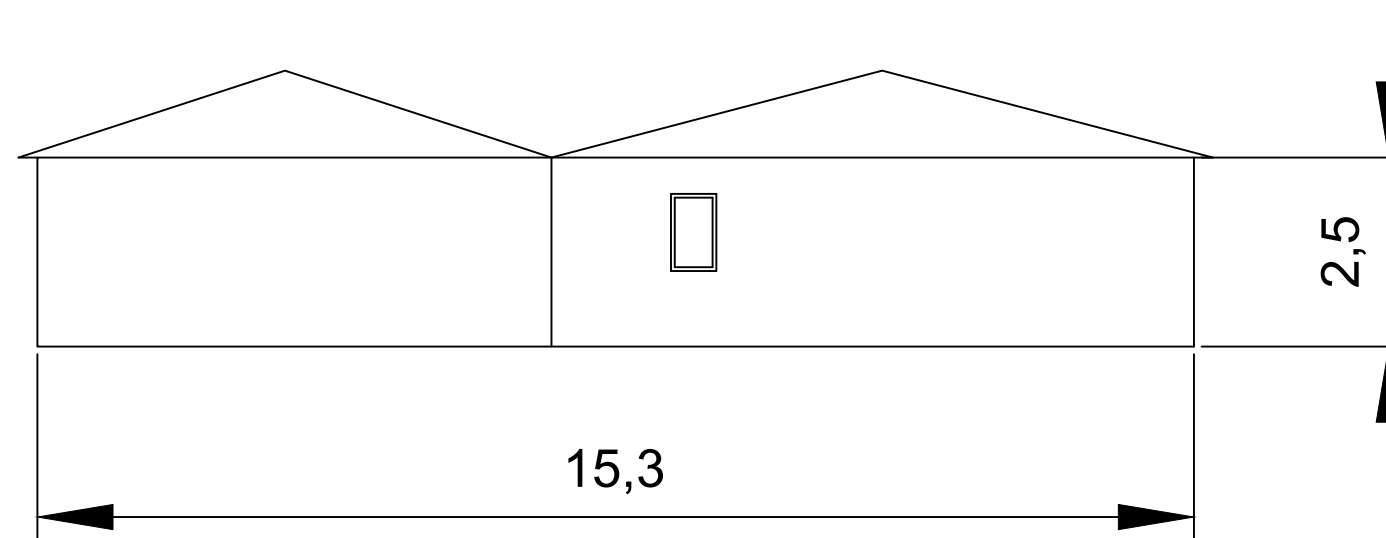
Autor: Rocío Feijoo Díaz

Firma:

ALZADO SURESTE



ALZADO NOROESTE



UNIVERSIDADE DA CORUÑA  
ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL)  
Trabajo fin de grado



Título: Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas

Promotor: Escola Politécnica Superior

Fecha: Junio 2018

Plano: Alzados sureste y noroeste

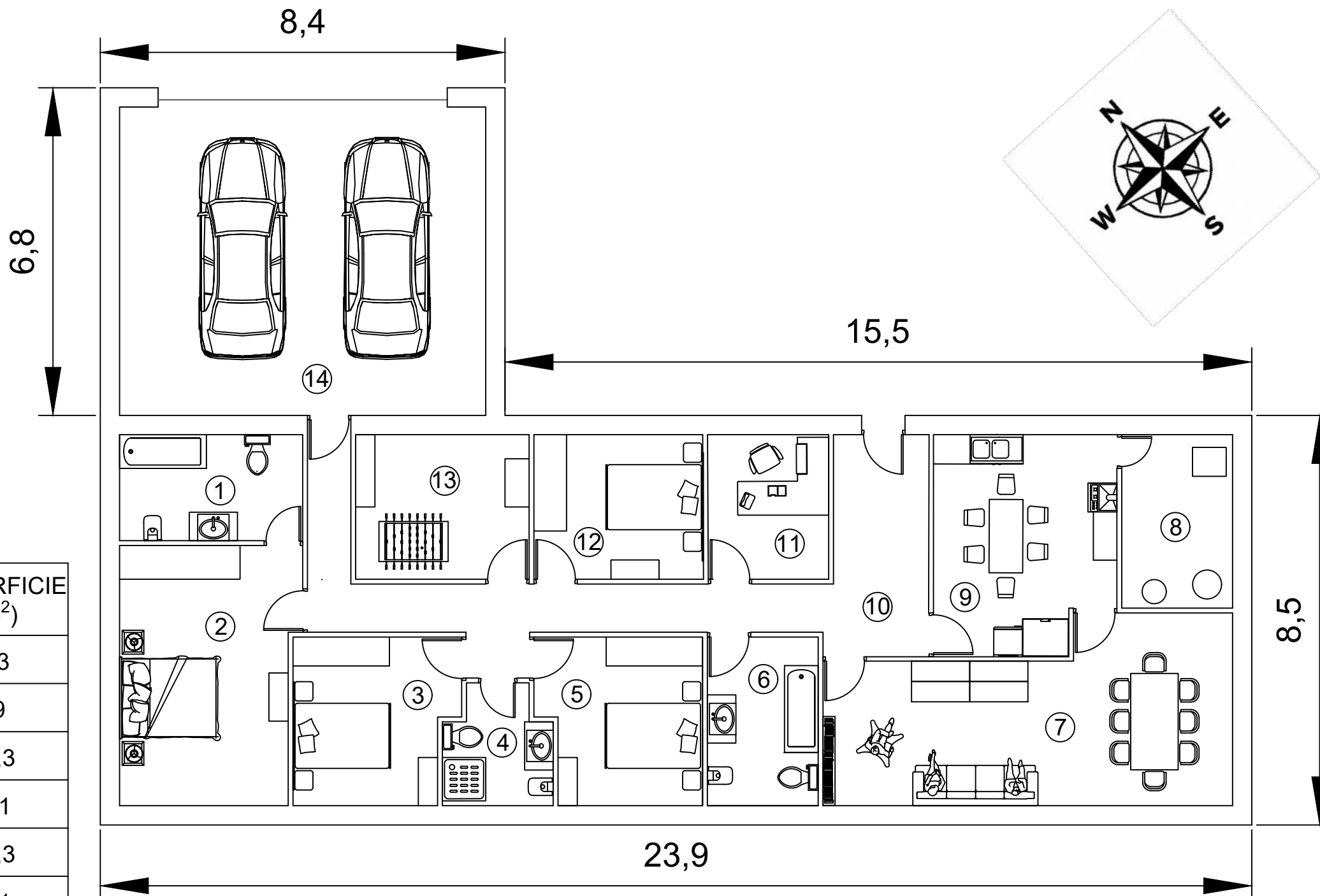
Nº Plano:  
4

Escala:  
1:100

Formato:  
A3

Autor: Rocío Feijoo Díaz

Firma:



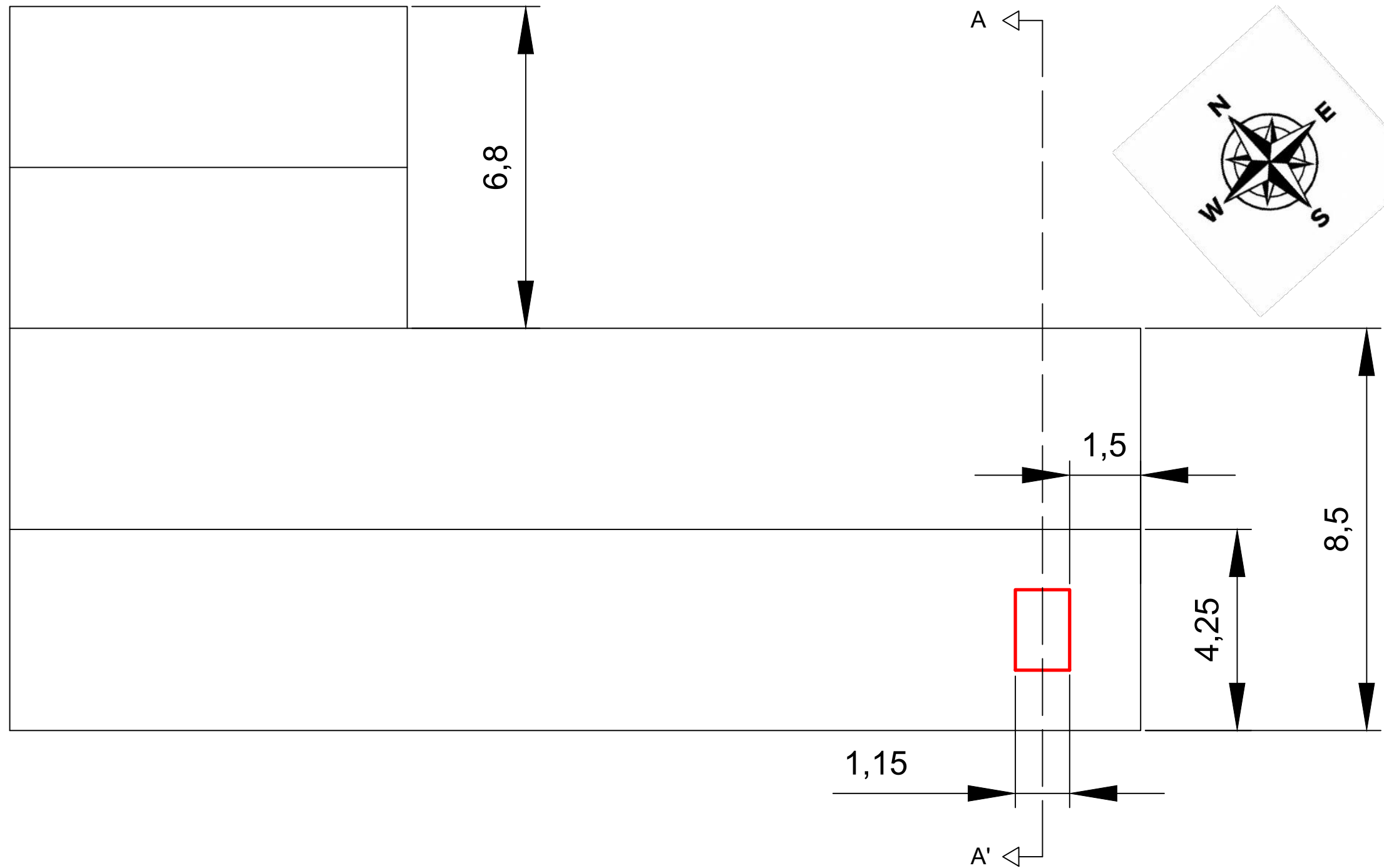
REF.	ESPACIO	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
1	Baño dormitorio principal	8,3
2	Dormitorio principal	19
3	Dormitorio 1	11,3
4	Baño 1	5,1
5	Dormitorio 2	11,3
6	Baño 2	8,1
7	Salón - comedor	28,7
8	Cuarto de calderas	8,3
9	Cocina	16,5
10	Pasillo	24,5
11	Despacho	7,5
12	Dormitorio 3	10,5
13	Sala de juegos	10,8
14	Garaje	48,6


**UNIVERSIDADE DA CORUÑA**  
**ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL)**  
 Trabajo fin de grado

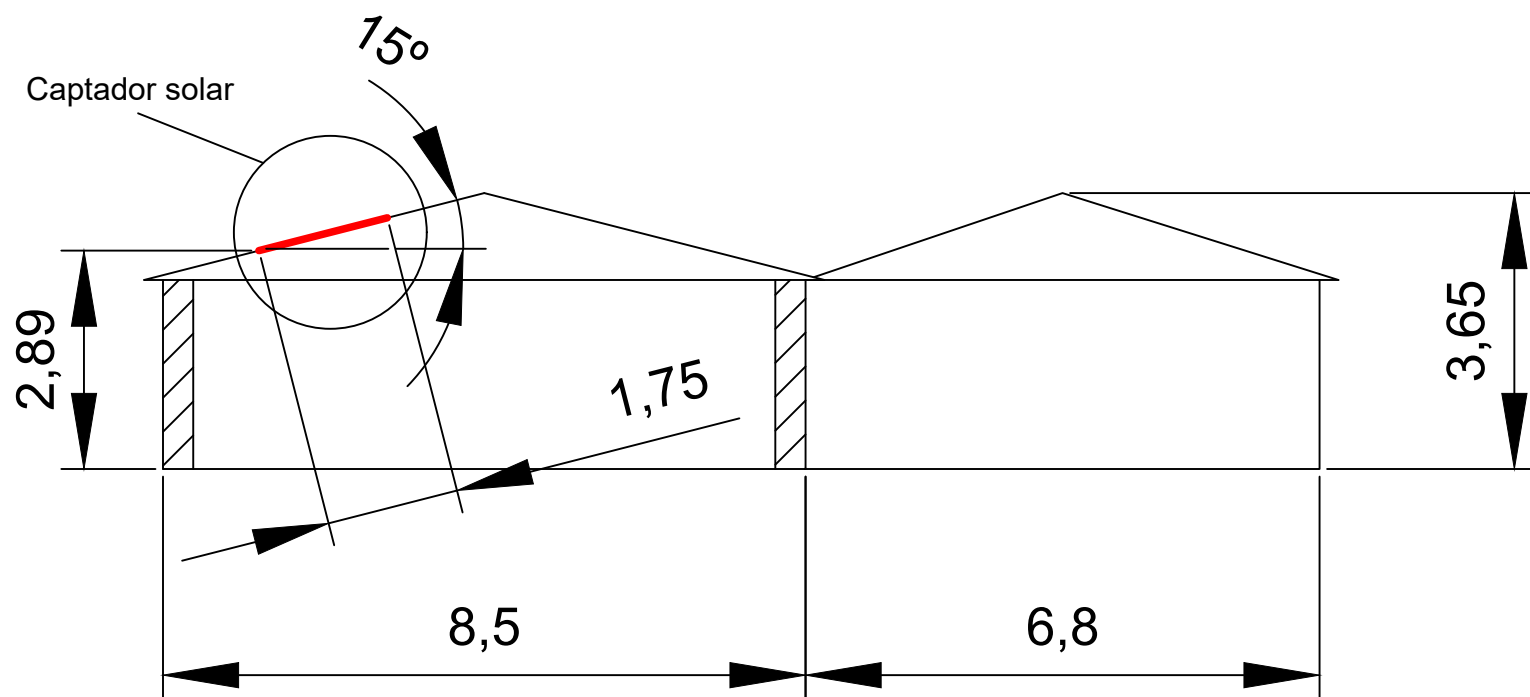


Título: Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas			
Promotor:	Escola Politécnica Superior	Fecha:	Junio 2018
Plano:	Distribución en planta	Nº Plano:	5
		Escala:	1:100
		Formato:	A3
Autor:	Rocío Feijoo Díaz	Firma:	

VISTA EN PLANTA DE LA CUBIERTA



CORTE A-A'



UNIVERSIDADE DA CORUÑA  
 ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL)  
 Trabajo fin de grado



Título: Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas

Promotor: Escola Politécnica Superior

Fecha: Junio 2018

Plano: Situación captador solar

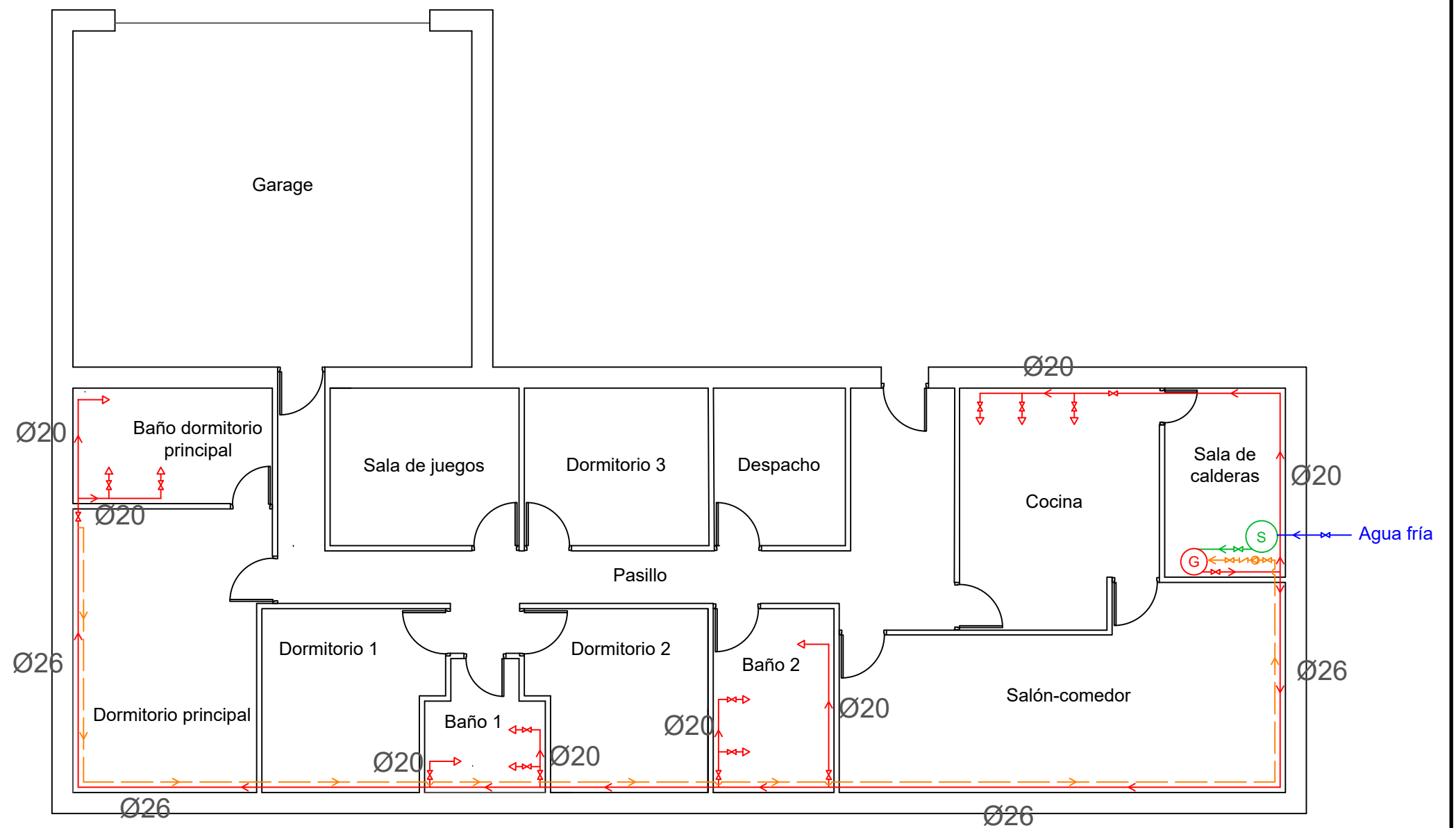
Nº Plano: 6

Escala: 1:100

Formato: A3

Autor: Rocío Feijoo Díaz

Firma:



## LEYENDA

	Punto de consumo
	Válvula de corte
	Válvula de retención
	Bomba de recirculación
	Sentido de circulación
	Interacumulador solar
	Acumulador de agua a gas
	Tubería de alimentación de ACS ( $\varnothing_{\text{interior}}$ indicado)
	Tubería de retorno de ACS ( $\varnothing_{\text{interior}}=16 \text{ mm}$ )



UNIVERSIDADE DA CORUÑA  
 ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL)  
 Trabajo fin de grado



Título: Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas

Promotor: Escola Politécnica Superior

Fecha: Junio 2018

Plano: Instalación de ACS

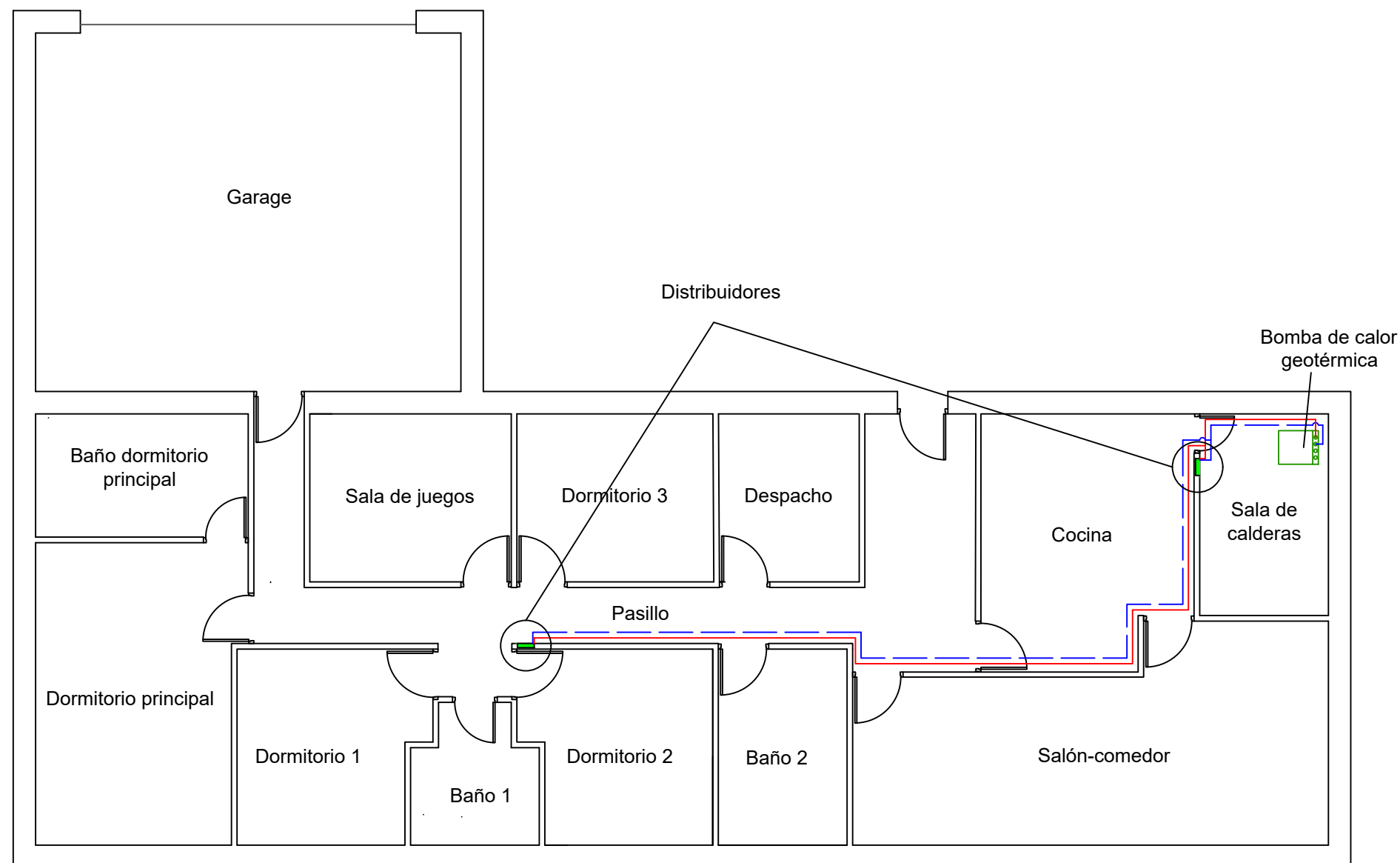
Nº Plano:  
7




Escala:  
1:100




Formato:  
A3

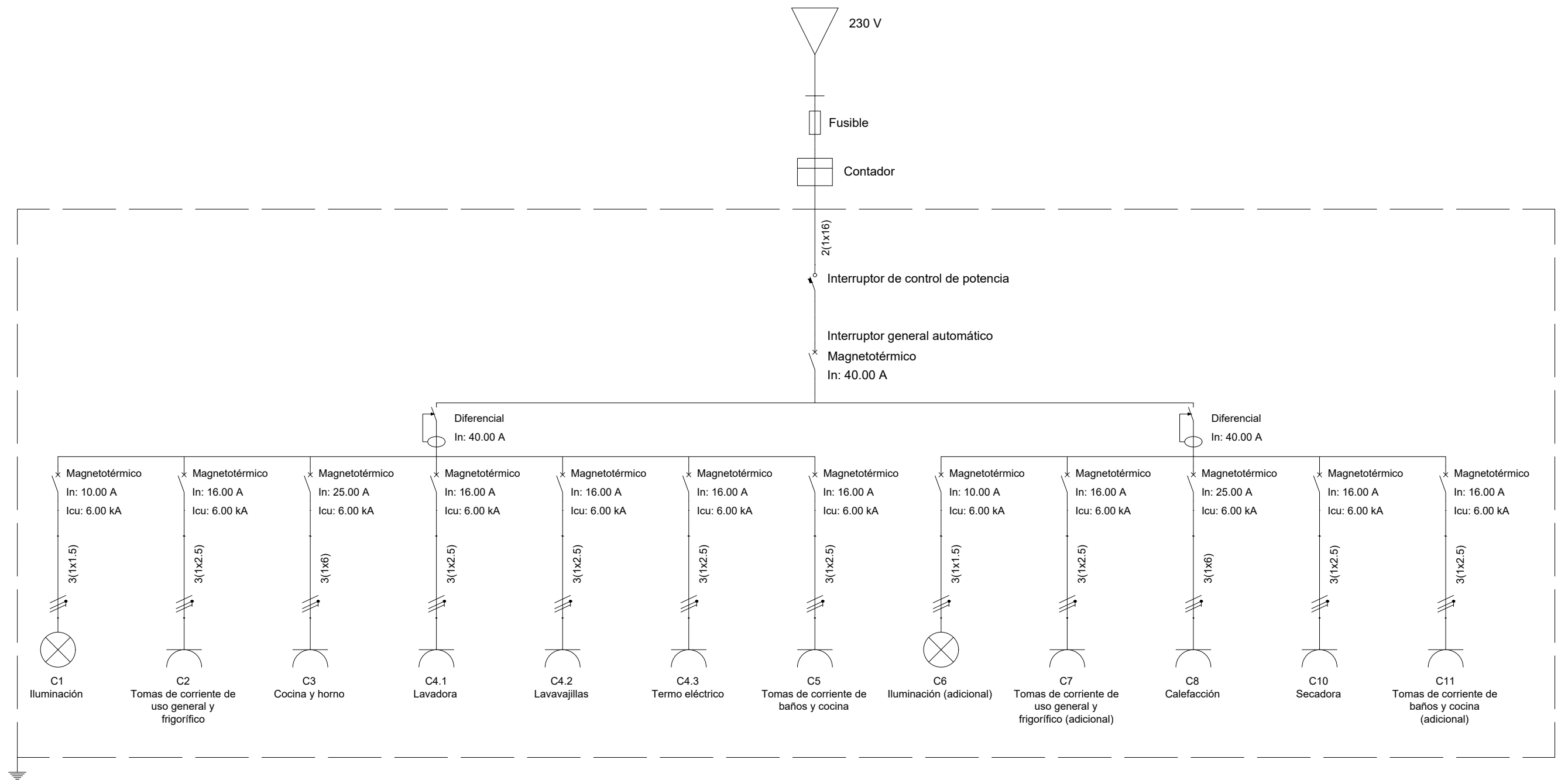
Autor: Rocío Feijoo Díaz

Firma:



LEYENDA	
	Distribuidor
	Tubería general (ida a distribuidor)
	Tubería general (vuelta a bomba de calor)

 UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL)		 Trabajo fin de grado	
Título:		Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas	
Promotor:	Escola Politécnica Superior	Fecha:	Junio 2018
Plano:	Situación distribuidores suelo radiante	Nº Plano:	8
		Escala:	1:100
		Formato:	A3
Autor:	Rocío Feijoo Díaz	Firma:	



UNIVERSIDADE DA CORUÑA  
 ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR (FERROL)  
 Trabajo fin de grado



Título: Cálculo y diseño de instalaciones para una vivienda unifamiliar mediante uso de energías alternativas

Promotor: Escola Politécnica Superior

Fecha: Junio 2018

Plano: Esquema unifilar

Nº Plano  
9

Escala:  
S/E

Formato:  
A3

Autor: Rocío Feijoo Díaz

Firma:





UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO**

**CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Documento III**

**PLIEGO DE CONDICIONES**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS .....	5
1.1.	DISPOSICIONES GENERALES.....	5
1.1.1	Disposiciones de carácter general.....	5
1.1.2	Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares .....	9
1.1.3	Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas .....	13
1.2.	DISPOSICIONES FACULTATIVAS .....	16
1.2.1	Definición y funciones de los agentes de la edificación .....	16
1.2.2	Dirección facultativa .....	18
1.2.3	Visitas facultativas.....	18
1.2.4	Obligaciones de los agentes intervinientes.....	18
1.2.5	Documentación final de obra: libro del edificio.....	25
1.3.	DISPOSICIONES ECONÓMICAS .....	26
1.3.1	Definición .....	26
1.3.2	Contrato de obra .....	26
1.3.3	Criterio general.....	27
1.3.4	Fianzas .....	27
1.3.5	De los precios .....	27
1.3.6	Obras por administración .....	30
1.3.7	Valoración y abono de los trabajos.....	31
1.3.8	Indemnizaciones mutuas.....	33
1.3.9	Varios.....	33
1.3.10	Retenciones en concepto de garantía .....	34
1.3.11	Plazos de ejecución: planning de obra .....	34
1.3.12	Liquidación económica de las obras.....	35
1.3.13	Liquidación final de la obra.....	35
2	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES .....	36
2.1	PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES.....	36
2.1.1	Garantías de calidad (marcado CE) .....	37
2.1.2	Tubos de cobre .....	38
2.1.3	Tubos de polietileno .....	39
2.1.4	Equipos de protección individual .....	40
2.1.5	Sistema anticaídas .....	41
2.2	PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDAD DE OBRA .....	42

2.2.1 Apartados en los que se organiza.....	42
2.2.2 Relación de las unidades de obra con sus correspondientes prescripciones en cuanto a ejecución .....	45
2.3 PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO .....	69

# 1 PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

## 1.1. DISPOSICIONES GENERALES

### 1.1.1 Disposiciones de carácter general

#### 1.1.1.1 Objeto del pliego de condiciones

La finalidad de este Pliego es la de fijar los criterios de la relación que se establece entre los agentes que intervienen en las obras definidas en el presente proyecto y servir de base para la realización del contrato de obra entre el promotor y el contratista.

#### 1.1.1.2 Contrato de obra

Se recomienda la contratación de la ejecución de las obras por unidades de obra, con arreglo a los documentos del proyecto y en cifras fijas. A tal fin, el director de obra ofrecerá la documentación necesaria para la realización del contrato de obra.

#### 1.1.1.3 Documentación del contrato de obra

A continuación, se establecen los documentos que forman parte del contrato de obra en orden de prevalencia en caso de contradicción:

- Las condiciones fijadas en el contrato de obra.
- Planos
- Pliego de condiciones
- Presupuesto
- Memoria

En todos los documentos las especificaciones literales prevalecen sobre las gráficas, y en los planos la cota prevalece sobre la medida a escala.

#### 1.1.1.4 Formalización del contrato de obra

Los contratos se formalizarán, en general, mediante documento privado, que podrá elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las dos partes. El cuerpo de estos documentos contendrá:

- La comunicación de la adjudicación.
- La copia del recibo de depósito de la fianza (en caso de que se haya exigido)
- La cláusula en la que se exprese, de forma categórica, que el contratista se obliga al cumplimiento estricto del contrato de obra, conforme a lo previsto en este Pliego de Condiciones, junto con la memoria y sus anejos, las mediciones y presupuesto, y todos los documentos que han de servir de base para la realización de las obras definidas en el presente proyecto.

El contratista, antes de la formalización del contrato de obra, dará también su conformidad con la firma al pie del Pliego de Condiciones, los Planos, Cuadro de Precios y Presupuesto General. Serán a cuenta del adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne el contratista.

#### **1.1.1.5 Jurisdicción competente**

En el caso de no llegar a un acuerdo cuando surjan diferencias entre las partes, ambas quedan obligadas a someter la discusión de todas las cuestiones derivadas de su contrato a las Autoridades y Tribunales Administrativos con arreglo a la legislación vigente.

#### **1.1.1.6 Ejecución de las obras y responsabilidad del contratista**

Las obras se ejecutarán con estricta sujeción al proyecto que sirve de base al contrato y conforme a las instrucciones que la Dirección Facultativa de las obras diere al contratista.

Cuando las instrucciones fueren de carácter verbal, deberán ser ratificadas por escrito en el más breve plazo posible, para que sean vinculantes para las partes.

El contratista es responsable de la ejecución de las obras y de todos los defectos que en la construcción puedan advertirse durante el desarrollo de las obras y hasta que se cumpla el plazo de garantía, en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el Proyecto.

En consecuencia, quedará obligado a la demolición y reconstrucción de todas las unidades de obra con deficiencias o mal ejecutadas, sin que pueda servir de excusa el hecho de que la Dirección Facultativa haya examinado y reconocido la construcción durante sus visitas de obra, ni que hayan sido abonadas en liquidaciones parciales.

#### **1.1.1.7 Accidentes de trabajo**

Es de obligado cumplimiento el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción" y demás legislación vigente que, tanto directa como indirectamente, inciden sobre la planificación de la seguridad y salud en el trabajo de la construcción, conservación y mantenimiento de edificios.

Es responsabilidad del Coordinador de Seguridad y Salud el control y el seguimiento, durante toda la ejecución de la obra, del Plan de Seguridad y Salud redactado por el contratista.

#### **1.1.1.8 Daños y perjuicios a terceros**

El contratista será responsable de todos los accidentes que, por inexperiencia o descuido, sobrevinieran tanto en la edificación donde se efectúen las obras como en las colindantes o contiguas. Será por tanto de su cuenta el abono de las indemnizaciones a quien corresponda y cuando a ello hubiere lugar, y de todos los daños y perjuicios que puedan ocasionarse o causarse en las operaciones de la ejecución de las obras.

Asimismo, será responsable de los daños y perjuicios directos o indirectos que se puedan ocasionar frente a terceros como consecuencia de la obra, tanto en ella como en sus alrededores, incluso los que se produzcan por omisión o negligencia del personal a su cargo, así como los que se deriven de los subcontratistas e industriales que intervengan en la obra.

Es de su responsabilidad mantener vigente durante la ejecución de los trabajos una póliza de seguros frente a terceros, en la modalidad de "Todo riesgo al derribo y la construcción", suscrita por una compañía aseguradora con la suficiente solvencia para la cobertura de los trabajos contratados. Dicha póliza será aportada y ratificada por el promotor, no pudiendo ser cancelada mientras no se firme el Acta de Recepción Provisional de la obra.

#### **1.1.1.9 Anuncios y carteles**

Sin previa autorización del promotor, no se podrán colocar en las obras ni en sus vallas más inscripciones o anuncios que los convenientes al régimen de los trabajos y los exigidos por la policía local.

#### **1.1.1.10 Copia de documentos**

El contratista, a su costa, tiene derecho a sacar copias de los documentos integrantes del Proyecto.

#### **1.1.1.11 Suministro de materiales**

Se especificará en el Contrato la responsabilidad que pueda caber al contratista por retraso en el plazo de terminación o en plazos parciales, como consecuencia de deficiencias o faltas en los suministros.

#### **1.1.1.12 Causas de rescisión del contrato de obra**

Se consideran causas suficientes de rescisión del contrato:

- La muerte o incapacitación del contratista.
- La quiebra del contratista.
- Las alteraciones del contrato por las causas siguientes:
  - o La modificación del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del Presupuesto de Ejecución Material, como consecuencia de estas modificaciones, represente una desviación mayor del 20%.
  - o Las modificaciones de unidades de obra, siempre que representen variaciones en más o en menos del 40% del proyecto original, o más de un 50% de unidades de obra del proyecto reformado.
- La suspensión de obra comenzada, siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año y, en todo caso, siempre que por causas ajenas al contratista no se dé comienzo a la obra adjudicada dentro del plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En este caso, la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la iniciación de las obras por plazo superior a cuatro meses.

- Que el contratista no comience los trabajos dentro del plazo señalado en el contrato.
- La demora injustificada en la comprobación del replanteo.
- La suspensión de las obras por plazo superior a ocho meses por parte del promotor.
- El incumplimiento de las condiciones del Contrato cuando implique descuido o mala fe, con perjuicio de los intereses de las obras.
- El vencimiento del plazo de ejecución de la obra.
- El desistimiento o el abandono de la obra sin causas justificadas.
- La mala fe en la ejecución de la obra.

#### **1.1.1.13 Efectos de rescisión del contrato de obra**

La resolución del contrato dará lugar a la comprobación, medición y liquidación de las obras realizadas con arreglo al proyecto, fijando los saldos pertinentes a favor o en contra del contratista.

Si se demorase injustificadamente la comprobación del replanteo, dando lugar a la resolución del contrato, el contratista sólo tendrá derecho por todos los conceptos a una indemnización equivalente al 2 por cien del precio de la adjudicación, excluidos los impuestos.

En el supuesto de desistimiento antes de la iniciación de las obras, o de suspensión de la iniciación de las mismas por parte del promotor por plazo superior a cuatro meses, el contratista tendrá derecho a percibir por todos los conceptos una indemnización del 3 por cien del precio de adjudicación, excluidos los impuestos.

En caso de desistimiento una vez iniciada la ejecución de las obras, o de suspensión de las obras iniciadas por plazo superior a ocho meses, el contratista tendrá derecho por todos los conceptos al 6 por cien del precio de adjudicación del contrato de las obras dejadas de realizar en concepto de beneficio industrial, excluidos los impuestos.

#### **1.1.1.14 Omisiones**

Las relaciones entre el promotor y el contratista, reguladas por el presente Pliego de Condiciones y la documentación complementaria, presentan la prestación de un servicio al promotor por parte del contratista mediante la ejecución de una obra, basándose en la buena fe mutua de ambas partes, que pretenden beneficiarse de esta colaboración sin ningún tipo de perjuicio.

Por este motivo, las relaciones entre ambas partes y las omisiones que puedan existir en este Pliego y la documentación complementaria del proyecto y de la obra, se entenderán siempre suplidas por la buena fe de las partes, que las subsanarán debidamente con el fin de conseguir una adecuada calidad final de la obra.



## *1.1.2 Disposiciones relativas a trabajos, materiales y medios auxiliares*

### **1.1.2.1 Accesos y vallados**

El contratista dispondrá, por su cuenta, los accesos a la obra, el cerramiento o el vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra, pudiendo exigir el director de ejecución de la obra su modificación o mejora.

### **1.1.2.2 Replanteo**

La ejecución del contrato de obras comenzará con el acta de comprobación del replanteo, dentro del plazo de treinta días desde la fecha de su formalización.

El contratista iniciará "in situ" el replanteo de las obras, señalando las referencias principales que mantendrá como base de posteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del contratista e incluidos en su oferta económica.

Asimismo, someterá el replanteo a la aprobación del director de ejecución de la obra y, una vez éste haya dado su conformidad, preparará el Acta de Inicio y Replanteo de la Obra acompañada de un plano de replanteo definitivo, que deberá ser aprobado por el director de obra. Será responsabilidad del contratista la deficiencia o la omisión de este trámite.

### **1.1.2.3 Inicio de la obra y ritmo de ejecución de los trabajos**

El contratista dará comienzo a las obras en el plazo especificado en el respectivo contrato, desarrollándose de manera adecuada para que dentro de los períodos parciales señalados se realicen los trabajos, de modo que la ejecución total se lleve a cabo dentro del plazo establecido en el contrato.

Será obligación del contratista comunicar a la Dirección Facultativa el inicio de las obras, de forma fehaciente y preferiblemente por escrito, al menos con tres días de antelación.

El director de obra redactará el acta de comienzo de la obra y la suscribirán en la misma obra junto con él, el día de comienzo de los trabajos, el director de la ejecución de la obra, el promotor y el contratista.

Para la formalización del acta de comienzo de la obra, el director de la obra comprobará que en la obra existe copia de los siguientes documentos:

- Proyecto de Ejecución, Anejos y modificaciones.
- Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo y su acta de aprobación por parte del Coordinador de Seguridad y Salud durante la ejecución de los trabajos.
- Licencia de Obra otorgada por el Ayuntamiento.
- Comunicación de apertura de centro de trabajo efectuada por el contratista.
- Otras autorizaciones, permisos y licencias que sean preceptivas por otras administraciones.
- Libro de Órdenes y Asistencias.
- Libro de Incidencias.

La fecha del acta de comienzo de la obra marca el inicio de los plazos parciales y total de la ejecución de la obra.

#### **1.1.2.4 Orden de los trabajos**

La determinación del orden de los trabajos es, generalmente, facultad del contratista, salvo en aquellos casos en que, por circunstancias de naturaleza técnica, se estime conveniente su variación por parte de la Dirección Facultativa.

#### **1.1.2.5 Facilidades para otros contratistas**

De acuerdo con lo que requiera la Dirección Facultativa, el contratista dará todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a los Subcontratistas u otros Contratistas que intervengan en la ejecución de la obra. Todo ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar por la utilización de los medios auxiliares o los suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, todos ellos se ajustarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

#### **1.1.2.6 Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor**

Cuando se precise ampliar el Proyecto, por motivo imprevisto o por cualquier incidencia, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones de la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El contratista está obligado a realizar, con su personal y sus medios materiales, cuanto la dirección de ejecución de la obra disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalces o cualquier obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

#### **1.1.2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto**

El contratista podrá requerir del director de obra o del director de ejecución de la obra, según sus respectivos cometidos y atribuciones, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de la obra proyectada.

Cuando se trate de interpretar, aclarar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o indicaciones de los planos, croquis, órdenes e instrucciones correspondientes, se comunicarán necesariamente por escrito al contratista, estando éste a su vez obligado a devolver los originales o las copias, suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos e instrucciones que reciba tanto del director de ejecución de la obra, como del director de obra.

Cualquier reclamación que crea oportuno hacer el contratista en contra de las disposiciones tomadas por la Dirección Facultativa, habrá de dirigirla, dentro del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual le dará el correspondiente recibo, si éste lo solicitase.

#### **1.1.2.8 Prórroga por causa de fuerza mayor**

Si, por causa de fuerza mayor o independientemente de la voluntad del contratista, éste no pudiese comenzar las obras, tuviese que suspenderlas o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para su cumplimiento, previo informe favorable del director de obra. Para ello, el contratista expondrá, en escrito dirigido al director de obra, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

Tendrán la consideración de casos de fuerza mayor los siguientes:

- Los incendios causados por la electricidad atmosférica.
- Los fenómenos naturales de efectos catastróficos, como maremotos, terremotos, erupciones volcánicas, movimientos del terreno, temporales marítimos, inundaciones u otros semejantes.
- Los destrozos ocasionados violentamente en tiempo de guerra, robos tumultuosos o alteraciones graves del orden público.

#### **1.1.2.9 Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra**

El contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que, habiéndolo solicitado por escrito, no se le hubiese proporcionado.

#### **1.1.2.10 Trabajos defectuosos**

El contratista debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el proyecto, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo estipulado.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, el contratista es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que puedan existir por su mala ejecución, no siendo un eximente el que la Dirección Facultativa lo haya examinado o reconocido con anterioridad, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las Certificaciones Parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el director de ejecución de la obra advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos y equipos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos o una vez finalizados con anterioridad a la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean sustituidas o demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado a expensas del contratista. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la sustitución, demolición y reconstrucción ordenadas, se planteará la cuestión ante el director de obra, quien mediará para resolverla.

#### **1.1.2.11 Responsabilidad por vicios ocultos**

El contratista es el único responsable de los vicios ocultos y de los defectos de la construcción, durante la ejecución de las obras y el periodo de garantía, hasta los plazos prescritos después de la terminación de las obras en la vigente "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", aparte de otras responsabilidades legales o de cualquier índole que puedan derivarse.

Si la obra se arruina o sufre deterioros graves incompatibles con su función con posterioridad a la expiración del plazo de garantía por vicios ocultos de la construcción, debido a incumplimiento del contrato por parte del contratista, éste responderá de los daños y perjuicios que se produzcan o se manifiesten durante un plazo de quince años a contar desde la recepción de la obra.

Si el director de ejecución de la obra tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará, cuando estime oportuno, realizar antes de la recepción definitiva los ensayos, destructivos o no, que considere necesarios para reconocer o diagnosticar los trabajos que suponga defectuosos, dando cuenta de la circunstancia al director de obra.

El contratista demolerá, y reconstruirá posteriormente a su cargo, todas las unidades de obra mal ejecutadas, sus consecuencias, daños y perjuicios, no pudiendo eludir su responsabilidad por el hecho de que el director de obra y/o el director de ejecución de obra lo hayan examinado o reconocido con anterioridad, o que haya sido conformada o abonada una parte o la totalidad de las obras mal ejecutadas.

#### **1.1.2.12 Procedencia de materiales, aparatos y equipos**

El contratista tiene libertad de proveerse de los materiales, aparatos y equipos de todas clases donde considere oportuno y conveniente para sus intereses, excepto en aquellos casos en los se preceptúe una procedencia y características específicas en el proyecto.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo, acopio y puesta en obra, el contratista deberá presentar al director de ejecución de la obra una lista completa de los materiales, aparatos y equipos que vaya a utilizar, en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre sus características técnicas, marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

#### **1.1.2.13 Presentación de muestras**

A petición del director de obra, el contratista presentará las muestras de los materiales, aparatos y equipos, siempre con la antelación prevista en el calendario de obra.

#### **1.1.2.14 Materiales, aparatos y equipos defectuosos**

Cuando los materiales, aparatos, equipos y elementos de instalaciones no fuesen de la calidad y características técnicas prescritas en el proyecto, no tuvieran la preparación en él exigida o cuando, a falta de prescripciones formales, se reconociera o demostrara que no son los adecuados para su fin, el director de obra, a instancias del director de ejecución de la obra, dará la orden al contratista de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o sean los adecuados al fin al que se destinen.

Si, a los 15 días de recibir el contratista orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, ésta no ha sido cumplida, podrá hacerlo el promotor a cuenta de contratista.

En el caso de que los materiales, aparatos, equipos o elementos de instalaciones fueran defectuosos, pero aceptables a juicio del director de obra, se recibirán con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el contratista prefiera sustituirlos por otros en condiciones.

#### **1.1.2.15 Gastos ocasionados por pruebas y ensayos**

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras correrán a cargo y cuenta del contratista.

Todo ensayo que no resulte satisfactorio, no se realice por omisión del contratista, o que no ofrezca las suficientes garantías, podrá comenzarse nuevamente o realizarse nuevos ensayos o pruebas especificadas en el proyecto, a cargo y cuenta del contratista y con la penalización correspondiente, así como todas las obras complementarias a que pudieran dar lugar cualquiera de los supuestos anteriormente citados y que el director de obra considere necesarios.

#### **1.1.2.16 Limpieza de las obras**

Es obligación del contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

#### **1.1.2.17 Obras sin prescripciones explícitas**

En la ejecución de trabajos que pertenecen a la construcción de las obras, y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la restante documentación del proyecto, el contratista se atenderá, en primer término, a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las normas y prácticas de la buena construcción.

### *1.1.3 Disposiciones de las recepciones de edificios y obras anejas*

#### **1.1.3.1 Consideraciones de carácter general**

La recepción de la obra es el acto por el cual el contratista, una vez concluida la obra, hace entrega de la misma al promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el promotor y el contratista, haciendo constar:

- Las partes que intervienen.
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma.

- El coste final de la ejecución material de la obra.
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción.
- Las garantías que, en su caso, se exijan al contratista para asegurar sus responsabilidades.

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el director de obra y el director de la ejecución de la obra.

El promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecúa a las condiciones contractuales.

En todo caso, el rechazo deberá ser motivado por escrito en el acta, en la que se fijará el nuevo plazo para efectuar la recepción.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

El cómputo de los plazos de responsabilidad y garantía será el establecidos en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", y se iniciará a partir de la fecha en que se suscriba el acta de recepción, o cuando se entienda ésta tácitamente producida según lo previsto en el apartado anterior.

#### **1.1.3.2 Recepción provisional**

La recepción provisional se realizará con la intervención del promotor, del contratista, del director de obra y del director de ejecución de la obra. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas.

Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, los Técnicos de la Dirección extenderán el correspondiente Certificado de Final de Obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar expresamente en el Acta y se darán al contratista las oportunas instrucciones para subsanar los defectos observados, fijando un plazo para subsanarlos, expirado el cual se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra.

Si el contratista no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con la pérdida de la fianza.

#### **1.1.3.3 Documentación final de la obra**

El director de ejecución de la obra, asistido por el contratista y los técnicos que hubieren intervenido en la obra, redactará la documentación final de las obras, que se facilitará al promotor, con las especificaciones y contenidos dispuestos por la legislación vigente. Esta documentación incluye el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio.

#### **1.1.3.4 Medición definitiva y liquidación provisional de la obra**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el director de ejecución de la obra a su medición definitiva, con precisa asistencia del contratista o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el director de obra con su firma, servirá para el abono por el promotor del saldo resultante menos la cantidad retenida en concepto de fianza.

#### **1.1.3.5 Plazo de garantía**

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato privado y, en cualquier caso, nunca deberá ser inferior a un año salvo casos especiales

Dentro del plazo de quince días anteriores al cumplimiento del plazo de garantía, la Dirección Facultativa, de oficio o a instancia del contratista, redactará un informe sobre el estado de las obras.

Si el informe fuera favorable, el contratista quedará exonerado de toda responsabilidad, procediéndose a la devolución o cancelación de la garantía, a la liquidación del contrato y, en su caso, al pago de las obligaciones pendientes que deberá efectuarse en el plazo de sesenta días.

En el caso de que el informe no fuera favorable y los defectos observados se debiesen a deficiencias en la ejecución de la obra, la Dirección Facultativa procederá a dictar las oportunas instrucciones al contratista para su debida reparación, concediéndole para ello un plazo durante el cual continuará encargado de la conservación de las obras, sin derecho a percibir cantidad alguna por la ampliación del plazo de garantía.

#### **1.1.3.6 Conservación de las obras recibidas provisionalmente**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo y cuenta del contratista.

Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones ocasionadas por el uso correrán a cargo del promotor y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo del contratista.

#### **1.1.3.7 Recepción definitiva**

La recepción definitiva se realizará después de transcurrido el plazo de garantía, en igual modo y con las mismas formalidades que la provisional. A partir de esa fecha cesará la obligación del contratista de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios, y quedarán sólo subsistentes todas las responsabilidades que pudieran derivar de los vicios de construcción.

#### **1.1.3.8 Prórroga del plazo de garantía**

Si, al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el director de obra indicará al contratista los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias. De no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con la pérdida de la fianza.

#### **1.1.3.9 Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida**

En caso de resolución del contrato, el contratista vendrá obligado a retirar, en el plazo fijado, la maquinaria, instalaciones y medios auxiliares, a resolver los subcontratos que tuviese concertados y a dejar la obra en condiciones de ser reanudada por otra empresa sin problema alguno.

Las obras y trabajos terminados por completo se recibirán provisionalmente con los trámites establecidos anteriormente. Transcurrido el plazo de garantía, se recibirán definitivamente según lo dispuesto anteriormente.

Para las obras y trabajos no determinados, pero aceptables a juicio del director de obra, se efectuará una sola y definitiva recepción.

## **1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS**

### ***1.2.1 Definición y funciones de los agentes de la edificación***

Según la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, se consideran agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación.

Las definiciones y funciones de estos agentes quedan establecidas en el capítulo III de la citada ley, y se recogen a continuación.

#### **1.2.1.1 Promotor**

Será considerado promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Asume la iniciativa de todo el proceso de la edificación, impulsando la gestión necesaria para llevar a cabo la obra inicialmente proyectada, y se hace cargo de todos los costes necesarios.

#### **1.2.1.2 Projectista**

El projectista es el agente que, por encargo del promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.



Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

#### **1.2.1.3 Constructor o contratista**

El constructor es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato de obra.

La ley señala como responsable explícito de los vicios o defectos constructivos al contratista general de la obra, sin perjuicio del derecho de repartición de éste hacia los subcontratistas.

#### **1.2.1.4 Director de obra**

El director de obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra.

#### **1.2.1.5 Director de la ejecución de la obra**

El director de la ejecución de la obra es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado.

Para ello es requisito indispensable el estudio y análisis previo del proyecto de ejecución una vez redactado por el director de obra, procediendo a solicitarle, con antelación al inicio de las obras, todas aquellas aclaraciones, subsanaciones o documentos complementarios que, dentro de su competencia y atribuciones legales, estimare necesarios para poder dirigir de manera solvente la ejecución de las mismas.

#### **1.2.1.6 Entidades y laboratorios de control de calidad de la edificación**

Son entidades de control de calidad de la edificación aquellas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones, de acuerdo con el proyecto y la normativa aplicable.

Son laboratorios de ensayos para el control de la calidad de la edificación los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra de edificación.

### **1.2.1.7 Suministradores de productos**

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

### **1.2.2 Dirección facultativa**

La Dirección Facultativa está compuesta por la Dirección de Obra y la Dirección de Ejecución de la Obra. A la Dirección Facultativa se integrará el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en fase de ejecución de la obra, en el caso de que se haya adjudicado dicha misión a facultativo distinto de los anteriores.

Representa técnicamente los intereses del promotor durante la ejecución de la obra, dirigiendo el proceso de construcción en función de las atribuciones profesionales de cada técnico participante.

### **1.2.3 Visitas facultativas**

Son las realizadas a la obra de manera conjunta o individual por cualquiera de los miembros que componen la Dirección Facultativa. La intensidad y número de visitas dependerá de los cometidos que a cada agente le son propios, pudiendo variar en función de los requerimientos específicos y de la mayor o menor exigencia presencial requerible al técnico al efecto en cada caso y según cada una de las fases de la obra. Deberán adaptarse al proceso lógico de construcción, pudiendo los agentes ser o no coincidentes en la obra en función de la fase concreta que se esté desarrollando en cada momento y del cometido exigible a cada cual.

### **1.2.4 Obligaciones de los agentes intervinientes**

Las obligaciones de los agentes que intervienen en la edificación son las contenidas en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y demás legislación aplicable. A continuación, se recogen dichas obligaciones para cada uno de estos agentes.

#### **1.2.4.1 Promotor**

Son obligaciones del promotor:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra, al director de la ejecución de la obra y al contratista posteriores modificaciones del mismo que fueran imprescindibles para llevar a buen fin lo proyectado.

- Elegir y contratar a los distintos agentes, con la titulación y capacitación profesional necesaria, que garanticen el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para realizar en su globalidad y llevar a buen fin el objeto de lo promovido, en los plazos estipulados y en las condiciones de calidad exigibles mediante el cumplimiento de los requisitos básicos estipulados para los edificios.
- Gestionar y hacerse cargo de las preceptivas licencias y demás autorizaciones administrativas procedentes que, de conformidad con la normativa aplicable, conlleva la construcción de edificios, la urbanización que procediera en su entorno inmediato, la realización de obras que en ellos se ejecuten y su ocupación.
- Garantizar los daños materiales que el edificio pueda sufrir, para la adecuada protección de los intereses de los usuarios finales, en las condiciones legalmente establecidas, asumiendo la responsabilidad civil de forma personal e individualizada, tanto por actos propios como por actos de otros agentes por los que, con arreglo a la legislación vigente, se deba responder.
- La suscripción obligatoria de un seguro, de acuerdo a las normas concretas fijadas al efecto, que cubra los daños materiales que ocasionen en el edificio el incumplimiento de las condiciones de habitabilidad en tres años o que afecten a la seguridad estructural en el plazo de diez años, con especial mención a las viviendas individuales en régimen de autopromoción, que se regirán por lo especialmente legislado al efecto.
- Contratar a los técnicos redactores del preceptivo Estudio de Seguridad y Salud o Estudio Básico, en su caso, al igual que a los técnicos coordinadores en la materia en la fase que corresponda, todo ello según lo establecido en el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".
- Suscribir el acta de recepción final de las obras, una vez concluidas éstas, haciendo constar la aceptación de las obras, que podrá efectuarse con o sin reservas y que deberá abarcar la totalidad de las obras o fases completas. En el caso de hacer mención expresa a reservas para la recepción, deberán mencionarse de manera detallada las deficiencias y se deberá hacer constar el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados.
- Entregar al adquirente y usuario inicial, en su caso, el denominado Libro del Edificio que contiene el manual de uso y mantenimiento del mismo y demás documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes.

#### **1.2.4.2 Projectista**

Son obligaciones del projectista:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión.
- Redactar el proyecto por encargo del promotor, con sujeción a la normativa urbanística y técnica en vigor y conteniendo la documentación necesaria para tramitar tanto la licencia de obras y demás permisos administrativos -proyecto básico- como para ser interpretada y poder ejecutar totalmente la obra, entregando al promotor las copias autorizadas correspondientes, debidamente visadas por su colegio profesional.
- Definir el concepto global del proyecto de ejecución con el nivel de detalle gráfico y escrito suficiente.

- Acordar con el promotor la contratación de colaboraciones parciales de otros técnicos profesionales.
- Facilitar la colaboración necesaria para que se produzca la adecuada coordinación con los proyectos parciales exigibles por la legislación o la normativa vigente y que sea necesario incluir para el desarrollo adecuado del proceso edificatorio, que deberán ser redactados por técnicos competentes, bajo su responsabilidad y suscritos por persona física. Los proyectos parciales serán aquellos redactados por otros técnicos cuya competencia puede ser distinta e incompatible con las competencias del director de obra y, por tanto, de exclusiva responsabilidad de éstos.
- Elaborar aquellos proyectos parciales o estudios complementarios exigidos por la legislación vigente en los que es legalmente competente para su redacción, excepto declinación expresa del director de obra y previo acuerdo con el promotor, pudiendo exigir la compensación económica en concepto de cesión de derechos de autor y de la propiedad intelectual si se tuviera que entregar a otros técnicos, igualmente competentes para realizar el trabajo, documentos o planos del proyecto por él redactado, en soporte papel o informático.
- Ostentar la propiedad intelectual de su trabajo, tanto de la documentación escrita como de los cálculos de cualquier tipo, así como de los planos contenidos en la totalidad del proyecto y cualquiera de sus documentos complementarios.

#### **1.2.4.3 Constructor o contratista**

Son obligaciones del constructor o contratista:

- Tener la capacitación profesional o titulación que habilita para el cumplimiento de las condiciones legalmente exigibles para actuar como constructor.
- Organizar los trabajos de construcción para cumplir con los plazos previstos, de acuerdo al correspondiente Plan de Obra, efectuando las instalaciones provisionales y disponiendo de los medios auxiliares necesarios.
- Elaborar, y exigir de cada subcontratista, un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en el estudio o estudio básico, en función de su propio sistema de ejecución de la obra. En dichos planes se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención propuestas, con la correspondiente justificación técnica, que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en el estudio o estudio básico.
- Comunicar a la autoridad laboral competente la apertura del centro de trabajo en la que incluirá el Plan de Seguridad y Salud al que se refiere el "Real Decreto 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción".
- Adoptar todas las medidas preventivas que cumplan los preceptos en materia de Prevención de Riesgos laborales y Seguridad y Salud que establece la legislación vigente, redactando el correspondiente Plan de Seguridad y ajustándose al cumplimiento estricto y permanente de lo establecido en el Estudio Básico de Seguridad y Salud, disponiendo de todos los medios necesarios y dotando al personal del equipamiento de seguridad exigibles, así como cumplir las órdenes efectuadas por el Coordinador en materia de Seguridad y Salud en la fase de Ejecución de la obra.

- Supervisar de manera continuada el cumplimiento de las normas de seguridad, tutelando las actividades de los trabajadores a su cargo y, en su caso, relevando de su puesto a todos aquellos que pudieran menoscabar las condiciones básicas de seguridad personales o generales, por no estar en las condiciones adecuadas.
- Examinar la documentación aportada por los técnicos redactores correspondientes, tanto del Proyecto de Ejecución como de los proyectos complementarios, así como del Estudio de Seguridad y Salud, verificando que le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitando las aclaraciones pertinentes.
- Facilitar la labor de la Dirección Facultativa, suscribiendo el Acta de Replanteo, ejecutando las obras con sujeción al Proyecto de Ejecución que deberá haber examinado previamente, a la legislación aplicable, a las Instrucciones del director de obra y del director de la ejecución material de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Efectuar las obras siguiendo los criterios al uso que son propios de la correcta construcción, que tiene la obligación de conocer y poner en práctica, así como de las leyes generales de los materiales aun cuando éstos criterios no estuvieran específicamente reseñados en su totalidad en la documentación de proyecto. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las tareas de los subcontratistas.
- Disponer de los medios materiales y humanos que la naturaleza y entidad de la obra impongan, disponiendo del número adecuado de oficiales, suboficiales y peones que la obra requiera en cada momento, bien por personal propio o mediante subcontratistas al efecto, procediendo a solapar aquellos oficios en la obra que sean compatibles entre sí y que permitan acometer distintos trabajos a la vez sin provocar interferencias, contribuyendo con ello a la agilización y finalización de la obra dentro de los plazos previstos.
- Ordenar y disponer en cada momento de personal suficiente a su cargo para que efectúe las actuaciones pertinentes para ejecutar las obras con solvencia, diligentemente y sin interrupción, programándolas de manera coordinada con el director de ejecución material de la obra.
- Supervisar personalmente y de manera continuada y completa la marcha de las obras, que deberán transcurrir sin dilación y con adecuado orden y concierto, así como responder directamente de los trabajos efectuados por sus trabajadores subordinados, exigiéndoles el continuo autocontrol de los trabajos que efectúen, y ordenando la modificación de todas aquellas tareas que se presenten mal efectuadas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales utilizados y elementos constructivos, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción facultativa del director de la ejecución de la obra, los suministros de material o prefabricados que no cuenten con las garantías, documentación mínima exigible o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación, debiendo recabar de la Dirección Facultativa la información que necesite para cumplir adecuadamente su cometido.
- Dotar de material, maquinaria y utillajes adecuados a los operarios que intervengan en la obra, para efectuar adecuadamente las instalaciones necesarias y no menoscabar con la puesta en obra las características y naturaleza de los elementos constructivos que componen el edificio una vez finalizado.

- Poner a disposición del director de ejecución material de la obra los medios auxiliares y personal necesario para efectuar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, recabando de dicho técnico el plan a seguir en cuanto a las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.
- Cuidar de que el personal de la obra guarde el debido respeto a la Dirección Facultativa.
- Auxiliar al Director de la Ejecución de la Obra en los actos de replanteo y firmar posteriormente y una vez finalizado éste, el acta correspondiente de inicio de obra, así como la de recepción final.
- Facilitar a los directores de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación final de obra ejecutada.
- Suscribir las garantías de obra que se señalan en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación" y que, en función de su naturaleza, alcanzan períodos de 1 año (daños por defectos de terminación o acabado de las obras), 3 años (daños por defectos o vicios de elementos constructivos o de instalaciones que afecten a la habitabilidad) o 10 años (daños en cimentación o estructura que comprometan directamente la resistencia mecánica y la estabilidad del edificio).

#### **1.2.4.4 Director de obra**

Son obligaciones del director de obra:

- Dirigir la obra coordinándola con el Proyecto de Ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética a los agentes intervinientes en el proceso constructivo.
- Detener la obra por causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata al promotor.
- Redactar las modificaciones, ajustes, rectificaciones o planos complementarios que se precisen para el adecuado desarrollo de las obras.
- Asesorar al director de la ejecución de la obra en aquellas aclaraciones y dudas que pudieran acontecer para el correcto desarrollo de la misma, en lo que respecta a las interpretaciones de las especificaciones de proyecto.
- Asistir a las obras a fin de resolver las contingencias que se produzcan para asegurar la correcta interpretación y ejecución del proyecto, así como impartir las soluciones aclaratorias que fueran necesarias, consignando en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que se estimara oportunas reseñar para la correcta interpretación de lo proyectado, sin perjuicio de efectuar todas las aclaraciones y órdenes verbales que estimare oportuno.
- Firmar el Acta de replanteo o de comienzo de obra y el Certificado Final de Obra, así como firmar el visto bueno de las certificaciones parciales referidas al porcentaje de obra efectuada y, en su caso y a instancias del promotor, la supervisión de la documentación que se le presente relativa a las unidades de obra realmente ejecutadas previa a su liquidación final, todo ello con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Informar puntualmente al promotor de aquellas modificaciones sustanciales que, por razones técnicas o normativas, conllevan una variación de lo construido con respecto al proyecto básico y de ejecución y que afecten o puedan afectar al contrato suscrito entre el promotor y los destinatarios finales de las viviendas.

- Redactar la documentación final de obra, en lo que respecta a la documentación gráfica y escrita del proyecto ejecutado, incorporando las modificaciones efectuadas. Para ello, los técnicos redactores de proyectos y/o estudios complementarios deberán obligatoriamente entregarle la documentación final en la que se haga constar el estado final de las obras y/o instalaciones por ellos redactadas, supervisadas y realmente ejecutadas, siendo responsabilidad de los firmantes la veracidad y exactitud de los documentos presentados.
- Al Proyecto Final de Obra se anejará el Acta de Recepción Final; la relación identificativa de los agentes que han intervenido en el proceso de edificación, incluidos todos los subcontratistas y oficios intervinientes; las instrucciones de Uso y Mantenimiento del Edificio y de sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.
- La documentación a la que se hace referencia en los dos apartados anteriores es parte constituyente del Libro del Edificio y el promotor deberá entregar una copia completa a los usuarios finales del mismo.
- Además de todas las facultades que corresponden al director de obra, expresadas en los artículos precedentes, es misión específica suya la dirección mediata, denominada alta dirección, en lo que al cumplimiento de las directrices generales del proyecto se refiere, y a la adecuación de lo construido a éste.
- Cabe señalar expresamente que la resistencia al cumplimiento de las órdenes de los directores de obra en su labor de alta dirección se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá recusar al contratista y/o acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.

#### **1.2.4.5 Director de la ejecución de la obra**

Corresponde al director de la ejecución de la obra:

- La Dirección inmediata de la Obra.
- Verificar personalmente la recepción a pie de obra, previo a su acopio o colocación definitiva, de todos los productos y materiales suministrados necesarios para la ejecución de la obra, comprobando que se ajustan con precisión a las determinaciones del proyecto y a las normas exigibles de calidad, con la plena potestad de aceptación o rechazo de los mismos en caso de que lo considerase oportuno y por causa justificada, ordenando la realización de pruebas y ensayos que fueran necesarios.
- Dirigir la ejecución material de la obra de acuerdo con las especificaciones de la memoria y de los planos del Proyecto, así como, en su caso, con las instrucciones complementarias necesarias que recabara del director de obra.
- Anticiparse con la antelación suficiente a las distintas fases de la puesta en obra, requiriendo las aclaraciones al director de obra o directores de obra que fueran necesarias y planificando de manera anticipada y continuada con el contratista principal y los subcontratistas los trabajos a efectuar.
- Comprobar los replanteos, los materiales, y demás productos suministrados, exigiendo la presentación de los oportunos certificados de idoneidad de los mismos.

- Verificar la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones.
- Asistir a la obra con la frecuencia, dedicación y diligencia necesarias para cumplir eficazmente la debida supervisión de la ejecución de la misma en todas sus fases, desde el replanteo inicial hasta la total finalización del edificio, dando las órdenes precisas de ejecución al contratista y, en su caso, a los subcontratistas.
- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas que considerara oportuno reseñar para la correcta ejecución material de las obras.
- Supervisar posteriormente el correcto cumplimiento de las órdenes previamente efectuadas y la adecuación de lo realmente ejecutado a lo ordenado previamente.
- Verificar el adecuado trazado de instalaciones, conductos, acometidas, redes de evacuación y su dimensionado, comprobando su idoneidad y ajuste tanto a las especificaciones del proyecto de ejecución como de los proyectos parciales, coordinando dichas actuaciones con los técnicos redactores correspondientes.
- Detener la Obra si, a su juicio, existiera causa grave y justificada, que se deberá hacer constar necesariamente en el Libro de Órdenes y Asistencias, dando cuenta inmediata a los directores de obra que deberán necesariamente corroborarla para su plena efectividad, y al promotor.
- Supervisar las pruebas pertinentes para el Control de Calidad, respecto a lo especificado por la normativa vigente, en cuyo cometido y obligaciones tiene legalmente competencia exclusiva, programando bajo su responsabilidad y debidamente coordinado y auxiliado por el contratista, las tomas de muestras, traslados, ensayos y demás actuaciones necesarias.
- Informar con prontitud a los directores de obra de los resultados de los Ensayos de Control conforme se vaya teniendo conocimiento de los mismos, proponiéndole la realización de pruebas complementarias en caso de resultados adversos.
- Tras la oportuna comprobación, emitir las certificaciones parciales o totales relativas a las unidades de obra realmente ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Colaborar activa y positivamente con los restantes agentes intervinientes, sirviendo de nexo de unión entre éstos, el contratista, los subcontratistas y el personal de la obra.
- Elaborar y suscribir responsablemente la documentación final de obra relativa a los resultados del Control de Calidad y, en concreto, a aquellos ensayos y verificaciones de ejecución de obra realizados bajo su supervisión.
- Suscribir conjuntamente el Certificado Final de Obra, acreditando con ello su conformidad a la correcta ejecución de las obras y a la comprobación y verificación positiva de los ensayos y pruebas realizadas.
- Si se hiciera caso omiso de las órdenes efectuadas por el director de la ejecución de la obra, se considerará como falta grave y, en caso de que, a su juicio, el incumplimiento de lo ordenado pusiera en peligro la obra o las personas que en ella trabajan, podrá acudir a las autoridades judiciales, siendo responsable el contratista de las consecuencias legales y económicas.



#### **1.2.4.6 Entidades o laboratorios de control de calidad de la edificación**

Son obligaciones de las entidades o laboratorios de control de la calidad de la edificación:

- Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al director de la ejecución de la obra.
- Justificar la capacidad suficiente de medios materiales y humanos necesarios para realizar adecuadamente los trabajos contratados, en su caso, a través de la correspondiente acreditación oficial otorgada por las Comunidades Autónomas con competencia en la materia.

#### **1.2.4.7 Suministradores de productos**

Son obligaciones de los suministradores de productos:

- Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable.
- Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada.

#### **1.2.4.8 Propietarios y usuarios**

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la edificación mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuente.

Son obligaciones de los usuarios sean o no propietarios, la utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento contenidas en la documentación de la obra ejecutada.

### ***1.2.5 Documentación final de obra: libro del edificio***

De acuerdo a la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", una vez finalizada la obra, el proyecto con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al promotor por el director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

Toda la documentación a que hacen referencia los apartados anteriores, que constituirá el Libro del Edificio, será entregada a los usuarios finales del edificio.

## 1.3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

### 1.3.1 Definición

Las condiciones económicas fijan el marco de relaciones económicas para el abono y recepción de la obra. Tienen un carácter subsidiario respecto al contrato de obra, establecido entre las partes que intervienen, promotor y contratista, que es en definitiva el que tiene validez.

### 1.3.2 Contrato de obra

Se aconseja que se firme el contrato de obra, entre el promotor y el contratista, antes de iniciarse las obras, evitando en lo posible la realización de la obra por administración. A la Dirección Facultativa (director de obra y director de ejecución de la obra) se le facilitará una copia del contrato de obra, para poder certificar en los términos pactados.

Sólo se aconseja contratar por administración aquellas partidas de obra irrelevantes y de difícil cuantificación, o cuando se desee un acabado muy esmerado.

El contrato de obra deberá prever las posibles interpretaciones y discrepancias que pudieran surgir entre las partes, así como garantizar que la Dirección Facultativa pueda, de hecho, coordinar, dirigir y controlar la obra, por lo que es conveniente que se especifiquen y determinen con claridad, como mínimo, los siguientes puntos:

- Documentos a aportar por el contratista.
- Condiciones de ocupación del solar e inicio de las obras.
- Determinación de los gastos de enganches y consumos.
- Responsabilidades y obligaciones del contratista: Legislación laboral.
- Responsabilidades y obligaciones del promotor.
- Presupuesto del contratista.
- Revisión de precios (en su caso).
- Forma de pago: Certificaciones.
- Retenciones en concepto de garantía (nunca menos del 5%).
- Plazos de ejecución: Planning.
- Retraso de la obra: Penalizaciones.
- Recepción de la obra: Provisional y definitiva.
- Litigio entre las partes.

Dado que este Pliego de Condiciones Económicas es complemento del contrato de obra, en caso de que no exista contrato de obra alguno entre las partes se le comunicará a la Dirección Facultativa, que pondrá a disposición de las partes el presente Pliego de Condiciones Económicas que podrá ser usado como base para la redacción del correspondiente contrato de obra.

### *1.3.3 Criterio general*

Todos los agentes que intervienen en el proceso de la construcción, definidos en la "Ley 38/1999. Ley de Ordenación de la Edificación", tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas, pudiendo exigirse recíprocamente las garantías suficientes para el cumplimiento diligente de sus obligaciones de pago.

### *1.3.4 Fianzas*

El contratista presentará una fianza con arreglo al procedimiento que se estipule en el contrato de obra.

#### **1.3.4.1 Ejecución de trabajos con cargo a la fianza**

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en nombre y representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

#### **1.3.4.2 Devolución de las fianzas**

La fianza recibida será devuelta al contratista en un plazo establecido en el contrato de obra, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros y subcontratos.

#### **1.3.4.3 Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales**

Si el promotor, con la conformidad del director de obra, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

### *1.3.5 De los precios*

El objetivo principal de la elaboración del presupuesto es anticipar el coste del proceso de ejecutar la obra. Se descompondrá el presupuesto en unidades de obra, componente menor que se contrata y certifica por separado, y basándose en esos precios, se calculará el presupuesto.

### **1.3.5.1 Precio básico**

Es el precio por unidad (ud, m, kg, etc.) de un material dispuesto a pie de obra, (incluido su transporte a obra, descarga en obra, embalajes, etc.) o el precio por hora de la maquinaria y de la mano de obra.

### **1.3.5.2 Precio unitario**

Es el precio de una unidad de obra que se obtendrá como suma de los siguientes costes:

- Costes directos: calculados como suma de los productos "precio básico x cantidad" de la mano de obra, maquinaria y materiales que intervienen en la ejecución de la unidad de obra.
- Medios auxiliares: Costes directos complementarios, calculados en forma porcentual como porcentaje de otros componentes, debido a que representan los costes directos que intervienen en la ejecución de la unidad de obra y que son de difícil cuantificación. Son diferentes para cada unidad de obra.
- Costes indirectos: aplicados como un porcentaje de la suma de los costes directos y medios auxiliares, igual para cada unidad de obra debido a que representan los costes de los factores necesarios para la ejecución de la obra que no se corresponden a ninguna unidad de obra en concreto.

En relación a la composición de los precios, se establece que la composición y el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra se base en la determinación de los costes directos e indirectos precisos para su ejecución, sin incorporar, en ningún caso, el importe del Impuesto sobre el Valor Añadido que pueda gravar las entregas de bienes o prestaciones de servicios realizados.

Considera costes directos:

- La mano de obra que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que quedan integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria e instalaciones anteriormente citadas.

Deben incluirse como costes indirectos los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorio, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, excepto aquéllos que se reflejen en el presupuesto valorados en unidades de obra o en partidas alzadas, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos, igual para todas las unidades de obra, que adoptará, en cada caso, el autor del proyecto a la vista de la naturaleza de la obra proyectada, de la importancia de su presupuesto y de su previsible plazo de ejecución.

Las características técnicas de cada unidad de obra, en las que se incluyen todas las especificaciones necesarias para su correcta ejecución, se encuentran en el apartado de 'Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra', junto a la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra.

Si en la descripción del proceso de ejecución de la unidad de obra no figurase alguna operación necesaria para su correcta ejecución, se entiende que está incluida en el precio de la unidad de obra, por lo que no supondrá cargo adicional o aumento de precio de la unidad de obra contratada.

Para mayor aclaración, se exponen algunas operaciones o trabajos, que se entiende que siempre forman parte del proceso de ejecución de las unidades de obra:

- El transporte y movimiento vertical y horizontal de los materiales en obra, incluso carga y descarga de los camiones.
- Eliminación de restos, limpieza final y retirada de residuos a vertedero de obra.
- Transporte de escombros sobrantes a vertedero autorizado.
- Montaje, comprobación y puesta a punto.
- Las correspondientes legalizaciones y permisos en instalaciones.
- Maquinaria, andamiajes y medios auxiliares necesarios.

Trabajos que se considerarán siempre incluidos y para no ser reiterativos no se especifican en cada una de las unidades de obra.

#### **1.3.5.3 Presupuesto de Ejecución Material (PEM)**

Es el resultado de la suma de los precios unitarios de las diferentes unidades de obra que la componen.

Se denomina Presupuesto de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los productos del número de cada unidad de obra por su precio unitario y de las partidas alzadas. Es decir, el coste de la obra sin incluir los gastos generales, el beneficio industrial y el impuesto sobre el valor añadido.

#### **1.3.5.4 Precios contradictorios**

Sólo se producirán precios contradictorios cuando el promotor, por medio del director de obra, decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista.

El contratista siempre estará obligado a efectuar los cambios indicados.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el director de obra y el contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el contrato de obra o, en su defecto, antes de quince días hábiles desde que se le comunique fehacientemente al director de obra. Si subsiste la diferencia, se acudiría, en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiese se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato de obra. Nunca se tomará para la valoración de los correspondientes precios contradictorios la fecha de la ejecución de la unidad de obra en cuestión.

#### **1.3.5.5 Reclamación de aumento de precios**

Si el contratista, antes de la firma del contrato de obra, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras.

#### **1.3.5.6 Formas tradicionales de medir o de aplicar los precios**

En ningún caso podrá alegar el contratista los usos y costumbres locales respecto de la aplicación de los precios o de la forma de medir las unidades de obra ejecutadas. Se estará a lo previsto en el Presupuesto y en el criterio de medición en obra recogido en el Pliego.

#### **1.3.5.7 De la revisión de los precios contratados**

El presupuesto presentado por el contratista se entiende que es cerrado, por lo que no se aplicará revisión de precios.

Sólo se procederá a efectuar revisión de precios cuando haya quedado explícitamente determinado en el contrato de obra entre el promotor y el contratista.

#### **1.3.5.8 Acopio de materiales**

El contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que el promotor ordene por escrito.

Los materiales acopiados, una vez abonados por el propietario, son de la exclusiva propiedad de éste, siendo el contratista responsable de su guarda y conservación.

### ***1.3.6 Obras por administración***

Se denominan "Obras por administración" aquellas en las que las gestiones que se precisan para su realización las lleva directamente el promotor, bien por sí mismo, por un representante suyo o por mediación de un contratista.

Las obras por administración se clasifican en dos modalidades:

- Obras por administración directa.
- Obras por administración delegada o indirecta.

Según la modalidad de contratación, en el contrato de obra se regulará:

- Su liquidación.
- El abono al contratista de las cuentas de administración delegada.
- Las normas para la adquisición de los materiales y aparatos.
- Responsabilidades del contratista en la contratación por administración en general y, en particular, la debida al bajo rendimiento de los obreros.

### *1.3.7 Valoración y abono de los trabajos*

#### **1.3.7.1 Forma y plazos de abono de las obras**

Se realizará por certificaciones de obra y se recogerán las condiciones en el contrato de obra establecido entre las partes que intervienen (promotor y contratista) que, en definitiva, es el que tiene validez.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos en el contrato de obra, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de la obra conformadas por el director de ejecución de la obra, en virtud de las cuáles se verifican aquéllos.

El director de ejecución de la obra realizará, en la forma y condiciones que establezca el criterio de medición en obra incorporado en las Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra, la medición de las unidades de obra ejecutadas durante el período de tiempo anterior, pudiendo el contratista presenciar la realización de tales mediciones.

Para las obras o partes de obra que, por sus dimensiones y características, hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, el contratista está obligado a avisar al director de ejecución de la obra con la suficiente antelación, a fin de que éste pueda realizar las correspondientes mediciones y toma de datos, levantando los planos que las definan, cuya conformidad suscribirá el contratista.

A falta de aviso anticipado, cuya existencia corresponde probar al contratista, queda éste obligado a aceptar las decisiones del promotor sobre el particular.

#### **1.3.7.2 Relaciones valoradas y certificaciones**

En los plazos fijados en el contrato de obra entre el promotor y el contratista, éste último formulará una relación valorada de las obras ejecutadas durante las fechas previstas, según la medición practicada por el Director de Ejecución de la Obra.

Las certificaciones de obra serán el resultado de aplicar, a la cantidad de obra realmente ejecutada, los precios contratados de las unidades de obra. Sin embargo, los excesos de obra realizada en unidades que sean imputables al contratista, no serán objeto de certificación alguna.

Los pagos se efectuarán por el promotor en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá al de las certificaciones de obra, conformadas por la Dirección Facultativa. Tendrán el carácter de documento y entregas a buena cuenta, sujetas a las rectificaciones y variaciones que se deriven de la Liquidación Final, no suponiendo tampoco dichas certificaciones parciales la aceptación, la aprobación, ni la recepción de las obras que comprenden.

Las relaciones valoradas contendrán solamente la obra ejecutada en el plazo a que la valoración se refiere. Si la Dirección Facultativa lo exigiera, las certificaciones se extenderán a origen.

### **1.3.7.3 Mejora de obras libremente ejecutadas**

Cuando el contratista, incluso con la autorización del director de obra, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el proyecto o sustituyese una clase de fábrica por otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin solicitársela, cualquier otra modificación que sea beneficiosa a juicio de la Dirección Facultativa, no tendrá derecho más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

### **1.3.7.4 Abono de trabajos presupuestados con partida alzada**

El abono de los trabajos presupuestados en partida alzada se efectuará previa justificación por parte del contratista. Para ello, el director de obra indicará al contratista, con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta.

### **1.3.7.5 Abono de trabajos especiales no contratados**

Cuando fuese preciso efectuar cualquier tipo de trabajo de índole especial u ordinaria que, por no estar contratado, no sea de cuenta del contratista, y si no se contratasen con tercera persona, tendrá el contratista la obligación de realizarlos y de satisfacer los gastos de toda clase que ocasionen, los cuales le serán abonados por el promotor por separado y en las condiciones que se estipulen en el contrato de obra.

### **1.3.7.6 Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía**

Efectuada la recepción provisional, y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el contratista a su debido tiempo, y el director de obra exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en el presente Pliego de Condiciones, sin estar sujetos a revisión de precios.
- Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el promotor, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al contratista.



### **1.3.8 Indemnizaciones mutuas**

#### **1.3.8.1 Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras**

Si, por causas imputables al contratista, las obras sufrieran un retraso en su finalización con relación al plazo de ejecución previsto, el promotor podrá imponer al contratista, con cargo a la última certificación, las penalizaciones establecidas en el contrato, que nunca serán inferiores al perjuicio que pudiera causar el retraso de la obra.

#### **1.3.8.2 Demora de los pagos por parte del promotor**

Se regulará en el contrato de obra las condiciones a cumplir por parte de ambos.

### **1.3.9 Varios**

#### **1.3.9.1 Mejoras, aumentos y/o reducciones de obra**

Sólo se admitirán mejoras de obra, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ejecución de los trabajos nuevos o que mejoren la calidad de los contratados, así como de los materiales y maquinaria previstos en el contrato.

Sólo se admitirán aumentos de obra en las unidades contratadas, en el caso que el director de obra haya ordenado por escrito la ampliación de las contratadas como consecuencia de observar errores en las mediciones de proyecto.

En ambos casos será condición indispensable que ambas partes contratantes, antes de su ejecución o empleo, convengan por escrito los importes totales de las unidades mejoradas, los precios de los nuevos materiales o maquinaria ordenados emplear y los aumentos que todas estas mejoras o aumentos de obra supongan sobre el importe de las unidades contratadas.

Se seguirán el mismo criterio y procedimiento, cuando el director de obra introduzca innovaciones que supongan una reducción en los importes de las unidades de obra contratadas.

#### **1.3.9.2 Unidades de obra defectuosas**

Las obras defectuosas no se valorarán.

#### **1.3.9.3 Seguro de las obras**

El contratista está obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

#### **1.3.9.4 Conservación de la obra**

El contratista está obligado a conservar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución, hasta la recepción definitiva.

#### **1.3.9.5 Uso por el contratista del edificio o bienes del promotor**

No podrá el contratista hacer uso de edificio o bienes del promotor durante la ejecución de las obras sin el consentimiento del mismo.

Al abandonar el contratista el edificio, tanto por buena terminación de las obras, como por resolución del contrato, está obligado a dejarlo desocupado y limpio en el plazo que se estipule en el contrato de obra.

#### **1.3.9.6 Pago de arbitrios**

El pago de impuestos y arbitrios en general, municipales o de otro origen, sobre vallas, alumbrado, etc., cuyo abono debe hacerse durante el tiempo de ejecución de las obras y por conceptos inherentes a los propios trabajos que se realizan, correrán a cargo del contratista, siempre que en el contrato de obra no se estipule lo contrario.

### *1.3.10 Retenciones en concepto de garantía*

Del importe total de las certificaciones se descontará un porcentaje, que se retendrá en concepto de garantía. Este valor no deberá ser nunca menor del cinco por cien (5%) y responderá de los trabajos mal ejecutados y de los perjuicios que puedan ocasionarle al promotor.

Esta retención en concepto de garantía quedará en poder del promotor durante el tiempo designado como periodo de garantía, pudiendo ser dicha retención, "en metálico" o mediante un aval bancario que garantice el importe total de la retención.

Si el contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, el director de obra, en representación del promotor, los ordenará ejecutar a un tercero, o podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el promotor, en el caso de que el importe de la fianza no bastase para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

La fianza retenida en concepto de garantía será devuelta al contratista en el plazo estipulado en el contrato, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. El promotor podrá exigir que el contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas atribuibles a la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros o subcontratos.

### *1.3.11 Plazos de ejecución: planning de obra*

En el contrato de obra deberán figurar los plazos de ejecución y entregas, tanto totales como parciales. Además, será conveniente adjuntar al respectivo contrato un Planning de la ejecución de la obra donde figuren de forma gráfica y detallada la duración de las distintas partidas de obra que deberán conformar las partes contratantes.

### *1.3.12 Liquidación económica de las obras*

Simultáneamente al libramiento de la última certificación, se procederá al otorgamiento del Acta de Liquidación Económica de las obras, que deberán firmar el promotor y el contratista. En este acto se dará por terminada la obra y se entregarán, en su caso, las llaves, los correspondientes boletines debidamente cumplimentados de acuerdo a la Normativa Vigente, así como los proyectos Técnicos y permisos de las instalaciones contratadas.

Dicha Acta de Liquidación Económica servirá de Acta de Recepción Provisional de las obras, para lo cual será conformada por el promotor, el contratista, el director de obra y el director de ejecución de la obra, quedando desde dicho momento la conservación y custodia de las mismas a cargo del promotor.

La citada recepción de las obras, provisional y definitiva, queda regulada según se describe en las Disposiciones Generales del presente Pliego.

### *1.3.13 Liquidación final de la obra*

Entre el promotor y contratista, la liquidación de la obra deberá hacerse de acuerdo con las certificaciones conformadas por la Dirección de Obra. Si la liquidación se realizara sin el visto bueno de la Dirección de Obra, ésta sólo mediará, en caso de desavenencia o desacuerdo, en el recurso ante los Tribunales.

## 2 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

### 2.1 PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES

Para facilitar la labor a realizar, por parte del director de la ejecución de la obra, para el control de recepción en obra de los productos, equipos y sistemas que se suministren a la obra de acuerdo con lo especificado en el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en el presente proyecto se especifican las características técnicas que deberán cumplir los productos, equipos y sistemas suministrados.

Los productos, equipos y sistemas suministrados deberán cumplir las condiciones que sobre ellos se especifican en los distintos documentos que componen el Proyecto. Asimismo, sus calidades serán acordes con las distintas normas que sobre ellos estén publicadas y que tendrán un carácter de complementariedad a este apartado del Pliego. Tendrán preferencia en cuanto a su aceptabilidad aquellos materiales que estén en posesión de Documento de Idoneidad Técnica que avale sus calidades, emitido por Organismos Técnicos reconocidos.

Este control de recepción en obra de productos, equipos y sistemas comprenderá:

- El control de la documentación de los suministros.
- El control mediante distintivos de calidad o evaluaciones técnicas de idoneidad.
- El control mediante ensayos.

Por parte del constructor o contratista debe existir obligación de comunicar a los suministradores de productos las calidades que se exigen para los distintos materiales, aconsejándose que previamente al empleo de los mismos se solicite la aprobación del director de ejecución de la obra y de las entidades y laboratorios encargados del control de calidad de la obra.

El contratista será responsable de que los materiales empleados cumplan con las condiciones exigidas, independientemente del nivel de control de calidad que se establezca para la aceptación de los mismos.

El contratista notificará al director de ejecución de la obra, con suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se proponga utilizar, aportando, cuando así lo solicite el director de ejecución de la obra, las muestras y datos necesarios para decidir acerca de su aceptación.

Estos materiales serán reconocidos por el director de ejecución de la obra antes de su empleo en obra, sin cuya aprobación no podrán ser acopiados en obra ni se podrá proceder a su colocación. Así mismo, aún después de colocados en obra, aquellos materiales que presenten defectos no percibidos en el primer reconocimiento, siempre que vaya en perjuicio del buen acabado de la obra, serán retirados de la obra. Todos los gastos que ello ocasionase serán a cargo del contratista.

El hecho de que el contratista subcontrate cualquier partida de obra no le exime de su responsabilidad.

La simple inspección o examen por parte de los Técnicos no supone la recepción absoluta de los mismos, siendo los oportunos ensayos los que determinen su idoneidad, no extinguiéndose la responsabilidad contractual del contratista a estos efectos hasta la recepción definitiva de la obra.

### 2.1.1 Garantías de calidad (marcado CE)

El término producto de construcción queda definido como cualquier producto fabricado para su incorporación, con carácter permanente, a las obras de edificación e ingeniería civil que tengan incidencia sobre los siguientes requisitos esenciales:

- Resistencia mecánica y estabilidad.
- Seguridad en caso de incendio.
- Higiene, salud y medio ambiente.
- Seguridad de utilización.
- Protección contra el ruido.
- Ahorro de energía y aislamiento térmico.

El marcado CE de un producto de construcción indica:

- Que éste cumple con unas determinadas especificaciones técnicas relacionadas con los requisitos esenciales contenidos en las Normas Armonizadas (EN) y en las Guías DITE (Guías para el Documento de Idoneidad Técnica Europeo).
- Que se ha cumplido el sistema de evaluación y verificación de la constancia de las prestaciones indicado en los mandatos relativos a las normas armonizadas y en las especificaciones técnicas armonizadas.

Siendo el fabricante el responsable de su fijación y la Administración competente en materia de industria la que vele por la correcta utilización del marcado CE.

Es obligación del director de la ejecución de la obra verificar si los productos que entran en la obra están afectados por el cumplimiento del sistema del marcado CE y, en caso de ser así, si se cumplen las condiciones establecidas en el "Real Decreto 1630/1992. Disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE".

El marcado CE se materializa mediante el símbolo "CE" acompañado de una información complementaria.

El fabricante debe cuidar de que el marcado CE figure, por orden de preferencia:

- En el producto propiamente dicho.
- En una etiqueta adherida al mismo.
- En su envase o embalaje.
- En la documentación comercial que le acompaña.

Las letras del símbolo CE deben tener una dimensión vertical no inferior a 5 mm.

Además del símbolo CE deben estar situadas en una de las cuatro posibles localizaciones una serie de inscripciones complementarias, cuyo contenido específico se determina en las normas armonizadas y Guías DITE para cada familia de productos, entre las que se incluyen:

- El número de identificación del organismo notificado (cuando proceda).
- El nombre comercial o la marca distintiva del fabricante.
- La dirección del fabricante.
- El nombre comercial o la marca distintiva de la fábrica.

- Las dos últimas cifras del año en el que se ha estampado el marcado en el producto.
- El número del certificado CE de conformidad (cuando proceda).
- El número de la norma armonizada y en caso de verse afectada por varias los números de todas ellas.
- La designación del producto, su uso previsto y su designación normalizada.
- Información adicional que permita identificar las características del producto atendiendo a sus especificaciones técnicas.

Las inscripciones complementarias del marcado CE no tienen por qué tener un formato, tipo de letra, color o composición especial, debiendo cumplir únicamente las características reseñadas anteriormente para el símbolo.

Dentro de las características del producto podemos encontrar que alguna de ellas presente la mención "Prestación no determinada" (PND).

La opción PND es una clase que puede ser considerada si al menos un estado miembro no tiene requisitos legales para una determinada característica y el fabricante no desea facilitar el valor de esa característica.

## *2.1.2 Tubos de cobre*

### **2.1.2.1 Condiciones de suministro**

Los tubos se suministran en barras en estado duro.

### **2.1.2.2 Recepción y control**

#### Documentación de los suministros:

- Los tubos de  $DN \geq 10$  mm y  $DN \leq 54$  mm, deben estar marcados, indeleblemente, a intervalos menores de 600 mm a lo largo de una generatriz, con la designación normalizada.
- Los tubos de  $DN > 6$  mm y  $DN < 10$  mm, o  $DN > 54$  mm deben estar marcados de idéntica manera al menos en los 2 extremos.

#### Ensayos:

- La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

### **2.1.2.3 Conservación, almacenamiento y manipulación**

El almacenamiento se realizará en lugares protegidos de impactos y de la humedad. Se colocarán paralelos y en posición horizontal sobre superficies planas.

### **2.1.2.4 Recomendaciones para su uso en obra**

Las características de la instalación de agua a la que va destinado el tubo de cobre son las que determinan la elección del estado del tubo: duro o recocado.

Los tubos en estado duro se utilizan en instalaciones que requieren una gran rigidez o en aquellas en que los tramos rectos son de gran longitud.

Los tubos recocidos se utilizan en instalaciones con recorridos de gran longitud, sinuosos o irregulares, cuando es necesario adaptarlos al lugar en el que vayan a ser colocados.

Para este proyecto se empleará tubo de cobre en estado duro.

### **2.1.3 Tubos de polietileno**

#### **2.1.3.1 Condiciones de suministro**

Los tubos se deben suministrar a pie de obra en camiones, sin paletizar, y los accesorios en cajas adecuadas para ellos.

Los tubos se deben colocar sobre los camiones de forma que no se produzcan deformaciones por contacto con aristas vivas, cadenas, etc.

Los tubos y accesorios se deben cargar de forma que no se produzca ningún deterioro durante el transporte. Los tubos se deben apilar a una altura máxima de 1,5 m.

Se debe evitar la colocación de peso excesivo encima de los tubos, colocando las cajas de accesorios en la base del camión.

Cuando los tubos se suministren en rollos, se deben colocar de forma horizontal en la base del camión, o encima de los tubos suministrados en barras si los hubiera, cuidando de evitar su aplastamiento.

Los rollos de gran diámetro que, por sus dimensiones, la plataforma del vehículo no admita en posición horizontal, deben colocarse verticalmente, teniendo la precaución de que permanezcan el menor tiempo posible en esta posición.

Los tubos y accesorios deben descargarse cuidadosamente.

#### **2.1.3.2 Recepción y control**

##### Documentación de los suministros:

- Los tubos y accesorios deben estar marcados, a intervalos máximos de 1 m para tubos y al menos una vez por tubo o accesorio, con:
  - o Los caracteres correspondientes a la designación normalizada.
  - o La trazabilidad del tubo (información facilitada por el fabricante que indique la fecha de fabricación, en cifras o en código, y un número o código indicativo de la factoría de fabricación en caso de existir más de una).
- Los caracteres de marcado deben estar etiquetados, impresos o grabados directamente sobre el tubo o accesorio de forma que sean legibles después de su almacenamiento, exposición a la intemperie, instalación y puesta en obra.
- El marcado no debe producir fisuras u otro tipo de defecto que influya desfavorablemente sobre la aptitud al uso del elemento.
- Si se utiliza el sistema de impresión, el color de la información debe ser diferente al color base del elemento.
- El tamaño del marcado debe ser fácilmente legible sin aumento.

- Los tubos y accesorios certificados por una tercera parte pueden estar marcados en consecuencia.
- Los accesorios de fusión o electrofusión deben estar marcados con un sistema numérico, electromecánico o autorregulado, para reconocimiento de los parámetros de fusión, para facilitar el proceso. Cuando se utilicen códigos de barras para el reconocimiento numérico, la etiqueta que le incluya debe poder adherirse al accesorio y protegerse de deterioros.
- Los accesorios deben estar embalados a granel o protegerse individualmente, cuando sea necesario, con el fin de evitar deterioros y contaminación; el embalaje debe llevar al menos una etiqueta con el nombre del fabricante, el tipo y dimensiones del artículo, el número de unidades y cualquier condición especial de almacenamiento.

#### Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

### **2.1.3.3 Conservación, almacenamiento y manipulación**

Debe evitarse el daño en las superficies y en los extremos de los tubos y accesorios.

Debe evitarse el almacenamiento a la luz directa del sol durante largos periodos de tiempo.

Debe disponerse de una zona de almacenamiento que tenga el suelo liso y nivelado o un lecho plano de estructura de madera, con el fin de evitar cualquier curvatura o deterioro de los tubos.

Los tubos con embocadura y con accesorios montados previamente se deben disponer de forma que estén protegidos contra el deterioro y los extremos queden libres de cargas, por ejemplo, alternando los extremos con embocadura y los extremos sin embocadura o en capas adyacentes.

Los tubos en rollos se deben almacenar en pisos apilados uno sobre otro o verticalmente en soportes o estanterías especialmente diseñadas para este fin.

El desenrollado de los tubos debe hacerse tangencialmente al rollo, rodándolo sobre sí mismo. No debe hacerse jamás en espiral.

Debe evitarse todo riesgo de deterioro llevando los tubos y accesorios sin arrastrar hasta el lugar de trabajo.

Debe evitarse cualquier indicio de suciedad en los accesorios y en las bocas de los tubos, pues puede dar lugar, si no se limpia, a instalaciones defectuosas. La limpieza del tubo y de los accesorios se debe realizar siguiendo las instrucciones del fabricante.

El tubo se debe cortar con su correspondiente cortatubos.

### ***2.1.4 Equipos de protección individual***

#### **2.1.4.1 Condiciones de suministro**

El empresario suministrará los equipos gratuitamente, de modo que el coste nunca podrá repercutir sobre los trabajadores.



#### **2.1.4.2 Recepción y control**

##### Documentación de los suministros:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

##### Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

#### **2.1.4.3 Conservación, almacenamiento y manipulación**

La utilización, el almacenamiento, el mantenimiento, la limpieza, la desinfección y la reparación de los equipos cuando proceda, deben efectuarse de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

#### **2.1.4.4 Recomendaciones para su uso en obra**

Salvo en casos excepcionales, los equipos de protección individual sólo deben utilizarse para los usos previstos.

Los equipos de protección individual están destinados, en principio, a un uso personal. Si las circunstancias exigiesen la utilización de un equipo por varias personas, se deben adoptar las medidas necesarias para que ello no origine ningún problema de salud o de higiene a los diferentes usuarios.

Las condiciones en que un equipo de protección deba ser utilizado, en particular, en lo que se refiere al tiempo durante el cual haya de llevarse, se determinarán en función de:

- La gravedad del riesgo.
- El tiempo o frecuencia de exposición al riesgo.
- Las prestaciones del propio equipo.
- Los riesgos adicionales derivados de la propia utilización del equipo que no hayan podido evitarse.

### **2.1.5 Sistema anticaídas**

#### **2.1.5.1 Condiciones de suministro**

El sistema se debe transportar en paquetes con forma de cilindro de aproximadamente un metro de diámetro, de modo que se eviten las situaciones de riesgo por caída de algún elemento durante el trayecto.

#### **2.1.5.2 Recepción y control**

##### Documentación de los suministros:

Este material debe estar provisto del marcado CE, que es una indicación de que cumple los requisitos esenciales y ha sido objeto de un procedimiento de evaluación de la conformidad.

Ensayos:

La comprobación de las propiedades o características exigibles a este material se realiza según la normativa vigente.

Inspecciones:

En cada suministro de este material que llegue a la obra se debe controlar como mínimo:

- La rectitud, planeidad y ausencia de grietas en los diferentes elementos metálicos.
- Verificación de las dimensiones de la pieza.
- El estado y acabado de las soldaduras.
- La homogeneidad del acabado final de protección (pintura), verificándose la adherencia de la misma con rasqueta.
- La ausencia de deterioro, oxidación e intentos de reparación no autorizada.
- Que los accesorios o elementos de anclaje estén suministrados por el mismo suministrador del sistema.

### **2.1.5.3 Conservación, almacenamiento y manipulación**

El almacenamiento se realizará en lugares cubiertos, en compartimentos amplios y secos, con temperaturas comprendidas entre 15 y 25°C.

### **2.1.5.4 Recomendaciones para su uso en obra**

Su vida útil es limitada, debido tanto a su desgaste prematuro por el uso como a su amortización, que vendrá fijada por su estado y su mantenimiento, con independencia de su fecha de fabricación.

## **2.2 PRESCRIPCIONES EN CUANTO A LA EJECUCIÓN POR UNIDAD DE OBRA**

### *2.2.1 Apartados en los que se organiza*

Las prescripciones para la ejecución de cada una de las diferentes unidades de obra se organizan en los siguientes apartados:

#### **2.2.1.1 Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra.**

Se especifican, en caso de que existan, las posibles incompatibilidades, tanto físicas como químicas, entre los diversos componentes que componen la unidad de obra, o entre el soporte y los componentes.

#### **2.2.1.2 Características técnicas**

Se describe la unidad de obra, detallando de manera pormenorizada los elementos que la componen.

#### **2.2.1.3 Normativa de aplicación**

Se especifican las normas que afectan a la realización de la unidad de obra.

#### **2.2.1.4 Criterio de medición en proyecto**

Indica cómo se ha medido la unidad de obra en la fase de redacción del proyecto, medición que luego será comprobada en obra.

#### **2.2.1.5 Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra**

Antes de iniciarse los trabajos de ejecución de cada una de las unidades de obra, el director de la ejecución de la obra habrá recepcionado los materiales y los certificados acreditativos exigibles, en base a lo establecido en la documentación pertinente por el técnico redactor del proyecto. Será preceptiva la aceptación previa por parte del director de la ejecución de la obra de todos los materiales que constituyen la unidad de obra.

Así mismo, se realizarán una serie de comprobaciones previas sobre las condiciones del soporte, las condiciones ambientales del entorno, y la cualificación de la mano de obra, en su caso.

##### Del soporte

Se establecen una serie de requisitos previos sobre el estado de las unidades de obra realizadas previamente, que pueden servir de soporte a la nueva unidad de obra.

##### Ambientales

En determinadas condiciones climáticas (viento, lluvia, humedad, etc.) no podrán iniciarse los trabajos de ejecución de la unidad de obra, deberán interrumpirse o será necesario adoptar una serie de medidas protectoras.

##### Del contratista

En algunos casos, será necesaria la presentación al director de la ejecución de la obra de una serie de documentos por parte del contratista, que acrediten su cualificación, o la de la empresa por él subcontratada, para realizar cierto tipo de trabajos.

#### **2.2.1.6 Proceso de ejecución**

En este apartado se desarrolla el proceso de ejecución de cada unidad de obra, asegurando en cada momento las condiciones que permitan conseguir el nivel de calidad previsto para cada elemento constructivo en particular.

##### Fases de ejecución

Se enumeran, por orden de ejecución, las fases de las que consta el proceso de ejecución de la unidad de obra.

##### Condiciones de terminación

En algunas unidades de obra se hace referencia a las condiciones en las que debe finalizarse una determinada unidad de obra, para que no interfiera negativamente en el proceso de ejecución del resto de unidades.

Una vez terminados los trabajos correspondientes a la ejecución de cada unidad de obra, el contratista retirará los medios auxiliares y procederá a la limpieza del elemento realizado y de las zonas de trabajo, recogiendo los restos de materiales y demás residuos originados por las operaciones realizadas para ejecutar la unidad de obra, siendo todos ellos clasificados, cargados y transportados a centro de reciclaje, vertedero específico o centro de acogida o transferencia.

#### **2.2.1.7 Pruebas de servicio**

En aquellas unidades de obra que sea necesario, se indican las pruebas de servicio a realizar por el propio contratista o empresa instaladora, cuyo coste se encuentra incluido en el propio precio de la unidad de obra.

#### **2.2.1.8 Conservación y mantenimiento**

En algunas unidades de obra se establecen las condiciones en que deben protegerse para la correcta conservación y mantenimiento en obra, hasta su recepción final.

#### **2.2.1.9 Criterio de medición en obra y condiciones de abono**

Indica cómo se comprobarán en obra las mediciones de Proyecto, una vez superados todos los controles de calidad y obtenida la aceptación final por parte del director de ejecución de la obra.

La medición del número de unidades de obra que ha de abonarse se realizará, en su caso, de acuerdo con las normas que establece este capítulo, tendrá lugar en presencia y con intervención del contratista, entendiéndose que éste renuncia a tal derecho si, avisado oportunamente, no compareciese a tiempo. En tal caso, será válido el resultado que el director de ejecución de la obra consigne.

Todas las unidades de obra se abonarán a los precios establecidos en el Presupuesto. Dichos precios se abonarán por las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo al presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares y Prescripciones en cuanto a la Ejecución por Unidad de Obra.

Estas unidades comprenden el suministro, cánones, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria, medios auxiliares, mano de obra necesaria para su ejecución y costes indirectos derivados de estos conceptos, así como cuantas necesidades circunstanciales se requieran para la ejecución de la obra, tales como indemnizaciones por daños a terceros u ocupaciones temporales y costos de obtención de los permisos necesarios, así como de las operaciones necesarias para la reposición de servidumbres y servicios públicos o privados afectados tanto por el proceso de ejecución de las obras como por las instalaciones auxiliares.

Igualmente, aquellos conceptos que se especifican en la definición de cada unidad de obra, las operaciones descritas en el proceso de ejecución, los ensayos y pruebas de servicio y puesta en funcionamiento, inspecciones, permisos, boletines, licencias, tasas o similares.

No será de abono al contratista mayor volumen de cualquier tipo de obra que el definido en el proyecto o en las modificaciones autorizadas por la Dirección Facultativa. Tampoco le será abonado, en su caso, el coste de la restitución de la obra a sus dimensiones correctas, ni la obra que hubiese tenido que realizar por orden de la Dirección Facultativa para subsanar cualquier defecto de ejecución.

## *2.2.2 Relación de las unidades de obra con sus correspondientes prescripciones en cuanto a ejecución*

### **2.2.2.1 Unidad de obra: Captador solar térmico sobre cubierta inclinada**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación del captador solar térmico SOL 200 “Baxi”, con superficie útil 1,9 m<sup>2</sup>, rendimiento óptico 0,817, coeficiente de pérdidas primario 3,716 W/(m<sup>2</sup>·K) y coeficiente de pérdidas secundario 0,018 W/(m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup>). Incluye soporte para colocación sobre cubierta inclinada. Totalmente montado.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas, establecidas en la memoria y en el Anexo I.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o Del soporte: se comprobará que su situación se corresponde con la establecida en el proyecto y que la zona de ubicación está totalmente terminada y exente de cualquier tipo de material sobrante de trabajos efectuados con anterioridad.
  - o Ambientales: se suspenderán los trabajos cuando llueva, nieve, o la velocidad del viento sea superior a 50 km/h.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: Replanteo del conjunto. Colocación de la estructura soporte. Colocación y fijación del panel sobre la estructura soporte.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

- Se mantendrá el captador solar taponado hasta su puesta en funcionamiento.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.2 Unidad de obra: tubería de distribución de agua para circuito primario solar**

- Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra:
  - Para evitar que se produzca el fenómeno electroquímico de la corrosión galvánica entre metales con diferente potencial, se tomarán las siguientes medidas: evitar el contacto físico entre ellos, aislar eléctricamente los metales con diferente potencial y evitar el contacto entre los elementos metálicos y el yeso. No se utilizará la tubería de la instalación como toma de tierra. La tubería no se soldará en ningún caso a los elementos de fijación, debiendo colocarse entre ambos un anillo elástico. La tubería no atravesará chimeneas ni conductos.
- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de tubería de distribución de mezcla de agua y anticongelante para circuito primario de sistemas solares térmicos formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 10/12 mm de diámetro. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada
- Criterio de medición en proyecto:
  - Longitud establecida en el Anexo II.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que su situación y recorrido se corresponde con los del proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.
  - Condiciones de terminación: la instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.
- Puesta de servicio: prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la longitud realmente ejecutada.

### **2.2.2.3 Unidad de obra: coquilla aislante para tubería circuito primario solar**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de coquilla aislante modelo HT/Armaflex S “Armacell” de 32 mm de espesor, para un diámetro exterior máximo de tubería de 22 mm. Aislamiento térmico altamente flexible de espuma elastomérica de célula cerrada, basado en caucho sintético EPDM, con un recubrimiento de copolímero de poliolefina que sirve de protección. Especialmente diseñado para su instalación en el exterior de los edificios y en aplicaciones de altas temperaturas
- Criterio de medición en proyecto:
  - Longitud de tubería del circuito primario establecida en el Anexo II.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que las tuberías estén correctamente instaladas.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: colocación del aislamiento.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la longitud realmente ejecutada.

### **2.2.2.4 Unidad de obra: líquido solar**

- Características técnicas:
  - Suministro de solución anticongelante FAC-10 “Baxi” basada en el 1,2 propelenglicol. Garrafas de 10 l.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Volumen estimado en función de las características de la instalación.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se determinará el volumen realmente suministrado.

### **2.2.2.5 Unidad de obra: vaso de expansión para circuito primario solar**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de vaso de expansión para circuito primario solar, capacidad 8 l, modelo 8 SMF “Ibaiondo”. Incluso manómetro y elementos de montaje y conexión necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo II.

- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o Del soporte: se comprobará que su situación corresponde con la de proyecto.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: replanteo. Colocación del vaso. Conexión al circuito.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.6 Unidad de obra: bomba de circulación para circuito primario solar**

- Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra:
  - o El material de la bomba será compatible con las mezclas anticongelantes y con el fluido de trabajo.
- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de bomba ALPHA SOLAR 15-75 “Grundfos”, para alimentación monofásica a 230 V. Incluso puente de manómetros formado por manómetro, válvulas de esfera y tubería de cobre; p/p de elementos de montaje; caja de conexiones eléctricas y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o Del soporte: se comprobará que su situación se corresponda con la de proyecto.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la bomba de circulación. Conexión al circuito.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.7 Unidad de obra: purgador de aire para circuito primario solar.**

- Características técnicas:



- Suministro e instalación de purgador automático, especial para aplicaciones de energía solar térmica, modelo SOLAR-VENT “Potermic”. Incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que su situación se corresponda con la de proyecto.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo. Colocación del purgador. Conexionado.
  - Condiciones de terminación: la conexión al circuito será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.8 Unidad de obra: válvula de seguridad para circuito primario solar**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de válvula de seguridad especialmente indicada para instalaciones solares, modelo DUCO Solar “Potermic”, tarada a 6 bar. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula a los tubos.
  - Condiciones de terminación: la conexión al circuito será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.9 Unidad de obra: válvula de esfera para circuito primario solar**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de válvula de esfera. Incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:

- Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula a los tubos.
  - Condiciones de terminación: la conexión al circuito será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.10 Unidad de obra: válvula de vaciado para circuito primario solar**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de válvula de vaciado con tapón de cierre y conexión para manguera. Especial para aplicaciones con energía solar térmica. Incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula.
  - Condiciones de terminación: la conexión será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.11 Unidad de obra: válvula de retención para circuito primario solar**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de válvula de retención. Incluso elementos de montaje y demás accesorios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que su situación se corresponda con la de proyecto.
- Proceso de ejecución:

- Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula.
- Condiciones de terminación: la conexión será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.12 Unidad de obra: interacumulador para instalación solar térmica**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de interacumulador modelo 200 CC/TA FM “Promasol”, capacidad 200 l. Incluso válvulas de corte, elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que su situación se corresponda con la de proyecto.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del interacumulador. Colocación del interacumulador. Conexionado del interacumulador.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.13 Unidad de obra: centralita de regulación para sistema solar térmico**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de centralita de regulación modelo CS-2 “Baxi”. Incluye sondas de temperatura. Totalmente instalada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que el resto de la instalación solar térmica esté terminada.
- Proceso de ejecución:

- Fases de ejecución: replanteo de la centralita. Instalación de la centralita. Instalación de las sondas de temperatura. Pruebas de funcionamiento.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.14 Unidad de obra: tubería de distribución de 20 mm para ACS**

- Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra:
  - Para evitar que se produzca el fenómeno electroquímico de la corrosión galvánica entre metales con diferente potencial, se tomarán las siguientes medidas: evitar el contacto físico entre ellos, aislar eléctricamente los metales con diferente potencial y evitar el contacto entre los elementos metálicos y el yeso. No se utilizará la tubería de la instalación como toma de tierra. La tubería no se soldará en ningún caso a los elementos de fijación, debiendo colocarse entre ambos un anillo elástico. La tubería no atravesará chimeneas ni conductos.
- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de tubería de distribución de ACS formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 20/22 mm de diámetro colocada superficialmente en el interior del edificio. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada
- Normativa de aplicación:
  - Instalación CTE. DB-HS Salubridad.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Longitud medida según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que su situación y recorrido se corresponde con los del proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.
  - Condiciones de terminación: la instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.
- Puesta de servicio:
  - Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad. Normativa de aplicación: CTE. BB-HS Salubridad.
- Conservación y mantenimiento:

- Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.15 Unidad de obra: tubería de distribución de 26 mm para ACS**

- Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra:
  - Para evitar que se produzca el fenómeno electroquímico de la corrosión galvánica entre metales con diferente potencial, se tomarán las siguientes medidas: evitar el contacto físico entre ellos, aislar eléctricamente los metales con diferente potencial y evitar el contacto entre los elementos metálicos y el yeso. No se utilizará la tubería de la instalación como toma de tierra. La tubería no se soldará en ningún caso a los elementos de fijación, debiendo colocarse entre ambos un anillo elástico. La tubería no atravesará chimeneas ni conductos.
- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de tubería de distribución de ACS formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 26/28 mm de diámetro colocada superficialmente en el interior del edificio. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada
- Normativa de aplicación:
  - Instalación CTE. DB-HS Salubridad.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Longitud medida según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que su situación y recorrido se corresponde con los del proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.
  - Condiciones de terminación: la instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.
- Puesta de servicio:
  - Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad. Normativa de aplicación: CTE. BB-HS Salubridad.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la longitud realmente ejecutada

### **2.2.2.16 Unidad de obra: tubería de retorno para ACS**

- Medidas para asegurar la compatibilidad entre los diferentes productos, elementos y sistemas constructivos que componen la unidad de obra:
    - o Para evitar que se produzca el fenómeno electroquímico de la corrosión galvánica entre metales con diferente potencial, se tomarán las siguientes medidas: evitar el contacto físico entre ellos, aislar eléctricamente los metales con diferente potencial y evitar el contacto entre los elementos metálicos y el yeso. No se utilizará la tubería de la instalación como toma de tierra. La tubería no se soldará en ningún caso a los elementos de fijación, debiendo colocarse entre ambos un anillo elástico. La tubería no atravesará chimeneas ni conductos.
  - Características técnicas:
    - o Suministro e instalación de tubería de distribución de ACS formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 16/18 mm de diámetro colocado superficialmente en el interior del edificio. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada
  - Normativa de aplicación:
    - o Instalación CTE. DB-HS Salubridad.
  - Criterio de medición en proyecto:
    - o Longitud medida según documentación gráfica del proyecto.
  - Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
    - o Del soporte: se comprobará que su situación y recorrido se corresponde con los del proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.
  - Proceso de ejecución:
    - o Fases de ejecución: replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de tuberías, accesorios y piezas especiales. Realización de pruebas de servicio.
    - o Condiciones de terminación: la instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.
- Puesta de servicio:
- o Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad. Normativa de aplicación: CTE. BB-HS Salubridad.
- Conservación y mantenimiento:
    - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
  - Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
    - o Se medirá la longitud realmente ejecutada.

### **2.2.2.17 Unidad de obra: coquilla aislante para circuito ACS**

- Características técnicas:

- Suministro e instalación de coquilla aislante modelo SH/Armaflex “Armacell” de 30 mm de espesor, para un diámetro exterior máximo de tubería de 40 mm. Aislamiento de célula cerrada, altamente flexible con baja conductividad térmica para minimizar las pérdidas energéticas.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Longitud de tubería de distribución y retorno de ACS según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que las tuberías estén correctamente instaladas.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: colocación del aislamiento.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.18 Unidad de obra: bomba de recirculación para ACS**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de bomba circuladora para A.C.S., modelo UP 20-14 Gama COMFORT “Grundfos” para alimentación monofásica a 230 V. Incluso puente de manómetros formado por manómetro, válvulas de esfera y tubería de cobre; p/p de elementos de montaje; caja de conexiones eléctricas y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Normativa de aplicación:
  - Instalación CTE.DB-HS Salubridad.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la bomba de recirculación. Conexión al circuito.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

### **2.2.2.19 Unidad de obra: vaso de expansión para circuito ACS**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de vaso de expansión para circuito de ACS, capacidad 24 l, modelo 24 CMR “Ibaiondo”. Incluso manómetro y elementos de montaje y conexión necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: replanteo. Colocación del vaso. Conexión al circuito.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

### **2.2.2.20 Unidad de obra: válvula de seguridad para circuito ACS**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de válvula de seguridad tarada a 6 bar. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula a los tubos.
  - o Condiciones de terminación: la conexión al circuito será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

### **2.2.2.21 Unidad de obra: acumulador de agua a gas**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de acumulador de agua a gas para ACS, modelo S 160 KP “Junkers” de 155 l de capacidad. Quemador modulante de 6,8 kW de potencia máxima, eficiencia energética clase B y mando para selección de temperatura de acumulación del agua entre 35°C y 75°C.  
  
Sin incluir el conducto para evacuación de los productos de combustión. Incluso soporte y anclajes de fijación a paramento vertical, llaves de corte de esfera, válvula de seguridad y latiguillos flexibles, tanto en la entrada de agua como en la salida. Totalmente montado, conexionado y probado.



- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas, según el Anexo II.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o De soporte: se comprobará que el paramento soporte se encuentra completamente terminado.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: replanteo del aparato. Fijación en paramento mediante elementos de anclaje. Colocación del aparato y accesorios y conexionado.
  - o Condiciones de terminación: el acumulador será accesible.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.22 Unidad de obra: válvula de retención**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de válvula de retención. Incluso elementos de montaje y demás accesorios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas, según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o Del soporte: se comprobará que su situación se corresponda con la de proyecto.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula.
  - o Condiciones de terminación: la conexión será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.23 Unidad de obra: válvula de escuadra**

- Características técnicas:

- Suministro e instalación de válvula de escuadra. Incluso elementos de montaje y demás accesorios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que su situación se corresponda con la de proyecto.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula.
  - Condiciones de terminación: la conexión será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.24 Unidad de obra: llave de paso**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de llave de paso. Incluso elementos de montaje y demás accesorios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del soporte: se comprobará que su situación se corresponda con la de proyecto.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo. Colocación de la válvula. Conexión de la válvula.
  - Condiciones de terminación: la conexión será adecuada.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.25 Unidad de obra: perforación geotérmica vertical**

- Características técnicas:
  - Perforación de pozos para captación geotérmica. Incluye desplazamiento de material.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de perforaciones y profundidad de cada una, según el Anexo IV.

#### **2.2.2.26 Unidad de obra: sonda geotérmica vertical**

- Características técnicas:
  - Suministro de sonda geotérmica para instalación vertical, de 80 m de longitud y 96 mm de diámetro de pie de sonda, formada por dos sondas, estando cada sonda formada por un tubo de polietileno de alta densidad de 32 mm de diámetro y 3 mm de espesor. Incluye tubo de inyección, conjunto de piezas en Y, distanciadores para tubos y mortero preparado de bentonita y cemento.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo IV.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - Del contratista: presentará prueba documental de la capacidad técnica de la empresa ejecutora.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.27 Unidad de obra: bomba de calor geotérmica**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de bomba de calor geotérmica ecoGEO 3-12 “ECOFORREST”, totalmente montada, conexas y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo IV.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - De soporte: se comprobará que la situación corresponde con la de proyecto y que la zona de ubicación está completamente terminada.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo de la unidad. Colocación y fijación de la unidad y sus accesorios. Conexionado con las redes de conducción de agua y de recogida de condensados. Puesta en marcha.

- Condiciones de terminación: la fijación al paramento será adecuada, evitándose ruidos y vibraciones. La conexión a las redes será correcta.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.28 Unidad de obra: arqueta prefabricada con colector**

- Características técnicas:
  - Suministro y colocación de arqueta para la conexión de sondas geotérmicas, con colector formado por módulo de impulsión y módulo de retorno, con caudalímetro para cada circuito, llave de corte en cada módulo y purgador de aire, sobre solera de hormigón en masa, previa excavación con medios manuales y posterior relleno del trasdós con material granular.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades previstas, según el Anexo IV.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo. Excavación con medios manuales. Eliminación de las tierras sueltas del fondo de la excavación. Vertido y compactación del hormigón en formación de solera. Colocación de la arqueta prefabricada. Conexión de todos los circuitos. Colocación de la tapa. Comprobación de su correcto funcionamiento.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.29 Unidad de obra: tubería para circuito de conexión de bomba de calor con colector**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de tubería para circuito de conexión de bomba de calor con colector, formada por tubo de polietileno PE 100 de 50 mm de diámetro exterior y 4,6 mm de espesor, SDR 11, PN=16 atm. Incluso accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Longitud estimada en el Anexo IV.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - De soporte: se comprobará que su situación y recorrido corresponden con los de proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.

- Del contratista: presentará prueba documental de la capacidad técnica de la empresa ejecutora.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de la tubería, accesorios y piezas especiales. Conexión de todos los circuitos.
  - Condiciones de terminación: la instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.30 Unidad de obra: tubería para circuito de conexión de colector con sonda geotérmica**

- Características técnicas:
  - Tubería para circuito de conexión de colector con sonda geotérmica, formada por tubo de polietileno PE 100 de 40 mm de diámetro exterior y 3,7 mm de espesor, SDR 11, PN=16 atm. Incluso accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexiónada y probada.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Longitud estimada en el Anexo IV.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - De soporte: se comprobará que su situación y recorrido corresponden con los de proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.
  - Del contratista: presentará prueba documental de la capacidad técnica de la empresa ejecutora.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de la tubería, accesorios y piezas especiales. Conexión de todos los circuitos.
  - Condiciones de terminación: la instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.31 Unidad de obra: apertura y cierre de zanjas para instalación geotérmica**

- Características técnicas:
  - o Apertura y cierre de zanjas para la conducción horizontal desde las sondas geotérmicas hasta la sala de calderas
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Longitud de las conducciones desde las sondas geotérmicas hasta la sala de calderas estimada en el Anexo IV.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono.
  - o Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.32 Unidad de obra: solución anticongelante para instalación geotérmico.**

- Características técnicas:
  - o Suministro de solución anticongelante agua-monoetilenglicol para relleno del circuito de la instalación geotérmica. Garrafas de 25 l
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Volumen estimado en función de las características de la instalación.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el volumen realmente suministrado.

#### **2.2.2.33 Unidad de obra: tira perimetral para suelo radiante**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de tira perimetral para suelo radiante.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Longitud del perímetro de todas las estancias de la vivienda, medida según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o De soporte: se comprobará que todos los tabiques están levantados y que la red de desagües está acabada.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: Preparación y limpieza de la superficie de apoyo. Replanteo de la instalación. Fijación de la tira perimetral.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.34 Unidad de obra: panel portatubos para suelo radiante**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de panel portatubos para suelo radiante STARK “Roth” de poliestireno expandido con grafito.

- Criterio de medición en proyecto:
  - o Superficie útil, medida según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o De soporte: se comprobará que todos los tabiques están levantados y que la red de desagües está acabada y la tira perimetral instalada.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: Preparación y limpieza de la superficie de apoyo. Replanteo de la instalación. Colocación de los paneles.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá la superficie realmente ejecutada.

#### **2.2.2.35 Unidad de obra: tubo de suelo radiante**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de tubo X-PERT “Roth” de 5 capas de polietileno resistente a la temperatura mediante co-extrusión según normas DIN 4726 y DIN EN ISO 22391.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Longitud establecida en el Anexo IV.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o De soporte: se comprobará que la tira perimetral y los paneles portatubos estén instalados.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: replanteo de la tubería. Colocación y fijación de las tuberías.
- Pruebas de servicio:
  - o Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.36 Unidad de obra: mortero autonivelante**

- Características técnicas:
  - o Suministro y aplicación de mortero autonivelante por metro cuadrado de suelo radiante, con un espesor de 5 cm
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Superficie útil, medida según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:

- De soporte: se comprobará que la tira perimetral, los paneles portatubos y los tubos de suelo radiante estén instalados
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: vertido y extendido de la capa de mortero autonivelante.
  - Condiciones de terminación: la superficie acabada tendrá resistencia y planeidad y el espesor será el establecido.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la superficie realmente ejecutada

#### **2.2.2.37 Unidad de obra: colector compacto para 9 circuitos**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de colector compacto de latón modelo HKV-C "Roth", para 9 circuitos, termómetros, purgadores automáticos, llaves de vaciado, caudalímetros, tapones terminales y soportes, racores hembra de 16 mm x 3/4" eurocono, válvulas de esfera para cierre del circuito del colector, montado en armario empotrable modelo R750 "Roth".
- Criterio de medición en proyecto:
  - Número de unidades establecidas en el Anexo IV.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - De soporte: se comprobará que su situación corresponde con la de proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación. Se comprobará que los tabiques están levantados y la red de desagües está acabada.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del emplazamiento del colector. Colocación del armario para el colector. Colocación del colector. Conexión de las tuberías al colector. Conexión del colector a la red de distribución. Realización de pruebas de servicio.
- Pruebas de servicio:
  - Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.38 Unidad de obra: colector compacto para 5 circuitos**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de colector compacto de latón modelo HKV-C "Roth", para 5 circuitos, termómetros, purgadores automáticos, llaves de vaciado, caudalímetros, tapones terminales y soportes, racores hembra de 16 mm x 3/4" eurocono, válvulas de esfera para cierre del circuito del colector, montado en armario empotrable modelo R550 "Roth".
- Criterio de medición en proyecto:



- Número de unidades establecidas en el Anexo IV.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra
  - De soporte: se comprobará que su situación corresponde con la de proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación. Se comprobará que los tabiques están levantados y la red de desagües está acabada.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del emplazamiento del colector. Colocación del armario para el colector. Colocación del colector. Conexión de las tuberías al colector. Conexión del colector a la red de distribución. Realización de pruebas de servicio.
- Pruebas de servicio:
  - Prueba de resistencia mecánica y estanqueidad.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.39 Unidad de obra: tubería para conexión de bomba de calor con colectores de suelo radiante**

- Características técnicas:
  - Suministro e instalación de tubería de PE-RT de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor para circuito de conexión de bomba de calor con colectores de suelo radiante.
- Criterio de medición en proyecto:
  - Longitud según documentación gráfica del proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - De soporte: se comprobará que su situación y recorrido corresponden con los de proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.
- Proceso de ejecución:
  - Fases de ejecución: replanteo del recorrido de las tuberías, accesorios y piezas especiales. Colocación y fijación de la tubería, accesorios y piezas especiales.
  - Condiciones de terminación: la instalación tendrá resistencia mecánica. El conjunto será estanco.
- Conservación y mantenimiento:
  - Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.40 Unidad de obra: termostato modulante**

- Características técnicas:
  - o Suministro de termostato modulante Wi-Fi inalámbrico
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá frente a golpes y salpicaduras.

#### **2.2.2.41 Unidad de obra: red eléctrica de distribución interior en vivienda unifamiliar**

- Características técnicas:
  - o Red eléctrica de distribución interior de una vivienda unifamiliar con electrificación elevada con las siguientes estancias: pasillo, salón-comedor, 4 dormitorios, 3 baños, cocina y garaje. Se compone de: cuadro general de mando y protección; circuitos interiores con cableado bajo tubo protector (C1, C2, C3, C4, C5, C6 del tipo C1, C7 del tipo C2, C8, C10 y C12 del tipo C5) y mecanismos gama media (tecla o tapa: blanco, marco: blanco, embellecedor: blanco). Incluso tubo protector, tendido de cables en su interior, cajas de empotrar con tornillos de fijación y cuantos accesorios sean necesarios para su correcta instalación. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Normativa de aplicación:
  - o REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
  - o ITC-BT-17 y GUÍA-BT-17. Instalaciones de enlace. Dispositivos generales e individuales de mando y protección. Interruptor de control de potencia.
  - o ITC-BT-25 y GUÍA-BT-25. Instalaciones interiores en viviendas. Número de circuitos y características.
  - o Normas de la compañía suministradora.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas según el proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o De soporte: se comprobará que hay espacio suficiente para su instalación y las separaciones mínimas de las conducciones con otras instalaciones.
  - o Del contratista: las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: replanteo y trazado de conductos. Colocación de la caja para el cuadro. Montaje de los componentes. Colocación y fijación de los tubos. Colocación de cajas de empotrar. Tendido y conexionado de cables. Colocación de mecanismos.
  - o Condiciones de terminación: la instalación podrá revisarse con facilidad.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

#### **2.2.2.42 Unidad de obra: derivación individual**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de derivación individual monofásica enterrada para vivienda, delimitada entre la caja de protección y medida y el cuadro de mando y protección, formada por cables unipolares con conductores de cobre, RZ1-K (AS) Cca-s1b,d1,a1 3G16 mm<sup>2</sup>, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, bajo tubo protector de polietileno de doble pared, de 50 mm de diámetro, resistencia a compresión mayor de 250 N, suministrado en rollo, colocado sobre lecho de arena de 10 cm de espesor, debidamente compactada y nivelada con pisón vibrante de guiado manual, relleno lateral compactando hasta los riñones y posterior relleno con la misma arena hasta 10 cm por encima de la generatriz superior de la tubería, sin incluir la excavación ni el posterior relleno principal de las zanjas. Incluso hilo de mando para cambio de tarifa. Totalmente montada, conexiónada y probada.
- Normativa de aplicación:
  - o REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
  - o ITC-BT-15 y GUÍA-BT-15. Instalaciones de enlace. Derivaciones individuales.
  - o UNE 20460-5-523. Instalaciones eléctricas en edificios. Parte 5: Selección e instalación de materiales eléctricos. Capítulo 523: Intensidades admisibles en sistemas de conducción de cables.
  - o ITC-BT-19 y GUÍA-BT-19. Instalaciones interiores o receptoras. Prescripciones generales.
  - o ITC-BT-20 y GUÍA-BT-20. Instalaciones interiores o receptoras. Sistemas de instalación.
  - o ITC-BT-21 y GUÍA-BT-21. Instalaciones interiores o receptoras. Tubos y canales protectores.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o De soporte: se comprobará que su situación y recorrido corresponden con los del proyecto y que hay espacio suficiente para su instalación.
  - o Del contratista: las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: Colocación del tubo en la zanja. Tendido de cables. Conexiónado.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.

- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.43 Unidad de obra: apertura y cierre de zanjas para derivación individual**

- Características técnicas:
  - o Apertura y cierre de zanjas para la derivación individual desde la caja de protección y medida hasta el cuadro general de mando y protección.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Longitud de la derivación individual desde la caja de protección y medida hasta el cuadro general de mando y protección
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá la longitud realmente ejecutada.

#### **2.2.2.44 Unidad de obra: red de tierra**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de red de tierra compuesta por cable conductor de cobre desnudo de 35 mm<sup>2</sup> de sección y picas de acero-cobre. Incluso soldaduras aluminotermias. Totalmente montada, conexionada y probada.
- Normativa de aplicación:
  - o REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
  - o ITC-BT-18 y GUÍA-BT-18. Instalaciones de puesta a tierra.
  - o ITC-BT-26 y GUÍA-BT-26. Instalaciones interiores en viviendas. Prescripciones generales de instalación
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas, según proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o De soporte: se comprobará que su situación se corresponde con la de proyecto, que hay espacio suficiente para su instalación.
  - o Del contratista: las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerán todos los elementos frente a golpes, materiales agresivos, humedades y suciedad.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

### **2.2.2.45 Unidad de obra: interruptor de control de potencia**

- Características técnicas:
  - o Suministro e instalación de interruptor de control de potencia, intensidad nominal 40 A, poder de corte 6 kA, montaje sobre carril DIN (35 mm) y fijación a carril mediante garras. Totalmente montado, conexionado y probado.
- Normativa de aplicación:
  - o REBT. Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
  - o Normas de la compañía suministradora.
- Criterio de medición en proyecto:
  - o Número de unidades previstas, según proyecto.
- Condiciones previas que han de cumplirse antes de la ejecución de las unidades de obra:
  - o De soporte: se comprobará que su situación se corresponde con la de proyecto, que hay espacio suficiente para su instalación y que la zona de ubicación está completamente terminada.
  - o Del contratista: las instalaciones eléctricas de baja tensión se ejecutarán por instaladores autorizados en baja tensión, autorizados para el ejercicio de la actividad.
- Proceso de ejecución:
  - o Fases de ejecución: montaje y conexionado del elemento.
  - o Condiciones de terminación: la instalación podrá revisarse con facilidad.
- Conservación y mantenimiento:
  - o Se protegerá de la humedad y del contacto con materiales agresivos.
- Criterio de medición en obra y condiciones de abono:
  - o Se medirá el número de unidades realmente ejecutadas.

## **2.3 PRESCRIPCIONES SOBRE VERIFICACIONES EN EL EDIFICIO TERMINADO**

De acuerdo con el "Real Decreto 314/2006. Código Técnico de la Edificación (CTE)", en la obra terminada, bien sobre el edificio en su conjunto, o bien sobre sus diferentes partes y sus instalaciones, totalmente terminadas, deben realizarse, además de las que puedan establecerse con carácter voluntario, las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el presente pliego, por parte del constructor, y a su cargo, independientemente de las ordenadas por la Dirección Facultativa y las exigidas por la legislación aplicable, que serán realizadas por laboratorio acreditado.

Las pruebas finales de las instalaciones se efectuarán, una vez esté el edificio terminado, por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios materiales y humanos necesarios para su realización.

Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del director de Ejecución de la Obra, que debe dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos.

Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas, pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación. Se indicarán marca y modelo y se mostrarán, para cada equipo, los datos de funcionamiento según proyecto y los datos medidos en obra durante la puesta en marcha.

Cuando para extender el certificado de la instalación sea necesario disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas, por el instalador autorizado o por el director de la instalación, y bajo su responsabilidad.

Serán a cargo de la empresa instaladora todos los gastos ocasionados por la realización de estas pruebas finales, así como los gastos ocasionados por el incumplimiento de las misma

En Ferrol, a junio de 2018

A handwritten signature in blue ink, consisting of a large, stylized loop that encloses the name 'Rocío' and the initials 'F'. The signature is written on a light green rectangular background.

Fdo.: Rocío Feijoo Díaz



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2017/18**

---

*CÁLCULO Y DISEÑO DE INSTALACIONES PARA  
UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR MEDIANTE USO DE  
ENERGÍAS ALTERNATIVAS*

---

**Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales**

**Documento IV**

**MEDICIONES Y PRESUPUESTO**





## ÍNDICE DE CONTENIDO

1	INSTALACION SOLAR TÉRMICA.....	4
2	INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA.....	5
3	INSTALACIÓN GEOTÉRMICA.....	6
4	INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.....	7
5	INSTALACIÓN ELÉCTICA.....	8
6	SEGURIDAD Y SALUD.....	8
7	RESUMEN POR CAPÍTULOS E IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	9
8	IMPORTE DE EJECUCIÓN E IMPORTE DE CONTRATA.....	9

## 1 INSTALACION SOLAR TÉRMICA

C.I	CAPÍTULO I. INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA				
N/P	CONCEPTO	Uds.	Medición	Precio Unitario	Importe
1.1	Suministro e instalación de captador solar térmico modelo SOL 200 "Baxi". Incluye soporte para colocación sobre cubierta inclinada	Ud.	1	735 €	735 €
1.2	Suministro e instalación de tubería de distribución de mezcla de agua y anticongelante para circuito primario de sistemas solares térmicos, formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 10/12 mm de diámetro	m	18,00	10,95 €	197,1 €
1.3	Suministro e instalación de coquilla aislante modelo HT/Armaflex S "Armacell" de 32 mm de espesor, para un diámetro exterior máximo de tubería de 22 mm.	m	18,00	27,5 €	495,00 €
1.4	Suministro de líquido solar FAC-10 "Baxi" en garrafas de 10 litros	Ud.	1	65,00 €	65,00 €
1.5	Suministro e instalación de vaso de expansión modelo 18 SMF "Ibaiondo"	Ud.	1	57,43 €	57,43 €
1.6	Suministro e instalación de bomba de circulación ALPHA SOLAR 15-75 "Grundfos"	Ud.	1	552,00 €	552,00 €
1.7	Suministro e instalación de purgador automático modelo especial para altas temperaturas SOLAR-VENT "Potermic"	Ud.	1	59,47 €	59,47 €
1.8	Suministro e instalación de válvula de seguridad modelo DUCO Solar "Potermic" tarada a 6 bar	Ud.	1	14,11 €	14,11 €
1.9	Suministro e instalación de válvula de esfera	Ud.	4	9,51 €	38,04 €
1.10	Suministro e instalación de válvula de vaciado	Ud.	1	12,73 €	12,73 €
1.11	Suministro e instalación de válvula de retención	Ud.	2	9,91 €	19,82 €
1.12	Suministro e instalación de interacumulador modelo 200 CC/TA FM "Promasol"	Ud.	1	1.080 €	1.080 €
1.13	Suministro e instalación de centralita de regulación modelo CS-2 "Baxi" con sondas de temperatura	Ud.	1	250 €	250 €
	<b>TOTAL CAPÍTULO I</b>				<b>3.575,70 €</b>

## 2 INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA

C.II	<b>CAPÍTULO II. INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA</b>				
N/P	CONCEPTO	Uds.	Medición	Precio Unitario	Importe
2.1	Suministro e instalación de tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 26/28 mm de diámetro, colocado superficialmente en el interior del edificio	m	33,0	16,51 €	544,83 €
2.2	Suministro e instalación de tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 20/22 mm de diámetro, colocado superficialmente en el interior del edificio	m	25,0	13,47 €	336,75 €
2.3	Suministro e instalación de tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de cobre rígido con pared de 1 mm de espesor y 16/18 mm de diámetro, colocado superficialmente en el interior del edificio	m	33,0	11,70 €	386,10 €
2.4	Suministro e instalación de bomba recirculadora para A.C.S., modelo UP 20-14 Gama COMFORT "Grundfos"	Ud.	1	450,00 €	450,00 €
2.5	Suministro e instalación de coquilla aislante SH/Armaflex "Armacell" de 30 mm de espesor, para un diámetro exterior máximo de tubería 40 mm	m	91	15,05 €	1.369,55 €
2.6	Suministro e instalación de vaso de expansión para A.C.S. modelo 24 CMR "Ibaiondo"	Ud.	1	71,85 €	71,85 €
2.7	Suministro e instalación de acumulador a gas para el servicio de A.C.S. modelo S 160 KP "Junkers"	Ud.	1	1.045 €	1.045 €
2.8	Suministro e instalación de válvula de seguridad tarada a 6 bar de presión	Ud.	1	23,22 €	23,22 €
2.9	Suministro e instalación de válvula de retención	Ud.	1	6,90 €	6,90 €
2.10	Suministro e instalación de válvula de escuadra	Ud.	9	7,00 €	63,00 €
2.11	Suministro e instalación de llave de paso	Ud.	6	17,10 €	102,60 €
	<b>TOTAL CAPÍTULO II</b>				<b>4.399,80 €</b>

### 3 INSTALACIÓN GEOTÉRMICA

C.III	CAPÍTULO III. INSTALACIÓN GEOTÉRMICA				
N/P	CONCEPTO	Uds.	Medición	Precio Unitario	Importe
3.1	Perforación geotérmica vertical. Incluye desplazamiento de material	m	160	30,00 €	4.800,00 €
3.2	Suministro e instalación de sonda geotérmica RAUGEO PE-RC DUO "REHAU", con tubo de inyección, conjunto de dos piezas en Y, distanciadores para tubos y mortero preparado de bentonita y cemento.	Ud.	2	2.105,77 €	4.211,54 €
3.3	Suministro e instalación de unidad agua-agua bomba de calor geotérmica modelo ecoGEO Básica B1 3-12 "ECOFORST"	Ud.	1	9700 €	9700 €
3.4	Suministro y colocación de arqueta para la conexión de sondas geotérmicas, con colector formado por módulo de impulsión y módulo de retorno, sobre solera de hormigón en masa, previa excavación con medios manuales y posterior relleno del trasdós con material granular	Ud.	1	1.707,90 €	1.707,90 €
3.5	Suministro e instalación de tubería para circuito de conexión de bomba de calor con colector, formada por tubo de polietileno PE 100 de 50 mm de diámetro exterior y 4,6 mm de espesor, SDR 11, PN=16 atm	m	10	19,48 €	194,80 €
3.6	Suministro e instalación de tubería para circuito de conexión de colector con sonda geotérmica, formada por tubo de polietileno PE 100 de 40 mm de diámetro exterior y 3,7 mm de espesor, SDR 11, PN=16 atm	m	60	5,88 €	352,80 €
3.7	Apertura y cierre de zanjas para la conducción horizontal desde las sondas hasta la sala de calderas	m	35	5,78 €	202,30€
3.8	Garrafa de 25 l de anticongelante puro	Ud.	6	33,58 €	201,48 €
	<b>TOTAL CAPÍTULO III</b>				<b>21.370,82 €</b>

## 4 INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE

C.IV	<b>CAPÍTULO IV. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE</b>				
N/P	CONCEPTO	Uds.	Medición	Precio Unitario	Importe
4.1	Suministro e instalación de panel portatubos STARK "Roth"	m <sup>2</sup>	170,0	16,0 €	2.720,00 €
4.2	Suministro e instalación de tubo de suelo radiante X-PERT S5 "Roth".	m	1105,0	3,19 €	3524,95€
4.3	Suministro y aplicación de mortero autonivelante base de sulfato cálcico por metro cuadrado de suelo radiante	m <sup>2</sup>	170,0	11,41 €	1.893,80 €
4.4	Suministro e instalación de tira perimetral para suelo radiante	m	200,0	4,55 €	910,00 €
4.5	Suministro e instalación de colector compacto de latón modelo HKV-C "Roth", para 9 circuitos, montado en armario empotrable modelo R750 "Roth"	Ud.	1	804,27 €	804,27 €
4.6	Suministro e instalación de colector compacto de latón modelo HKV-C "Roth", para 5 circuitos, montado en armario empotrable modelo R550 "Roth"	Ud.	1	571,23 €	571,23 €
4.8	Suministro e instalación de tuberías de PE-RT de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor de pared para conexión de bomba de calor con distribuidores	m	40,0	8,77 €	350,8 €
4.9	Suministro de termostato modulante Wi-Fi inalámbrico	Ud.	1	150,00 €	150,00 €
	<b>TOTAL CAPÍTULO IV</b>				<b>10.925,05 €</b>

## 5 INSTALACIÓN ELÉCTRICA

C.V	CAPÍTULO V. INSTALACIÓN ELÉCTRICA				
N/P	CONCEPTO	Uds.	Medición	Precio Unitario	Importe
5.1	Suministro e instalación de red eléctrica de distribución interior de una vivienda unifamiliar con electrificación elevada. Se compone de: cuadro general de mando y protección; circuitos interiores con cableado bajo tubo protector (C1,C2,C3,C4,C5,C6 del tipo C1,C7 del tipo C2,C8,C10 y C12 del tipo C5) y mecanismos gama media	Ud.	1	2.900,00 €	2.900 €
5.2	Suministro e instalación de derivación individual monofásica enterrada para vivienda, formada por cables unipolares con conductores de cobre de 16 mm <sup>2</sup> de sección, bajo tubo protector de polietileno de doble pared, de 50 mm de diámetro.	m	28,0	14,34 €	401,52 €
5.3	Apertura y cierre de zanjas para derivación individual enterrada	m	28,0	5,78 €	161,84 €
5.4	Suministro e instalación de interruptor de control de potencia, intensidad nominal 40 A.	Ud.	1	68,17 €	68,17 €
5.5	Suministro e instalación de red de toma de tierra compuesta por cable conductor de cobre desnudo de 35 mm <sup>2</sup> de sección y picas de acero-cobre	Ud.	1	800,00 €	800,00 €
	<b>TOTAL CAPÍTULO V</b>				<b>4.331,53 €</b>

## 6 SEGURIDAD Y SALUD

C.VI	CAPÍTULO VI. SEGURIDAD Y SALUD				
N/P	CONCEPTO	Uds.	Medición	Precio Unitario	Importe
6.1	Partida alzada para seguridad y salud estimada como un 3% del Importe de Ejecución Material	-	-	-	1.500€
	<b>TOTAL CAPÍTULO VI</b>				<b>1.500 €</b>

## 7 RESUMEN POR CAPÍTULOS E IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL

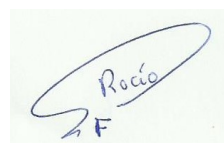
Capítulo I. Instalación solar térmica	3.575,70 €
Capítulo II. Instalación de agua caliente sanitaria	4.399,80 €
Capítulo III. Instalación geotérmica	21.370,82 €
Capítulo IV. Instalación de calefacción por suelo radiante	10.925,05 €
Capítulo V. Instalación eléctrica	4.331,53 €
Capítulo VI. Seguridad y salud	1.500,00 €
<b>IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>46.102,90 €</b>

## 8 IMPORTE DE EJECUCIÓN E IMPORTE DE CONTRATA

<b>IMPORTE DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>	<b>46.102,90 €</b>
13% de gastos generales	5.993,38 €
6% de beneficio industrial	2.766,17 €
<b>IMPORTE DE EJECUCIÓN</b>	<b>54.862,45 €</b>
21% de IVA	11.521,11 €
<b>IMPORTE DE CONTRATA</b>	<b>66.383,56 €</b>

El importe de contrata asciende a la cantidad de **SESENTA Y SEIS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y TRES EUROS CON CINCUENTA Y SEIS CÉNTIMOS**

En Ferrol, a junio de 2018



Fdo.: Rocío Feijoo Díaz