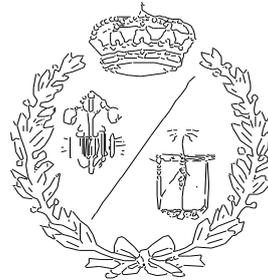


ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**Diseño de una instalación de calefacción y
ACS de un colegio de primaria mediante
hibridación de energías renovables
(Design of a heating and hot water
installation of a primary school by
hybridization of renewable energies)**

Para acceder al Título de

GRADUADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Autor: Jherson Orlando Suárez Plata

Septiembre – 2016

1 – MEMORIA

2 – ANEXOS

3 – PLANOS

4 – PLIEGO DE CONDICIONES

5 – MEDICIONES

6 - PRESUPUESTO

DOCUMENTO 1. MEMORIA

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 1. MEMORIA

1. OBJETO	1
2. ALCANCE.....	1
3. ANTECEDENTES.....	1
4. NORMAS Y REFERENCIAS.....	2
4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS.....	2
4.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO.....	3
4.3 BIBLIOGRAFÍA.....	3
4.4 OTRAS REFERENCIAS.....	4
5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS.....	4
6. REQUISITOS DE DISEÑO	4
6.1 REQUISITOS DEL CLIENTE.....	5
6.2 REQUISITOS DE LA NORMA.....	5
7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES.....	5
7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS ESTUDIADAS.....	5
7.2 ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA SELECCIONADAS.....	8
7.3 SUELO RADIANTE	8
8. RESULTADOS FINALES.....	9
8.1 CIRCUITOS DE LAS INSTALACIONES.....	9
8.2 EQUIPOS Y ELEMENTOS DE CADA INSTALACIÓN.....	10
9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	12

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la biomasa.....	6
Tabla 2. Ventajas y desventajas de la aerotermia	6
Tabla 3. Ventajas y desventajas de la geotermia	7
Tabla 4. Ventajas y desventajas de la energía solar térmica.....	7

1. OBJETO

El propósito de este proyecto es el de sustituir la instalación de gasoil de un colegio-internado situado en Villacarriedo (Cantabria) por una instalación híbrida de energías renovables que sea capaz de cubrir las necesidades energéticas debidas a la producción de agua caliente sanitaria y a la calefacción entre los meses que dura un curso académico, del 15 de septiembre al 20 de junio.

Se diseñará y dimensionará una instalación híbrida de energías renovables que tenga un menor impacto en el medioambiente y con el objetivo final de conseguir un ahorro tanto energético como económico a largo plazo. También se hará un aprovechamiento más eficiente de la energía mediante la instalación de suelo radiante.

2. ALCANCE

El presente proyecto se ocupa de:

- Revisión de diferentes fuentes renovables y valoración de la combinación más apropiada para cubrir las necesidades del colegio-internado.
- Diseño de las instalaciones de calefacción y ACS, y cálculo y dimensionado de los equipos.
- Comprobación del cumplimiento de la normativa aplicable.
- Valoración ambiental y estudio básico de seguridad y salud.
- Cálculo del presupuesto.

3. ANTECEDENTES

El colegio-internado, objeto del presente proyecto, dispone actualmente de una caldera de gasoil para el suministro, tanto de la instalación de ACS, como de la de calefacción de radiadores.

La gerencia del colegio-internado, con la intención de conseguir un funcionamiento más eficiente y respetuoso con el medioambiente de sus instalaciones y mejorar el confort de sus estudiantes, solicita el proyecto de una instalación de calefacción y ACS con un suministro basado en fuentes renovables.

Como requisito inicial, la gerencia del colegio-internado plantea que al menos la nueva instalación de suministro cubra el 60% de la demanda.

4. NORMAS Y REFERENCIAS

4.1 DISPOSICIONES LEGALES Y NORMAS APLICADAS

AENOR. 2013. *UNE-EN 12831: Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño*. Madrid.

AENOR. 2012. *UNE-EN 1264-1 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 1: Definiciones y símbolos*. Madrid.

AENOR. 2012. *UNE-EN 1264-2:2009+A1 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*. Madrid.

AENOR. 2012. *UNE-EN ISO 10456 Materiales y productos para la edificación. Propiedades higrotérmicas. Valores tabulados de diseño y procedimientos para la determinación de los valores térmicos declarados y de diseño*. Madrid.

AENOR. 2011. *UNE-EN 13384-1:2003+A2 Chimeneas. Métodos de cálculo térmicos y fluidodinámicos. Parte 1: Chimeneas que prestan servicio a un único aparato de calefacción*. Madrid.

AENOR. 2010. *UNE-EN 1057:2007+A1 Cobres y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción*. Madrid.

AENOR. 2010. *UNE-EN 1264-3 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 3: Dimensionamiento*. Madrid.

AENOR. 2010. *UNE-EN 1264-4 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 4: Instalación*. Madrid.

AENOR. 2009. *UNE-EN 1264-5 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 5: Suelos, techos y paredes radiantes. Determinación de la emisión térmica*. Madrid.

AENOR. 2004. *UNE 100155 Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión*. Madrid.

AENOR. 2003. *UNE-EN 12831 Sistemas de calefacción en edificios. Método para el cálculo de la carga térmica de diseño*. Madrid.

Código Técnico de la Edificación (CTE). 2013. *Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE)*.

Código Técnico de la Edificación (CTE). 2013. *Documento de Apoyo al Documento Básico de Ahorro de Energía (DA DB-HE/2). Comprobación de limitación de condensaciones superficiales e intersticiales en los cerramientos*.

Código Técnico de la Edificación (CTE). 2015. *Documento de Apoyo al Documento Básico de Ahorro de Energía (DA DB-HE/1). Cálculo de parámetros característicos de la envolvente*.

Código Técnico de la Edificación (CTE). 2010. *Catálogo de elementos constructivos del CTE*.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2009. *Instalaciones de Energía Solar Térmica. Pliego de Condiciones Técnicas de Baja Temperatura*. Madrid.

Ministerio de industria, energía y turismo. 2013. *Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE). Versión consolidada*. Madrid.

4.2 PROGRAMAS DE CÁLCULO

Autodesk. 2016. *AutoCAD 2016 VERSIÓN DEL ESTUDIANTE* [Usado: 15 septiembre 2016].
Disponibile en: <http://www.autodesk.es/products/autocad/free-trial>

4.3 BIBLIOGRAFÍA

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2007. *Guía Técnica para la Rehabilitación de la Envolvente Térmica de los Edificios. Soluciones de Aislamiento con Vidrios y Cerramientos*. Madrid.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2009. *Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios*. Madrid.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2010. *Guía técnica de instalaciones de condiciones climáticas exteriores de proyecto*. Madrid.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2010. *Guía técnica de agua caliente sanitaria central*. Madrid.

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). 2012. *Guía técnica de diseño de sistemas de intercambio geotérmico de circuito cerrado*. Madrid.

Ministerios de Industria, Energía y Turismo, y Ministerio de Fomento. 2016. *Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España*.

Romero, E. 2008. *Estudio de seguridad y salud. Instalación de energía solar térmica para la producción de ACS en una residencia de la tercera edad*. Trabajo Fin de Máster del Máster en Técnico Superior de Prevención de Riesgos Laborales. Colegio de Ingenieros Técnicos de Minas. Santander.

Ortega, M. 2007. *Energías renovables*. 2ª Edición. Madrid. Paraninfo, S.A.

4.4 OTRAS REFERENCIAS

CENSOLAR [sitio web]. Sevilla: CENSOLAR. [Consulta: 15 agosto 2016]. Disponible en:
<http://www.censolar.es/>

BAXI CALEFACCIÓN, S.LU. [sitio web]. 2016. Barcelona. Aerotermia. [2016]. Disponible en:
<http://www.aerotermia.lanuevacalefaccion.com/aerotermia.html>

UPONOR. 2013. *Manual técnico de climatización invisible*. Madrid.

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- ACS: Agua caliente sanitaria.
- COP: Coefficient Of Performance.
- CTE: Código técnico de la edificación.
- DA: Documento de apoyo.
- DB-HE: Documento básico de ahorro de energía.
- EN: European Standard.
- ISO: Intenational Organization for Standardization.
- IT: Instrucción técnica.
- PCT: Pliego de condiciones técnicas.
- RITE: Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios.
- UNE: Una norma española.

6. REQUISITOS DE DISEÑO

A continuación, se describirán las bases y los datos con los que se partirá para el diseño de la instalación.

6.1 REQUISITOS DEL CLIENTE

Como ya se ha comentado anteriormente, el cliente exige que la nueva instalación, que sustituya a la de gasoil, sea capaz de cubrir al menos el 60% de la demanda energética del colegio-internado.

También se deberá realizar las obras e instalación de los equipos durante el periodo comprendido entre el 20 de junio y el 15 de septiembre para que no se interrumpan las clases.

6.2 REQUISITOS DE LA NORMA

La norma aplicable para una nueva instalación térmica de calefacción y de producción de ACS es el RITE. Por lo que se seguirán las exigencias del mismo.

Al reformar íntegramente la instalación térmica del edificio, es necesario la aplicación del CTE. Será necesario una contribución solar mínima por parte de colectores solares de energía solar térmica especificada en el DB-HE 4 del CTE. También es necesario cumplir con la limitación de la demanda energética establecida en el DB-HE 1 del CTE.

7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

7.1 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS ALTERNATIVAS

ESTUDIADAS

Como ya se ha mencionado anteriormente, se sustituirá la instalación de gasoil que había por una instalación que combine energías renovables (hibridación) cumpliendo con los requisitos de diseños señalados en el apartado 6 de la presente Memoria, por lo que se estudiarán las ventajas y desventajas que presentan las diferentes alternativas.

Las alternativas que se estudiarán serán aquellas que sean capaces de producir ACS o calefacción. En este caso, se estudiarán la biomasa, energía solar térmica, aerotermia y geotermia.

Las ventajas y desventajas de la biomasa que se han tenido en cuenta son las siguientes:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none">- Hay excedente de biomasa.- El combustible puede llegar a ser un 50% más barato en comparación al gasoil.- Rendimientos del 90%.	<ul style="list-style-type: none">- Inversión inicial alta.- Necesidad de un silo para el almacenamiento.- Poder calorífico de los combustibles menor que el del gasoil.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Es posible adaptar calderas convencionales a biomasa. - Existen calderas de biomasa que pueden quemar diferentes tipos de combustibles (calderas mixtas). - Posibilidad de autolimpieza de las cenizas. - Balance neutro de emisiones de CO₂, es decir, no se produce más CO₂ del que había anteriormente en la atmósfera. - No hay emisión de contaminantes sulfurados o nitrogenados, ni apenas partículas sólidas. - Menores fluctuaciones de los precios de la biomasa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Al tener un poder calorífico se necesitará un transporte mayor y, por lo tanto, mayores costes en el transporte. - Necesidad de limpieza de las cenizas.

Tabla 1. Ventajas y desventajas de la biomasa

Las ventajas y desventajas de la aerotermia que se han tenido en cuenta son las siguientes:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Se puede llegar a tener un COP entre 2,5-3,5. - Se consigue un ahorro energético de hasta el 75%. - Se puede utilizar para producir ACS y calefacción. - No es necesario el almacenaje de ningún tipo de combustible. - No es necesario la colocación de chimenea. - Casi no necesita mantenimiento. - Bajas emisiones de CO₂. - No existen emisiones de gases tóxicos ni tampoco de humos. - Es bastante silencioso. 	<ul style="list-style-type: none"> - A temperaturas muy bajas no se consigue un buen COP. - Es necesaria una inversión alta. - No es conveniente para grandes edificios.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de la aerotermia

Las ventajas y desventajas de la geotermia que se han tenido en cuenta son las siguientes:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Se puede llegar a tener un COP entre 4,5-5,5. - Se consigue un ahorro energético de hasta el 75%. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesaria una inversión alta. - Es necesario un espacio para enterrar los captadores del suelo.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - La temperatura del suelo se mantiene constante durante todo el año, por lo que se consigue un intercambio del calor más eficiente. - Se puede utilizar para producir ACS y calefacción. - No es necesario el almacenaje de ningún tipo de combustible. - No es necesario la colocación de chimenea. - Bajas emisiones de CO₂. - Existen dos posibilidades de configuración de los captadores, vertical y horizontal. - La configuración vertical requiere poco espacio para la captación. - La configuración horizontal es más económica. - Es bastante silencioso. - Conveniente para edificios grandes y con un tiempo de uso largo. - Estéticamente es mucho mejor. 	<ul style="list-style-type: none"> - Al no utilizarlo para la refrigeración, no es rentable. - Tiene una instalación compleja.

Tabla 3. Ventajas y desventajas de la geotermia

Las ventajas y desventajas de la energía solar térmica que se han tenido en cuenta son las siguientes:

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> - Es un recurso inagotable. - Tiene un fácil mantenimiento. - Se puede utilizar para producir ACS y calefacción. - No es necesario el almacenaje de ningún tipo de combustible. - No es necesario la colocación de chimenea. - Muy bajas emisiones de CO₂. - No existen emisiones de gases tóxicos ni tampoco de humos. - Es bastante silencioso. - El funcionamiento de la instalación puede llegar a sobrepasar los 25 años. - Su amortización oscila entre los 5-12 años. 	<ul style="list-style-type: none"> - Es necesaria una inversión alta. - Debe cubrir un mínimo de las necesidades energéticas por norma. - No se obtiene energía de manera constante. - Diversos factores influyen en la obtención de la energía, como las sombras o el clima. - Se requiere un determinado espacio en el exterior para la colocación de los colectores solares. - Es necesario un sistema de apoyo.

Tabla 4. Ventajas y desventajas de la energía solar térmica

Se ha hecho un análisis más detallado de las alternativas estudiadas en el apartado 2.1 de los anexos.

7.2 ELECCIÓN Y JUSTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE ENERGÍA SELECCIONADAS

En base a las alternativas valoradas anteriormente, y de acuerdo a los requisitos de diseño, se ha optado por la elección de la energía solar térmica para la producción de ACS, con apoyo de una caldera de biomasa que, además, se encargará de la producción de calefacción en todo el colegio-internado.

Con la elección de la energía solar térmica para la producción de ACS se cumplirá con la exigencia de la contribución solar mínima establecida por el CTE.

Por otra parte, debido al menor coste económico de la biomasa frente a la geotermia y el gran espacio que es necesario calentar que no hace conveniente la aerotermia, se ha elegido la biomasa como fuente de energía para la producción de calefacción y como sistema de apoyo a la instalación solar.

Se ha hecho una justificación más completa en el apartado 2.3 de los anexos.

7.3 SUELO RADIANTE

Se utilizará suelo radiante frente a otros sistemas de calefacción teniendo en cuenta las siguientes causas de ahorro energético:

- El suelo es capaz de aprovechar las aportaciones gratuitas de calor (radiación solar, lámparas, aparatos que generen calor, etc.). Reduciendo aún más el calor que es necesario ceder a los espacios.
- Al no existir una bolsa de aire en el techo se disminuyen las pérdidas a través del techo en un 30% aproximadamente.
- La temperatura media del agua por suelo radiante suele estar comprendida entre 35-45°C, frente a los 70-80°C que se necesita una calefacción mediante radiadores.

Otro factor que influye en la elección del suelo radiante como sistema de calefacción es la sensación de confort que se consigue mediante el sistema radiante. Mediante los sistemas de suelo radiante se puede controlar la temperatura radiante y la temperatura ambiente del aire, mientras que con sistemas de radiadores solo es posible controlar la temperatura ambiente del aire.

Por otra parte, la velocidad del aire en los sistemas radiantes no llega a superar los 0,05 m/s frente a los 0,15 m/s que se llega a alcanzar mediante los sistemas que utilizan radiadores.

Debido a estos aspectos, se ha decidido instalar un sistema de suelo radiante para la calefacción del colegio-internado.

8. RESULTADOS FINALES

La instalación final consistirá en una instalación solar que se ocupe de la producción de ACS y una instalación de calefacción compuesta por una caldera de biomasa que utilice pellets como combustible.

También se instalará suelo radiante para conseguir una mejor eficiencia en la calefacción del colegio. La disposición de cada colector de distribución con sus correspondientes circuitos se muestra en los planos.

Los cálculos detallados relativos al dimensionado de las instalaciones y selección de los equipos se desarrollan en el Anexo 3.

A continuación, se plantea una breve descripción de los circuitos y enumeración de los equipos y materiales seleccionados para llevar a cabo las instalaciones. Complementariamente, en el Anexo 4 se recoge un listado completo de los equipos, detallando sus características comerciales.

8.1 CIRCUITOS DE LAS INSTALACIONES

El esquema hidráulico de la instalación se recoge en el Plano 4.

La instalación de ACS se compondrá de los siguientes circuitos hidráulicos:

- Circuito primario de la instalación solar. Será el encargado de transportar el fluido caloportador desde los colectores solares al intercambiador de placas.
- Circuito secundario de la instalación solar. Transportará el fluido desde el intercambiador hasta el acumulador solar.
- Circuito primario de la instalación de apoyo. Transportará el fluido de la caldera hasta el intercambiador para la producción de ACS.
- Circuito secundario de la instalación de apoyo. Transportará el fluido del intercambiador hasta el acumulador de apoyo.

Los circuitos que compondrán la instalación de calefacción, incluyendo el suelo radiante, serán:

- Circuito caldera-intercambiador. Transportará el fluido desde la caldera hasta el intercambiador para la calefacción.

- Circuito intercambiador-depósito de inercia. Transportará el fluido desde el intercambiador hasta el depósito de inercia de la calefacción.
- Circuitos depósito de inercia-colectores de distribución. Transportará el fluido desde el depósito de inercia hasta los colectores de distribución del suelo radiante. Son en total 3 circuitos, uno para cada planta del colegio-internado.
- Circuitos de suelo radiante. Son los circuitos encargados de conducir el fluido por el suelo para la transferencia de calor con los espacios que se quieran calentar.

8.2 EQUIPOS Y ELEMENTOS DE CADA INSTALACIÓN

Los equipos y elementos que se utilizarán en la instalación de ACS serán:

- Colectores solares planos de 2,3 m² de área de captación. Marca SONNENKRAFT, modelo SKR500.
- Fluido de trabajo en el circuito primario de la instalación solar será agua glicolada con un 30% de concentración de etilenglicol.
- Soporte de los colectores metálico con 20° de inclinación de la marca SONNENKRAFT, modelo SSA20R.
- Intercambiador de placas de 20 kW de la marca SUICALSA, modelo IPT601 para la instalación solar y de 250 kW de la marca SUICALSA, modelo IPT607 para el sistema de apoyo.
- Acumuladores de 3000 l de capacidad de la marca LAPESA, modelo MXV-3000 RB para el acumulador de apoyo y el solar.
- Bombas de circulación de la marca Wilo, modelos Stratos 65/1 – 16 para el circuito primario de la instalación solar, Star-Z 25/2 EM para el circuito secundario de la instalación solar y Stratos - 50/1 – 10 para los circuitos primario y secundario de la instalación de apoyo.
- Vaso de expansión de 8 l de capacidad de la marca SALVADOR ESCODA, modelo 8 SMF para el circuito primario de la instalación solar.

En relación al montaje, aclarar que el conexionado de los colectores se hará en paralelo. En dos filas, conectadas entre sí en paralelo, de 8 colectores cada una. Haciendo un total de 16 colectores solares. Los captadores se colocarán con una inclinación de 45° con respecto al plano horizontal y una orientación sur. Además, se mantiene una alineación de los captadores con los ejes principales del edificio. Añadir que los captadores no cumplirán

ninguna función arquitectónica, siendo su único cometido el de la captación de la energía solar. La disposición de los colectores en cubierta se muestra en los Planos 6 y 7.

Los equipos y elementos que se utilizarán en la instalación de calefacción serán:

- Caldera de biomasa de 250 kW de potencia y uso de pellets como combustibles.
- Silos de tela de 11,7 m³ de capacidad.
- Sistemas de extracción de la biomasa del silo.
- Sistemas de transporte mediante tornillo sinfín de la biomasa a la caldera.
- Intercambiador de placas de 150 kW de la marca SUICALSA, modelo IPT602.
- Depósito de inercia de 5000 l de la marca LAPESA, modelo MV-5000-IB.
- Bombas de circulación de la marca Wilo, modelo Stratos – 30 /1 – 10 para el circuito caldera-intercambiador y modelo Stratos – 30 /1 – 4 para el circuito intercambiador-depósito de inercia
- Vaso de expansión de 80 l de la marca SALVADOR ESCODA modelo 80 AMR-P para los circuitos primario del sistema de apoyo y caldera-intercambiador de la instalación de calefacción.

Los equipos y elementos que se utilizarán en la instalación de suelo radiante serán:

- Tuberías de polietileno reticulado de 16x1,8 mm de la marca UPONOR para los circuitos de suelo radiante, de 32x2,9 mm y 63x5,4 mm para los circuitos depósito de inercia-colectores de distribución.
- Colectores de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de la marca CABEL, modelo ECO.
- Cajas metálicas para colectores plásticos ECO.
- Bombas de circulación de la marca Wilo, modelos CronoBloc-BL 32/160-4/2 para los circuitos depósito de inercia-colectores de distribución.
- Vaso de expansión Vaso de expansión de 500 l de la marca SALVADOR ESCODA modelo 500 AMR-B-160(M/F) para los circuitos de suelo radiante incluyendo los circuitos depósito de inercia-colectores de distribución.

La disposición de los diferentes equipos en la sala de calderas se muestra en el Plano 5.

Las tuberías que se utilizarán en todo el circuito serán de cobre, excepto las tuberías de la instalación de suelo radiante, las cuales serán las especificadas anteriormente.

Se instalará un sistema de control cuyo objetivo será el asegurar el correcto funcionamiento de la instalación, midiendo la energía solar captada, el uso del sistema de apoyo y el de calefacción.

La sala de calderas deberá de estar a una temperatura ambiente comprendida entre 10°C y 50 °C para el correcto funcionamiento del sistema.

Se colocarán sondas de temperatura en los siguientes lugares:

- Se colocarán dos sondas de temperatura, una en la entrada de agua fría y otra en la salida de del acumulador solar.
- Se colocarán otras dos sondas de temperatura, una en la parte inferior del acumulador de apoyo y otra en la parte superior del mismo.
- En el depósito de inercia se colocarán otras dos sondas de temperatura, en la parte superior y en la inferior del depósito.

Se colocarán manómetros para la medida de la presión en los siguientes equipos:

- Vasos de expansión.
- Bombas: Entre la aspiración e impulsión.
- Intercambiadores: Entre la entrada y la salida.

Para la medición del caudal se utilizarán caudalímetros de turbina, los cuales se colocarán en los siguientes lugares:

- Entrada del agua de red al acumulador solar.
- Circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción.

9. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

El presupuesto de ejecución por contrata para la instalación de ACS y calefacción mediante energía solar térmica y caldera de biomasa, diseñada en el presente proyecto, asciende a un total de CUATROCIENTOS NOVENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS (493833,81 €).

Fdo.

Jherson O. Suárez Plata

DOCUMENTO 2. ANEXOS

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 2. ANEXOS

ANEXO 1. DATOS DE PARTIDA.....	1
1.1 DATOS DEL CLIENTE	1
1.1.1 Datos del edificio	1
1.1.2 Niveles de ocupación y uso	2
1.2 EMPLAZAMIENTO	2
1.3 OTROS DATOS.....	2
1.3.1 Condiciones climáticas	2
1.3.2 Necesidades de ACS.....	4
1.3.3 Contribución solar mínima	5
ANEXO 2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	7
2.1 ALTERNATIVAS ESTUDIADAS	7
2.1.1 Solar térmica.....	7
2.1.2 Biomasa.....	8
2.1.3 Aerotermia	9
2.1.4 Geotermia.....	10
2.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN.....	10
2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA COMBINACIÓN SELECCIONADA.....	11
ANEXO 3. CÁLCULOS	13
3.1 CÁLCULOS INICIALES PARA LA INSTALACIÓN DE ACS.....	13
3.1.1 Cálculo de la temperatura del agua de red corregida.....	13
3.1.2 Cálculo de la temperatura exterior durante las horas de sol.....	13
3.1.3 Cálculo de las necesidades energéticas para la producción de ACS	14
3.2 CÁLCULOS INICIALES PARA LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN.....	16
3.2.1 Cálculo de la transmitancia térmica	16
3.2.2 Cálculo de las pérdidas de carga térmica debidas a la transmisión	25
3.2.3 Cálculo de las pérdidas de carga térmica debidas a la ventilación.....	33
3.2.4 Cálculo de las pérdidas de carga específicas para cada zona	38

3.2.5	Cálculo de la demanda energética.....	39
3.3	DIMENSIONADO DEL SISTEMA	42
3.3.1	Cálculo del área de captación.....	42
3.3.2	Cálculo de la distancia entre filas de colectores.....	47
3.3.3	Cálculo y dimensionamiento de la caldera de biomasa.....	48
3.3.4	Cálculo y dimensionamiento de los silos de biomasa.....	49
3.3.5	Cálculo del sistema de intercambio.....	49
3.3.6	Cálculo de la longitud de los circuitos de suelo radiante	51
3.3.7	Cálculo de la temperatura del pavimento y el caudal en cada circuito de suelo radiante	61
3.3.8	Cálculo de las pérdidas de carga.....	64
3.3.9	Cálculo de las bombas de circulación	95
3.3.10	Cálculo de los vasos de expansión	102
3.3.11	Cálculo del aislamiento	106
3.4	COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA APLICABLE	111
3.4.1	Cálculo y comprobación de la cobertura solar.....	111
3.4.2	Dimensionado básico.....	117
3.4.3	Protección contra heladas.....	118
3.4.4	Protección contra sobrecalentamientos de la instalación solar	118
3.4.5	Comprobación de las pérdidas límite por orientación, inclinación y sombras.....	119
3.4.6	Tratamiento antilegionella	122
3.4.7	Comprobación del cumplimiento del límite de la demanda energética	123
3.4.8	Comprobación de las condensaciones	126
3.4.9	Cálculo de la velocidad del agua en el suelo radiante.....	133
ANEXO 4.	LISTADO DE EQUIPOS	138
4.1	COLECTORES SOLARES	138
4.2	SOPORTE DE LOS COLECTORES	139
4.3	CALDERA DE BIOMASA.....	139
4.4	SILOS DE BIOMASA	139

4.5	INTERCAMBIADORES.....	139
4.5.1	Instalación solar.....	139
4.5.2	Sistema de apoyo.....	139
4.5.3	Instalación de calefacción.....	140
4.6	ACUMULADORES.....	140
4.7	DEPÓSITO DE INERCIA.....	141
4.8	BOMBAS.....	141
4.8.1	Circuito primario de la instalación solar.....	141
4.8.2	Circuito secundario de la instalación solar.....	141
4.8.3	Circuito primario del sistema de apoyo.....	142
4.8.4	Circuito secundario del sistema de apoyo.....	142
4.8.5	Circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción.....	142
4.8.6	Circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción.....	142
4.8.7	Circuitos de suelo radiante de las 3 plantas.....	142
4.9	VASOS DE EXPANSIÓN.....	143
4.9.1	Circuito primario de la instalación solar.....	143
4.9.2	Circuito primario del sistema de apoyo y circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción.....	143
4.9.3	Circuitos depósito de inercia-colectores.....	143
ANEXO 5. VALORACIÓN AMBIENTAL.....		144
ANEXO 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....		145
6.1	OBJETO DEL ESTUDIO.....	145
6.2	IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y PREVISIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS.....	145
6.2.1	Montaje de la instalación de los colectores solares.....	145
6.2.2	Montaje de la instalación de calefacción por suelo radiante.....	146
6.2.3	Montaje de la instalación de fontanería de ACS.....	147
6.2.4	Conexión a la instalación eléctrica.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS DEL DOCUMENTO 2. ANEXOS

Figura 1. Mapa de zonificación	6
Figura 2. Espacios en contacto con espacios no habitables.....	19
Figura 3. Distribución de la demanda energética	41
Figura 4. Factor de corrección de inclinación	43
Figura 5. Magnitudes de h y d.....	47
Figura 6. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito primario de la instalación solar.....	96
Figura 7. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito secundario de la instalación solar.....	96
Figura 8. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito primario del sistema de apoyo	97
Figura 9. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito secundario del sistema de apoyo	98
Figura 10. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción	99
Figura 11. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción	100
Figura 12. Punto de funcionamiento de la bomba de los circuitos de suelo radiante de la primera planta.....	101
Figura 13. Punto de funcionamiento de la bomba de los circuitos de suelo radiante de la segunda planta	101
Figura 14. Punto de funcionamiento de la bomba de los circuitos de suelo radiante de la tercera planta.....	102
Figura 16. Pérdidas por inclinación y orientación	121
Figura 17. Cálculo de las pérdidas por inclinación y orientación permitidas	122
Figura 18. Diagrama de Moody	135
Figura 19. Pérdidas de carga en tuberías eval-PEX.....	136
Figura 20. Pérdidas de carga en colectores de distribución	136
Figura 21. Pérdidas de carga en tuberías Aqua Pipe	137
Figura 22. Bomba Wilo Stratos	141
Figura 23. Bomba Wilo Star-Z.....	142
Figura 24. Bomba Wilo-CronoBloc-BL	143

ÍNDICE DE TABLAS DEL DOCUMENTO 2. ANEXOS

Tabla 1. Características de cada espacio.....	2
Tabla 2. Temperatura del agua de red en Villacarriedo (°C).....	3
Tabla 3. Temperatura exterior durante las horas de sol en Villacarriedo (°C).....	3
Tabla 4. Radiación horizontal kWh/(m ² -día)	3
Tabla 5. Condiciones interiores de diseño.....	3
Tabla 6. Temperatura media exterior durante el día.....	4
Tabla 7. Necesidades de ACS	5
Tabla 8. Contribución solar mínima exigida.....	6
Tabla 9. Temperatura del agua de red en Santander (°C).....	13
Tabla 10. Temperatura exterior durante las horas de sol en Santander	13
Tabla 11. Demanda energética para la producción de ACS	15
Tabla 12. Resistencias térmicas del aire interior y exterior para cerramientos en contacto con el exterior	17
Tabla 13. Resistencia térmica de cámaras de aire sin ventilación.....	17
Tabla 14. Coeficiente de reducción de temperatura <i>b</i>	18
Tabla 15. Resistencias térmicas del aire interior y exterior para particiones interiores	19
Tabla 16. Resistencia térmica de la fachada.....	20
Tabla 17. Resistencia térmica de los muros entre espacios	21
Tabla 18. Resistencia térmica del suelo entre pisos.....	22
Tabla 19. Resistencia térmica de la cubierta.....	23
Tabla 20. Resistencia térmica de la solera.....	24
Tabla 21. Carga térmica del hall y los pasillos	26
Tabla 22. Carga térmica del aula 1	26
Tabla 23. Carga térmica de las aulas 1 a la 16	26
Tabla 24. Carga térmica del aula 19	27
Tabla 25. Carga térmica del aula 18	27
Tabla 26. Carga térmica del aula 17	27
Tabla 27. Carga térmica del baño de chicos	28
Tabla 28. Carga térmica del baño de chicas	28
Tabla 29. Carga térmica de las escaleras	28
Tabla 30. Carga térmica de las habitaciones 1,2,23,24 y 25 de la segunda planta	29
Tabla 31. Carga térmica de las habitaciones 8,9 y 10 de la segunda planta	29
Tabla 32. Carga térmica de las habitaciones 3 a la 22 sin contar la 8,9 y 10 de la segunda planta.....	29
Tabla 33. Carga térmica del baño de la segunda planta	30

Tabla 34. Carga térmica de los aseos de la segunda planta	30
Tabla 35. Carga térmica de los despachos 1,2 y3 de la segunda planta	30
Tabla 36. Carga térmica del despacho 4 de la segunda planta	31
Tabla 37. Carga térmica de las habitaciones 1,2,23,24 y 25 de la tercera planta	31
Tabla 38. Carga térmica de las habitaciones 8,9 y 10 de la tercera planta.....	31
Tabla 39. Carga térmica de las habitaciones 3 a la 22 sin contar la 8,9 y 10 de la tercera planta.....	32
Tabla 40. Carga térmica del baño de la tercera planta.....	32
Tabla 41. Carga térmica de los aseos de la tercera planta.....	32
Tabla 42. Carga térmica de los despachos 1,2 y3 de la tercera planta	33
Tabla 43. Carga térmica del despacho 4 de la tercera planta.....	33
Tabla 44. Índice de renovación mínimo.....	35
Tabla 45. Índice de renovación por hora con una diferencia de presión de 50 Pa.....	35
Tabla 46. Coeficiente de protección	35
Tabla 47. Factor de corrección de altura.....	36
Tabla 48. Caudal mínimo requerido y caudal de infiltraciones.....	37
Tabla 49. Pérdidas de carga debidas a la renovación de aire	38
Tabla 50. Carga térmica específica para cada zona	39
Tabla 51. Demanda energética debida a la calefacción	39
Tabla 52. Demanda energética cubierta por la caldera y los colectores	40
Tabla 53. Energía captada.....	44
Tabla 54. Número medio de horas de sol diarias útiles	45
Tabla 55. Rendimiento de los colectores.....	45
Tabla 56. Energía útil captada	46
Tabla 57. Coeficiente k	47
Tabla 58. Demanda energética de calefacción.....	48
Tabla 59. Potencia necesaria.....	49
Tabla 60. Longitud de los circuitos de suelo radiante de la primera planta.....	55
Tabla 61. Longitud de los circuitos de suelo radiante de la segunda planta	58
Tabla 62. Longitud de los circuitos de suelo radiante de la tercera planta.....	60
Tabla 63. Temperatura del pavimento y caudal de cada circuito	63
Tabla 64. Rugosidad absoluta de los materiales	65
Tabla 65. Relaciones de los diferentes accesorios.....	66
Tabla 66. Longitud equivalente del circuito primario.....	67
Tabla 67. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito primario	68
Tabla 68. Longitud equivalente del circuito secundario	68
Tabla 69. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito secundario	69

Tabla 70. Longitud equivalente del tramo de ida al intercambiador	70
Tabla 71. Longitud equivalente del tramo de vuelta a la caldera	70
Tabla 72. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito primario	70
Tabla 73. Longitud equivalente del tramo de ida al intercambiador	71
Tabla 74. Longitud equivalente del tramo de vuelta al acumulador	71
Tabla 75. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito secundario	71
Tabla 76. Longitud equivalente del circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción.....	72
Tabla 77. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción	73
Tabla 78. Longitud equivalente del circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción	74
Tabla 79. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción.....	74
Tabla 80. Longitud equivalente del circuito de tuberías 63x5,8 mm de la primera planta	74
Tabla 81. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 1 de la primera planta.....	75
Tabla 82. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 2 de la primera planta.....	75
Tabla 83. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 3 de la primera planta.....	75
Tabla 84. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 4 de la primera planta.....	76
Tabla 85. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 5 de la primera planta.....	76
Tabla 86. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 6 de la primera planta.....	76
Tabla 87. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 7 de la primera planta.....	77
Tabla 88. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 8 de la primera planta.....	77
Tabla 89. Longitud equivalente del circuito de tuberías 63x5,8 mm de la segunda planta...	77
Tabla 90. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 1 de la segunda planta.....	78
Tabla 91. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 2 de la segunda planta.....	78

Tabla 92. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 3 de la segunda planta.....	78
Tabla 93. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 4 de la segunda planta.....	79
Tabla 94. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 5 de la segunda planta.....	79
Tabla 95. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 6 de la segunda planta.....	79
Tabla 96. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 7 de la segunda planta.....	80
Tabla 97. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 8 de la segunda planta.....	80
Tabla 98. Longitud equivalente del circuito de tuberías 63x5,8 mm de la tercera planta	80
Tabla 99. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 1 de la tercera planta.....	81
Tabla 100. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 2 de la tercera planta.....	81
Tabla 101. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 3 de la tercera planta.....	81
Tabla 102. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 4 de la tercera planta.....	82
Tabla 103. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 5 de la tercera planta.....	82
Tabla 104. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 6 de la tercera planta.....	82
Tabla 105. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 7 de la tercera planta.....	83
Tabla 106. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 8 de la tercera planta.....	83
Tabla 107. Pérdidas de carga en las tuberías de los circuitos depósito de inercia-colectores.....	85
Tabla 108. Resumen de las pérdidas de carga de los circuitos depósito de inercia-colectores.....	85
Tabla 109. Pérdidas de carga en los colectores de distribución	86
Tabla 110. Resumen de las pérdidas de carga en los colectores de distribución.....	86
Tabla 111. Pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante de la primera planta.....	90
Tabla 112. Pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante de la segunda planta	92

Tabla 113. Pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante de la tercera planta.....	95
Tabla 114. Resumen de las pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante.....	95
Tabla 115. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios (mm).....	108
Tabla 116. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios (mm).....	108
Tabla 117. Energía absorbida.....	114
Tabla 118. Parámetro D_1	114
Tabla 119. Factor K_2	115
Tabla 120. Energía perdida.....	115
Tabla 121. Parámetro D_2	116
Tabla 122. Fracción solar y energía útil.....	117
Tabla 123. Características del fluido anticongelante.....	118
Tabla 124. Máximo porcentaje de pérdidas permitido.....	119
Tabla 125. Transmitancias térmicas límites para particiones interiores cuando delimitan zonas de distinto uso.....	124
Tabla 126. Transmitancias térmicas límites para particiones interiores cuando delimitan zonas de mismo uso.....	124
Tabla 127. Porcentaje de huecos en la fachada.....	124
Tabla 128. Transmitancia térmica límite de huecos.....	124
Tabla 129. Transmitancia térmica límite de la fachada, solera y cubierta.....	125
Tabla 130. Transmitancia térmica límite de las particiones interiores.....	125
Tabla 131. Comprobación de la transmitancia térmica límite de las particiones interiores.....	125
Tabla 132. Comprobación de la transmitancia térmica límite de los huecos.....	126
Tabla 133. Comprobación de la transmitancia térmica límite de la fachada, solera y cubierta.....	126
Tabla 134. Factor de temperatura de la superficie mínimo.....	126
Tabla 135. Distribución de temperaturas y de presiones de vapor de saturación en las capas de la fachada.....	130
Tabla 136. Distribución de temperaturas y de presiones de vapor de saturación en las capas de la cubierta.....	131
Tabla 137. Presiones de vapor en las capas de la fachada.....	131
Tabla 138. Presiones de vapor en las capas de la cubierta.....	132
Tabla 139. Comprobación del cumplimiento de las condensaciones en la fachada.....	132
Tabla 140. Comprobación del cumplimiento de las condensaciones en la cubierta.....	132

Tabla 141. Velocidad del agua en los diferentes circuitos que componen la instalación de suelo radiante	134
Tabla 142. Características del captador solar SKR500 de la marca SONNENKRAFT	138
Tabla 143. Características de intercambiador SUICALSA, modelo IPT601 de 20 kW	139
Tabla 144. Características de intercambiador SUICALSA, modelo IPT607 de 250 kW	140
Tabla 145. Características de intercambiador SUICALSA, modelo IPT602 de 150 kW	140
Tabla 146. Factores de emisión de CO ₂	144
Tabla 147. Emisiones de CO ₂	144

ANEXO 1. DATOS DE PARTIDA

1.1 DATOS DEL CLIENTE

1.1.1 Datos del edificio

El edificio se trata de un colegio-internado privado de tres plantas, situado en la provincia de Cantabria, en la localidad de Villacarriedo. En la primera de las plantas (planta baja) se encuentran las aulas donde se da clase y la sala de calderas, mientras que en la segunda y tercera planta (primera y segunda planta) se encuentran las habitaciones y despachos. Más concretamente, la segunda planta está destinada a los dormitorios niños y la tercera a los de las niñas.

Las características correspondientes a cada zona del edificio se recogen en la tabla 1. Las zonas con mismas dimensiones se han agrupado bajo una misma denominación en la columna "espacio".

PLANTA	ESPACIO	NUMERO	ÁREA (m ²)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN TOTAL (m ³)
1 ^a	Aulas de la 1 a la 16	16	47	4	188	3008
	Aulas 18 y 19	2	29,9		119,6	239,2
	Aula 17	1	20		80	80
	Baños	2	35,01		140,04	280,08
	Pasillos	1	495,55		1982,2	1982,2
	Escalera	1	21,64		86,56	86,56
	Sala de calderas	1	124,73		498,92	498,92
2 ^a	Habitaciones	25	29,9	3	89,7	2242,5
	Despacho 4	1	29,9		89,7	89,7
	Despachos 1,2, y 3	3	16,1		48,3	144,9
	Baño	1	213,72		641,16	641,16
	Aseos	2	12,42		37,26	74,52
	Pasillos	1	435,36		1306,08	1306,08

PLANTA	ESPACIO	NUMERO	ÁREA (m ²)	ALTURA (m)	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN TOTAL (m ³)
3 ^a	Habitaciones	25	29,9	3	89,7	2242,5
	Despacho 4	1	29,9		89,7	89,7
	Despachos 1,2, y 3	3	16,1		48,3	144,9
	Baño	1	213,72		641,16	641,16
	Aseos	2	12,42		37,26	74,52
	Pasillos	1	435,36		1306,08	1306,08

Tabla 1. Características de cada espacio

1.1.2 Niveles de ocupación y uso

La ocupación del colegio-internado tendrá lugar desde 15 de septiembre hasta el 20 de junio.

La cantidad de personas que se podrán alojar en el colegio durante los meses de invierno será de un máximo de 150.

Debido a que se trata de un internado, es necesario dar calefacción al colegio durante las 24 horas del día.

1.2 EMPLAZAMIENTO

El colegio-internado se encuentra en la localidad de Villacarriedo, aproximadamente a 40 km de Santander, y sus coordenadas exactas son las siguientes:

- Latitud: 43° 13' 46"
- Longitud: 3° 48' 33" Oeste
- Altura respecto el nivel del mar: 212 m.

1.3 OTROS DATOS

1.3.1 Condiciones climáticas

Para la producción de ACS

Las condiciones climáticas a tener en cuenta en el cálculo de la demanda de energética en la producción de ACS son las siguientes:

- Temperatura media del agua de red. Esta temperatura se obtiene del Apéndice B del DB-HE 4 del CTE para la capital de provincia. Para la obtención de la temperatura para la localidad de Villacarriedo se ha aplicado un factor de corrección.

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	SEP	OCT	NOV	DIC
8,9	8,9	9,9	10,5	12,5	14,5	15,5	12,9	10,9	8,9

Tabla 2. Temperatura del agua de red en Villacarriedo (°C)

- Temperatura exterior a las horas de sol. Según la guía técnica Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto, publicada por el IDAE, la temperatura de exterior en Villacarriedo, una vez aplicado el factor de corrección es:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	SEP	OCT	NOV	DIC
9,7	9,4	11,1	12,4	14,7	17,5	19,1	16,3	12,2	10,3

Tabla 3. Temperatura exterior durante las horas de sol en Villacarriedo (°C)

- Radiación horizontal diaria por metro cuadrado. Según la guía técnica Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto publicada por el IDEA, la radiación en Villacarriedo es:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	SEP	OCT	NOV	DIC
1,4	2,1	3,4	4,4	5,2	5,7	4,1	2,6	1,6	1,2

Tabla 4. Radiación horizontal kWh/(m²-día)

Para la calefacción

Las condiciones interiores de diseño se establecen según lo especificado en la IT 1.1.4.1.2 del RITE.

Temperatura operativa °C	21-23
Humedad relativa %	40-50

Tabla 5. Condiciones interiores de diseño

Para este proyecto, se ha elegido una temperatura del interior del edificio de 21°C.

Las condiciones exteriores para la localidad de Villacarriedo se han obtenido de la guía técnica Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto publicada por el IDAE. Las condiciones que se presentan en el IDAE son las obtenidas en Santander, pero se pueden corregir reduciendo la temperatura seca un grado cuando haya una separación de cien

metros. La localidad de Villacarriedo se encuentra a una altura de 212 metros, por lo que se han reducido 2°C las temperaturas. Teniendo en cuenta esto, las condiciones exteriores para la localidad de Villacarriedo son las siguientes:

- Temperatura mínima registrada: -2,3°C
- Temperatura seca de la localidad con un percentil del 99,6%: 1,6°C
- Temperatura seca de la localidad con un percentil del 99%: 2,7°C
- OMDC [Oscilación media diaria (máxima-mínima diaria) de los días en los que alguna de sus horas están dentro del nivel percentil del 99%]: 6°C
- HUMcoin [Humedad relativa media coincidente]: 81%
- OMA (Oscilación media anual de temperatura seca): 22°C

Las temperaturas exteriores medias durante el día para la localidad de Villacarriedo según CENSOLAR son:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	SEP	OCT	NOV	DIC
8,1	8,3	10	11,2	14,3	17,5	18,6	15,6	11,5	9,3

Tabla 6. Temperatura media exterior durante el día

1.3.2 Necesidades de ACS

Las necesidades de ACS de un edificio dependen de gran cantidad de factores y por ello es muy complicado saber exactamente la cantidad de ACS que será necesaria para cubrir la demanda. Siguiendo las especificaciones del Pliego de condiciones técnicas de instalaciones de baja temperatura publicado por el IDAE, se puede obtener una estimación de las necesidades de ACS diarias en función del tipo de edificación.

Esta estimación de las necesidades, se toma a una temperatura de referencia de 60°C en la acumulación y se obtiene a partir de la tabla 7.

Criterio de consumo	Consumo medio por unidad de referencia (l/día)	Unidad de referencia
Viviendas unifamiliares	30	Por persona
Viviendas multifamiliares	22	Por cama
Hospitales y clínicas	55	Por cama
Hoteles (4 estrellas)	70	Por cama
Hoteles (5 estrellas)	55	Por cama

Criterio de consumo	Consumo medio por unidad de referencia (l/día)	Unidad de referencia
Hoteles/Hostales (2 estrellas)	40	Por cama
Campings	40	Por emplazamiento
Hoteles/Pensiones (1 estrella)	35	Por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc)	55	Por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	Por servicio
Escuelas	3	Por alumno
Cuarteles	20	Por persona
Fábricas y talleres	15	Por persona
Oficinas	3	Por persona
Gimnasios	20 a 25	Por usuario
Lavanderías	3 a 5	Por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	Por comida
Cafeterías	1	Por almuerzo

Tabla 7. Necesidades de ACS

Al no haber ningún apartado que dé la demanda para un internado, el cálculo de las necesidades energéticas de ACS se hará escogiendo la demanda para un cuartel debido a su similitud. Por ello, la demanda por persona para el colegio-internado será de 20 l/día.

El porcentaje de ocupación del colegio será del 100%. El valor estimado de la demanda diaria de ACS será:

$$Demanda\ de\ ACS = 20 \frac{l}{día \cdot persona} \cdot 150\ personas = 3000\ l/día \quad (1)$$

1.3.3 Contribución solar mínima

Para poder obtener la contribución solar mínima para la instalación de este proyecto, es necesario obtener la zona climática a la que corresponde Villacarriedo. La zona climática se obtiene mediante la figura 1.



Figura 1. Mapa de zonificación

La zona climática a la que pertenece la localidad de Villacarriedo es la Zona I. Una vez obtenida la zona climática, es posible obtener la contribución solar mínima en función del consumo de ACS y de la zona. Para ello, se utiliza la tabla 8.

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

Tabla 8. Contribución solar mínima exigida

De la tabla se obtiene una contribución mínima del 30%. Esto quiere decir que la instalación solar deberá ser capaz de cubrir el 30% de la demanda total de ACS.

ANEXO 2. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

2.1 ALTERNATIVAS ESTUDIADAS

2.1.1 Solar térmica

La energía solar térmica consiste en la utilización en favor del llamado efecto invernadero. Cuando la radiación solar visible traspasa una superficie transparente, esta se invierte en aumentar la temperatura del elemento situado al otro lado de la misma, y cuando este elemento tiene una temperatura mayor que su entorno comienza a emitir calor en forma de radiación infrarroja. Los materiales transparentes a la radiación visible son muy poco transparentes a la radiación infrarroja, de esta manera se puede conseguir, poniendo un cuerpo negro al otro lado de un vidrio o plástico transparente, una trampa de calor.

Colector solar térmico de baja temperatura

Los colectores solares térmicos de baja temperatura trabajan con temperaturas menores a la de 100 grados y a 1 atm. Este tipo de instalaciones utilizan colectores planos y se utilizan en edificios de viviendas, oficinas o en la industria. Por ello, para este proyecto se utilizarán colectores solares de baja temperatura.

También existen colectores solares térmicos de alta y media temperatura que trabajan con temperaturas de 600°C y 1000°C, colocando espejos que lleven la radiación a un lugar indicado.

Las partes de interés de un colector solar son la cubierta transparente, la placa absorbente, el aislamiento y la carcasa. Las características que se buscan en los colectores solares son las siguientes:

- Cubierta transparente con mucha transmitancia, baja absorción y poca reflectancia a la radiación visible, y con baja transmitancia a la infrarroja.
- Placa absorbente con alta absorción a la componente visible y poca emitancia infrarroja.
- Buen aislamiento.
- Carcasa resistente a los agentes atmosféricos.

Algunas de las aplicaciones de los colectores solares térmicos de baja temperatura son las siguientes:

- Producción de ACS en instalaciones educativas, deportivas, hospitales, viviendas, en industria agroalimentaria, en negocios, etc.

- Calefacción doméstica por suelo radiante, en piscinas, invernaderos, en naves industriales, iglesias, etc.
- Destilaciones industriales.
- Desalinización de agua.

Producción de ACS

Los elementos que componen una instalación de ACS por energía solar térmica son:

- Sistema de captación: Se compone de tubos llenos de agua, o mezcla de agua con algún fluido anticongelante, que transporte el agua caliente a algún depósito para evitar pérdidas térmicas.
- Sistema de acumulación: Es el sistema encargado de acumular el agua caliente sanitaria.
- Sistema de utilización: Se compone de la red de distribución del agua caliente sanitaria del edificio o vivienda.
- Sistema de apoyo: Es el sistema encargado de cubrir la demanda en los días que la instalación solar no sea capaz de hacerlo.

Clasificación de las instalaciones solares térmicas

Se puede hacer una clasificación de las instalaciones en función de la circulación del fluido caloportador:

- Naturales o directas: Las naturales hacen la circulación del fluido calorportador mediante el cambio de densidad del fluido con el acumulador a una altura superior al colector. Por su parte, los sistemas directos utilizan una bomba, haciendo posible la colocación del acumulador en una zona inferior al colector.
- Con intercambiador o sin él en el sistema de acumulación: Los acumuladores con intercambiador incorporado se les llama interacumuladores, se utilizan para sistemas en los que el volumen de acumulación no es muy elevado. Los sistemas sin intercambiador incorporado en el acumulador se utilizan cuando el volumen de acumulación es muy elevado, ya que se consigue un mejor rendimiento de la instalación.

2.1.2 Biomasa

Los sistemas que aprovechan la energía obtenida mediante biomasa se basan en la obtención de la energía de materia orgánica. La biomasa puede provenir de cultivos

destinados especialmente a su utilización en sistemas de biomasa, o de residuos orgánicos de procedencia ganadera, agrícola, forestal, urbana o industrial.

La combustión en calderas de biomasa puede ser mediante combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. La combustión de la biomasa sólida se puede realizar directamente sin necesidad de otro proceso, solo cuando tiene una alta humedad es necesario un secado previo, mientras que para la obtención de biomasa líquida o gaseosa hacen falta varios tratamientos físicos, químicos o biológicos.

En la combustión de la biomasa sólida, el exceso de humedad o el defecto de oxígeno provoca una combustión incompleta generando carbonilla y monóxido de carbono. La materia sólida vegetal tiene un contenido de agua superior al 50% por lo que se hace imprescindible secar la biomasa hasta una humedad inferior al 15% antes de quemarla. La biomasa de origen vegetal tiene muy poco contenido de azufre, evitándose la emisión de óxidos a la atmósfera y una mínima corrosión de los equipos, ya que se evita la formación de ácido sulfúrico en la reacción de los óxidos de azufre con el vapor de agua.

Debido al intento de mejorar las características de la biomasa vegetal para su combustión en hornos, se han obtenido dos productos de gran interés: las briquetas y los pellets. Se trata de biomasa triturada, prensada, compactada y aglomerada, con una mayor densidad y homogenización. Las briquetas tienen una forma cilíndrica y alargada, de alrededor 30 cm de largo y de 4 a 10 cm de diámetro, mientras que los pellets tienen unas menores dimensiones, de 3 cm de diámetro y 4 cm de largo como máximo.

2.1.3 Aerotermia

Los sistemas de aerotermia son bombas de calor aire-agua que extraen el calor que se encuentra en el aire, haciendo de ella una energía renovable. En la aerotermia se coloca una bomba de calor en el exterior del edificio o vivienda para absorber la energía contenida en el aire y transferirla al circuito de calefacción. Se puede utilizar tanto para la producción de ACS como para la calefacción y refrigeración en sistemas de suelo radiante.

El principio de funcionamiento de un sistema con aerotermia es el de cualquier bomba de calor. Se pueden diferenciar 4 fases en el funcionamiento:

- Se produce un intercambio de calor en el evaporador.
- Se aumenta la temperatura mediante el compresor.
- Se cede la energía que se encuentra en el refrigerante.
- Se desciende la temperatura del refrigerante mediante la válvula de expansión.

Mediante los sistemas de aerotermia se llegan a conseguir rendimientos superiores al 100% y pudiendo llegar a un COP de 4, es decir, por cada 4 kW de energía producidos se necesitan un 1 kW de energía eléctrica para su funcionamiento.

Otra de las ventajas que presentan estos sistemas son su fácil instalación. Simplemente es necesario la colocación de la bomba de calor en el exterior, sin necesidad de colocación de una chimenea, ya que no presenta ni humos ni gases tóxicos. Tampoco es necesario un espacio para el almacenaje del combustible como en otros sistemas como la biomasa. Todo esto, hace que no necesite un gran mantenimiento la instalación.

2.1.4 Geotermia

Los sistemas de geotermia aprovechan la temperatura constante del suelo, haciendo transferencias de calor entre el edificio o vivienda a climatizar con el suelo. Al permanecer la temperatura del suelo constante durante todo el año, se consigue un mejor rendimiento que en la aerotermia donde las condiciones del aire van cambiando.

En este caso, sería necesario una bomba de calor geotérmica para calefacción donde se extrae calor del terreno para transferirlo en el edificio. Esta extracción de calor del terreno se contrarrestaría mediante el calentamiento del terreno por parte del sol y por el flujo de calor ascendente proveniente de mayores profundidades.

En los sistemas de geotermia es necesario la instalación del intercambiador de calor con el suelo. La configuración de este intercambiador puede ser tanto vertical como horizontal. La configuración horizontal tiene un menor coste de instalación que la vertical, pero es necesario un amplio terreno para poder enterrar el intercambiador, mientras que la configuración vertical tiene un mayor coste que la horizontal pero no hace falta un gran terreno para su instalación.

2.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN

El CTE establece una contribución mínima de energía solar térmica en función de la zona climática y de la demanda de ACS del edificio. La contribución solar mínima anual es la relación entre los valores anuales de la energía solar aportada exigida y la demanda energética anual para ACS, obtenidos a partir de los valores mensuales. Esta contribución tiene aplicación en los siguientes casos:

- Edificios de nueva construcción o a edificios existentes en que se reforme íntegramente el edificio en sí o la instalación térmica, o en los que se produzca un cambio de uso característico del mismo, en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria (ACS) superior a 50 l/día.

- Ampliaciones o intervenciones, no cubiertas en el punto anterior, en edificios existentes con una demanda inicial de ACS superior a 5.000 l/día, que supongan un incremento superior al 50% de la demanda inicial.
- Climatizaciones de: piscinas cubiertas nuevas, piscinas cubiertas existentes en las que se renueve la instalación térmica o piscinas descubiertas existentes que pasen a ser cubiertas.

En este caso, al hacer una reforma íntegra de la instalación térmica se hace necesario la colocación de captadores solares que cubran la exigencia mínima establecida por el CTE. Aunque es posible sustituir parcial o completamente la contribución solar mínima mediante una instalación alternativa de otras energías renovables, en este proyecto, se ha optado por la colocación de captadores solares que cumplan con esta exigencia mínima.

En los sistemas que aprovechan la energía solar térmica es necesario la colocación de un sistema que sirva de apoyo al sistema de captación solar en los días en los que, debido a diferentes factores, como pueden ser las sombras o las nubes, no se consigue cubrir el total de la demanda de ACS. En este caso, se optará por un sistema de apoyo que utilice energías renovables y que sea capaz de cubrir la demanda de ACS y la debida a la calefacción.

2.3 JUSTIFICACIÓN DE LA COMBINACIÓN SELECCIONADA

Para esta instalación se optará por una instalación solar que se ocupe de la producción de ACS, cumpliendo las exigencias del DB-HE 4 del CTE sobre la contribución solar mínima exigida. Se instalará una caldera de biomasa, que utilice como combustible pellets, que sirva de apoyo a la instalación solar en la producción de ACS y que se ocupe de la calefacción del colegio durante el invierno.

La elección de la biomasa como apoyo a la instalación solar y sistema de calefacción del colegio se debe a que actualmente el precio del combustible de biomasa es mucho menor que el de los combustibles fósiles y sin que dependa de posibles fluctuaciones exteriores, pudiendo llegar a un rendimiento energético del 90%.

Se ha elegido por delante de la aerotermia debido al gran tamaño de la superficie a climatizar, siendo necesarios equipos de gran potencia para poder llegar a cubrir las necesidades energéticas del edificio.

Por su parte, para el sistema de geotermia sería necesario la utilización de una parte del terreno de la escuela para la instalación del intercambiador con el suelo, pudiendo llegar a resultar un problema. También, debido al gran tamaño del edificio, sería necesario la

colocación de la configuración en vertical del intercambiador para poder hacer frente a la demanda, resultando en un mayor coste de la instalación.

De esta manera, se llega a una solución que es capaz de cubrir la demanda del edificio sin que repercuta, en mucho, el presupuesto de la instalación.

ANEXO 3. CÁLCULOS

3.1 CÁLCULOS INICIALES PARA LA INSTALACIÓN DE ACS

3.1.1 Cálculo de la temperatura del agua de red corregida

La temperatura media del agua de red se obtiene del Apéndice B del DB-HE 4 del CTE para la capital de provincia, en este caso Santander:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	SEP	OCT	NOV	DIC
10	10	11	11	13	15	16	14	12	10

Tabla 9. Temperatura del agua de red en Santander (°C)

Según el CTE, es posible corregir la temperatura del agua de red para la localidad deseada. La expresión para obtenerla es la siguiente:

$$T_{AFY} = T_{AFCP} - B \cdot A_Z \quad (2)$$

Donde:

- T_{AFY} : Temperatura del agua de red en la localidad deseada (°C)
- T_{AFCP} : Temperatura del agua de red de la capital de provincia (°C)
- A_Z : Altura de la localidad – Altura de la Capital de provincia (m)
- B: 0,0066 para los meses de octubre a marzo.
- B: 0,0033 para los meses de abril a septiembre.

Aplicando esta expresión se obtienen las temperaturas mostradas en la tabla 2 (Anexo 1).

3.1.2 Cálculo de la temperatura exterior durante las horas de sol

Temperatura exterior a las horas de sol, según la guía técnica Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto publicada por el IDAE, en Santander a una altura de 52 m es:

ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	SEP	OCT	NOV	DIC
11,3	11	12,7	13,2	15,5	18,3	19,9	17,9	13,8	11,9

Tabla 10. Temperatura exterior durante las horas de sol en Santander

De la misma manera que antes, el CTE establece una expresión para corregir la temperatura. La temperatura exterior a las horas de sol en Villacarriedo se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$T_{amb} = T_{ambCP} - B \cdot A_Z \quad (3)$$

Donde:

- T_{amb} : Temperatura ambiente a las horas de sol.
- T_{ambCP} : Temperatura ambiente a las horas de sol en la capital de provincia.
- A_Z : (Altura de la localidad – Altura de la capital de provincia)
- B: 0,010 para los meses de octubre a marzo
- B: 0,005 para los meses de abril a septiembre.

Aplicando esta expresión se obtienen las temperaturas mostradas en la tabla 3 (Anexo 1).

3.1.3 Cálculo de las necesidades energéticas para la producción de ACS

Para dimensionar la instalación de ACS es necesario conocer la demanda energética para su producción. La demanda se obtiene mediante la ecuación (4).

$$Q_a = C_e \cdot C \cdot N \cdot (T_{ac} - T_r) \quad (4)$$

Donde:

- Q_a : Carga calorífica mensual de calentamiento de ACS (J/mes)
- C_e : Calor específico (para el agua 4 187 J/(kg°C))
- C : Consumo diario de ACS (kg/día)
- N : Número de días del mes
- T_{ac} : Temperatura del agua caliente de acumulación (°C)
- T_r : Temperatura del agua de red (°C)

MES	CAUDAL MENSUAL(l/mes)	TEMPERATURA DE RED (°C)	INCREMENTO DE TEMPERATURA (°C)	CARGA CALORÍFICA (MJ/mes)	CARGA CALORÍFICA (kWh/mes)
ENE	93000	8,9	51,1	19897,9	5527,2
FEB	84000	8,9	51,1	17972,3	4992,3
MAR	93000	9,9	50,1	19508,5	5419
ABR	90000	10,5	49,5	18653,1	5181,4

MES	CAUDAL MENSUAL(l/mes)	TEMPERATURA DE RED (°C)	INCREMENTO DE TEMPERATURA (°C)	CARGA CALORÍFICA (MJ/mes)	CARGA CALORÍFICA (kWh/mes)
MAY	93000	12,5	47,5	18496,1	5137,8
JUN	60000	14,5	45,5	11430,5	3175,1
SEP	48000	15,5	44,5	8943,4	2484,3
OCT	93000	12,9	47,1	18340,3	5094,5
NOV	90000	10,9	49,1	18502,3	5139,5
DIC	93000	8,9	51,1	19897,9	5527,2
TOTAL	837000 l/año			171642 MJ/año	47678,3 kWh/año

Tabla 11. Demanda energética para la producción de ACS

3.2 CÁLCULOS INICIALES PARA LA INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

3.2.1 Cálculo de la transmitancia térmica

Método de cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el exterior

Los cerramientos que estarán en contacto con el aire exterior en este proyecto serán la fachada y el suelo. La transmitancia térmica para estos cerramientos se calculará mediante la siguiente expresión:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (5)$$

Donde:

- U : Transmitancia térmica (W/m^2K)
- R_T : Resistencia térmica del elemento constructivo (m^2K/W)

El valor de la resistencia térmica total de un cerramiento constituido por capas térmicamente homogéneas se calculará mediante la siguiente expresión:

$$R_T = R_{Si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{Se} \quad (6)$$

Donde:

- R_1, R_2, \dots, R_n : Resistencia térmica de cada capa que constituye el cerramiento (m^2K/W)
- R_{Si}, R_{Se} : Resistencias térmicas correspondientes al aire interior y exterior respectivamente (m^2K/W).

La resistencia térmica de cada elemento que constituya el cerramiento se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{e}{\lambda} \quad (7)$$

Donde:

- e : Espesor de la capa (m).
- λ : Conductividad térmica de la capa que forme parte del cerramiento ($\frac{W}{mK}$)

Los valores de las resistencias térmicas correspondientes al aire interior y exterior para cerramientos en contacto con el exterior se obtienen, en función de la posición del cerramiento, la dirección del flujo de calor y la situación en el edificio, mediante la tabla 12.

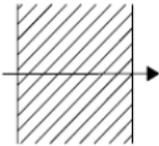
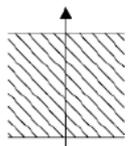
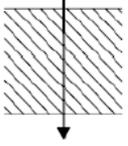
Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		R _{se}	R _{si}
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo Horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente (Suelo)		0,04	0,17

Tabla 12. Resistencias térmicas del aire interior y exterior para cerramientos en contacto con el exterior

La resistencia térmica para las cámaras de aire sin ventilación se obtiene mediante la tabla 13.

e (cm)	Sin ventilar	
	horizontal	vertical
1	0,15	0,15
2	0,16	0,17
5	0,16	0,18

Tabla 13. Resistencia térmica de cámaras de aire sin ventilación

Método de cálculo de la transmitancia térmica de cerramientos en contacto con espacios no habitables

En este apartado se considerará espacio no habitable a la sala de calderas del edificio y al espacio de la cubierta que hay entre el exterior y la tercera planta.

La transmitancia térmica para estos cerramientos será la siguiente:

$$U = U_b \cdot b \tag{8}$$

Donde:

- U_b : Transmitancia térmica de la partición interior en contacto con el espacio no habitable ($\frac{W}{m^2K}$)
- b : Coeficiente de reducción de temperatura obtenido mediante la tabla 14.

El coeficiente de reducción de temperatura, obtenido de la tabla 14, depende de la relación entre el área de la partición interior en contacto con el espacio no habitable (A_{h-nh}), con respecto al área del espacio no habitable en contacto con el exterior (A_{nh-e}); de si alguno o los dos espacios están o no aislados térmicamente; y de la ventilación (siendo el CASO 1, reservado para espacios ligeramente ventilados, y CASO 2, para los espacios muy ventilados).

A_{h-nh}/A_{nh-e}	No aislado _{nh-e} - Aislado _{h-nh}		No aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}		Aislado _{nh-e} -No aislado _{h-nh}	
	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2	CASO 1	CASO 2
<0,25	0,99	1,00	0,94	0,97	0,91	0,96
0,25 ≤0,50	0,97	0,99	0,85	0,92	0,77	0,90
0,50 ≤0,75	0,96	0,98	0,77	0,87	0,67	0,84
0,75 ≤1,00	0,94	0,97	0,70	0,83	0,59	0,79
1,00 ≤1,25	0,92	0,96	0,65	0,79	0,53	0,74
1,25 ≤2,00	0,89	0,95	0,56	0,73	0,44	0,67
2,00 ≤2,50	0,86	0,93	0,48	0,66	0,36	0,59
2,50 ≤3,00	0,83	0,91	0,43	0,61	0,32	0,54
>3,00	0,81	0,90	0,39	0,57	0,28	0,50

Tabla 14. Coeficiente de reducción de temperatura b

En la figura 2 se observan los 3 tipos de casos, referentes al aislamiento, que se pueden encontrar.

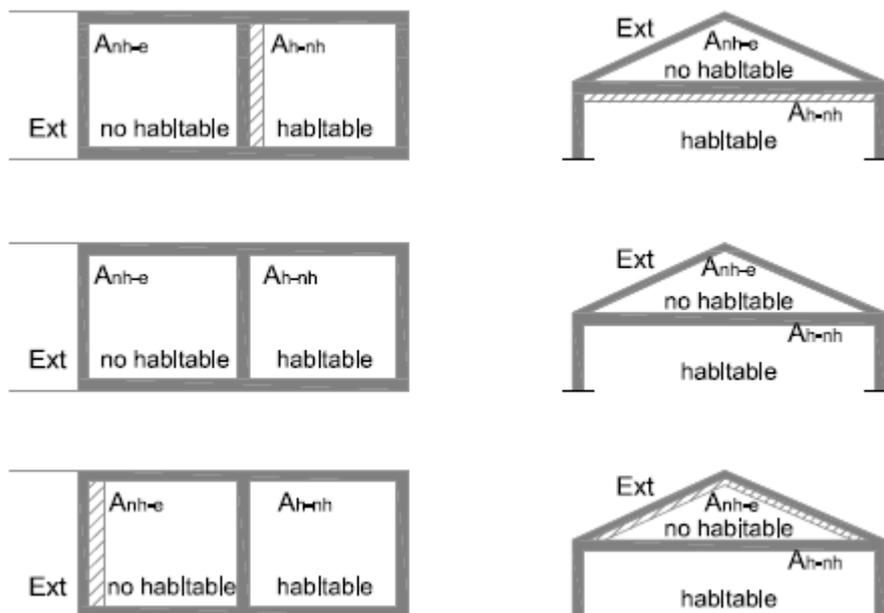


Figura 2. Espacios en contacto con espacios no habitables

Por último, es necesario también conocer las resistencias térmicas superficiales de particiones interiores. Éstas, se pueden obtener mediante la tabla 15.

Posición de la <i>partición interior</i> y sentido del flujo de calor		R_{se}	R_{si}
<i>Particiones interiores verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal</i>		0,13	0,13
<i>Particiones interiores horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente (Techo)</i>		0,10	0,10
<i>Particiones interiores horizontales y flujo descendente (Suelo)</i>		0,17	0,17

Tabla 15. Resistencias térmicas del aire interior y exterior para particiones interiores

Método de cálculo de la transmitancia térmica de huecos

El cálculo la transmitancia de los huecos se hará mediante la siguiente fórmula:

$$U_H = \frac{U_{H,m} \cdot A_m + U_{H,v} \cdot A_v + l_v \cdot \Psi_v}{A_m + A_v} \tag{9}$$

Donde:

- U_H : Transmitancia térmica del hueco (W/m^2K)
- $U_{H,m}$: Transmitancia térmica del marco (W/m^2K)
- $U_{H,v}$: Transmitancia térmica del vidrio (W/m^2K)
- A_m : Área del marco (m^2)
- A_v : Área del vidrio (m^2)
- l_v : Longitud de contacto entre marco y acristalamiento (m)
- Ψ_v : Transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre marco y acristalamiento (W/mK)

Cálculo de las transmitancias térmicas del edificio

- **Fachada exterior**

Se trataría de un cerramiento vertical con flujo horizontal y separación del exterior.

$$R_{si} + R_{se} = 0,17 \text{ m}^2\text{°C/W} \quad (10)$$

MATERIAL	ESPESOR e (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m°C)	RESISTENCIA TÉRMICA $R=e/\lambda$ (m ² °C/W)
Piedra de mampostería	1	1,4	0,714
Ladrillo perforado	0,3	0,32	0,938
Enlucido de yeso	0,005	0,57	0,009
R = 1,661 m²°C/W			

Tabla 16. Resistencia térmica de la fachada

$$U_{fach} = \frac{1}{R_T} = 0,546 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad (11)$$

- **Muros entre espacios**

Se trataría de un cerramiento vertical con flujo horizontal y separación de otra habitación.

$$R_{si} + R_{se} = 0,26 \text{ m}^2\text{°C/W} \quad (12)$$

MATERIAL	ESPESOR e (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m°C)	RESISTENCIA TÉRMICA $R=e/\lambda$ (m ² °C/W)
Enlucido de yeso	0,005	0,57	0,009
Ladrillo perforado	0,3	0,32	0,938
Enlucido de yeso	0,005	0,57	0,009
R = 0,956 m²°C/W			

Tabla 17. Resistencia térmica de los muros entre espacios

$$U_b = \frac{1}{R_T} = 0,823 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad (13)$$

Una vez obtenido la transmitancia térmica de la partición interior, se procede a obtener el coeficiente de reducción de temperatura. Primero es necesario obtener las áreas de las particiones interiores que estarán en contacto con el espacio no habitable, sala de calderas, y el área del espacio no habitable en contacto con el exterior. Otro factor a tener en cuenta es que es un CASO 1 para espacios que no están aislados.

El área del espacio no habitable en contacto con el exterior es la siguiente:

- $A_{nh-e} = 77,7 \text{ m}^2$

Las áreas, coeficientes y transmitancias térmicas de los distintos elementos que están en contacto con el espacio no habitable de la primera planta, correspondiente con la sala de calderas, son los siguientes:

Baño de chicas:

- $A_{h-nh} = 38,8 \text{ m}^2$
- $b = 0,85$
- $U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Hall:

- $A_{h-nh} = 59,6 \text{ m}^2$
- $b = 0,7$
- $U = 0,576 \text{ W/m}^2\text{°C}$

Aula 18:

- $A_{h-nh} = 18,4 \text{ m}^2$
- $b = 0,94$

- $U = 0,774 \text{ W/m}^2\text{°C}$

• **Suelo entre pisos**

Se trataría de un cerramiento horizontal con flujo descendente y separación de otra habitación.

$$R_{si} + R_{se} = 0,34 \text{ m}^2\text{°C/W} \tag{14}$$

MATERIAL	ESPESOR e (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA $\lambda(\text{W/m}^2\text{°C})$	RESISTENCIA TÉRMICA $R=e/\lambda \text{ (m}^2\text{°C/W)}$
Parqué de madera de arce	0,01	0,17	0,059
Mortero de cemento	0,04	1	0,04
Poli estireno expandido (EPS)			0,75
Hormigón armado	0,2	2,5	0,08
Cámara de aire	0,1		0,16
Falso techo de escayola	0,02	0,25	0,08
R = 1,169 m²°C/W			

Tabla 18. Resistencia térmica del suelo entre pisos

$$U_b = \frac{1}{R_T} = 0,663 \text{ W/m}^2\text{°C} \tag{15}$$

Esta transmitancia térmica será necesaria para calcular las pérdidas debidas a estar en contacto el baño del segundo piso con la sala de calderas, la cual se encuentra justo debajo. El procedimiento de obtención es el mismo que el anterior caso:

El área del espacio no habitable en contacto con el exterior es la siguiente:

- $A_{nh-e} = 77,7 \text{ m}^2$

El área, coeficiente y transmitancia térmica del elemento que está en contacto con el espacio no habitable de la segunda planta, que se corresponde con la sala de calderas, es el siguiente:

- $A_{h-nh} = 93,6 \text{ m}^2$

- $b = 0,65$

- $U = 0,431 \text{ W/m}^2\text{°C}$

• **Cubierta**

Se trataría de un cerramiento horizontal con flujo ascendente y separación del exterior.

$$R_{si} + R_{se} = 0,14 \text{ m}^2\text{°C/W} \tag{16}$$

MATERIAL	ESPESOR e (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m°C)	RESISTENCIA TÉRMICA $R=e/\lambda$ (m ² °C/W)
Tejas de arcilla	0,015	1	0,015
Onduline	0,0025	0,04	0,063
Bovedilla de hormigón	0,3	1,26	0,24
Lana de roca	0,06	0,035	1,714
Losa de cemento	0,5	1	0,5
Cámara de aire	0,1		0,16
Falso techo de escayola	0,02	0,25	0,08
R = 2,772 m²°C/W			

Tabla 19. Resistencia térmica de la cubierta

$$U_b = \frac{1}{R_T} = 0,34 \text{ W/m}^2\text{°C} \tag{17}$$

Para la obtención de la transmitancia térmica de la cubierta se hará lo mismo que en los anteriores casos. Para el caso de la cubierta se debe de tener en cuenta que el espacio no habitable está aislado.

El área del espacio no habitable en contacto con el exterior, que se corresponde con la cubierta, es la siguiente:

- $A_{nh-e} = 1778,6 \text{ m}^2$

Las áreas, coeficientes y transmitancias térmicas de los distintos elementos que están en contacto con el espacio no habitable son los siguientes:

- $A_{h-nh} = 1612 \text{ m}^2$

- $b = 0,59$

- $U = 0,2 \text{ W/m}^2\text{°C}$

- **Solera**

Se trataría de un cerramiento horizontal con flujo descendente y separación del exterior. Para el caso de la solera, solo se tiene en cuenta la resistencia térmica del aire interior.

$$R_{si} = 0,17 \text{ m}^2\text{C/W} \quad (18)$$

MATERIAL	ESPESOR e (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA λ (W/m°C)	RESISTENCIA TÉRMICA $R=e/\lambda$ (m ² C/W)
Parqué de madera de arce	0,01	0,17	0,059
Mortero de cemento	0,04	1	0,04
Poli estireno expandido (EPS)			0,75
Hormigón armado	0,2	2,5	0,08
Lana de roca	0,04	0,035	1,143
Arena y grava	0,2	2	0,1
R = 2,172 m²C/W			

Tabla 20. Resistencia térmica de la solera

$$U_{solera} = \frac{1}{R_T} = 0,427 \text{ W/m}^2\text{C} \quad (19)$$

- **Ventanas**

Las dimensiones de las ventanas son de 1,5 m de ancho y 1,2 m de alto. Esto quiere decir que la superficie del hueco es de 1,8 m². La superficie correspondiente al vidrio será el 70% del total mientras que la del marco el restante. Con ello se tiene una superficie del vidrio de 1,26 m² y del marco de 0,54 m². La longitud del acoplamiento entre el marco y el acristalamiento es de 4,49 m. Las ventanas tienen un doble acristalamiento y un marco de PVC.

El valor de las transmitancia térmica del marco de PVC se ha obtenido del catálogo de elementos constructivos del CTE, mientras que el valor de la transmitancia térmica de una ventana con doble acristalamiento con vidrios de 4 mm de espesor y una separación entre ellos de 12 mm se ha obtenido de la guía técnica para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios publicada por el IDAE. El valor de la transmitancia térmica lineal debida al acoplamiento entre el marco y el acristalamiento para un acristalamiento doble se

ha obtenido del documento de apoyo al documento básico de ahorro de energía del CTE. Los valores son los siguientes:

- Marco de PVC: 2,2 W/m²°C
- Doble acristalamiento 4-12-4: 2,9 W/m²°C
- Transmitancia térmica lineal: 0,05 W/m°°C

Con lo cual, la transmitancia térmica total del hueco sería:

$$U_H = \frac{2,2 \cdot 0,54 + 2,9 \cdot 1,26 + 0,05 \cdot 4,49}{1,8} = 2,81 \text{ W/m}^2\text{°C} \quad (20)$$

3.2.2 Cálculo de las pérdidas de carga térmica debidas a la transmisión

Método de cálculo empleado

Las pérdidas de calor debidas a la transmisión se obtienen mediante la siguiente expresión:

$$Q_{trans} = U \cdot S \cdot \Delta T_{eq} \quad (21)$$

Donde:

- Q_{trans} : Pérdidas de calor debidas a la transmisión (W)
- U : Coeficiente de transmisión térmica o transmitancia térmica (W/m²K)
- S : Superficie del cerramiento (m²).
- ΔT_{eq} : Diferencia de temperatura entre el interior y el exterior (°C).

Para los espacios que estén en contacto con espacios no calentados o calentados a una temperatura diferente, en este caso los pasillos de la segunda y tercera planta, se supone una temperatura del espacio no calentado de 15°C.

Cálculo de las pérdidas de carga debidas a la transmisión

A continuación, se muestran las cargas térmicas debidas a transmisión de calor en los cerramientos. La temperatura exterior escogida para el cálculo será la de la localidad de Villacarriedo con un percentil del 99%, que en este caso es de 2,7°C.

- **Primera planta**

HALL Y PASILLOS				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	495,3	0,427	18,3	3870,32
Muro	59,6	0,567		618,41
Fachada	411,8	0,546		4114,62
Ventanas	234	2,81		657,54
$Q_{trans} = 9,26 \text{ kW}$				

Tabla 21. Carga térmica del hall y los pasillos

AULA 1				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	47	0,427	18,3	367,26
Fachada	57	0,546		569,53
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Número de aulas = 1				
$Q_{trans} = 1,03 \text{ kW}$				

Tabla 22. Carga térmica del aula 1

AULAS DE LA 2 A LA 16				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	47	0,427	18,3	367,26
Fachada	17	0,546		169,86
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Número de aulas = 15				
$Q_{trans} = 9,44 \text{ kW}$				

Tabla 23. Carga térmica de las aulas 1 a la 16

AULA 19				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	29,9	0,427	18,3	367,26
Fachada	42,6	0,546		425,65
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Número de aulas = 1				
$Q_{trans} = 0,88 \text{ kW}$				

Tabla 24. Carga térmica del aula 19

AULA 18				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	29,9	0,427	18,3	233,64
Muro	18,4	0,774		260,62
Fachada	24,2	0,546		241,8
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Número de aulas = 1				
$Q_{trans} = 0,83 \text{ kW}$				

Tabla 25. Carga térmica del aula 18

AULA 17				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	20	0,427	18,3	156,28
Fachada	34	0,546		339,72
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Número de aulas = 1				
$Q_{trans} = 0,59 \text{ kW}$				

Tabla 26. Carga térmica del aula 17

BAÑO DE CHICOS				
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia térmica U (W/m ²⁰ C)	Incremento de temperatura ΔT _{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	35,01	0,427	18,3	273,57
Fachada	50,92	0,546		508,78
Ventanas	1,8	2,81		92,56
$Q_{trans} = 1,3 \text{ kW}$				

Tabla 27. Carga térmica del baño de chicos

BAÑO DE CHICAS				
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia térmica U (W/m ²⁰ C)	Incremento de temperatura ΔT _{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	35,01	0,427	18,3	273,57
Muro	38,8	0,7		497,03
Fachada	12,92	0,546		129,1
Ventanas	1,8	2,81		92,56
$Q_{trans} = 0,99 \text{ kW}$				

Tabla 28. Carga térmica del baño de chicas

ESCALERAS				
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia térmica U (W/m ²⁰ C)	Incremento de temperatura ΔT _{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	21,64	0,427	18,3	169,1
Fachada	41,4	0,546		413,7
Ventanas	1,8	2,81		92,56
$Q_{trans} = 0,67 \text{ kW}$				

Tabla 29. Carga térmica de las escaleras

- Segunda planta

HABITACIONES 1,2,23,24 Y25				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Fachada	33,3	0,546	18,3	332,73
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	19,5	0,823	6	96,3
Número de habitaciones = 5				
$Q_{trans} = 2,61 \text{ kW}$				

Tabla 30. Carga térmica de las habitaciones 1,2,23,24 y 25 de la segunda planta

HABITACIONES 8,9 Y 10				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Fachada	17,7	0,546	18,3	176,85
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	33,3	0,823	6	164,4
Número de habitaciones = 3				
$Q_{trans} = 1,3 \text{ kW}$				

Tabla 31. Carga térmica de las habitaciones 8,9 y 10 de la segunda planta

HABITACIONES DE LA 3 A LA 22 SIN CONTAR LA 8,9 Y 10				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Fachada	17,7	0,546	18,3	176,85
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	19,5	0,823	6	96,3
Número de habitaciones = 17				
$Q_{trans} = 6,22 \text{ kW}$				

Tabla 32. Carga térmica de las habitaciones 3 a la 22 sin contar la 8,9 y 10 de la segunda planta

BAÑO				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Suelo	93,6	0,431	18,3	738,25
Fachada	109,2	0,546		1091,1
Ventanas	5,4	2,81		277,68
Muro	54,6	0,823	6	269,6
$Q_{trans} = 2,38 \text{ kW}$				

Tabla 33. Carga térmica del baño de la segunda planta

ASEOS				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Fachada	6,3	0,546	18,3	62,95
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	8,1	0,823	6	40
Número de aseos = 2				
$Q_{trans} = 0,39 \text{ kW}$				

Tabla 34. Carga térmica de los aseos de la segunda planta

DESPACHOS 1,2 Y 3				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Fachada	8,7	0,546	18,3	86,93
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	10,5	0,823	6	51,85
Número de despachos = 3				
$Q_{trans} = 0,69 \text{ kW}$				

Tabla 35. Carga térmica de los despachos 1,2 y3 de la segunda planta

DESPACHO 4				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Fachada	33,3	0,546	18,3	332,73
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	19,5	0,823	6	96,3
$Q_{trans} = 0,52 \text{ kW}$				

Tabla 36. Carga térmica del despacho 4 de la segunda planta

- Tercera planta

HABITACIONES 1,2,23,24 Y25				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Techo	29,9	0,2	18,3	109,43
Fachada	33,3	0,406		247,41
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	19,5	0,823	6	96,3
Número de habitaciones = 5				
$Q_{trans} = 2,73 \text{ kW}$				

Tabla 37. Carga térmica de las habitaciones 1,2,23,24 y 25 de la tercera planta

HABITACIONES 8,9 Y 10				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Techo	29,9	0,2	18,3	109,43
Fachada	17,7	0,546		176,85
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	33,3	0,823	6	164,4
Número de habitaciones = 3				
$Q_{trans} = 1,63 \text{ kW}$				

Tabla 38. Carga térmica de las habitaciones 8,9 y 10 de la tercera planta

HABITACIONES DE LA 3 A LA 22 SIN CONTAR LA 8,9 Y 10				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Techo	29,9	0,2	18,3	109,43
Fachada	17,7	0,546		176,85
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	19,5	0,823	6	96,3
Número de habitaciones = 17				
$Q_{trans} = 9,22 \text{ kW}$				

Tabla 39. Carga térmica de las habitaciones 3 a la 22 sin contar la 8,9 y 10 de la tercera planta

BAÑO				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Techo	213,72	0,2	18,3	782,21
Fachada	109,2	0,546		1091,1
Ventanas	5,4	2,81		277,68
Muro	54,6	0,823	6	269,6
$Q_{trans} = 2,42 \text{ KW}$				

Tabla 40. Carga térmica del baño de la tercera planta

ASEOS				
Cerramiento	Área (m²)	Transmitancia térmica U (W/m²⁰C)	Incremento de temperatura ΔT_{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Techo	12,42	0,2	18,3	45,46
Fachada	6,3	0,546		62,95
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	8,1	0,823	6	40
Número de aseos = 2				
$Q_{trans} = 0,48 \text{ kW}$				

Tabla 41. Carga térmica de los aseos de la tercera planta

DESPACHOS 1,2 Y 3				
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia térmica U (W/m ²⁰ C)	Incremento de temperatura ΔT _{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Techo	16,1	0,2	18,3	58,93
Fachada	8,7	0,546		86,93
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	10,5	0,823	6	51,85
Número de despachos = 3				
Q_{trans} = 0,87 kW				

Tabla 42. Carga térmica de los despachos 1,2 y3 de la tercera planta

DESPACHO 4				
Cerramiento	Área (m ²)	Transmitancia térmica U (W/m ²⁰ C)	Incremento de temperatura ΔT _{eq} (°C)	Carga térmica (W)
Techo	29,9	0,2	18,3	109,43
Fachada	33,3	0,546		332,73
Ventanas	1,8	2,81		92,56
Muro	19,5	0,823	6	96,3
Q_{trans} = 0,63 kW				

Tabla 43. Carga térmica del despacho 4 de la tercera planta

3.2.3 Cálculo de las pérdidas de carga térmica debidas a la ventilación

Método de cálculo empleado

La carga térmica debida a la ventilación en cada ubicación será:

$$Q_{V,i} = H_{V,i}(T_{int} - T_{ext}) \tag{22}$$

Donde:

- Q_{V,i}: Carga debida a la ventilación (W)
- H_{V,i}: Coeficiente de carga por ventilación (W/K)
- T_{int}: Temperatura interior (°C)
- T_{ext}: Temperatura exterior (°C)

El coeficiente de carga térmica por ventilación viene determinado por la siguiente expresión:

$$H_{V,i} = \dot{V}_i \cdot \rho \cdot c_p \quad (23)$$

Donde:

- \dot{V}_i : Caudal de aire del espacio calentado (m^3/s)
- ρ : Densidad del aire a la temperatura interior (kg/m^3)
- c_p : Capacidad calorífica específica del aire a la temperatura interior (KJ/kgK)

Asumiendo constante la densidad y la capacidad calorífica específica, se puede reducir la ecuación a:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot \dot{V}_i \quad (24)$$

El caudal de aire del espacio calentado cuando el edificio no dispone de sistema de ventilación es el máximo del caudal de infiltración, motivado por grietas y juntas de la envolvente del edificio y por el caudal mínimo requerido por motivos higiénicos:

$$\dot{V}_i = \max(0,5 \cdot \dot{V}_{inf,i}, \dot{V}_{mín,i}) \quad (25)$$

El caudal mínimo requerido se obtiene de la siguiente expresión:

$$\dot{V}_{mín,i} = n_{mín} \cdot V_i \quad (26)$$

Donde:

- $n_{mín}$: Índice de renovación mínima del aire exterior por hora (h^{-1})
- V_i : Volumen del espacio calentado (m^3)

Por su parte, el caudal de infiltración a través de la envolvente del edificio viene dado por la siguiente expresión:

$$\dot{V}_{inf,i} = 2 \cdot V_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i \quad (27)$$

Donde:

- n_{50} : Índice de renovación del aire por hora con una diferencia de presión de 50 Pa entre el interior y el exterior del edificio (h^{-1})
- e_i : Coeficiente de protección
- ε_i : Factor de corrección de la altura

El índice de renovación mínima del aire exterior por hora se obtiene de la tabla 44:

Tipo de recinto	n_{min} (h ⁻¹)
Recinto habitable (defecto)	0,5
Cocina o baño, con ventana	1,5
Despacho	1
Sala de reuniones, aula	2

Tabla 44. Índice de renovación mínimo

El índice de renovación del aire por hora con una diferencia de presión de 50 Pa entre el interior y el exterior del edificio se obtiene de la siguiente tabla:

Tipo de construcción	n_{50} (h ⁻¹)		
	Calidad de las ventanas		
	Alto (alta calidad del aislamiento)	Medio (doble acristalamiento, aislamiento normal)	Bajo (cristal sencillo, sin aislante)
Vivienda unifamiliar	<4	4-10	>10
Otras viviendas o edificios	<2	2-5	>5

Tabla 45. Índice de renovación por hora con una diferencia de presión de 50 Pa

El coeficiente de protección se obtendrá de la siguiente tabla:

Clase de protección	e		
	Espacio calentado sin aberturas expuestas	Espacio calentado con una abertura expuesta	Espacio calentado con más de una abertura expuesta
Sin protección (edificios en zonas con mucho viento, edificios muy altos)	0	0,003	0,05
Protección moderada (edificios en el campo, con árboles u otros edificios alrededor, suburbios)	0	0,02	0,03
Protección fuerte (edificios de altura media en el centro de ciudades)	0	0,01	0,02

Tabla 46. Coeficiente de protección

El factor de corrección de altura se obtiene de la siguiente tabla:

Altura del espacio calentado sobre el nivel del terreno	ϵ
0-10 m	1
>10 – 30 m	1,2
>30 m	1,5

Tabla 47. Factor de corrección de altura

Cálculo de las pérdidas de carga térmica por ventilación

Para el cálculo del caudal mínimo requerido y del caudal de las infiltraciones, se han tenido en cuenta las siguientes características del edificio:

- Las ventanas tienen un acristalamiento doble.
- El edificio tiene una protección moderada.

En la siguiente tabla se muestran los valores del caudal mínimo requerido y del caudal de las infiltraciones:

PLANTA	ESPACIO	VOLUMEN TOTAL (m ³)	n_{min} (h ⁻¹)	n_{50} (h ⁻¹)	e	ϵ	$\dot{V}_{min,i}$ (m ³ /h)	$0,5 \cdot \dot{V}_{inf,i}$ (m ³ /h)
1 ^a	Aulas de la 1 a la 16	3008	2	3,5	0,02	1	6016	210,56
	Aulas 18 y 19	239,2	2	3,5	0,02	1	478,4	16,74
	Aula 17	80	2	3,5	0,02	1	160	5,6
	Baños	280,08	1,5	3,5	0,02	1	420,12	19,61
	Pasillos	1982,2	0,5	3,5	0,03	1	991,1	208,13
	Escalera	86,56	0,5	3,5	0,02	1	43,28	6,06
2 ^a	Habitaciones	2242,5	2	3,5	0,02	1	4485	156,97
	Despacho 4	89,7	1	3,5	0,02	1	89,7	6,28
	Despachos 1,2 y 3	144,9	1	3,5	0,02	1	144,9	10,14
	Baño	641,16	1,5	3,5	0,03	1	961,74	67,3
	Aseos	74,52	1,5	3,5	0,02	1	111,78	5,22
	Pasillos	1306,08	0,5	3,5	0,02	1	653	91,43

PLANTA	ESPACIO	VOLUMEN TOTAL (m ³)	n_{min} (h ⁻¹)	n_{50} (h ⁻¹)	e	ϵ	$\dot{V}_{min,i}$ (m ³ /h)	$0,5 \cdot \dot{V}_{inf,i}$ (m ³ /h)
3 ^a	Habitaciones	2242,5	2	3,5	0,02	1	4485	156,97
	Despacho 4	89,7	1	3,5	0,02	1	89,7	6,28
	Despachos 1,2 y 3	144,9	1	3,5	0,02	1	144,9	10,14
	Baño	641,16	1,5	3,5	0,03	1	961,74	67,3
	Aseos	74,52	1,5	3,5	0,02	1	111,78	5,22
	Pasillos	1306,08	0,5	3,5	0,02	1	653	91,43

Tabla 48. Caudal mínimo requerido y caudal de infiltraciones

Por último, se calculan las cargas térmicas debidas a la ventilación:

PLANTA	ESPACIO	\dot{V}_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$ (W/K)	$T_{int} - T_{ext}$	$Q_{v,i}$ (KW)
1 ^a	Aulas de la 1 a la 16	6016	2045,44	18,3	37,43
	Aulas 18 y 19	478,4	162,66	18,3	2,98
	Aula 17	160	54,4	18,3	1
	Baños	420,12	142,84	18,3	2,61
	Pasillos	991,1	336,97	18,3	6,17
	Escalera	43,28	14,72	18,3	0,27
2 ^a	Habitaciones	4485	1524,9	18,3	27,9
	Despacho 4	89,7	30,5	18,3	0,56
	Despachos 1,2 y 3	144,9	49,26	18,3	0,9
	Baño	961,74	326,99	18,3	5,98
	Aseos	111,78	38	18,3	0,7
	Pasillos	653	222,02	18,3	4,06
3 ^a	Habitaciones	4485	1524,9	18,3	27,9
	Despacho 4	89,7	30,5	18,3	0,56
	Despachos 1,2 y 3	144,9	49,26	18,3	0,9
	Baño	961,74	326,99	18,3	5,98

PLANTA	ESPACIO	\dot{V}_i (m ³ /h)	$H_{v,i}$ (W/K)	$T_{int} - T_{ext}$	$Q_{v,i}$ (KW)
	Aseos	111,78	38	18,3	0,7
	Pasillos	653	222,02	18,3	4,06

Tabla 49. Pérdidas de carga debidas a la renovación de aire

3.2.4 Cálculo de las pérdidas de carga específicas para cada zona

Para el cálculo de las cargas para calefacción no se tendrán en cuenta las cargas interiores (equipos, ocupantes, iluminación) ni las cargas debidas a la radiación. Por lo tanto, solo se tendrán en cuenta las debidas a los cerramientos y a la ventilación.

PLANTA	ESPACIO	CARGAS POR RENOVACIÓN $N Q_v$ (KW)	CARGAS POR TRANSMISIÓN $N Q_T$ (KW)	SUPERFICIE UNITARIA (m ²)	SUPERFICIE TOTAL (m ²)	CARGA TÉRMICA (W/m ²)
1 ^a	Aulas de la 1 a la 16	37,43	10,47	47	752	63,4
	Aulas 18 y 19	2,98	1,71	29,9	59,8	78,4
	Aula 17	1	0,59	20	20	79,5
	Baños	2,61	2,29	35,01	70,02	70
	Pasillos	6,17	9,26	495,3	495,3	31,2
	Escalera	0,27	0,67	21,64	21,64	43,4
2 ^a	Habitaciones	27,9	10,13	29,9	747,5	50,9
	Despacho 4	0,56	0,52	29,9	29,9	36,1
	Despachos 1,2 y 3	0,9	0,69	16,1	48,3	32,9
	Baño	5,98	2,38	213,72	213,72	39,1
	Aseos	0,7	0,39	12,42	24,84	43,9
3 ^a	Habitaciones	27,9	13,58	29,9	747,5	55,5
	Despacho 4	0,56	0,63	29,9	29,9	39,8
	Despachos 1,2 y 3	0,9	0,87	16,1	48,3	36,6

PLANTA	ESPACIO	CARGAS POR RENOVACIÓN Q_V (KW)	CARGAS POR TRANSMISIÓN Q_T (KW)	SUPERFICIE UNITARIA (m ²)	SUPERFICIE TOTAL (m ²)	CARGA TÉRMICA (W/m ²)
	Baño	5,98	2,42	213,72	213,72	39,3
	Aseos	0,7	0,48	12,42	24,84	47,5

Tabla 50. Carga térmica específica para cada zona

3.2.5 Cálculo de la demanda energética

Demanda energética debida a la calefacción

El cálculo de la demanda energética de calefacción se realizará teniendo en cuenta las temperaturas medias exteriores durante el día de la tabla 6 (Anexo 1). Una vez calculada la potencia necesaria para cubrir esas cargas, se obtendrá la demanda energética para climatizar el colegio las 24 horas al día. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

MES	INCREMENTO DE TEMPERATURA	CARGA DE TRANSMISIÓN (kW)	CARGA DE VENTILACIÓN (kW)	CARGAS DE CALEFACCIÓN (kW)	DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN (kWh)
ENE	12,9	42,13	92,1	134,23	99867,12
FEB	12,7	41,57	90,68	132,25	88872
MAR	11	36,87	78,54	115,41	85865,04
ABR	9,8	33,55	69,97	103,52	74534,4
MAY	6,7	24,97	47,83	72,8	54163,2
JUN	3,5	16,11	24,99	41,1	19728
SEP	2,4	13,06	17,13	30,19	10868,4
OCT	5,4	21,37	38,55	59,92	44580,48
NOV	9,5	32,72	67,82	100,54	72388,8
DIC	11,7	38,81	83,54	122,35	91028,4

Tabla 51. Demanda energética debida a la calefacción

Demanda energética cubierta por la caldera y por los colectores

La caldera cubrirá las necesidades energéticas de la calefacción y parte de la producción de ACS. En la tabla 11, se muestra la demanda energética de ACS y en la tabla 122 se muestra la demanda de ACS cubierta por los colectores. Por ello, es necesario que la caldera cubra el resto de la demanda.

En la siguiente tabla se muestra la demanda de ACS cubierta por la caldera y la demanda energética total del edificio que tendrá que cubrir la caldera.

	COLECTORES SOLARES	CALDERA DE BIOMASA	
MES	Demanda de ACS cubierta por colectores (kWh)	Demanda de ACS cubierta por caldera (kWh)	Demanda de calefacción (kWh)
ENE	1078,94	4448,25	99867,12
FEB	1476,55	3515,15	88872
MAR	2436,39	2982,64	85865,04
ABR	2673,5	2507,92	74534,4
MAY	2877,39	2260,42	54163,2
JUN	1894,5	1280,64	19728
SEP	1421,47	1062,8	10868,4
OCT	2237,58	2856,94	44580,48
NOV	1388,69	3750,83	72388,8
DIC	978,11	4549,08	91028,4
TOTAL	18463,12	29214,67	641895,84

Tabla 52. Demanda energética cubierta por la caldera y los colectores

Por lo tanto, la distribución de la demanda para cada mes será la mostrada en la figura 3.

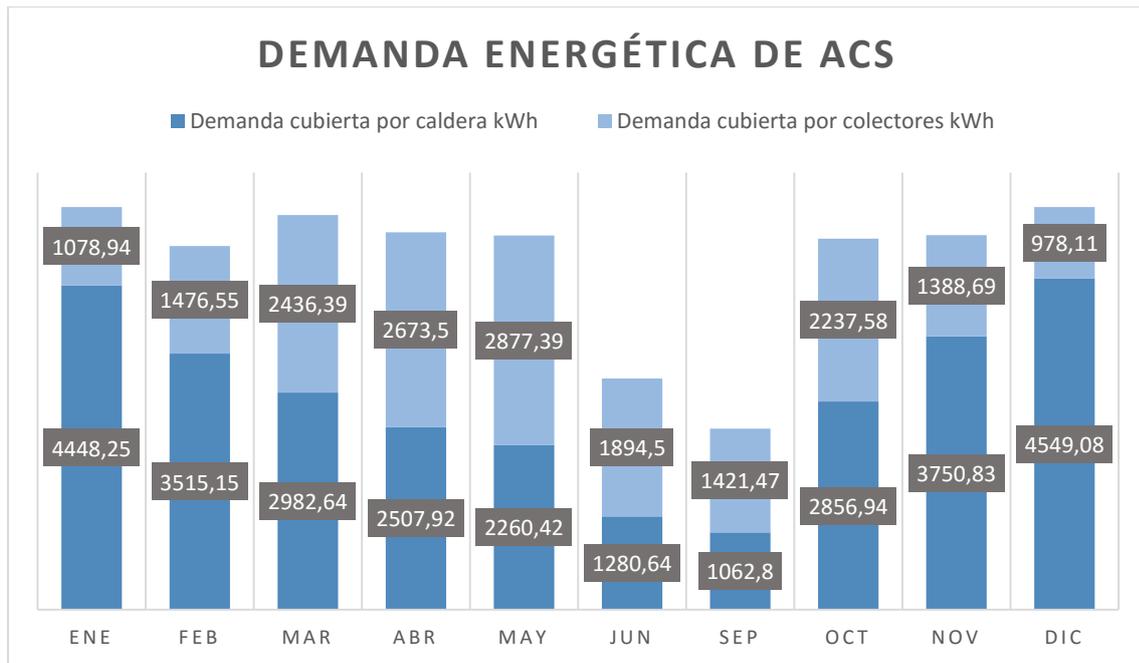


Figura 3. Distribución de la demanda energética

3.3 DIMENSIONADO DEL SISTEMA

3.3.1 Cálculo del área de captación

Energía captada R_1

Para poder llegar a obtener la superficie de captación, primero es imprescindible llegar a obtener la energía incidente R_1 , que incide en un día medio de cada mes sobre cada m^2 de superficie de colectores.

El valor de la radiación horizontal deberá ser corregido en función de la zona donde se ubique el edificio mediante los siguientes coeficientes:

- Si la ubicación es en una zona de alta montaña o monte de cierta altitud, donde la atmósfera es limpia, se multiplicará la radiación por un coeficiente de 1,05.
- Si la ubicación es en una ciudad o en zonas con fuertes índices de polución, la radiación debe multiplicarse por un coeficiente de 0,95.

En este caso, Villacarriedo se puede considerar una zona donde no hay polución ya que no es un pueblo grande. Teniendo esto en cuenta, se escogerá un factor de 1,05.

También es necesario tener en cuenta la inclinación de los colectores solares, ya que se tiene el dato de la radiación incidente en una superficie horizontal y los colectores deben inclinarse con respecto a la horizontal en función de la latitud del lugar.

Por lo tanto, para calcular R_1 se tendrá que multiplicar la radiación horizontal por un factor de corrección k , que se obtiene función de la latitud del lugar y de la inclinación del colector. Este factor se puede obtener, para cada mes del año, de la tabla del Anexo 10 del Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura, y es el que se muestra en la figura 4.

LATITUD = 43°

Incli.	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
45	1,45	1,33	1,19	1,05	0,95	0,91	0,95	1,06	1,24	1,45	1,59	1,57
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	1,03	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

Figura 4. Factor de corrección de inclinación

En este caso, la localización donde se instalará está a unos 43° latitud norte y con una inclinación de los captadores de 45°.

Por lo tanto, la ecuación (28) determinará la energía incidente sobre una superficie inclinada.

$$R_1 = k \cdot 1,05 \cdot I \tag{28}$$

Donde:

- k : Factor de corrección de inclinación
- I : Radiación incidente en superficie horizontal kWh/(m²·día)

Meses	Radiación horizontal I (kWh/m ² día)	Factor de inclinación k	Factor de ubicación	Energía captada R_1 (kWh/m ² día)	Energía captada R_1 (MJ/m ² día)
ENE	1,4	1,45	1,05	2,13	7,67
FEB	2,1	1,33	1,05	2,93	10,57
MAR	3,4	1,19	1,05	4,24	15,28

Meses	Radiación horizontal I (kWh/m ² día)	Factor de inclinación k	Factor de ubicación	Energía captada R ₁ (kWh/m ² día)	Energía captada R ₁ (MJ/m ² día)
ABR	4,4	1,05	1,05	4,85	17,46
MAY	5,2	0,95	1,05	5,19	18,69
JUN	5,7	0,91	1,05	5,45	19,61
SEP	4,1	1,24	1,05	5,34	19,23
OCT	2,6	1,45	1,05	3,96	14,25
NOV	1,6	1,59	1,05	2,67	9,61
DIC	1,2	1,57	1,05	1,98	7,12
ANUAL				38,74	139,46

Tabla 53. Energía captada

Rendimiento del colector

El otro parámetro principal para la obtención del área de captación será el rendimiento del colector. El rendimiento se puede calcular a partir de la curva de rendimiento del colector o a partir de los datos proporcionados por el fabricante mediante la expresión (29).

$$\eta = \eta_0 - a \cdot \frac{(T_m - T_a)}{G} \tag{29}$$

- η : Rendimiento del colector
- η_0 : Rendimiento óptico; 0,806
- a: Coeficiente global de pérdidas de primer grado; 3,758 W/m²°C
- T_m : Temperatura media de ACS (60°C)
- T_a : Temperatura media a las horas de sol (°C)
- G: Irradiancia en el colector (W/m²)

La irradiancia solar es un parámetro que se puede obtener conociendo la radiación incidente sobre los colectores y el número medio de horas de sol diarias útiles. El número medio de horas de sol se obtiene de CENSOLAR, y son las que se muestran en la tabla 54.

Latitud	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
De +25° a +45° (Hemisferio Norte)	8	9	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7,5

De +25° a -25° (Zona del Ecuador)	8,75	9,25	9,5	9,25	9,75	8,5	8,75	9,25	9,5	9,25	8,75	8,5
De -25° a -45° (Hemisferio Sur)	9,5	9,5	9	9	8	7,5	8	9	9	9,5	9,5	9,5

Tabla 54. Número medio de horas de sol diarias útiles

La expresión para obtener la irradiancia en los colectores es la que se muestra en la ecuación (30).

$$G = \frac{\text{Radiación incidente en los colectores}}{\text{Número medio de horas de sol diarias útiles}} \tag{30}$$

En la tabla 55 se muestran los valores de la irradiancia en los colectores para cada mes y el rendimiento de los mismos.

Meses	Energía captada R ₁ (kWh/m ² día)	Horas útiles al día	Irradiancia G (W/m ²)	Diferencia de temperatura (T _m -T _a)	Rendimiento del colector η (%)
ENE	2,13	8	266,25	50,3	9,6
FEB	2,93	9	325,55	50,6	22,19
MAR	4,24	9	471,11	48,9	41,59
ABR	4,85	9,5	510,52	47,6	45,56
MAY	5,19	9,5	546,31	45,3	49,44
JUN	5,45	9,5	573,68	42,5	52,76
SEP	5,34	9	593,33	40,9	54,69
OCT	3,96	9	440	43,7	43,27
NOV	2,67	8	333,75	47,8	26,77
DIC	1,98	7,5	264	49,7	9,85

Tabla 55. Rendimiento de los colectores

Energía útil

La energía útil captada por los colectores será la energía que realmente se pueda aprovechar. Esta se obtiene a partir de la energía captada por el colector y del rendimiento del colector, tal y como se muestra en la expresión (31).

$$E_u = \eta \cdot R_1 \tag{31}$$

Meses	Energía captada R_1 (kWh/m ² día)	Rendimiento del colector η (%)	Energía útil captada E_u (kWh/m ²)
ENE	2,13	9,6	6,34
FEB	2,93	22,19	18,2
MAR	4,24	41,59	54,66
ABR	4,85	45,56	66,29
MAY	5,19	49,44	79,54
JUN	5,45	52,76	58,46
SEP	5,34	54,69	43,81
OCT	3,96	43,27	53,12
NOV	2,67	26,77	21,44
DIC	1,98	9,85	6,04
TOTAL			408

Tabla 56. Energía útil captada

Obtención del área necesaria de captación y del número de colectores

Una vez obtenidos estos parámetros, se puede obtener el área de captación necesaria conociendo la demanda energética para producir ACS, la contribución mínima exigida y la energía útil captada por el colector.

El valor del área necesaria para cumplir la exigencia del CTE es la siguiente:

$$\text{Área} = \frac{(\text{Contribución mínima}) \cdot (\text{Demanda energética})}{\text{Energía útil captada en un año}} = \frac{0,3 \cdot 47678,3}{408} = 35 \text{ m}^2 \quad (32)$$

Se necesitarán 35 m² de superficie de captación para poder cubrir el 30% de la demanda energética para la producción de ACS según esta estimación.

El número de colectores necesarios para cubrir esa demanda se podrá obtener conociendo el área de captación de un solo colector.

$$N = \frac{35}{2,3} = 15,22 \approx 16 \quad (33)$$

Se necesitarán un total de 16 colectores como mínimo según esta estimación. Para este número de colectores se tendrá una superficie de captación de 36,8 m².

3.3.2 Cálculo de la distancia entre filas de colectores

La distancia d , medida sobre la horizontal, entre una fila de captadores y un obstáculo de altura h , que pueda producir sombras sobre la instalación deberá garantizar un mínimo de 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno. Esta distancia, d , será superior al valor obtenido por la expresión:

$$d = h / \tan(61^\circ - \text{latitud}) \tag{34}$$

En la tabla 57 se puede obtener directamente el coeficiente k en función de la latitud, el cual proviene de la expresión (35).

$$k = 1 / \tan(61^\circ - \text{latitud}) \tag{35}$$

Latitud	29°	37°	39°	41°	43°	45°
k	1,6	2,246	2,4715	2,747	3,078	3,487

Tabla 57. Coeficiente k

En la figura 5 se ilustran las magnitudes de h y d .

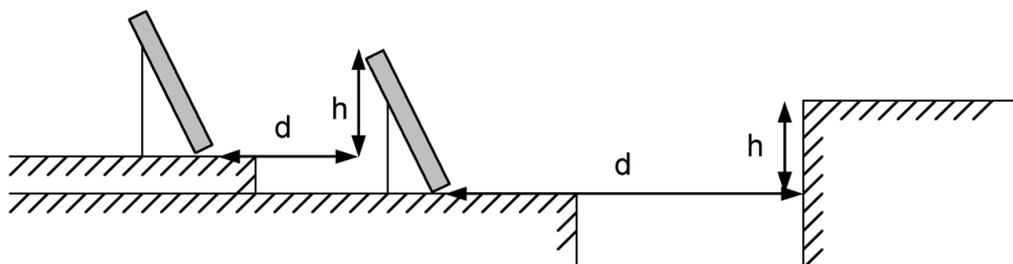


Figura 5. Magnitudes de h y d

Cálculo de la distancia entre filas de colectores

La altura h , será la diferencia de alturas entre la parte superior de una fila y la parte más baja de la siguiente.

Para este caso, el coeficiente k es de valor 3,078.

La separación entre la parte superior del captador y la cubierta es de 784,56 mm. Por su parte, la altura h efectiva será:

$$h_{efec} = h - d \cdot \tan(\alpha) \tag{36}$$

Donde:

- α : Ángulo de la cubierta respecto del plano horizontal.

Por último, el valor de la separación d será:

$$d = (h - d \cdot \tan(\alpha)) \cdot k \quad (37)$$

La cubierta donde se instalarán los captadores tiene una inclinación de 25° sobre el plano horizontal, mientras que la estructura soporte tendrá una inclinación de 20° . Por lo tanto, la distancia entre captadores será:

$$d = \frac{784,56 \cdot 3,078}{(1 + 3,078 \cdot \tan 25)} = 991,62 \text{ mm} \quad (38)$$

Se tomará una distancia de separación de los captadores de 1 metro.

3.3.3 Cálculo y dimensionamiento de la caldera de biomasa

La potencia necesaria de la caldera será la que posibilite cubrir las demandas energéticas del edificio. En este caso, se deberá cubrir las demandas energéticas de calefacción y de producción de ACS.

Las demandas energéticas de calefacción serán:

	CARGA DE TRANSMISIÓN (kW)	CARGA DE VENTILACIÓN (kW)	CARGA TÉRMICA DE CALEFACCIÓN (kW)
PRIMERA PLANTA	24,99	50,46	75,45
SEGUNDA PLANTA	14,11	40,1	54,21
TERCERA PLANTA	17,98	40,1	58,08
EDIFICIO COMPLETO	57,08	130,66	187,74

Tabla 58. Demanda energética de calefacción

La potencia necesaria para cubrir la producción de ACS será:

$$P = \frac{47678,3 \text{ kWh}}{\text{año}} \cdot \frac{1 \text{ año}}{279 \text{ días}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 7,12 \text{ kW} \quad (39)$$

La potencia necesaria para cubrir las necesidades será:

	NECESIDADES (kW)
NECESIDADES DE CALEFACCIÓN	187,74
NECESIDADES DE ACS	7,12
POTENCIA NECESARIA	194,86

Tabla 59. Potencia necesaria

3.3.4 Cálculo y dimensionamiento de los silos de biomasa

El RITE especifica un almacenamiento mínimo de combustible que pueda cubrir las necesidades energéticas del edificio por 2 semanas. Conociendo la densidad aparente de los pellets y el poder calorífico inferior del combustible es posible obtener el volumen del silo necesario para cubrir la demanda durante al menos 2 semanas.

Los siguientes datos sobre los pellets se han obtenido de la guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios del IDAE.

- Densidad aparente: 650 kg/m³
- Poder calorífico inferior: 5,2 kWh/kg

La energía demandada en un día, durante las 24 horas, será:

$$E = 194,86 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 16835904 \text{ kJ} \quad (40)$$

El volumen del silo cubrir la demanda dos semanas será:

$$V = \frac{16835904}{650 \cdot 5,2 \cdot 3600} \cdot 14 = 19,26 \text{ m}^3 \quad (41)$$

Por lo tanto, se instalarán dos silos cuadrados de tela para biomasa con una capacidad de 10 m³ por silo.

3.3.5 Cálculo del sistema de intercambio

Diseño del sistema de intercambio

- **Instalación solar**

El sistema de intercambio en la instalación solar es el encargado de transferir el calor del fluido caloportador al agua potable que terminará en el sistema de acumulación.

La potencia mínima de diseño del intercambiador independiente de la instalación solar deberá cumplir la siguiente condición:

$$P \geq 500 \cdot A \quad (42)$$

Donde:

- P: Potencia mínima de diseño (W)
- A: Área de captación (m²)

- **Sistema de apoyo**

El intercambiador será de placas, de acero inoxidable o cobre y deberá soportar las temperaturas y presiones máximas de trabajo de la instalación.

El sistema de intercambio para la instalación de apoyo estará compuesto por un intercambiador de placas. El cálculo de la potencia del intercambiador necesaria se hará mediante la expresión (43).

$$P = C \cdot c_p \cdot \rho \cdot (T_s - T_e) \quad (43)$$

Donde:

- P: Potencia del intercambiador (W)
- C: Caudal del agua (m³/s)
- c_p : Calor específico del agua; $c_p = 4180 \text{ J/kgK}$
- ρ : Densidad del agua a la temperatura media entre la salida y entrada del agua; La densidad del agua a 40°C es 992 kg/m³
- T_s : Temperatura del agua a la salida del intercambiador (°C)
- T_e : Temperatura del agua a la entrada del intercambiador (°C)

En este caso, se tomará la temperatura del agua de red en el mes de enero como temperatura del agua a la entrada del intercambiador, 9,1°C, y 70°C como temperatura del agua de salida del intercambiador, ya que es necesario poder llegar a los 70°C para prevenir la legionelosis.

- **Instalación de calefacción**

El sistema de intercambio de la instalación de calefacción estará compuesto por un intercambiador de placas. El cálculo de la potencia del intercambiador necesaria se hará mediante la expresión (43).

Lo que cambiará con respecto del cálculo del intercambiador en el sistema de apoyo será la temperatura de salida del agua en el intercambiador y, por lo tanto, también la densidad del agua.

Para el cálculo se tomarán los siguientes valores:

- Temperatura del agua a la salida del intercambiador (T_s): 45°C
- Densidad del agua (ρ) a 27°C: 996 kg/m³

Cálculo del intercambiador

- **Instalación solar**

De acuerdo a la condición establecida por el CTE, el intercambiador de la instalación solar deberá tener la siguiente potencia mínima:

$$P \geq 500 \cdot 36,8 = 18400 \quad (44)$$

Deberá tener una potencia mínima de 18,4 kW.

- **Sistema de apoyo**

La potencia necesaria será:

$$P = \frac{3000}{1000 \cdot 3600} \cdot 4180 \cdot 992 \cdot (70 - 9,1) = 210 \text{ kW} \quad (45)$$

Deberá tener una potencia mínima de 210 kW.

- **Instalación de calefacción**

La potencia del intercambiador necesaria para calentar el agua a 45°C es:

$$P = \frac{3000}{1000 \cdot 3600} \cdot 4180 \cdot 996 \cdot (45 - 9,1) = 124,55 \text{ kW} \quad (46)$$

Deberá tener una potencia mínima de 124,55 kW.

3.3.6 Cálculo de la longitud de los circuitos de suelo radiante

La longitud de los circuitos se ha calculado mediante el manual técnico para la instalación de suelo radiante de UPONOR. Para los espacios abiertos, como los pasillos y el hall, y zonas con una superficie a climatizar compleja, como los baños y aseos de la segunda y tercera planta, se ha diseñado y medido el circuito mediante AutoCAD.

Para la designación de cada circuito se ha seguido la siguiente nomenclatura:

$$P.X CO.Y CI.Z \tag{47}$$

- P: Planta
- X: Número de la planta
- CO: Colector
- Y: Número del colector
- CI: Circuito
- Z: Número del circuito

De esta manera, la longitud de cada circuito se calculará con la siguiente fórmula:

$$L = \frac{A}{T} + 2 \cdot l \tag{48}$$

Donde:

- L: Longitud del circuito (m).
- A: Superficie a climatizar (m²).
- T: Paso entre tuberías (m).
- l: Distancia entre la superficie a climatizar y el colector (m).

En la siguiente tabla se muestran las longitudes obtenidas:

• **Primera planta**

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
AULA 1	63,4	47	P.1 CO.1 CI.1	98,38
			P.1 CO.1 CI.2	98,18
			P.1 CO.1 CI.3	97,98
AULA 2	63,4	47	P.1 CO.1 CI.5	86,98
			P.1 CO.1 CI.6	86,78
			P.1 CO.1 CI.7	86,58

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
AULA 3	63,4	47	P.1 CO.1 CI.8	88,98
			P.1 CO.1 CI.9	89,18
			P.1 CO.1 CI.10	89,38
AULA 4	63,4	47	P.1 CO.2 CI.1	98,38
			P.1 CO.2 CI.2	98,18
			P.1 CO.2 CI.3	97,98
AULA 5	63,4	47	P.1 CO.2 CI.5	86,98
			P.1 CO.2 CI.6	86,78
			P.1 CO.2 CI.7	86,58
AULA 6	63,4	47	P.1 CO.2 CI.8	88,98
			P.1 CO.2 CI.9	89,18
			P.1 CO.2 CI.10	89,38
AULA 7	63,4	47	P.1 CO.3 CI.1	98,38
			P.1 CO.3 CI.2	98,18
			P.1 CO.3 CI.3	97,98
AULA 8	63,4	47	P.1 CO.3 CI.5	86,98
			P.1 CO.3 CI.6	86,78
			P.1 CO.3 CI.7	86,58
AULA 9	63,4	47	P.1 CO.3 CI.8	88,98
			P.1 CO.3 CI.9	89,18
			P.1 CO.3 CI.10	89,38
AULA 10	63,4	47	P.1 CO.4 CI.1	98,38
			P.1 CO.4 CI.2	98,18
			P.1 CO.4 CI.3	97,98
AULA 11	63,4	47	P.1 CO.4 CI.5	86,98
			P.1 CO.4 CI.6	86,78
			P.1 CO.4 CI.7	86,58

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
AULA 12	63,4	47	P.1 CO.4 CI.8	88,98
			P.1 CO.4 CI.9	89,18
			P.1 CO.4 CI.10	89,38
AULA 13	63,4	47	P.1 CO.5 CI.1	98,38
			P.1 CO.5 CI.2	98,18
			P.1 CO.5 CI.3	97,98
AULA 14	63,4	47	P.1 CO.5 CI.5	86,98
			P.1 CO.5 CI.6	86,78
			P.1 CO.5 CI.7	86,58
AULA 15	63,4	47	P.1 CO.5 CI.8	88,98
			P.1 CO.5 CI.9	89,18
			P.1 CO.5 CI.10	89,38
AULA 16	63,4	47	P.1 CO.6 CI.4	97,28
			P.1 CO.6 CI.5	96,28
			P.1 CO.6 CI.6	95,28
AULA 17	79,5	20	P.1 CO.6 CI.1	104,46
AULA 18	78,4	29,9	P.1 CO.8 CI.11	79,13
			P.1 CO.8 CI.10	86,75
AULA 19	78,4	29,9	P.1 CO.8 CI.1	84,87
			P.1 CO.8 CI.2	97,03
BAÑO NIÑOS	70	35,01	P.1 CO.7 CI.1	88,02
BAÑO NIÑAS	70	35,01	P.1 CO.7 CI.1	91,1
ESCALERA	43,4	21,64	P.1 CO.6 CI.2	88,02
PASILLOS Y HALL	31,2	495,33	P.1 CO.1 CI.4	77,8
			P.1 CO.1 CI.11	95,4
			P.1 CO.2 CI.4	77,8
			P.1 CO.2 CI.11	95,4

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
			P.1 CO.3 CI.4	77,8
			P.1 CO.3 CI.11	95,4
			P.1 CO.4 CI.4	77,8
			P.1 CO.4 CI.11	95,4
			P.1 CO.5 CI.4	77,8
			P.1 CO.5 CI.11	95,4
			P.1. CO.6 CI.3	102,48
			P.1 CO.7 CI.3	115,2
			P.1 CO.7 CI.4	79,64
			P.1 CO.7 CI.5	79,14
			P.1 CO.7 CI.6	112
			P.1 CO.7 CI.7	116,6
			P.1 CO.7 CI.8	62,6
			P.1 CO.8 CI.3	107,4
			P.1 CO.8 CI.4	111
			P.1 CO.8 CI.5	56
			P.1 CO.8 CI.6	60,5
			P.1 CO.8 CI.7	113,4
			P.1 CO.8 CI.8	110
			P.1 CO.8 CI.9	101,2

Tabla 60. Longitud de los circuitos de suelo radiante de la primera planta

- Segunda planta

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
HABITACIÓN 1	50,9	29,9	P.2 CO.1 CI.3	93,3
			P.2 CO.1 CI.4	93,1

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
HABITACIÓN 2	50,9	29,9	P.2 CO.1 CI.1	87
			P.2 CO.1 CI.2	87,6
HABITACIÓN 3	50,9	29,9	P.2 CO.1 CI.5	82,8
			P.2 CO.1 CI.6	82,6
HABITACIÓN 4	50,9	29,9	P.2 CO.1 CI.7	77,1
			P.2 CO.1 CI.8	76,5
HABITACIÓN 5	50,9	29,9	P.2 CO.2 CI.3	93,3
			P.2 CO.2 CI.4	93,1
HABITACIÓN 6	50,9	29,9	P.2 CO.2 CI.1	87
			P.2 CO.2 CI.2	87,6
HABITACIÓN 7	50,9	29,9	P.2 CO.2 CI.5	82,8
			P.2 CO.2 CI.6	82,6
HABITACIÓN 8	50,9	29,9	P.2 CO.2 CI.7	77,1
			P.2 CO.2 CI.8	76,5
HABITACIÓN 9	50,9	29,9	P.2 CO.3 CI.5	82,8
			P.2 CO.3 CI.6	82,6
HABITACIÓN 10	50,9	29,9	P.2 CO.3 CI.7	77,1
			P.2 CO.3 CI.8	76,5
HABITACIÓN 11	50,9	29,9	P.2 CO.3 CI.3	93,3
			P.2 CO.3 CI.4	93,1
HABITACIÓN 12	50,9	29,9	P.2 CO.3 CI.1	87
			P.2 CO.3 CI.2	87,6
HABITACIÓN 13	50,9	29,9	P.2 CO.4 CI.5	82,8
			P.2 CO.4 CI.6	82,6
HABITACIÓN 14	50,9	29,9	P.2 CO.4 CI.7	77,1
			P.2 CO.4 CI.8	76,5
HABITACIÓN 15	50,9	29,9	P.2 CO.4 CI.3	93,3

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
			P.2 CO.4 CI.4	93,1
HABITACIÓN 16	50,9	29,9	P.2 CO.4 CI.1	87
			P.2 CO.4 CI.2	87,6
HABITACIÓN 17	50,9	29,9	P.2 CO.5 CI.5	82,8
			P.2 CO.5 CI.6	82,6
HABITACIÓN 18	50,9	29,9	P.2 CO.5 CI.7	77,1
			P.2 CO.5 CI.8	76,5
HABITACIÓN 19	50,9	29,9	P.2 CO.5 CI.3	93,3
			P.2 CO.5 CI.4	93,1
HABITACIÓN 20	50,9	29,9	P.2 CO.5 CI.1	87
			P.2 CO.5 CI.2	87,6
HABITACIÓN 21	50,9	29,9	P.2 CO.6 CI.7	82,4
			P.2 CO.6 CI.8	82,2
HABITACIÓN 22	50,9	29,9	P.2 CO.6 CI.1	76,1
			P.2 CO.6 CI.2	76,7
HABITACIÓN 23	50,9	29,9	P.2 CO.6 CI.5	85,7
			P.2 CO.6 CI.6	85,5
HABITACIÓN 24	50,9	29,9	P.2 CO.6 CI.3	80,8
			P.2 CO.6 CI.4	80,2
HABITACIÓN 25	50,9	29,9	P.2 CO.8 CI.4	92,31
			P.2 CO.8 CI.5	92,11
BAÑO	39,1	213,72	P.2 CO.7 CI.1	112,26
			P.2 CO.7 CI.4	74,1
			P.2 CO.7 CI.5	87
			P.2 CO.7 CI.6	118
			P.2 CO.8 CI.8	74,05
			P.2 CO.8 CI.7	115,25

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
ASEO 1	43,9	12,42	P.2 CO.8 CI.1	36,51
ASEO 2	43,9	12,42	P.2 CO.8 CI.6	42,61
DESPACHO 1	32,9	16,1	P.2 CO.7 CI.3	108,96
DESPACHO 2	32,9	16,1	P.2 CO.7 CI.2	116,56
DESPACHO 3	32,9	16,1	P.2 CO.8 CI.9	81,25
DESPACHO 4	36,1	29,9	P.2 CO.8 CI.2	86,41
			P.2 CO.8 CI.3	87,01

Tabla 61. Longitud de los circuitos de suelo radiante de la segunda planta

- Tercera planta

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
HABITACIÓN 1	55,5	29,9	P.3 CO.1 CI.3	93,3
			P.3 CO.1 CI.4	93,1
HABITACIÓN 2	55,5	29,9	P.3 CO.1 CI.1	87
			P.3 CO.1 CI.2	87,6
HABITACIÓN 3	55,5	29,9	P.3 CO.1 CI.5	82,8
			P.3 CO.1 CI.6	82,6
HABITACIÓN 4	55,5	29,9	P.3 CO.1 CI.7	77,1
			P.3 CO.1 CI.8	76,5
HABITACIÓN 5	55,5	29,9	P.3 CO.2 CI.3	93,3
			P.3 CO.2 CI.4	93,1
HABITACIÓN 6	55,5	29,9	P.3 CO.2 CI.1	87
			P.3 CO.2 CI.2	87,6
HABITACIÓN 7	55,5	29,9	P.3 CO.2 CI.5	82,8
			P.3 CO.2 CI.6	82,6
HABITACIÓN 8	55,5	29,9	P.3 CO.2 CI.7	77,1

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
			P.3 CO.2 Cl.8	76,5
HABITACIÓN 9	55,5	29,9	P.3 CO.3 Cl.5	82,8
			P.3 CO.3 Cl.6	82,6
HABITACIÓN 10	55,5	29,9	P.3 CO.3 Cl.7	77,1
			P.3 CO.3 Cl.8	76,5
HABITACIÓN 11	55,5	29,9	P.3 CO.3 Cl.3	93,3
			P.3 CO.3 Cl.4	93,1
HABITACIÓN 12	55,5	29,9	P.3 CO.3 Cl.1	87
			P.3 CO.3 Cl.2	87,6
HABITACIÓN 13	55,5	29,9	P.3 CO.4 Cl.5	82,8
			P.3 CO.4 Cl.6	82,6
HABITACIÓN 14	55,5	29,9	P.3 CO.4 Cl.7	77,1
			P.3 CO.4 Cl.8	76,5
HABITACIÓN 15	55,5	29,9	P.3 CO.4 Cl.3	93,3
			P.3 CO.4 Cl.4	93,1
HABITACIÓN 16	55,5	29,9	P.3 CO.4 Cl.1	87
			P.3 CO.4 Cl.2	87,6
HABITACIÓN 17	55,5	29,9	P.3 CO.5 Cl.5	82,8
			P.3 CO.5 Cl.6	82,6
HABITACIÓN 18	55,5	29,9	P.3 CO.5 Cl.7	77,1
			P.3 CO.5 Cl.8	76,5
HABITACIÓN 19	55,5	29,9	P.3 CO.5 Cl.3	93,3
			P.3 CO.5 Cl.4	93,1
HABITACIÓN 20	55,5	29,9	P.3 CO.5 Cl.1	87
			P.3 CO.5 Cl.2	87,6
HABITACIÓN 21	55,5	29,9	P.3 CO.6 Cl.7	82,4
			P.3 CO.6 Cl.8	82,2

ZONA	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	SUPERFICIE (m ²)	CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)
HABITACIÓN 22	55,5	29,9	P.3 CO.6 CI.1	76,1
			P.3 CO.6 CI.2	76,7
HABITACIÓN 23	55,5	29,9	P.3 CO.6 CI.5	85,7
			P.3 CO.6 CI.6	85,5
HABITACIÓN 24	55,5	29,9	P.3 CO.6 CI.3	80,8
			P.3 CO.6 CI.4	80,2
HABITACIÓN 25	55,5	29,9	P.3 CO.8 CI.4	92,31
			P.3 CO.8 CI.5	92,11
BAÑO	39,3	213,72	P.3 CO.7 CI.1	112,26
			P.3 CO.7 CI.4	74,1
			P.3 CO.7 CI.5	87
			P.3 CO.7 CI.6	118
			P.3 CO.8 CI.8	74,05
			P.3 CO.8 CI.7	115,25
ASEO 1	47,5	12,42	P.3 CO.8 CI.1	36,51
ASEO 2	47,5	12,42	P.3 CO.8 CI.6	42,61
DESPACHO 1	36,6	16,1	P.3 CO.7 CI.3	108,96
DESPACHO 2	36,6	16,1	P.3 CO.7 CI.2	116,56
DESPACHO 3	36,6	16,1	P.3 CO.8 CI.9	81,25
DESPACHO 4	39,8	29,9	P.3 CO.8 CI.2	86,41
			P.3 CO.8 CI.3	87,01

Tabla 62. Longitud de los circuitos de suelo radiante de la tercera planta

3.3.7 Cálculo de la temperatura del pavimento y el caudal en cada circuito de suelo radiante

Método de cálculo de la temperatura del pavimento

Para el cálculo de la temperatura del pavimento se ha seguido la siguiente ecuación:

$$q = \alpha \cdot (T_s - T_i) \quad (49)$$

Donde:

- q : Demanda térmica específica (W/m^2)
- α : Coeficiente de transmisión térmica; $\alpha=10,8 W/(m^2K)$
- T_s : Temperatura media del pavimento ($^{\circ}C$)
- T_i : Temperatura interior de la superficie a climatizar ($^{\circ}C$)

Método de cálculo del caudal de cada circuito

El caudal se calculará para cada zona a climatizar, es decir, todos los circuitos que climaticen esa zona, tendrán el mismo caudal. De esta manera, se consigue climatizar cada zona en función de su demanda energética. El caudal se calculará según lo especificado en la norma UNE-EN 1264-3:

$$c_{SR} = \frac{A \cdot q}{(T_{imp} - T_{ret}) \cdot c_p \cdot \rho} \cdot \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{T_i - T_u}{q \cdot R_u}\right) \quad (50)$$

Donde:

- c_{SR} : Caudal del agua (m^3/s)
- A : Superficie a climatizar (m^2)
- q : Demanda térmica específica (W/m^2)
- T_{imp} : Temperatura del agua en la impulsión ($^{\circ}C$)
- T_{ret} : Temperatura del agua en el retorno ($^{\circ}C$)
- c_p : Calor específico del agua; $c_p = 4180 J/(kgK)$
- ρ : Densidad del agua a la temperatura media, en este caso a $40^{\circ}C$; $\rho = 992,25 kg/m^3$
- T_i : Temperatura interior de la zona a climatizar ($^{\circ}C$)
- T_u : Temperatura interior de la zona que se encuentra debajo de la superficie a climatizar ($^{\circ}C$)

- R_o : Resistencia térmica parcial por encima del suelo radiante (m^2K/W)
- R_u : Resistencia térmica parcial por debajo del suelo radiante (m^2K/W)

Donde las resistencias térmicas parciales vienen definidas por las siguientes fórmulas:

$$R_o = \frac{1}{\alpha} + R_{\lambda,B} + R_{mortero} \quad (51)$$

$$R_u = R_{\lambda,ins} + R_{\lambda,techo} + R_{\alpha,techo} \quad (52)$$

Donde:

- α : Coeficiente de transmisión térmica; $\alpha=10,8 \text{ W}/(m^2K)$
- $R_{\lambda,B}$: Resistencia térmica del pavimento (m^2K/W)
- $R_{mortero}$: Resistencia térmica del mortero (m^2K/W)
- $R_{\lambda,ins}$: Resistencia térmica del aislamiento térmico (m^2K/W)
- $R_{\lambda,techo}$: Resistencia térmica de la estructura del techo debajo de la capa de aislamiento (m^2K/W)
- $R_{\alpha,techo}$: Resistencia al intercambio térmico en el techo por debajo de la zona con calefacción por suelo radiante; $R_{\alpha,techo} = 0,17 (m^2K)/W$

Cálculo de la temperatura del pavimento y del caudal de cada circuito

Los valores de las resistencias térmicas parciales son los siguientes:

$$R_o = \frac{1}{10,8} + 0,059 + 0,04 = 0,192 \quad (53)$$

Para la primera planta la resistencia térmica parcial por debajo del suelo radiante es:

$$R_u = 0,75 + (0,08 + 1,143 + 0,1) = 2,07 \quad (54)$$

Para la segunda y tercera planta la resistencia térmica parcial por debajo del suelo radiante es:

$$R_u = 0,75 + (0,08 + 0,16 + 0,08) + 0,17 = 1,24 \quad (55)$$

La diferencia de temperatura entre la zona a climatizar y la zona debajo de la superficie a climatizar en la segunda y tercera planta es cero. En la primera planta la diferencia de temperatura será de 11°C .

El caudal obtenido se deberá de dividir entre el número de circuitos que climaticen esa zona para obtener el caudal medio que debe pasar por cada circuito que climatice esa zona.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos:

PLANTA	ESPACIO	SUPERFICIE (m ²)	CARGA TÉRMICA (W/m ²)	TEMPERATURA DEL PAVIMENTO (°C)	CAUDAL (l/s)	CAUDAL POR CIRCUITO (l/s)
1 ^a	AULAS DE LA 1 A LA 16	47	63,4	26,87	0,085	0,028
	AULAS 18 Y 19	29,9	78,4	28,26	0,065	0,033
	AULA 17	20	79,5	28,36	0,044	0,044
	BAÑOS	35,01	70	27,48	0,069	0,069
	HALL Y PASILLOS	495,3	31,2	23,89	0,471	0,019
	ESCALERA	21,64	43,4	25,02	0,027	0,027
2 ^a	HABITACIONES	29,9	50,9	25,71	0,042	0,021
	DESPACHO 4	29,9	36,1	24,34	0,03	0,015
	DESPACHOS 1,2 Y 3	16,1	32,9	24,04	0,015	0,015
	BAÑO	213,72	39,1	24,61	0,233	0,039
	ASEOS	12,42	43,9	25,06	0,016	0,016
3 ^a	HABITACIONES	29,9	55,5	26,14	0,046	0,023
	DESPACHO 4	29,9	39,8	24,68	0,033	0,017
	DESPACHOS 1,2 Y 3	16,1	36,6	24,39	0,016	0,016
	BAÑO	213,72	39,3	24,64	0,234	0,039
	ASEOS	12,42	47,5	25,4	0,016	0,016

Tabla 63. Temperatura del pavimento y caudal de cada circuito

3.3.8 Cálculo de las pérdidas de carga

Método de cálculo empleado

La ecuación de Darcy-Weisbach nos marca las pérdidas independientemente de si el fluido está en régimen laminar o turbulento. Su expresión es de la siguiente forma:

$$H_L = f \frac{L + \sum L_{eq}}{D_{int}} \frac{V^2}{2g} \quad (56)$$

Donde:

- H_L : Pérdidas por fricción (m)
- f : Factor de fricción (factor lambda)
- L : Longitud de la tubería (m)
- $\sum L_{eq}$: Suma de la longitud equivalente de los accesorios y codos (m)
- D_{int} : Diámetro interior de la tubería (m)
- V : Velocidad del fluido (m/s)
- g : Aceleración de la gravedad (m/s²)

Lo primero que será necesario es cálculo de la velocidad del fluido. La velocidad del fluido dependerá del caudal y del diámetro interior de las tuberías y vendrá dada por la siguiente expresión:

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D_{int}^2} \quad (57)$$

Donde:

- V : Velocidad del fluido (m/s)
- Q : Caudal en las tuberías (m³/s)
- D_{int} : Diámetro interior de la tubería (m)

A continuación, será necesario el cálculo del número de Reynolds. Se define por la siguiente expresión:

$$Re = \frac{V \cdot D_{int}}{\nu} \quad (58)$$

Donde:

- V : velocidad del fluido (m/s)
- D_{int} : Diámetro interior de la tubería (m)

- ν : Viscosidad cinemática (m^2/s)

El número de Reynolds nos ayudará a determinar el factor de fricción necesario para poder calcular las pérdidas. Para ello, es necesario utilizar el diagrama de Moody.

La rugosidad absoluta necesaria para poder entrar en el diagrama de Moody se puede obtener de la siguiente tabla:

Material	ϵ (mm)
Plástico (PE, PVC)	0,0015
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,01
Tubos estirados de acero	0,0024
Tubos de latón o cobre	0,0015
Fundición revestida de cemento	0,0024
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024
Fundición centrifugada	0,003
Fundición asfaltada	0,06-0,18
Fundición	0,12-0,6
Acero comercial y soldado	0,03-0,09
Hierro forjado	0,03-0,09
Hierro galvanizado	0,06-0,24
Madera	0,18-0,9
Hormigón	0,3-3

Tabla 64. Rugosidad absoluta de los materiales

Por último, se hace necesario obtener las pérdidas de carga debidas a los accesorios y codos. Es necesario obtener una longitud a la cual obtendríamos las mismas pérdidas de carga que con el accesorio en la tubería. Estas longitudes equivalentes se pueden obtener mediante tablas o relaciones. Para este proyecto se utilizarán las mostradas en la tabla 65:

	L_{eq}/D
Válvula de globo abierta	340
Válvula de ángulo abierta	150
Válvula de compuerta abierta	8
Válvula de bola abierta	150
Válvula de mariposa abierta	45
Válvula de retención	40
Válvula de asiento inclinado	90
Codo de 90°	30
Codo de 45°	16
T, flujo en el tramo	20
T, flujo en rama	60

Tabla 65. Relaciones de los diferentes accesorios

Método de cálculo de las pérdidas en la instalación de suelo radiante

Se producirán pérdidas de carga en los circuitos del suelo radiante, en los colectores y en el circuito de impulsión y retorno desde el acumulador hasta los colectores. Además, se deben de tener en cuenta las pérdidas de carga producidas por los accesorios, para ello, se utilizará la tabla 65 para obtener las longitudes equivalentes correspondientes.

Las pérdidas de carga producidas en las tuberías se obtendrán mediante gráficas dadas por el fabricante. Con estas gráficas se puede obtener las pérdidas de carga por metro en función del caudal y la temperatura del agua para el diámetro de tubería deseado.

Para los circuitos acumulador-colectores se utilizarán tuberías Aqua Pipe. Las pérdidas de carga para este tipo de tubería se obtienen mediante la figura 21.

Para los circuitos de suelo radiante se utilizarán tuberías eval-PEX. Las pérdidas de carga para este tipo de tubería se obtienen mediante la figura 19.

Las pérdidas en el colector vienen dadas en función del número de vías del colector y el caudal circulante. Se obtienen mediante la gráfica de la figura 20.

Cálculo de las pérdidas del circuito primario de la instalación solar

El caudal deberá estar dentro del rango recomendado por el fabricante de los captadores. En este caso, el caudal de diseño que será de 30 l/h por el metro cuadrado de superficie de captación.

$$Q = 30 \frac{l}{h \cdot m^2} \cdot 36,8 m^2 = 1104 \frac{l}{h} = 3,067 \cdot 10^{-4} m^3/s \tag{59}$$

El diámetro exterior de la tubería de cobre del circuito primario y secundario de la instalación solar será de 35 mm y con un espesor de 1 mm.

Por lo tanto, la velocidad del fluido será:

$$V = \frac{4 \cdot 3,067 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,033^2} = 0,358 m/s \tag{60}$$

La viscosidad cinemática del fluido caloportador a una temperatura media de 40°C es de $1,342 \cdot 10^{-6} m^2/s$. El número de Reynolds por su parte, tendrá el siguiente valor:

$$Re = \frac{0,358 \cdot 0,033}{1,342 \cdot 10^{-6}} = 8803 \tag{61}$$

Utilizando el diagrama de Moody se obtiene un factor de fricción de 0,032.

Para la obtención de la longitud equivalente de los accesorios y codos se han utilizado las relaciones de la tabla anterior, menos para la obtención de la longitud equivalente de una válvula de asiento inclinado y la válvula de retención.

El circuito primario tendría la siguiente longitud equivalente:

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería	61,43		61,43
Codos 90°	0,99	13	12,87
T, flujo en tramo	0,66	4	2,64
T, flujo en rama	1,98	2	3,6
Válvula de bola	4,95	8	39,6
Válvula de asiento inclinado	2,97	2	5,94
Válvula de retención	1,32	1	1,32
TOTAL			127,4

Tabla 66. Longitud equivalente del circuito primario

	Longitud (m)	D _{EXT} (m)	D _{INT} (m)	Velocidad (m/s)	Factor de fricción <i>f</i>	H _L (m)
Circuito primario	127,4	0,035	0,033	0,358	0,032	0,807

Tabla 67. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito primario

Las pérdidas de carga debidas a los captadores se pueden asumir en 0,05 m.c.a por captador.

Las pérdidas de carga debidas al intercambiador vienen dadas por el fabricante.

La magnitud de las pérdidas de carga de cada elemento será:

- Tuberías: 0,807 m.c.a
- Captadores: 0,8 m.c.a
- Intercambiador: 0,86 m.c.a

Las pérdidas de carga totales para el circuito primario serán de **2,47 m.c.a.**

Cálculo de las pérdidas del circuito secundario de la instalación solar

El caudal que circulará por el secundario tendrá el mismo valor que el del primario.

El fluido que circulará será el agua a una temperatura media de unos 40°C. A esa temperatura su viscosidad cinemática es de $0,658 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. El número de Reynolds tendrá el siguiente valor:

$$Re = \frac{0,358 \cdot 0,033}{0,658 \cdot 10^{-6}} = 17979 \tag{62}$$

Utilizando el diagrama de Moody se obtiene un factor de fricción de 0,0265.

El circuito secundario tendría la siguiente longitud equivalente:

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería	9,5		9,5
Codos 90°	0,99	10	9,9
T, flujo en tramo	0,66	1	0,66
Válvula de bola	4,95	4	19,8
Válvula de retención	1,32	1	1,32
TOTAL			41,18

Tabla 68. Longitud equivalente del circuito secundario

	Longitud (m)	D _{EXT} (m)	D _{INT} (m)	Velocidad (m/s)	Factor de fricción <i>f</i>	H _L (m)
Circuito secundario	41,18	0,035	0,033	0,358	0,0265	0,216

Tabla 69. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito secundario

La magnitud de las pérdidas de carga de cada elemento será:

- Tuberías: 0,216 m.c.a
- Intercambiador: 0,08 m.c.a

Las pérdidas de carga totales para el circuito secundario serán de **0,296 m.c.a.**

Cálculo de las pérdidas del circuito primario de la instalación de apoyo

Las características del circuito serán:

- Caudal de 3000 l/h.
- Diámetro exterior de la tubería de 54 mm.
- Espesor de la tubería de 1 mm.

Con estos datos se tiene una velocidad del fluido de:

$$V = \frac{4 \cdot 8,33 \cdot 10^{-4}}{\pi \cdot 0,052^2} = 0,392 \text{ m/s} \tag{63}$$

Para el circuito primario, el fluido que circulará será agua a una temperatura media de unos 70°C. A esa temperatura su viscosidad cinemática es de $0,413 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. El número de Reynolds tendrá el siguiente valor:

$$Re = \frac{0,392 \cdot 0,052}{0,413 \cdot 10^{-6}} = 49405 \tag{64}$$

Utilizando el diagrama de Moody se obtiene un factor de fricción de 0,021.

Las dimensiones y accesorios del circuito serán los siguientes:

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería	13,45		13,45
Codos 90°	1,56	6	9,36
T, flujo en tramo	1,04	1	1,04
Válvula de bola	7,8	2	16,22

TOTAL	40,07
--------------	-------

Tabla 70. Longitud equivalente del tramo de ida al intercambiador

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería	17,62		17,62
Codos 90°	1,56	7	10,92
T, flujo en tramo	1,04	1	1,04
Válvula de bola	7,8	4	31,2
Válvula de retención	2,08	1	2,08
TOTAL			62,86

Tabla 71. Longitud equivalente del tramo de vuelta a la caldera

	Longitud (m)	D _{EXT} (m)	D _{INT} (m)	Velocidad (m/s)	Factor de fricción <i>f</i>	H _L (m)
Circuito primario	102,93	0,054	0,052	0,392	0,021	0,325

Tabla 72. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito primario

La magnitud de las pérdidas de carga de cada elemento será:

- Tuberías: 0,325 m.c.a
- Caldera: 0,0102 m.c.a
- Intercambiador: 4 m.c.a

Las pérdidas de carga totales para el circuito primario serán de **4,335 m.c.a.**

Cálculo de las pérdidas del circuito secundario de la instalación de apoyo

Las características del circuito serán:

- Caudal de 3000 l/h.
- Diámetro exterior de la tubería de 54 mm.
- Espesor de la tubería de 1 mm.
- Velocidad del fluido de 0,392 m/s.

Para el circuito secundario, el fluido que circulará será agua a una temperatura media de unos 40°C. A esa temperatura su viscosidad cinemática es de $0,658 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$. El número de Reynolds tendrá el siguiente valor:

$$Re = \frac{0,392 \cdot 0,052}{0,658 \cdot 10^{-6}} = 30978 \tag{65}$$

Utilizando el diagrama de Moody se obtiene un factor de fricción de 0,024.

Las dimensiones y accesorios del circuito serán los siguientes:

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería	5,03		5,03
Codos 90°	1,56	6	9,36
T, flujo en tramo	1,04	1	1,04
Válvula de bola	7,8	4	31,2
Válvula de retención	2,08	1	2,08
TOTAL			48,71

Tabla 73. Longitud equivalente del tramo de ida al intercambiador

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería	3,5		3,5
Codos 90°	1,56	3	4,68
Válvula de bola	7,8	2	15,6
TOTAL			23,78

Tabla 74. Longitud equivalente del tramo de vuelta al acumulador

	Longitud (m)	D _{EXT} (m)	D _{INT} (m)	Velocidad (m/s)	Factor de fricción <i>f</i>	H _L (m)
Circuito secundario	72,49	0,054	0,052	0,392	0,024	0,262

Tabla 75. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito secundario

La magnitud de las pérdidas de carga de cada elemento será:

- Tuberías: 0,262 m.c.a
- Intercambiador: 1 m.c.a

Las pérdidas de carga totales para el circuito secundario serán de **1,26 m.c.a.**

Cálculo de las pérdidas del circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción

Las características de este circuito son las siguientes:

- Caudal: 3000 l/h
- Tubería de cobre
- Diámetro exterior de la tubería: 42 mm
- Espesor de la tubería: 1 mm
- Velocidad del agua: 0,73 m/s

El número de Reynolds para este circuito, teniendo en cuenta que se toma una temperatura media del agua a 70°C, es el siguiente:

$$Re = \frac{0,73 \cdot 0,04}{0,413 \cdot 10^{-6}} = 70702 \tag{66}$$

Con este número de Reynolds se obtiene un factor de fricción igual a 0,02.

La longitud equivalente del circuito es la siguiente:

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería	43,3		43,3
Codos 90°	1,14	10	11,4
T, flujo en tramo	0,76	1	0,76
T, flujo en rama	2,28	1	2,28
Válvula de bola	5,7	6	34,2
Válvula de retención	1,52	1	1,52
TOTAL			93,46

Tabla 76. Longitud equivalente del circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción

	Longitud (m)	D _{EXT} (m)	D _{INT} (m)	Velocidad (m/s)	Factor de fricción <i>f</i>	H _L (m)
Circuito primario	93,46	0,042	0,04	0,73	0,02	1,27

Tabla 77. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción

La magnitud de las pérdidas de carga en cada elemento será:

- Tuberías: 1,27 m.c.a
- Caldera: 0,67 m.c.a
- Intercambiador: 3,1 m.c.a.

Las pérdidas totales en el circuito caldera – intercambiador son de **5,04 m.c.a.**

Cálculo de las pérdidas del circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción

Las características de este circuito son las siguientes:

- Caudal: 3000 l/h
- Tubería de cobre
- Diámetro exterior de la tubería: 42 mm
- Espesor de la tubería: 1 mm
- Velocidad del agua: 0,73 m/s

El número de Reynolds para este circuito, teniendo en cuenta que se toma una temperatura del agua a 45°C, es el siguiente:

$$Re = \frac{0,73 \cdot 0,04}{0,6 \cdot 10^{-6}} = 48666 \tag{67}$$

Con este número de Reynolds se obtiene un factor de fricción igual a 0,022.

La longitud equivalente del circuito es la siguiente:

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería	4		4
Codos 90°	1,14	6	11,4
Válvula de bola	5,7	6	34,2

Válvula de retención	1,52	1	1,52
TOTAL			50,12

Tabla 78. Longitud equivalente del circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción

	Longitud (m)	D _{EXT} (m)	D _{INT} (m)	Velocidad (m/s)	Factor de fricción f	H _L (m)
Circuito primario	50,12	0,042	0,040	0,73	0,022	0,75

Tabla 79. Pérdidas de carga en las tuberías del circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción

La magnitud de las pérdidas de carga en cada elemento será:

- Tuberías: 0,75 m.c.a
- Intercambiador: 0,82 m.c.a.

Las pérdidas totales en el circuito son de **1,57 m.c.a.**

Cálculo de las pérdidas de carga en los circuitos depósito de inercia-colectores

La longitud equivalente para cada circuito será:

- **Primera planta**

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 63x5,8 mm	10		10
Codos 90°	1,54	6	9,24
T, flujo en rama	3,08	14	43,12
Válvula de bola	7,71	2	15,42
Válvula de retención	2,06	1	2,06
TOTAL			79,84

Tabla 80. Longitud equivalente del circuito de tuberías 63x5,8 mm de la primera planta

- Colector 1

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	78		78
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			92,15

Tabla 81. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 1 de la primera planta

- Colector 2

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	48		48
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			62,15

Tabla 82. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 2 de la primera planta

- Colector 3

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	53		53
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			67,15

Tabla 83. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 3 de la primera planta

- Colector 4

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	82		82
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			96,15

Tabla 84. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 4 de la primera planta

- Colector 5

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	111		111
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			125,15

Tabla 85. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 5 de la primera planta

- Colector 6

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	122		122
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			136,15

Tabla 86. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 6 de la primera planta

- Colector 7

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	24		24
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			38,15

Tabla 87. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 7 de la primera planta

- Colector 8

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	29		29
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			43,15

Tabla 88. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 8 de la primera planta

- Segunda planta

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 63x5,8 mm	24		24
Codos 90°	1,54	4	6,16
T, flujo en rama	3,08	16	49,28
Válvula de bola	7,71	2	15,42
Válvula de retención	2,06	1	2,06
TOTAL			96,92

Tabla 89. Longitud equivalente del circuito de tuberías 63x5,8 mm de la segunda planta

- Colector 1

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	73		73
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			85,58

Tabla 90. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 1 de la segunda planta

- Colector 2

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	45		45
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			57,58

Tabla 91. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 2 de la segunda planta

- Colector 3

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	33		33
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			45,58

Tabla 92. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 3 de la segunda planta

- Colector 4

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	63		63
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			77,15

Tabla 93. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 4 de la segunda planta

- Colector 5

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	94		94
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			108,15

Tabla 94. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 5 de la segunda planta

- Colector 6

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	120		120
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			134,15

Tabla 95. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 6 de la segunda planta

- Colector 7

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	22		22
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			34,58

Tabla 96. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 7 de la segunda planta

- Colector 8

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	27		27
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			39,58

Tabla 97. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 8 de la segunda planta

- Tercera planta

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 63x5,8 mm	27		27
Codos 90°	1,54	4	6,16
T, flujo en rama	3,08	16	49,28
Válvula de bola	7,71	2	15,42
Válvula de retención	2,06	1	2,06
TOTAL			99,92

Tabla 98. Longitud equivalente del circuito de tuberías 63x5,8 mm de la tercera planta

- Colector 1

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	73		73
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			85,58

Tabla 99. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 1 de la tercera planta

- Colector 2

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	45		45
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			57,58

Tabla 100. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 2 de la tercera planta

- Colector 3

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	33		33
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			45,58

Tabla 101. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 3 de la tercera planta

- Colector 4

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	63		63
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			77,15

Tabla 102. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 4 de la tercera planta

- Colector 5

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	94		94
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			108,15

Tabla 103. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 5 de la tercera planta

- Colector 6

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	120		120
Codos 90°	0,786	8	6,29
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			134,15

Tabla 104. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 6 de la tercera planta

- Colector 7

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	22		22
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			34,58

Tabla 105. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 7 de la tercera planta

- Colector 8

	Longitud equivalente una unidad (m)	Cantidad	Longitud equivalente total (m)
Tubería de 32x2,9 mm	27		27
Codos 90°	0,786	6	4,72
Válvula de bola	3,93	2	7,86
TOTAL			39,58

Tabla 106. Longitud equivalente del circuito de tuberías 32x2,9 mm del colector 8 de la tercera planta

Para la obtención de las pérdidas de carga en las tuberías del tipo Aqua Pipe se utilizará el nomograma de la figura 21. La temperatura media del fluido será de 40°C, por lo que se utilizará el factor de corrección de 1,1, tal como indica el nomograma.

Los resultados obtenidos son los siguientes:

PLANTA	TUBERÍA	NÚMERO DEL COLECTOR	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
1ª	TUBERÍA DE 32x2,9 mm	1	92,15	0,262	0,12	11,1
		2	62,15	0,262	0,12	7,5
		3	67,15	0,262	0,12	8,1

PLANTA	TUBERÍA	NÚMERO DEL COLECTOR	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
		4	96,15	0,262	0,12	11,5
		5	125,15	0,262	0,12	15
		6	136,15	0,175	0,013	1,8
		7	38,15	0,252	0,11	4,2
		8	43,15	0,263	0,12	5,2
		TUBERÍA DE 63x5,8 mm		79,84	2	0,17
2ª	TUBERÍA DE 32x2,9 mm	1	85,58	0,168	0,05	4,3
		2	57,58	0,168	0,05	2,9
		3	45,58	0,168	0,05	2,3
		4	77,15	0,168	0,05	3,8
		5	108,15	0,168	0,05	5,4
		6	134,15	0,168	0,05	6,7
		7	34,58	0,186	0,06	2,1
		8	39,58	0,197	0,07	2,8
	TUBERÍA DE 63x5,8 mm		96,92	1,391	0,09	8,7
3ª	TUBERÍA DE 32x2,9 mm	1	85,58	0,184	0,06	5,1
		2	57,58	0,184	0,06	2,4
		3	45,58	0,184	0,06	2,7
		4	77,15	0,184	0,06	4,6
		5	108,15	0,184	0,06	6,5
		6	134,15	0,184	0,06	8
		7	34,58	0,188	0,07	2,4
		8	39,58	0,205	0,07	2,8

PLANTA	TUBERÍA	NÚMERO DEL COLECTOR	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
	TUBERÍA DE 63x5,8 mm		99,92	1,497	0,1	10

Tabla 107. Pérdidas de carga en las tuberías de los circuitos depósito de inercia-colectores

El resumen de las pérdidas en las tuberías de los circuitos depósito de inercia-colectores es el siguiente:

	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
PRIMERA PLANTA	78
SEGUNDA PLANTA	39
TERCERA PLANTA	44,5

Tabla 108. Resumen de las pérdidas de carga de los circuitos depósito de inercia-colectores

Cálculo de las pérdidas de carga en los colectores de distribución

Utilizando el diagrama de la figura 20, se obtienen los siguientes resultados:

PLANTA	NÚMERO DEL COLECTOR	NÚMERO DE VÍAS	CAUDAL (l/s)	CAUDAL (m³/h)	PÉRDIDAS EN EL COLECTOR (mbar)	PÉRDIDAS EN EL COLECTOR (kPa)
1ª	1	11	0,262	0,94	70	7
	2	11	0,262	0,94	70	7
	3	11	0,262	0,94	70	7
	4	11	0,262	0,94	70	7
	5	11	0,262	0,94	70	7
	6	6	0,175	0,77	70	7
	7	8	0,252	0,63	40	4
	8	11	0,263	0,95	70	7
2ª	1	8	0,168	0,6	40	4
	2	8	0,168	0,6	40	4
	3	8	0,168	0,6	40	4

	4	8	0,168	0,6	40	4
	5	8	0,168	0,6	40	4
	6	8	0,168	0,6	40	4
	7	6	0,186	0,67	55	5,5
	8	9	0,197	0,71	50	5
3ª	1	8	0,184	0,66	40	4
	2	8	0,184	0,66	40	4
	3	8	0,184	0,66	40	4
	4	8	0,184	0,66	40	4
	5	8	0,184	0,66	40	4
	6	8	0,184	0,66	40	4
	7	6	0,188	0,68	55	5,5
	8	9	0,205	0,74	50	5

Tabla 109. Pérdidas de carga en los colectores de distribución

El resumen de las pérdidas en las tuberías de los colectores de distribución es el siguiente:

	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
PRIMERA PLANTA	53
SEGUNDA PLANTA	34,5
TERCERA PLANTA	34,5

Tabla 110. Resumen de las pérdidas de carga en los colectores de distribución

Cálculo de las pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante

Se utilizará la gráfica de la figura 19 para obtener las pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante.

Para la planta 1 se tienen los siguientes resultados:

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
1	AULAS	1	98,38	0,028	0,07	6,89
		2	98,18	0,028	0,07	6,87
		3	97,98	0,028	0,07	6,86
		5	86,98	0,028	0,07	6,09
		6	86,78	0,028	0,07	6,07
		7	86,58	0,028	0,07	6,06
		8	88,98	0,028	0,07	6,23
		9	89,18	0,028	0,07	6,24
		10	89,38	0,028	0,07	6,25
		PASILLO	4	77,8	0,019	0,04
	11		95,4	0,019	0,04	3,82
2	AULAS	1	98,38	0,028	0,07	6,89
		2	98,18	0,028	0,07	6,87
		3	97,98	0,028	0,07	6,86
		5	86,98	0,028	0,07	6,09
		6	86,78	0,028	0,07	6,07
		7	86,58	0,028	0,07	6,06
		8	88,98	0,028	0,07	6,23
		9	89,18	0,028	0,07	6,24
		10	89,38	0,028	0,07	6,25
		PASILLO	4	77,8	0,019	0,04
	11		95,4	0,019	0,04	3,82
3	AULAS	1	98,38	0,028	0,07	6,89
		2	98,18	0,028	0,07	6,87
		3	97,98	0,028	0,07	6,86
		5	86,98	0,028	0,07	6,09

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)	
		6	86,78	0,028	0,07	6,07	
		7	86,58	0,028	0,07	6,06	
		8	88,98	0,028	0,07	6,23	
		9	89,18	0,028	0,07	6,24	
		10	89,38	0,028	0,07	6,25	
		PASILLO	4	77,8	0,019	0,04	3,11
			11	95,4	0,019	0,04	3,82
4	AULAS	1	98,38	0,028	0,07	6,89	
		2	98,18	0,028	0,07	6,87	
		3	97,98	0,028	0,07	6,86	
		5	86,98	0,028	0,07	6,09	
		6	86,78	0,028	0,07	6,07	
		7	86,58	0,028	0,07	6,06	
		8	88,98	0,028	0,07	6,23	
		9	89,18	0,028	0,07	6,24	
		10	89,38	0,028	0,07	6,25	
		PASILLO	4	77,8	0,019	0,04	3,11
	11		95,4	0,019	0,04	3,82	
5	AULAS	1	98,38	0,028	0,07	6,89	
		2	98,18	0,028	0,07	6,87	
		3	97,98	0,028	0,07	6,86	
		5	86,98	0,028	0,07	6,09	
		6	86,78	0,028	0,07	6,07	
		7	86,58	0,028	0,07	6,06	
		8	88,98	0,028	0,07	6,23	
		9	89,18	0,028	0,07	6,24	

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
	PASILLO	10	89,38	0,028	0,07	6,25
		4	77,8	0,019	0,04	3,11
		11	95,4	0,019	0,04	3,82
6	AULA 17	1	104,46	0,044	0,17	17,76
	ESCALERAS	2	88,02	0,027	0,07	6,16
	PASILLO	3	102,48	0,019	0,04	4,1
	AULA 16	4	97,28	0,028	0,07	6,81
		5	96,28	0,028	0,07	6,74
		6	95,28	0,028	0,07	6,67
7	BAÑO DE CHICOS	1	88,02	0,069	0,37	32,56
	BAÑO DE CHICAS	2	91,1	0,069	0,37	32,56
	HALL	3	115,2	0,019	0,04	4,61
		4	79,64	0,019	0,04	3,18
		5	79,14	0,019	0,04	3,16
		6	112	0,019	0,04	4,48
		7	116,6	0,019	0,04	4,66
		8	62,6	0,019	0,04	2,5
8	AULA 19	1	84,87	0,033	0,1	4,49
		2	97,03	0,033	0,1	9,7
	HALL	3	107,4	0,019	0,04	4,3
		4	111	0,019	0,04	4,44
		5	56	0,019	0,04	2,24
		6	60,5	0,019	0,04	2,42
		7	113,4	0,019	0,04	4,54
		8	110	0,019	0,04	4,4

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
		9	101,2	0,019	0,04	4,05
	AULA 18	10	86,75	0,033	0,1	8,67
		11	79,13	0,033	0,1	7,91

Tabla 111. Pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante de la primera planta

Para la planta 2 se tienen los siguientes resultados:

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
1	HABITACIONES	1	87	0,021	0,04	3,48
		2	87,6	0,021	0,04	3,5
		3	93,3	0,021	0,04	3,73
		4	93,1	0,021	0,04	3,72
		5	82,8	0,021	0,04	3,31
		6	82,6	0,021	0,04	3,3
		7	77,1	0,021	0,04	3,08
		8	76,5	0,021	0,04	3,06
2	HABITACIONES	1	87	0,021	0,04	3,48
		2	87,6	0,021	0,04	3,5
		3	93,3	0,021	0,04	3,73
		4	93,1	0,021	0,04	3,72
		5	82,8	0,021	0,04	3,31
		6	82,6	0,021	0,04	3,3
		7	77,1	0,021	0,04	3,08
		8	76,5	0,021	0,04	3,06
3	HABITACIONES	1	87	0,021	0,04	3,48
		2	87,6	0,021	0,04	3,5

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
		3	93,3	0,021	0,04	3,73
		4	93,1	0,021	0,04	3,72
		5	82,8	0,021	0,04	3,31
		6	82,6	0,021	0,04	3,3
		7	77,1	0,021	0,04	3,08
		8	76,5	0,021	0,04	3,06
4	HABITACIONES	1	87	0,021	0,04	3,48
		2	87,6	0,021	0,04	3,5
		3	93,3	0,021	0,04	3,73
		4	93,1	0,021	0,04	3,72
		5	82,8	0,021	0,04	3,31
		6	82,6	0,021	0,04	3,3
		7	77,1	0,021	0,04	3,08
		8	76,5	0,021	0,04	3,06
5	HABITACIONES	1	87	0,021	0,04	3,48
		2	87,6	0,021	0,04	3,5
		3	93,3	0,021	0,04	3,73
		4	93,1	0,021	0,04	3,72
		5	82,8	0,021	0,04	3,31
		6	82,6	0,021	0,04	3,3
		7	77,1	0,021	0,04	3,08
		8	76,5	0,021	0,04	3,06
6	HABITACIONES	1	76,1	0,021	0,04	3,04
		2	76,7	0,021	0,04	3,07
		3	80,8	0,021	0,04	3,23
		4	80,2	0,021	0,04	3,21

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
		5	92,31	0,021	0,04	3,69
		6	92,11	0,021	0,04	3,68
		7	82,4	0,021	0,04	3,3
		8	82,2	0,021	0,04	3,29
7	BAÑO	1	112,26	0,039	0,14	15,72
		4	74,1	0,039	0,14	10,37
		5	87	0,039	0,14	12,18
		6	118	0,039	0,14	16,52
	DESPACHO 2	2	116,56	0,015	0,03	3,5
	DESPACHO 1	3	108,96	0,015	0,03	3,27
8	ASEO 1	1	36,51	0,016	0,03	1,09
	DESPACHO 4	2	86,41	0,015	0,03	2,59
		3	87,01	0,015	0,03	2,61
	HABITACIÓN 25	4	92,31	0,021	0,04	3,69
		5	92,11	0,021	0,04	3,68
	ASEO 2	6	42,61	0,016	0,03	2,13
	BAÑO	7	115,25	0,039	0,14	16,13
		8	74,05	0,039	0,14	10,37
	DESPACHO 3	9	81,25	0,015	0,03	2,44

Tabla 112. Pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante de la segunda planta

Para la planta 3 se tienen los siguientes resultados:

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
1	HABITACIONES	1	87	0,023	0,05	4,35
		2	87,6	0,023	0,05	4,38

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
		3	93,3	0,023	0,05	4,66
		4	93,1	0,023	0,05	4,65
		5	82,8	0,023	0,05	4,14
		6	82,6	0,023	0,05	4,13
		7	77,1	0,023	0,05	3,85
		8	76,5	0,023	0,05	3,82
2	HABITACIONES	1	87	0,023	0,05	4,35
		2	87,6	0,023	0,05	4,38
		3	93,3	0,023	0,05	4,66
		4	93,1	0,023	0,05	4,65
		5	82,8	0,023	0,05	4,14
		6	82,6	0,023	0,05	4,13
		7	77,1	0,023	0,05	3,85
		8	76,5	0,023	0,05	3,82
3	HABITACIONES	1	87	0,023	0,05	4,35
		2	87,6	0,023	0,05	4,38
		3	93,3	0,023	0,05	4,66
		4	93,1	0,023	0,05	4,65
		5	82,8	0,023	0,05	4,14
		6	82,6	0,023	0,05	4,13
		7	77,1	0,023	0,05	3,85
		8	76,5	0,023	0,05	3,82
4	HABITACIONES	1	87	0,023	0,05	4,35
		2	87,6	0,023	0,05	4,38
		3	93,3	0,023	0,05	4,66
		4	93,1	0,023	0,05	4,65

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
		5	82,8	0,023	0,05	4,14
		6	82,6	0,023	0,05	4,13
		7	77,1	0,023	0,05	3,85
		8	76,5	0,023	0,05	3,82
5	HABITACIONES	1	87	0,023	0,05	4,35
		2	87,6	0,023	0,05	4,38
		3	93,3	0,023	0,05	4,66
		4	93,1	0,023	0,05	4,65
		5	82,8	0,023	0,05	4,14
		6	82,6	0,023	0,05	4,13
		7	77,1	0,023	0,05	3,85
		8	76,5	0,023	0,05	3,82
6	HABITACIONES	1	76,1	0,023	0,05	3,8
		2	76,7	0,023	0,05	3,83
		3	80,8	0,023	0,05	4,04
		4	80,2	0,023	0,05	4,01
		5	92,31	0,023	0,05	4,61
		6	92,11	0,023	0,05	4,6
		7	82,4	0,023	0,05	4,12
		8	82,2	0,023	0,05	4,11
7	BAÑO	1	112,26	0,039	0,14	15,72
		4	74,1	0,039	0,14	10,37
		5	87	0,039	0,14	12,18
		6	118	0,039	0,14	16,52
	DESPACHO 2	2	116,56	0,016	0,03	3,5
	DESPACHO 1	3	108,96	0,016	0,03	3,27

NÚMERO DEL COLECTOR	ZONA	NÚMERO DEL CIRCUITO	LONGITUD DEL CIRCUITO (m)	CAUDAL (l/s)	PÉRDIDAS POR METRO (kPa/m)	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
8	ASEO 1	1	36,51	0,016	0,03	1,09
	DESPACHO 4	2	86,41	0,017	0,04	3,45
		3	87,01	0,017	0,04	3,48
	HABITACIÓN 25	4	92,31	0,023	0,05	4,61
		5	92,11	0,023	0,05	4,6
	ASEO 2	6	42,61	0,016	0,03	2,13
	BAÑO	7	115,25	0,039	0,14	16,13
		8	74,05	0,039	0,14	10,37
	DESPACHO 3	9	42,61	0,016	0,03	2,44

Tabla 113. Pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante de la tercera planta

	PÉRDIDAS DE CARGA (kPa)
PRIMERA PLANTA	327,6
SEGUNDA PLANTA	265,21
TERCERA PLANTA	313,2

Tabla 114. Resumen de las pérdidas de carga en los circuitos de suelo radiante

3.3.9 Cálculo de las bombas de circulación

Circuito primario de la instalación solar

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 1104 l/h
- Altura + Pérdidas de carga: 13,47 m.

Para el circuito primario de la instalación solar se ha escogido una bomba de circulación de la marca WILLO, modelo Stratos - 65/1 - 16.

Las curvas características de las bombas Wilo Stratos y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 6.

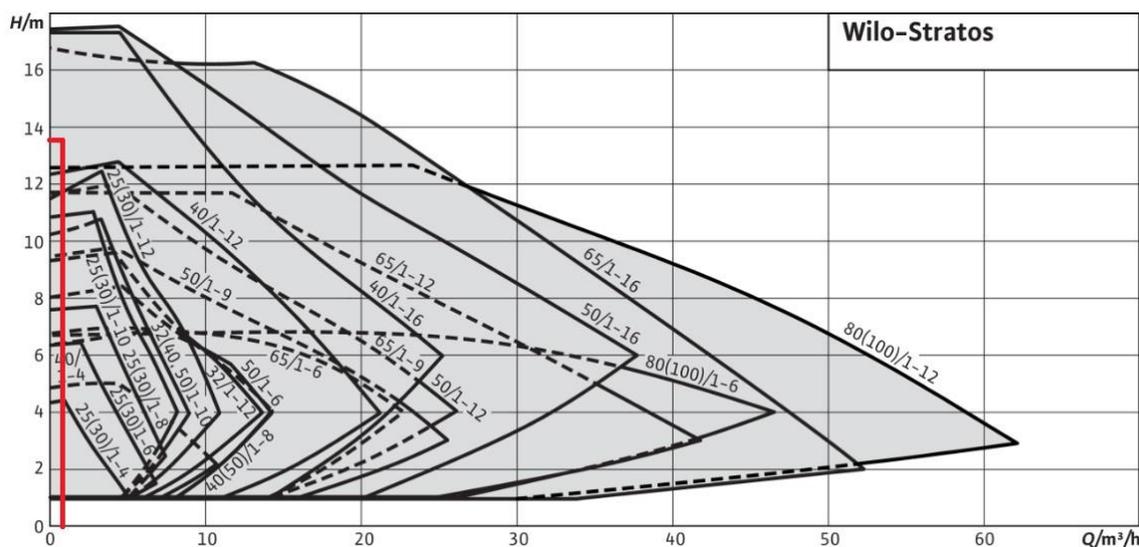


Figura 6. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito primario de la instalación solar

Circuito secundario de la instalación solar

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 1104 l/h
- Altura + Pérdidas de carga: 0,8 m.

Para el circuito secundario de la instalación solar se ha escogido una bomba de circulación de la marca WILO, modelo Star-Z 25/2 EM.

Las curvas características de las bombas Wilo Star-Z y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 6.

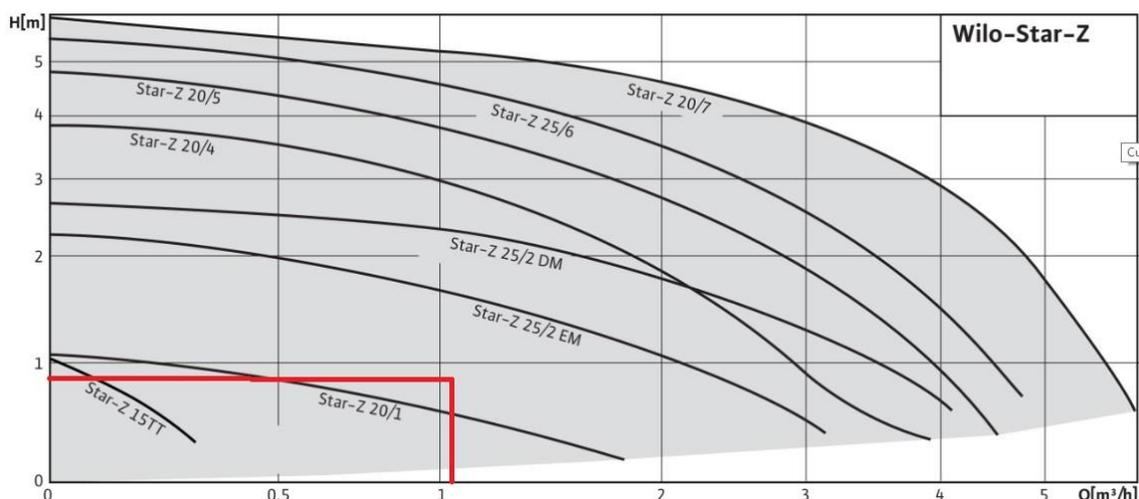


Figura 7. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito secundario de la instalación solar

Circuito primario del sistema de apoyo

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 3000 l/h
- Altura + Pérdidas de carga: 7,84 m.

Para el circuito primario del sistema de apoyo se ha escogido una bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos - 50/1 - 10.

Las curvas características de las bombas Wilo Stratos y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 8.

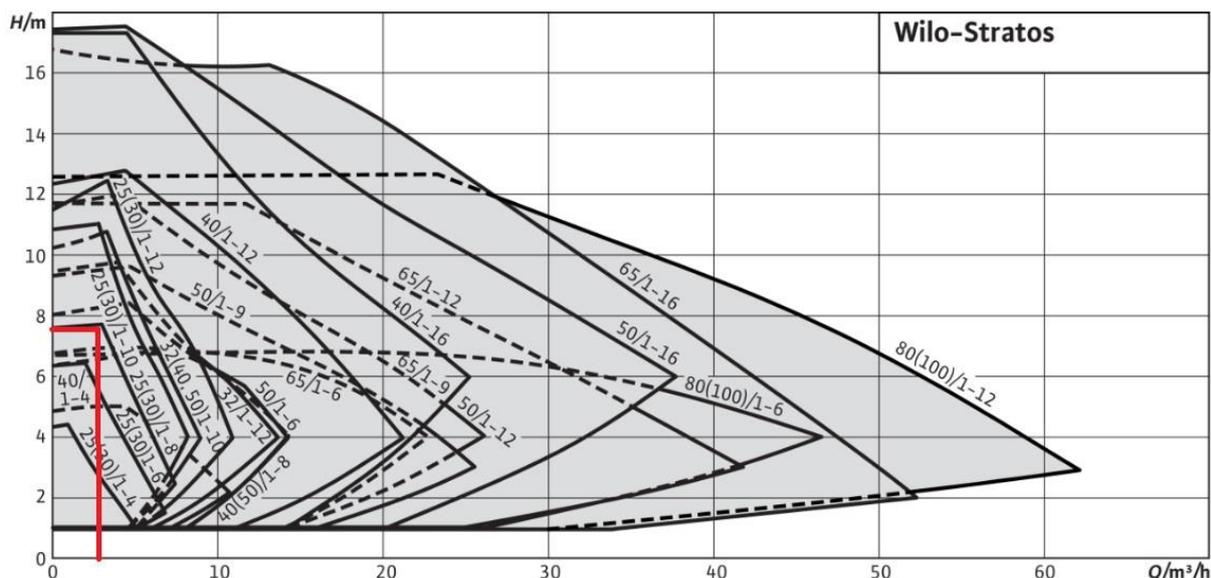


Figura 8. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito primario del sistema de apoyo

Circuito secundario del sistema de apoyo

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 3000 l/h
- Altura + Pérdidas de carga: 1,76 m.

Para el circuito primario del sistema de apoyo se ha escogido una bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos - 50/1 - 10.

Las curvas características de las bombas Wilo Stratos y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 9.

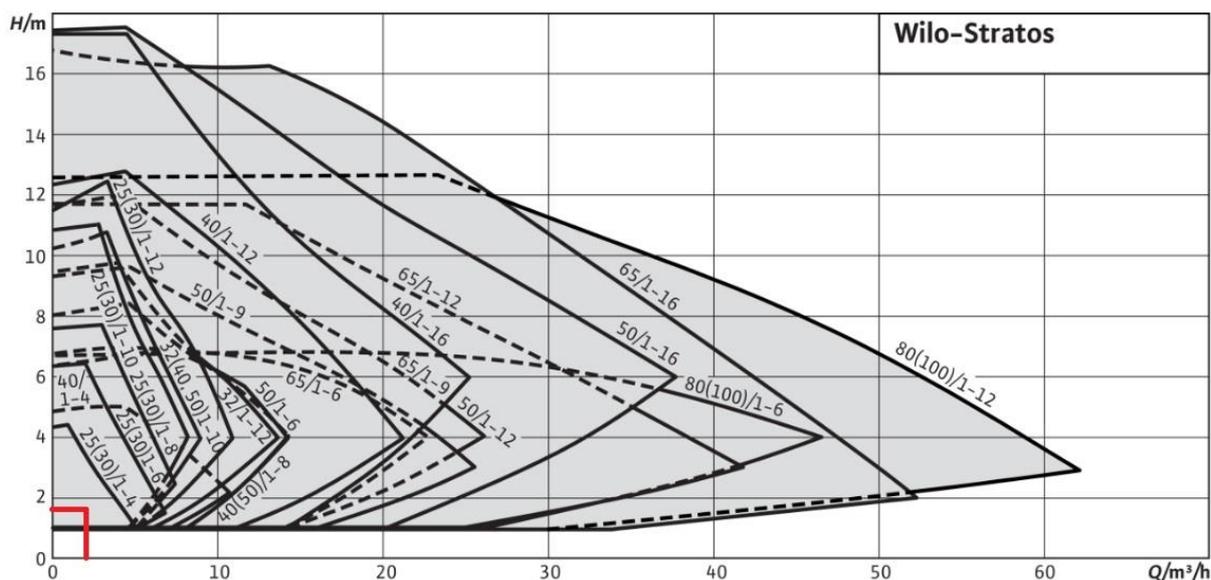


Figura 9. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito secundario del sistema de apoyo

Circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 3000 l/h
- Altura + pérdidas de carga: 8,04 metros.

Para el circuito caldera – intercambiador se ha escogido una bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos – 30 /1 - 10.

Las curvas características de las bombas Wilo Stratos y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 10.

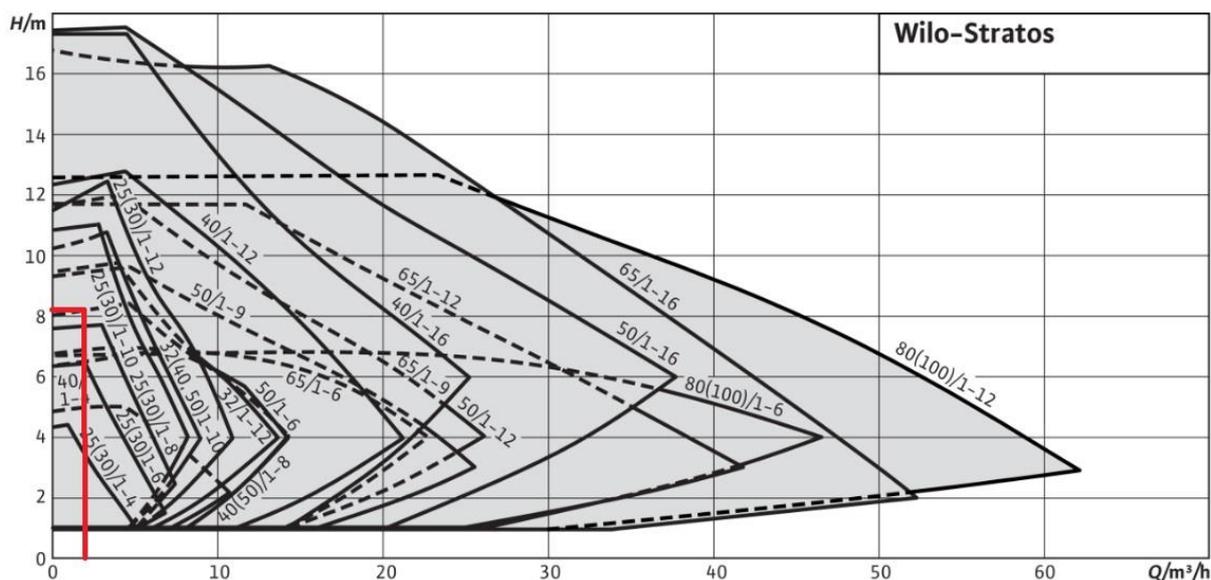


Figura 10. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción

Circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 3000 l/h
- Altura + pérdidas de carga: 3,27 metros.

Para el circuito intercambiador – depósito de inercia se ha escogido una bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos – 30 /1 - 4. Bomba circuladora de rotor húmedo con conexión roscada o embrizada, motor EC con adaptación automática de potencia.

Las curvas características de las bombas Wilo Stratos y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 11.

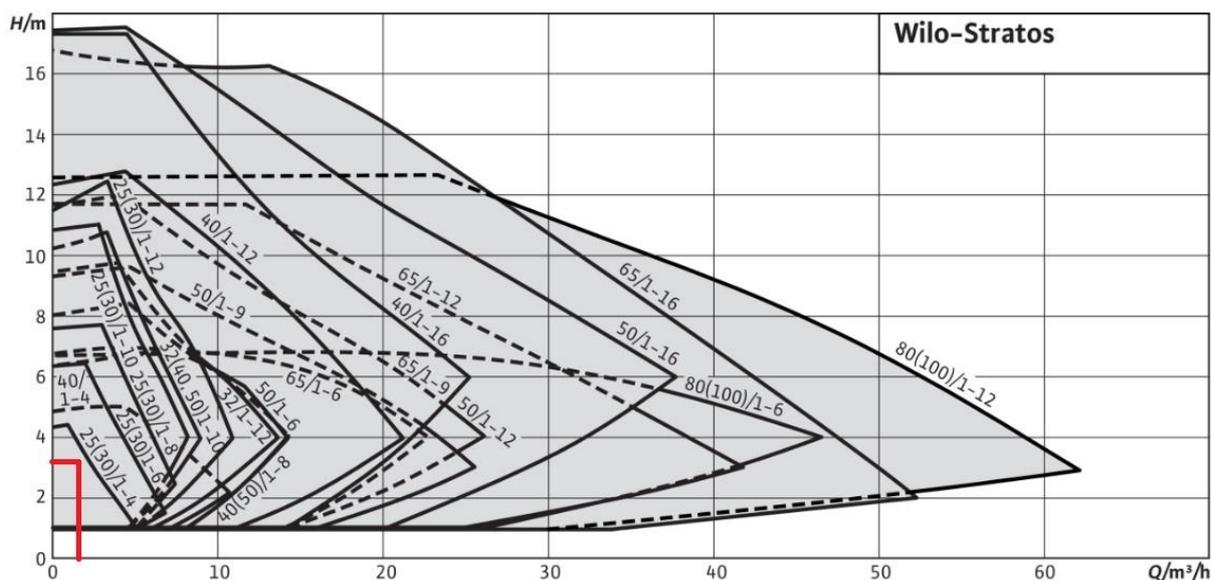


Figura 11. Punto de funcionamiento de la bomba del circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción

Circuitos de suelo radiante de la primera planta

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 2 l/s; 7,2 m³/h.
- Altura + pérdidas de carga: 46,77 metros.

Con estos datos se elige una bomba de impulsión de la marca WILO modelo CronoBloc-BL 32/160-4/2.

Es una bomba para la impulsión de agua de calefacción, mezclas de agua/glicol, agua fría y de refrigeración sin sustancias abrasivas en instalaciones de calefacción, plantas de enfriamiento de agua y circuitos de agua fría.

Las curvas características de los modelos CronoBloc-BL y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 12.

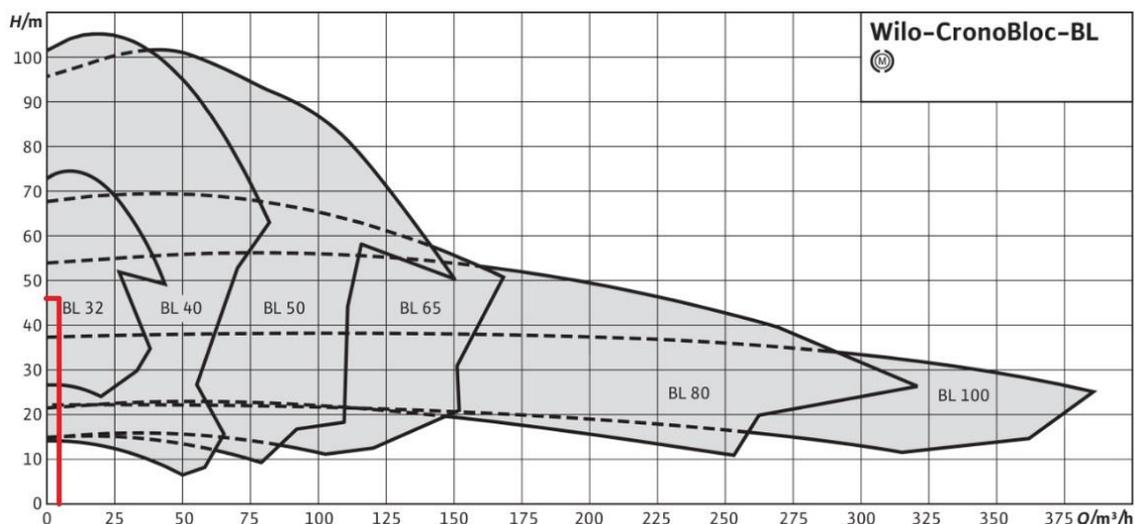


Figura 12. Punto de funcionamiento de la bomba de los circuitos de suelo radiante de la primera planta

Circuitos de suelo radiante de la segunda planta

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 1,39 l/s; 5 m³/h.
- Altura + pérdidas de carga: 38,55 metros.

Con estos datos se elige una bomba de impulsión de la marca WILO modelo CronoBloc-BL 32/160-4/2.

Las curvas características de los modelos CronoBloc-BL y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 13.

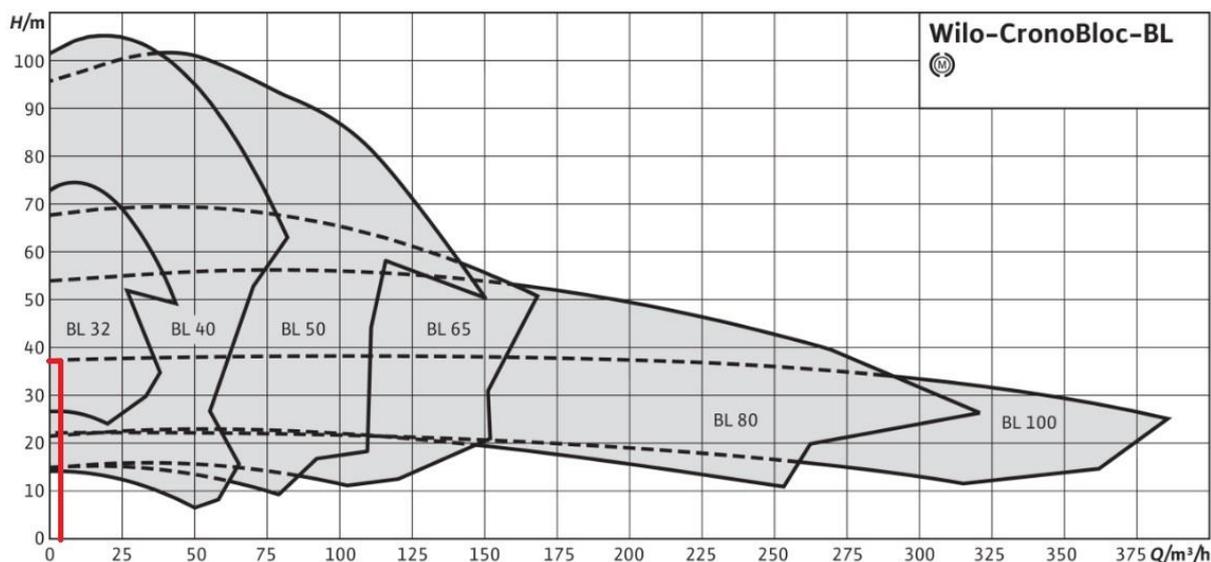


Figura 13. Punto de funcionamiento de la bomba de los circuitos de suelo radiante de la segunda planta

Circuitos de suelo radiante de la tercera planta

La elección de la bomba se ha hecho teniendo en cuenta las siguientes características:

- Caudal: 1,5 l/s; 5,4 m³/h.
- Altura + pérdidas de carga: 47 metros.

Con estos datos se elige una bomba de impulsión de la marca WILO modelo CronoBloc-BL 32/160-4/2.

Las curvas características de los modelos CronoBloc-BL y el punto de funcionamiento de la bomba se muestran en la figura 14.

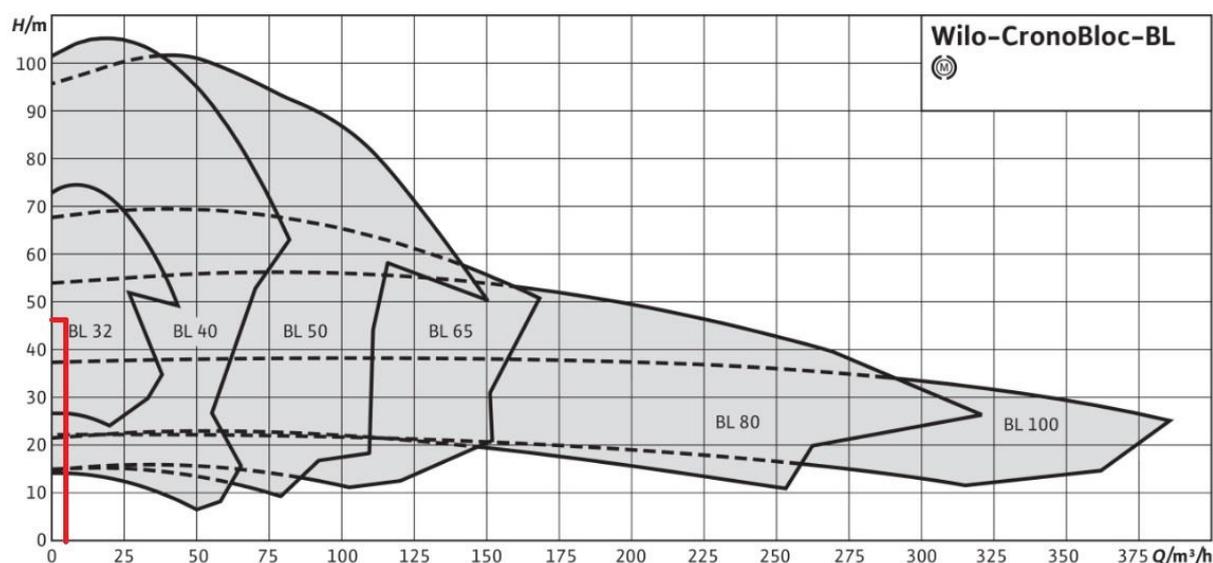


Figura 14. Punto de funcionamiento de la bomba de los circuitos de suelo radiante de la tercera planta

3.3.10 Cálculo de los vasos de expansión

Diseño de los vasos de expansión

Se colocarán vasos de expansión cerrados en la aspiración de cada bomba. Por lo tanto, se tendrá un vaso de expansión en los siguientes circuitos:

- Circuito primario de la instalación solar.
- Circuito primario de la instalación de la caldera.

El dimensionado de los vasos de expansión se hará atendiendo a la norma UNE 100155:2004 Diseño y cálculo de sistemas de expansión.

El cálculo de un vaso de expansión cerrado se hace siguiendo los siguientes pasos:

- Se calcula el volumen total de agua contenida en el circuito.

- Se determina la temperatura máxima de funcionamiento del sistema. En casos de circuitos de agua caliente se toma la temperatura de impulsión.
- Se calcula el coeficiente de expansión.
- Se determinan las presiones de trabajo.
- Se calcula el coeficiente de presión.
- Por último, se calcula el volumen total del vaso.

El coeficiente de expansión para temperaturas comprendidas desde 30°C hasta 70°C viene dado por la siguiente expresión:

$$C_e = (-1,75 + 0,64 \cdot t + 0,0036 \cdot t^2) \cdot 10^{-3} \quad (68)$$

Donde:

- C_e : Coeficiente de expansión.
- t : Temperatura máxima de funcionamiento del sistema.

Para una solución de glicol etilénico en agua se aplicará el siguiente factor de corrección al coeficiente de expansión:

$$f_c = a \cdot (1,8 \cdot t + 32)^b \quad (69)$$

Donde:

- f_c : Factor de corrección.

$$a = -0,0134 \cdot (G^2 - 143,8 \cdot G + 1918,2) \quad (70)$$

$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (G^2 - 94,57 \cdot G + 500) \quad (71)$$

Donde:

- G : Es el porcentaje de glicol.

El coeficiente de presión para vasos cerrados con diafragma viene dado por la siguiente expresión:

$$C_p = \frac{P_M}{P_M - P_m} \quad (72)$$

Donde:

- C_p : Coeficiente de presión.

- P_m : Presión mínima.
- P_M : Presión máxima.

La presión mínima de funcionamiento se deberá elegir de manera sea mayor que la presión atmosférica en todo momento.

La presión máxima de funcionamiento será menor que la presión de tarado de la válvula de seguridad y a su vez que las presiones máximas de trabajo de los diferentes componentes de la instalación.

Por último, el volumen total del vaso vendrá dado por la siguiente expresión:

$$V_t = V \cdot C_e \cdot C_p \quad (73)$$

Donde:

- V_t : Volumen total del vaso cerrado.
- V : Volumen total de agua en el circuito.

El volumen total del circuito estará compuesto por la acumulación en las tuberías, intercambiador y captadores.

Cálculo de los vasos de expansión

- **Circuito primario de la instalación solar**

Para el cálculo del coeficiente de expansión se ha tomado una temperatura del fluido en la impulsión de 50°C.

El valor del factor de corrección correspondiente a una solución acuosa de agua glicolada con un 30% de concentración de etilenglicol será:

$$a = -0,0134 \cdot (30^2 - 143,8 \cdot 30 + 1918,2) = 20,044 \quad (74)$$

$$b = 3,5 \cdot 10^{-4} \cdot (30^2 - 94,57 \cdot 30 + 500) = -0,503 \quad (75)$$

$$f_c = 20,044 \cdot (1,8 \cdot 50 + 32)^{-0,503} = 1,789 \quad (76)$$

El coeficiente de expansión será:

$$C_e = (-1,75 + 0,64 \cdot 50 + 0,0036 \cdot 50^2) \cdot 10^{-3} \cdot 1,789 = 0,07 \quad (77)$$

Para el cálculo del coeficiente de presión se ha escogido una presión mínima de 1 bar y una presión máxima de 6 bar. Su valor es el siguiente:

$$C_p = \frac{6}{6-1} = 1,2 \quad (78)$$

Por último, para el cálculo del volumen total del vaso de expansión primero será necesario obtener la cantidad de litros de fluido que recorren el circuito primario.

En este caso, la cantidad de fluido que hay en el intercambiador, se ha obtenido teniendo en cuenta las dimensiones del intercambiador. Se ha supuesto una cantidad de 1 l.

El volumen de fluido en los captadores se obtiene del fabricante. En este caso, 1,45 l por captador, lo que hace un total de 23,2 l en los captadores.

Con una longitud 62 m de tubería y 33 mm de diámetro, se tiene una cantidad de 53 l.

El volumen total de vaso de expansión será:

$$V_t = (53 + 23,2 + 1) \cdot 0,07 \cdot 1,2 = 6,48 \text{ l} \quad (79)$$

- **Circuito primario del sistema de apoyo y circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción**

Para el cálculo del coeficiente de expansión se ha tomado una temperatura del fluido en la impulsión de 70°C.

El coeficiente de expansión será:

$$C_e = (-1,75 + 0,64 \cdot 50 + 0,0036 \cdot 50^2) \cdot 10^{-3} \cdot 1,789 = 0,0607 \quad (80)$$

Para el cálculo del coeficiente de presión se ha escogido una presión mínima de 2 bar y una presión máxima de 6 bar. Su valor es el siguiente:

$$C_p = \frac{6}{6-2} = 1,5 \quad (81)$$

Por último, para el cálculo del volumen total del vaso de expansión primero será necesario obtener la cantidad de litros de fluido que recorren el circuito primario del sistema de apoyo y el circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción.

En este caso, la cantidad de fluido que hay en el intercambiador se ha obtenido teniendo en cuenta las dimensiones del intercambiador. Se han supuesto una cantidad de 7 l para cada intercambiador.

El volumen de fluido en la caldera viene dado por el fabricante. En este caso, el volumen es de 465 l.

Con una longitud de 31,07 m de tubería y 52 mm de diámetro para el circuito primario del sistema de apoyo, se tiene una cantidad de 66 l.

Con una longitud de 43,3 m de tubería y 40 mm de diámetro para el circuito primario del sistema de apoyo, se tiene una cantidad de 54,4 l.

El volumen total de vaso de expansión será:

$$V_t = (7 \cdot 2 + 465 + 120,4) \cdot 0,0607 \cdot 1,5 = 54,57 \text{ l} \quad (82)$$

- **Circuitos depósito de inercia-colectores**

La cantidad de agua que circula por todos los circuitos de suelo radiante:

- En el depósito de inercia hay un total de 5000 l.

- El volumen total de agua que circula por los circuitos de suelo radiante de la primera planta es de 1405 l.

- El volumen de agua que hay en los circuitos de suelo radiante de la segunda planta es de 1160 l.

- El volumen de agua que hay en los circuitos de suelo radiante de la tercera planta es de 1170 l.

El volumen total de agua que hay en la instalación es de 8735 l.

El coeficiente de expansión será:

$$C_e = (-1,75 + 0,64 \cdot 45 + 0,0036 \cdot 45^2) \cdot 10^{-3} = 0,03434 \quad (83)$$

El coeficiente de presión será:

$$C_p = \frac{7}{7-2} = 1,4 \quad (84)$$

El volumen del vaso de expansión será como mínimo de:

$$V_t = 8735 \cdot 0,03434 \cdot 1,4 = 419,94 \text{ l} \quad (85)$$

3.3.11 Cálculo del aislamiento

Diseño del aislamiento

Para el cálculo del espesor mínimo del aislamiento se ha seguido el procedimiento simplificado especificado en el RITE. Las consideraciones a tener en cuenta para esta instalación son las siguientes:

- Los espesores mínimos de aislamientos térmicos se obtienen a partir del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura a la que se encuentra el fluido en el interior para un material con conductividad térmica de referencia de 0,04 W/(mK) a una temperatura de 10°C mediante las siguientes tablas.
- Los espesores mínimos de los equipos y depósitos deben ser como mínimo los indicados en las tablas siguientes para tuberías de diámetro exterior mayor de 140 mm.
- Para el aislamiento de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, los espesores mínimos serán los especificados en las siguientes tablas aumentados en 5 mm.
- Los espesores mínimos para los accesorios serán los mismos que los de las tuberías donde estén instalados.
- Cuando se utilice un material con una conductividad térmica distinta de 0,04 W/(mK) a 10°C, se podrá determinar su espesor mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones:

Para superficies planas:

$$d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \quad (86)$$

Para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \left[e^{\left(\frac{\lambda}{\lambda_{REF}} \ln \frac{D+2 \cdot d_{ref}}{D} \right)} - 1 \right] \quad (87)$$

Donde:

- λ_{ref} : Conductividad térmica de referencia igual a 0,04 W/(mK) a 10°C.
- λ : Conductividad térmica del material empleado, en W/(mK).
- d_{ref} : Espesor mínimo de referencia, en mm.
- d : Espesor mínimo del material empleado, en mm.
- D : Diámetro interior del material aislante, en mm.

Las tablas que determinan los espesores mínimos del aislamiento son las siguientes:

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

Tabla 115. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios (mm)

Diámetro exterior(mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40 -60	>60-100	>100-180
D ≤ 35	35	35	40
35 < D ≤ 60	40	40	50
60 < D ≤ 90	40	40	50
90 < D ≤ 140	40	50	60
140 < D	45	50	60

Tabla 116. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios (mm)

Elección del aislamiento y cálculo del espesor mínimo

Las tuberías estarán aisladas mediante un aislamiento tubular flexible autoadhesivo. Algunas características del aislante son:

- Material: Elastómero extruido de célula cerrada Nitril - PVC
- Conductividad térmica 0,037 W/mK a 10°C.
- Escala de temperatura: -45°C a 110°C.
- Densidad 65 kg/m³

Los espesores mínimos del aislamiento obtenidos son los siguientes:

- **Instalación solar**

El circuito primario cuenta con una tubería de diámetro 35 mm y una temperatura máxima del fluido de 55°C. El espesor mínimo obtenido mediante la tabla 78 es de 25 mm.

El circuito secundario cuenta con una tubería de diámetro 35 mm y una temperatura máxima del fluido de 50°C. El espesor mínimo obtenido mediante la tabla 78 es de 25 mm.

Como las tuberías van a trabajar de manera continua hay que sumarle 5 mm al espesor. Por tanto, el espesor será de 30 mm.

$$d = \frac{35}{2} \left[e^{\left(\frac{0,037}{0,04} \ln \frac{35+2 \cdot 30}{35} \right)} - 1 \right] = 26,5 \text{ mm} \quad (88)$$

Para el circuito primario, cuando se encuentra a la intemperie, se obtiene un espesor de 35 mm utilizando la tabla 78. Sumándole 5 mm, por trabajar de manera continua, se tienen 40 mm de espesor.

El espesor para el aislante térmico utilizado será:

$$d = \frac{35}{2} \left[e^{\left(\frac{0,037}{0,04} \ln \frac{35+2 \cdot 40}{35} \right)} - 1 \right] = 35 \text{ mm} \quad (89)$$

Se escogerá un aislamiento de **32 mm** de espesor para el circuito secundario y la mayor parte del primario. Para las zonas en las que el circuito se encuentre en el exterior se utilizará un espesor de **40 mm**.

- **Sistema de apoyo**

El circuito primario cuenta con una tubería de diámetro 54 mm y una temperatura máxima del fluido de 90°C. El espesor mínimo obtenido mediante la tabla 78 es de 30 mm.

El circuito secundario cuenta con una tubería de diámetro 54 mm y una temperatura máxima del fluido de 70°C. El espesor mínimo obtenido mediante la tabla 78 es de 30 mm.

Como las tuberías van a trabajar de manera continua hay que sumarle 5 mm al espesor. Por tanto, el espesor será de 35 mm.

Calculando el espesor necesario para el material utilizado se obtiene:

$$d = \frac{64}{2} \left[e^{\left(\frac{0,037}{0,04} \ln \frac{64+2 \cdot 35}{64} \right)} - 1 \right] = 31,4 \text{ mm} \quad (90)$$

Se escogerá un aislamiento de **40 mm** de espesor para el circuito del sistema de apoyo.

- **Instalación de calefacción**

El circuito caldera-intercambiador cuenta con una tubería de diámetro 42 mm y una temperatura máxima del fluido de 90°C. El espesor mínimo obtenido mediante la tabla 78 es de 30 mm.

El circuito intercambiador-depósito de inercia cuenta con una tubería de diámetro 42 mm y una temperatura máxima del fluido de 45°C. El espesor mínimo obtenido mediante la tabla 78 es de 30 mm.

Los circuitos depósito de inercia-colectores que se encuentren dentro de la sala de caldera cuentan con una tubería de diámetro 63 mm y una temperatura máxima del fluido de 45°C. El espesor mínimo obtenido mediante la tabla 78 es de 30 mm.

Como las tuberías van a trabajar de manera continua hay que sumarle 5 mm al espesor. El espesor mínimo para cada circuito será:

- Circuito caldera-intercambiador: 35 mm
- Circuito intercambiador-depósito de inercia: 35 mm
- Circuitos depósito de inercia-colectores: 35 mm

El espesor necesario en el circuito caldera-intercambiador y el circuito intercambiador-depósito de inercia para el material utilizado será:

$$d = \frac{42}{2} \left[e^{\left(\frac{0,037}{0,04} \ln \frac{42+2 \cdot 35}{42} \right)} - 1 \right] = 31 \text{ mm} \quad (91)$$

El espesor necesario en los circuitos depósito de inercia-colectores para el material utilizado será:

$$d = \frac{63}{2} \left[e^{\left(\frac{0,037}{0,04} \ln \frac{63+2 \cdot 35}{63} \right)} - 1 \right] = 31,37 \text{ mm} \quad (92)$$

Se escogerá un aislamiento de **40 mm** de espesor para los circuitos depósito de inercia-colectores que se encuentren en la sala de calderas. Para el circuito caldera-intercambiador y el circuito intercambiador-depósito de inercia también se utilizará un espesor de **40 mm**.

3.4 COMPROBACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA APLICABLE

3.4.1 Cálculo y comprobación de la cobertura solar

Método de cálculo de la cobertura solar

El método de cálculo que se utilizará es el de las curvas f (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura de un sistema solar, es decir, de su contribución a la aportación de calor total necesario para cubrir las cargas térmicas, y de su rendimiento medio en un largo período de tiempo.

Para desarrollarlo se utilizan datos mensuales medios meteorológicos, y es perfectamente válido para determinar la fracción solar o factor de cobertura solar en instalaciones de calentamiento, en todo tipo de edificios, mediante captadores solares planos.

La ecuación utilizada en este método es:

$$f = 1,029 \cdot D_1 - 0,065 \cdot D_2 - 0,245 \cdot D_1^2 - 0,0018 \cdot D_2^2 - 0,0215 \cdot D_1^3 \quad (93)$$

El parámetro D_1 expresa la relación entre la energía absorbida por la placa del captador plano (E_a) y la carga calorífica total de calentamiento durante un mes (Q_a):

$$D_1 = E_a / Q_a \quad (94)$$

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

$$E_a = S_c F_r'(\tau\alpha) R_1 N \quad (95)$$

Donde:

- S_c : Superficie del captador (m^2)
- R_1 : Radiación diaria media mensual incidente sobre la superficie de captación por unidad de área (kJ/m^2)
- N : Número de días del mes
- $F_r'(\tau\alpha)$: Factor adimensional, que viene dado por la siguiente expresión:

$$F_r'(\tau\alpha) = F_r(\tau\alpha)_n [(\tau\alpha) / (\tau\alpha)_n] (F_r' / F_r) \quad (96)$$

Donde:

- $F_r(\tau\alpha)$: Factor de eficiencia óptica del captador, es decir, ordenada en el origen de la curva característica del captador.
- $(\tau\alpha)/(\tau\alpha)_n$: Modificador del ángulo de incidencia. En general se puede tomar como constante: 0,96 (superficie transparente sencilla) o 0,94 (superficie transparente doble).
- F_r'/F_r : Factor de corrección del conjunto captador-intercambiador. Se recomienda tomar el valor de 0,95.

El parámetro D_2 expresa la relación entre las pérdidas de energía en el captador (E_p), para una determinada temperatura, y la carga calorífica de calentamiento durante un mes (Q_a):

$$D_2 = E_p / Q_a \quad (97)$$

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

$$E_p = S_c F_r' U_L (100 - t_a) \Delta t K_1 K_2 \quad (98)$$

Donde:

- S_c : Superficie del captador (m^2)
- $F_r' U_L$: Coeficiente global de pérdidas del captador corregido, obtenido de la expresión siguiente, en la que $F_r U_L$ es la pendiente de la curva característica del captador (coeficiente global de pérdidas del captador)

$$F_r' U_L = F_r U_L (F_r' / F_r) \quad (99)$$

- t_a : Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas
- Δt : Período de tiempo considerado, en segundos (s)
- K_1 : Factor de corrección por almacenamiento, que se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$K_1 = [kg \text{ acumulación} / (75 S_c)]^{-0,25} \quad (100)$$

$$37,5 < (kg \text{ acumulación}) / (m^2 \text{ captación}) < 300 \quad (101)$$

- K_2 : Factor de corrección, para ACS, que relaciona la temperatura mínima de ACS, la del agua de red y la media mensual ambiente, dado por la siguiente expresión:

$$K_2 = (11,6 + 1,18t_{ac} + 3,86t_r - 2,32t_a)/(100 - t_a) \tag{102}$$

En la que:

- t_{ac} : Temperatura mínima requerida del ACS.
- t_r : Temperatura del agua de red.
- t_a : Temperatura media mensual del ambiente durante las horas diurnas.

De esta forma, la energía útil captada cada mes, Q_u , tiene el valor:

$$Q_u = fQ_a \tag{103}$$

Donde:

- Q_a : Carga calorífica mensual de ACS.

Mediante igual proceso operativo que el desarrollado para un mes, se operará para todos los meses del año. La relación entre la suma de las coberturas mensuales y la suma de las cargas caloríficas, o necesidades mensuales de calor, determinará la cobertura anual del sistema:

$$Cobertura\ solar\ anual = \sum_{u=1}^{u=12} Q_u / \sum_{a=1}^{a=12} Q_a \tag{104}$$

Cálculo del parámetro D_1

Primero se debe obtener la energía absorbida para poder calcular el parámetro D_1 . Los resultados se muestran en las tablas 117 y 118.

Meses	Energía captada R_1 (MJ/m ² día)	Días	Superficie de captación (m ²)	Factor adimensional $F_r'(\tau\alpha)$	Energía absorbida E_a (MJ/m ² mes)
ENE	7,67	31	36,8	0,735	6431,2
FEB	10,57	28	36,8	0,735	8005,13
MAR	15,28	31	36,8	0,735	12812,1
ABR	17,46	30	36,8	0,735	14167,74
MAY	18,69	31	36,8	0,735	15671,34
JUN	19,61	20	36,8	0,735	10608,23

Meses	Energía captada R_1 (MJ/m ² día)	Días	Superficie de captación (m ²)	Factor adimensional $F_r'(\tau\alpha)$	Energía absorbida E_a (MJ/m ² mes)
SEP	19,23	15	36,8	0,735	7801,99
OCT	14,25	31	36,8	0,735	11948,45
NOV	9,61	30	36,8	0,735	7797,94
DIC	7,12	31	36,8	0,735	5970,03

Tabla 117. Energía absorbida

Meses	Energía absorbida E_a (MJ/mes)	Carga calorífica mensual (MJ/mes)	Parámetro D_1
ENE	6431,2	19897,9	0,323
FEB	8005,13	17972,3	0,445
MAR	12812,1	19508,5	0,656
ABR	14167,74	18653,1	0,759
MAY	15671,34	18496,1	0,847
JUN	10608,23	11430,5	0,928
SEP	7801,99	8943,4	0,872
OCT	11948,45	18340,3	0,651
NOV	7797,94	18502,3	0,421
DIC	5970,03	19897,9	0,3

Tabla 118. Parámetro D_1

Cálculo del parámetro D_2

Para obtener el parámetro D_2 , es necesario calcular antes los factores K_1 y K_2 . Los valores de K_2 obtenidos se muestran en la tabla 119 y el valor de K_1 se muestra en las expresiones 105 y 106.

Meses	Temperatura de red (°C)	Temperatura media a las horas de sol (°C)	Temperatura mínima de ACS requerida (°C)	Factor K_2
ENE	8,9	9,7	60	1,044
FEB	8,9	9,4	60	1,048

Meses	Temperatura de red (°C)	Temperatura media a las horas de sol (°C)	Temperatura mínima de ACS requerida (°C)	Factor K ₂
MAR	9,9	11,1	60	1,067
ABR	10,5	12,4	60	1,075
MAY	12,5	14,7	60	1,132
JUN	14,5	17,5	60	1,185
SEP	15,5	19,1	60	1,21
OCT	12,9	16,3	60	1,128
NOV	10,9	12,2	60	1,095
DIC	8,9	10,3	60	1,035

Tabla 119. Factor K₂

$$K_1 = [3000 / (75 \cdot 36,8)]^{-0,25} = 0,979 \tag{105}$$

$$37,5 < 81,52 < 300 \rightarrow \text{Sí cumple la condición} \tag{106}$$

Lo siguiente es calcular la energía perdida por el captador. Los resultados se muestran en la tabla 120.

Meses	Superficie de captación (m ²)	F _r 'U _L (W/m ² °C)	Temperatura media a las horas de sol (°C)	Periodo de tiempo Δt (s)	Factor K ₁	Factor K ₂	Energía perdida E _p (MJ/mes)
ENE	36,8	3,57	9,7	2,678x10 ⁶	0,979	1,044	32471,1
FEB	36,8	3,57	9,4	2,419x10 ⁶	0,979	1,048	29540,9
MAR	36,8	3,57	11,1	2,678x10 ⁶	0,979	1,067	32672
ABR	36,8	3,57	12,4	2,592x10 ⁶	0,979	1,075	31394
MAY	36,8	3,57	14,7	2,678x10 ⁶	0,979	1,132	33258,7
JUN	36,8	3,57	17,5	1,728x10 ⁶	0,979	1,185	21727,7
SEP	36,8	3,57	19,1	1,296x10 ⁶	0,979	1,21	16313,9
OCT	36,8	3,57	16,3	2,678x10 ⁶	0,979	1,128	32519,5
NOV	36,8	3,57	12,2	2,592x10 ⁶	0,979	1,095	32051,1
DIC	36,8	3,57	10,3	2,678x10 ⁶	0,979	1,035	31977,3

Tabla 120. Energía perdida

Por último, se obtiene el parámetro D_2 . Los resultados se muestran en la tabla 121.

Meses	Energía perdida E_p (MJ/mes)	Carga calorífica mensual (MJ/mes)	Parámetro D_2
ENE	32471,1	19897,9	1,632
FEB	29540,9	17972,3	1,644
MAR	32672	19508,5	1,675
ABR	31394	18653,1	1,683
MAY	33258,7	18496,1	1,798
JUN	21727,7	11430,5	1,901
SEP	16313,9	8943,4	1,824
OCT	32519,5	18340,3	1,773
NOV	32051,1	18502,3	1,732
DIC	31977,3	19897,9	1,607

Tabla 121. Parámetro D_2

Cálculo de la fracción solar y de la energía útil

El último paso es calcular la fracción solar mediante la expresión (93) y la energía útil mediante la expresión (103). En la tabla 122 se muestran los resultados.

Meses	Parámetro D_1	Parámetro D_1	Fracción solar f	Carga calorífica Q_a (MJ/mes)	Energía útil Q_u (MJ/mes)
ENE	0,323	1,632	0,195	19897,9	3884,2
FEB	0,445	1,644	0,295	17972,3	5315,6
MAR	0,656	1,675	0,449	19508,5	8771
ABR	0,759	1,683	0,516	18653,1	9624,6
MAY	0,847	1,798	0,56	18496,1	10358,6
JUN	0,928	1,901	0,596	11430,5	6820,2
SEP	0,872	1,824	0,572	8943,4	5117,3
OCT	0,651	1,773	0,439	18340,3	8055,3
NOV	0,421	1,732	0,27	18502,3	4999,3

Meses	Parámetro D_1	Parámetro D_1	Fracción solar f	Carga calorífica Q_a (MJ/mes)	Energía útil Q_u (MJ/mes)
DIC	0,3	1,607	0,177	19897,9	3521,2

Tabla 122. Fracción solar y energía útil

La cobertura anual hecha por los colectores solares será de 65887,2 MJ, es decir, 18302 kWh. Las necesidades energéticas anuales, calculadas con anterioridad en la tabla 9, por su parte son de 47678,3 kWh. Con estos datos, se obtiene la siguiente cobertura solar anual:

$$\text{Cobertura solar anual} = \frac{18302}{47678,3} = 0,3838 = 38,38\% \quad (107)$$

Por lo tanto, se cumple con la contribución mínima solar establecida en el apartado 1.3.3, la cual era del 30%.

3.4.2 Dimensionado básico

De acuerdo con el PCT de instalaciones de baja temperatura, el dimensionado básico de la instalación solar deberá realizarse de forma que en ningún mes del año la energía producida por la instalación solar supere el 110% de la demanda de consumo y no más de tres meses seguidos el 100%. No se tomarán en consideración aquellos períodos de tiempo en los cuales la demanda se sitúe un 50 % debajo de la media correspondiente al resto del año.

Como se puede comprobar en la tabla 122, en ningún mes del año se supera el 100% de la demanda, por lo tanto, se cumple con esta exigencia.

Para prever un área de captación acorde a la demanda de ACS del edificio, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180 \quad (108)$$

Donde:

- A: Área total de los captadores (m²)
- V: Volumen del acumulador solar (l)

El valor recomendado para el acumulador solar es aproximadamente la carga de consumo diaria.

El área de captación de los colectores es de 36,8 m² y la carga de ACS diaria es de 3000 l. Con estos datos se obtiene una relación del volumen de acumulación y del área de captación de 81, la cual entra dentro de los límites establecidos en la expresión anterior.

3.4.3 Protección contra heladas

Para que el sistema no sufra posibles daños debidos a congelaciones, se hace necesario que las partes de la instalación que estén en contacto con el exterior sean capaces de soportar una temperatura mínima.

Para este proyecto se ha elegido un anticongelante como sistema de protección contra las heladas. Este se colocará en el circuito primario de la instalación solar ya que es el único circuito que se llega a encontrar en contacto con el exterior. Su calor específico deberá ser superior a 3 kJ/(kgK) medido a una temperatura de 5°C menor que la temperatura mínima registrada.

Según el PCT de instalaciones de baja temperatura, la temperatura mínima histórica en Santander es de -4°C, al haber una diferencia de altura de 200 m, la temperatura mínima para la localidad de Villacarriedo es de -6°C.

Se utilizará será una solución acuosa de agua glicolada con un 30% de concentración de etilenglicol, cuyas características principales son:

TEMPERATURA DE CONGELACIÓN	-14,5°C
DENSIDAD (20°C)	1046 kg/m ³
CALOR ESPECÍFICO (20°C)	3,672 KJ/kgK
VISCOSIDAD DINÁMICA (20°C)	8,431 kg/mh
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (20°C)	0,480 W/mK

Tabla 123. Características del fluido anticongelante

3.4.4 Protección contra sobrecalentamientos de la instalación solar

El CTE en el DB-HE4, establece un dimensionado básico de la instalación para la contribución mínima de ACS. Ese dimensionado básico de la instalación consiste en dos puntos principalmente:

- En ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110% de la demanda energética.
- En no más de tres meses la energía producida por la instalación podrá superar el 100%.

En el caso de que en algún mes se superase el 100% de la demanda energética será necesario tomar alguna de las siguientes medidas:

- a) Dotar a la instalación de la posibilidad de disipar dichos excedentes (a través de equipos específicos preferentemente pasivos o mediante la circulación nocturna del circuito primario).
- b) Tapado parcial del campo de captadores. En este caso el captador solar térmico está aislado del calentamiento producido por la radiación solar y a su vez evacua los posibles excedentes térmicos residuales a través del fluido del circuito primario (que seguirá atravesando el captador).
- c) Vaciado parcial del campo de captadores. Esta solución permite evitar el sobrecalentamiento, pero dada la pérdida de parte del fluido del circuito primario, debe ser repuesto por un fluido de características similares, debiendo incluirse este trabajo entre las labores del contrato de mantenimiento.
- d) Desvío de los excedentes energéticos a otras aplicaciones existentes.
- e) Sistemas de vaciado y llenado automático del campo de captadores.

En este caso, no será necesario tomar ninguna de las medidas anteriormente mencionadas ya que en ningún mes del año se llega a sobrepasar el 100% de la demanda energética y mucho menos el 110%, como se puede comprobar en la tabla 122.

3.4.5 Comprobación de las pérdidas límite por orientación, inclinación y sombras

El CTE establece el porcentaje máximo de pérdidas debidas a la orientación, inclinación y sombras. Estos límites están establecidos en la siguiente tabla extraída del DB-HE4 del CTE:

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición de captadores	20%	15%	30%
Integración arquitectónica de captadores	40%	20%	50%

Tabla 124. Máximo porcentaje de pérdidas permitido.

- El caso general corresponde al caso de que se tenga una cubierta plana.
- El caso de superposición corresponde a la colocación de los captadores sobre una cubierta con una cierta inclinación.
- El caso de integración arquitectónica corresponde a la utilización de los captadores con un fin arquitectónico además del principal.

En los tres casos debe de cumplir las exigencias establecidas en la tabla. Ha de cumplir con el porcentaje máximo de pérdidas debidas a la orientación e inclinación, a las debidas a la sombra y a las totales.

Estos porcentajes máximos de pérdidas se expresan en relación a la radiación solar que incidiría sobre la superficie de captación orientada al sur, a la inclinación óptima y sin sombras. Se considera como inclinación óptima uno de los siguientes valores:

- a) Demanda constante anual: la latitud geográfica
- b) Demanda preferente en invierno: la latitud geográfica $+10^{\circ}$
- c) Demanda preferente en verano: la latitud geográfica -10°

Para este caso, el periodo de utilización es preferentemente en invierno por lo que la inclinación óptima es de unos 53° .

Teniendo en cuenta que en este caso los colectores se colocaran sobre una cubierta inclinada estaríamos frente al caso de superposición de los captadores. Además, no hay ningún tipo de sombra que pueda obstaculizar la radiación solar que llegue a los captadores. Con lo cual, las pérdidas máximas podrán ser de un 20%.

Para el cálculo de las pérdidas por orientación e inclinación se deben de tener en cuenta dos factores:

- El ángulo de inclinación, β . Es el ángulo de inclinación que forman los captadores con el plano horizontal. Siendo 0° para una inclinación horizontal y 90° para una vertical.
- El ángulo de azimut, α . Es el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del captador y el meridiano del lugar. Siendo 0° para la orientación sur, -90° para la orientación este y 90° para la orientación oeste.

El procedimiento para el cálculo y verificación del cumplimiento de la exigencia es el siguiente:

- Se utilizará la figura siguiente una vez se ha obtenido el ángulo de azimut correspondiente para obtener los límites de inclinación aceptables para una latitud de 41° . Sabiendo las pérdidas máximas, se podrá obtener la intersección con el ángulo de azimut. Estas intersecciones nos darán los ángulos de inclinación máximo y mínimo.
- Si no hay intersección entre ambas, las pérdidas son superiores a las permitidas y la instalación estará fuera de los límites.

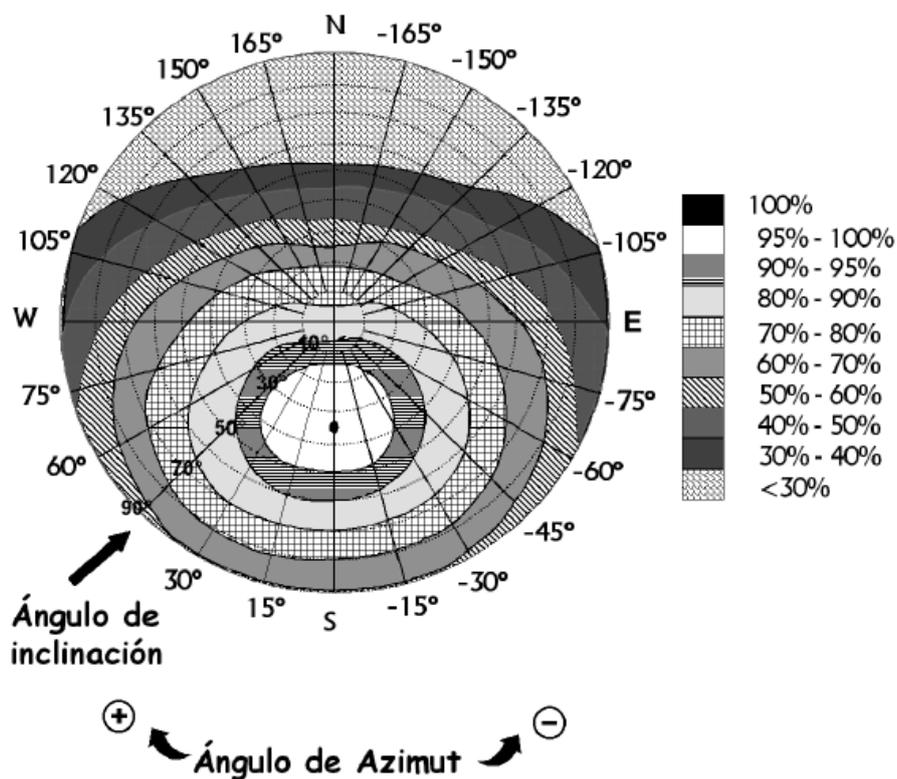


Figura 15. Pérdidas por inclinación y orientación

Cuando sea el caso de que haya intersección se corregirán los límites de inclinación aceptables en función de la diferencia entre la latitud del lugar en cuestión y la de 41°, de acuerdo a las siguientes expresiones:

- Inclinación máxima = inclinación (N = 41°) – (41° – latitud).
- Inclinación mínima = inclinación (N = 41°) – (41° – latitud); siendo 0° su valor mínimo.

En este caso, nos encontramos en Villacarriedo, Cantabria, con una inclinación de los colectores a de 45° con respecto del plano horizontal y una orientación sur, es decir, un ángulo de azimut de 0° a una latitud de unos 43° y sin ningún tipo de sombra. Con lo cual, las pérdidas máximas podrán ser de un 20%.

Como se muestra en la figura, la inclinación permitida sería:

- Inclinación máxima: 70°
- Inclinación mínima: -5°

Corrigiendo la inclinación para la latitud de 43° queda:

- Inclinación máxima: 70°- (41°-43°) = 72°
- Inclinación mínima: -5° - (41°-43°) = -3°; debe ser 0°.

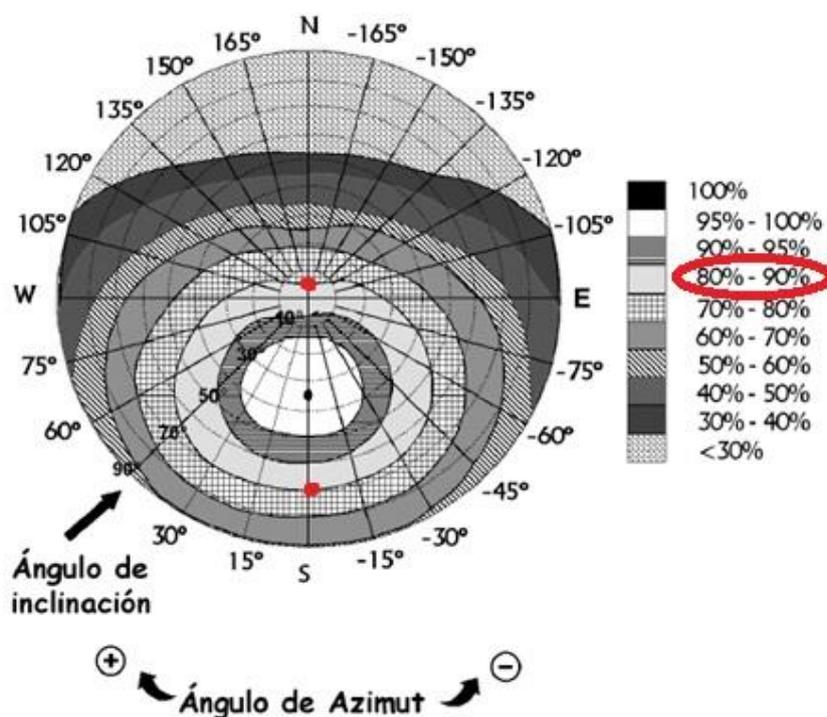


Figura 16. Cálculo de las pérdidas por inclinación y orientación permitidas

De manera que la inclinación de 45° de los colectores estaría dentro de lo permitido y cumpliría la exigencia del CTE.

3.4.6 Tratamiento antilegionella

En instalaciones mal diseñadas o sin un mantenimiento adecuado, se produce un estancamiento del agua en la acumulación a una temperatura adecuada para su multiplicación.

Es necesario tomar unas medidas preventivas contra la propagación de la legionelosis en la acumulación de ACS, como la correcta limpieza de la acumulación mediante la revisión periódica del depósito.

Para que no exista la posibilidad de una posible infección por legionella, se calienta el agua acumulada hasta una temperatura mínima de 70°C ya que a esta temperatura se muere la bacteria.

Para la prevención de la legionelosis en esta instalación, se seguirán las recomendaciones del fabricante del sistema de acumulación (LAPESA), las cuales son las siguientes:

- Diariamente: Temperatura mínima del acumulador a 60°C
- Semanalmente: Purga del acumulador

- Mensualmente: Se llegará a una temperatura de 50°C en los grifos
- Anualmente: Limpieza y desinfección total de la instalación

Para la limpieza y desinfección de la instalación se pueden seguir dos procedimientos diferentes, el de hipercloración y el de choque térmico.

El procedimiento de hipercloración consiste en los siguientes pasos:

- Clorar el depósito y mantenerlo el tiempo indicado del Real Decreto
- Limpiar a fondo las paredes del depósito y aclarar
- Llenar el depósito y reestablecer las condiciones normales

El procedimiento de choque térmico consiste en los siguientes pasos:

- Vaciar y limpiar el depósito
- Llenar y elevar la temperatura del agua hasta 70°C durante 2 horas
- Abrir los grifos durante 5 minutos
- Vaciar el depósito y volver a llenarlo para su uso habitual

Para esta instalación, se utilizará el procedimiento de choque térmico. Para poder elevar la temperatura hasta 70°C en ambos acumuladores, se aislarán ambos circuitos y la caldera de biomasa se encargará de elevar la temperatura en el acumulador de apoyo. Para el conseguir los 70°C en el acumulador solar, se dispondrá de una conexión del circuito secundario del sistema de apoyo con el circuito secundario de la instalación solar.

3.4.7 Comprobación del cumplimiento del límite de la demanda energética

El CTE exige en el DB-HE 1 un límite de la demanda energética del edificio. Para la comprobación del cumplimiento de esta exigencia, se compararán las transmitancias térmicas de los distintos cerramientos del edificio con las transmitancias térmicas de un edificio de referencia. Los límites establecidos dependerán de la zona climática en la que se encuentre el edificio. La zona climática se puede obtener en el apéndice B del DB-HE 1 del CTE. Estará en función de la provincia en la que se encuentre y de la altura respecto del nivel del mar.

En este caso, la zona climática en la que se encuentra el edificio es la D1, teniendo en cuenta que el edificio a climatizar está a una altura de 212 metros respecto del nivel del mar.

Las transmitancias térmicas límites, U en W/m^2K , para las particiones interiores cuando delimiten zonas de distinto uso, zonas comunes o medianerías son las siguientes:

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales y verticales	1,35	1,25	1,1	0,95	0,85	0,7

Tabla 125. Transmitancias térmicas límites para particiones interiores cuando delimitan zonas de distinto uso

Las transmitancias térmicas límites, U en W/m^2K , para las particiones interiores cuando delimiten zonas de mismo uso son las siguientes:

Tipo de elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Particiones horizontales	1,9	1,8	1,55	1,35	1,2	1
Particiones verticales	1,4	1,4	1,2	1,2	1,2	1

Tabla 126. Transmitancias térmicas límites para particiones interiores cuando delimitan zonas de mismo uso

Para la comprobación del límite de demanda energética de los huecos es necesario conocer el porcentaje de fachada que cubren los huecos:

	NORTE	ESTE	SUR	OESTE
Área de la fachada (m^2)	610	800	590	800
Área de los huecos (m^2)	54	48,6	39,6	43,2
Porcentaje (%)	8,85	6,07	6,71	5,4

Tabla 127. Porcentaje de huecos en la fachada

Las transmitancias térmicas límite para los distintos cerramientos son los siguientes:

Orientación	$U_{H,lim} (W/m^2K)$
NORTE	3,5
ESTE	3,5
SUR	3,5
OESTE	3,5

Tabla 128. Transmitancia térmica límite de huecos

CERRAMIENTO	$U_{lim} (W/m^2K)$
De muros de fachada	0,66
De solera	0,49
De cubierta	0,38

Tabla 129. Transmitancia térmica límite de la fachada, solera y cubierta

		$U_{lim} (W/m^2K)$
Delimitación de zonas de distinto uso	Particiones horizontales	0,85
	Particiones verticales	0,85
Delimitación de zonas de distinto uso	Particiones horizontales	1,2
	Particiones verticales	1,2

Tabla 130. Transmitancia térmica límite de las particiones interiores

Comprobación del cumplimiento

		$U_{lim} (W/m^2K)$	$U (W/m^2K)$	Cumplimiento
Delimitación de zonas de distinto uso	Particiones horizontales	0,85	0,663	CUMPLE
	Particiones verticales	0,85	0,823	CUMPLE
Delimitación de zonas de distinto uso	Particiones horizontales	1,2	0,663	CUMPLE
	Particiones verticales	1,2	0,823	CUMPLE

Tabla 131. Comprobación de la transmitancia térmica límite de las particiones interiores

Orientación	$U_{H,lim} (W/m^2K)$	$U_H (W/m^2K)$	Cumplimiento
NORTE	3,5	2,81	CUMPLE
ESTE	3,5	2,81	CUMPLE
SUR	3,5	2,81	CUMPLE
OESTE	3,5	2,81	CUMPLE

Tabla 132. Comprobación de la transmitancia térmica límite de los huecos

CERRAMIENTO	$U_{lim} (W/m^2K)$	$U (W/m^2K)$	Cumplimiento
De muros de fachada	0,66	0,546	CUMPLE
De suelo	0,49	0,427	CUMPLE
De cubiertas	0,38	0,34	CUMPLE

Tabla 133. Comprobación de la transmitancia térmica límite de la fachada, solera y cubierta

3.4.8 Comprobación de las condensaciones

Es necesaria la comprobación de las exigencias mínimas de las condensaciones superficiales e intersticiales para poder verificar el cumplimiento del Documento Básico de Ahorro de Energía del CTE.

Condensaciones superficiales

La comprobación de la limitación de condensaciones superficiales se basa en la comparación del factor de temperatura de la superficie interior f_{Rsi} y el factor de temperatura de la superficie interior mínimo $f_{Rsi,min}$ para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero en la localidad.

El factor de temperatura de la superficie interior mínimo se puede obtener de la siguiente tabla en función de la clase de higrometría:

Categoría del espacio	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Clase de higrometría 5	0,70	0,80	0,80	0,80	0,90	0,90
Clase de higrometría 4	0,56	0,66	0,66	0,69	0,75	0,78
Clase de higrometría 3 o inferior a 3	0,42	0,50	0,52	0,56	0,61	0,64

Tabla 134. Factor de temperatura de la superficie mínimo

Dicha clase de higrometría cataloga los espacios según los siguientes criterios:

- La clase de higrometría 5 corresponde a espacios en los que se prevea una gran producción de humedad, tales como lavanderías, restaurantes y piscinas: 70%.
- La clase de higrometría 4 corresponde a espacios en los que se prevea una alta producción de humedad, tales como cocinas, pabellones deportivos o duchas colectivas: 62%.
- La clase de higrometría 3 corresponde a espacios en los que no se prevea una gran producción de humedad, tales como oficinas, tiendas o espacios en edificios para uso residencial: 55%.

En este caso, la clase higrométrica del edificio es de 3, menos para los baños de la segunda y tercera planta, los cuales pertenecen a la clase 4. Si bien, en el cumplimiento de los valores de transmitancia térmica límite de los parámetros característicos de la envolvente establecidos en el documento DB-HE 1 (comprobado en la sección anterior), se asegura, para los cerramientos y particiones interiores de los espacios de clase de higrometría 4 o inferior, la verificación de esta condición. Por ello, no es necesario proceder a la comprobación de este parámetro.

Condensaciones intersticiales

El procedimiento para la comprobación de la formación de condensaciones intersticiales se basa en la comparación entre la presión de vapor y la presión de vapor de saturación que existe en cada punto intermedio de un cerramiento formado por diferentes capas, para las condiciones interiores y exteriores correspondientes al mes de enero.

Para que no se produzcan condensaciones intersticiales se comprueba que la presión de vapor en la superficie de cada capa es inferior a la presión de vapor de saturación. Para ello, es necesario calcular para cada cerramiento:

- La distribución de temperaturas.
- La distribución de presiones de vapor de saturación para las temperaturas calculadas.
- La distribución de presiones de vapor.

No es necesaria la comprobación en aquellos cerramientos que estén en contacto con el terreno.

- **Distribución de temperaturas**

La expresión utilizada para obtener la distribución de temperaturas en un cerramiento es la siguiente:

$$\theta_{se} = \theta_e + \frac{R_{se}}{R_T} (\theta_i - \theta_e) \quad (109)$$

Donde:

- θ_{se} : Temperatura superficial exterior (°C)
- θ_e : Temperatura exterior de la localidad en el mes de enero; de 8,1°C según CENSOLAR.
- θ_i : Temperatura interior (°C)
- R_{se} : Resistencia térmica del aire exterior ($m^2\text{°C}/W$)
- R_T : Resistencia térmica del cerramiento ($m^2\text{°C}/W$)

Las temperaturas para las demás capas es:

$$\theta_1 = \theta_{se} + \frac{R_1}{R_T} (\theta_i - \theta_e) \quad (110)$$

$$\theta_2 = \theta_1 + \frac{R_2}{R_T} (\theta_i - \theta_e) \quad (111)$$

$$\theta_n = \theta_{n-1} + \frac{R_n}{R_T} (\theta_i - \theta_e) \quad (112)$$

Donde:

- $\theta_1 \dots \theta_{n-1}$: Temperatura en cada capa (°C)
- $R_1 \dots R_n$: Resistencia térmica de cada capa ($m^2\text{°C}/W$)

El cálculo de la temperatura superficial interior se hará mediante la siguiente expresión:

$$\theta_{si} = \theta_n + \frac{R_{si}}{R_T} (\theta_i - \theta_e) \quad (113)$$

Donde:

θ_{si} : Temperatura superficial interior ($m^2\text{°C}/W$)

R_{si} : Resistencia térmica del aire interior ($m^2\text{°C}/W$)

- **Distribución de la presión de vapor de saturación**

El vapor de saturación se obtiene para cada temperatura mediante la siguiente expresión:

$$P_{sat} = 610,5 \cdot e^{\frac{17,269 \cdot \theta}{237,3 + \theta}} \quad (114)$$

- **Distribución de la presión de vapor**

$$P_1 = P_e + \frac{S_{d1}}{\sum S_{dn}} (P_i - P_e) \quad (115)$$

$$P_2 = P_1 + \frac{S_{d2}}{\sum S_{dn}} (P_i - P_e) \quad (116)$$

$$P_n = P_{n-1} + \frac{S_{d(n)}}{\sum S_{dn}} (P_i - P_e) \quad (117)$$

Donde:

- P_i : Presión de vapor del aire interior (Pa)
- P_e : Presión de vapor del aire exterior (Pa)
- $P_1 \dots P_{n-1}$: Presión de vapor en cada capa n (Pa)
- $S_{d1} \dots S_{d(n)}$: Espesor de aire equivalente de cada capa frente a la difusión del vapor de agua (m)

Ese espesor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$S_{dn} = e_n \cdot \mu_n \quad (118)$$

Donde:

- μ_n : Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua de cada capa, obtenido del catálogo de elementos constructivos del CTE.
- e_n : Espesor de la capa (m)

Para el cálculo de las presiones de vapor interiores y exteriores se utiliza la siguiente expresión:

$$P_i = \phi_i \cdot P_{sat}(\theta_i) \quad (119)$$

$$P_e = \phi_e \cdot P_{sat}(\theta_e) \quad (120)$$

Donde:

- ϕ_i : Humedad relativa del ambiente interior de 50%.
- ϕ_e : Humedad relativa exterior de 71% según CENSOLAR.

Cálculo de la distribución de temperaturas y de la presión de vapor de saturación

Para la fachada se tienen los siguientes datos:

- $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_T = 1,83 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_1 = 0,714 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_2 = 0,938 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_3 = 0,009 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $\theta_e = 8,1 \text{ °C}$
- $\theta_i = 21 \text{ °C}$

Con estos datos se tienen los siguientes resultados:

CAPA	TEMPERATURA (°C)	PRESIONES DE VAPOR DE SATURACIÓN (Pa)
Superficie exterior	8,38	1100,27
Capa 1	13,41	1537,58
Capa 2	20,03	2341,29
Capa 3	20,09	2350
Superficie interior	21	2485,58

Tabla 135. Distribución de temperaturas y de presiones de vapor de saturación en las capas de la fachada

Para la cubierta se tienen los siguientes datos:

- $R_{se} = 0,04 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_{si} = 0,10 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_T = 2,752 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_1 = 0,015 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_2 = 0,063 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_3 = 0,24 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_4 = 1,714 \text{ m}^2\text{°C}/W$

- $R_5 = 0,5 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $R_6 = 0,08 \text{ m}^2\text{°C}/W$
- $\theta_e = 8,1 \text{ °C}$
- $\theta_i = 21 \text{ °C}$

Con estos datos se tienen los siguientes resultados:

CAPA	TEMPERATURA (°C)	PRESIONES DE VAPOR DE SATURACIÓN (Pa)
Superficie exterior	8,28	1092,82
Capa 1	8,36	1098,78
Capa 2	8,65	1120,61
Capa 3	9,77	1208,52
Capa 4	17,81	2038,32
Capa 5	20,15	2358,74
Capa 6	20,53	2414,73
Superficie interior	21	2485,58

Tabla 136. Distribución de temperaturas y de presiones de vapor de saturación en las capas de la cubierta

Cálculo de la presión de vapor

La presión de vapor del aire a la temperatura de 8,1°C y una humedad relativa del 71% es de 766,47 Pa y para la temperatura de 21°C con un 50% de humedad es de 1242,79 Pa.

Con estos datos se procede a calcular la presión de vapor de las distintas capas:

- Para la fachada:

CAPA	μ_n	e_n	S_{dn}	PRESIONES DE VAPOR (Pa)
Capa 1	40	1	40	1209,25
Capa 2	10	0,3	3	1242,46
Capa 3	6	0,005	0,03	1242,79

Tabla 137. Presiones de vapor en las capas de la fachada

- Para la cubierta:

CAPA	μ_n	e_n	S_{dn}	PRESIONES DE VAPOR (Pa)
Capa 1	30	0,015	0,45	792,21
Capa 2	375	0,0025	0,9375	845,83
Capa 3	6	0,3	1,8	948,79
Capa 4	1	0,06	0,06	952,22
Capa 5	10	0,5	5	1238,21
Capa 6	4	0,02	0,08	1242,79

Tabla 138. Presiones de vapor en las capas de la cubierta

Comprobación del cumplimiento de la exigencia

- Comprobación de la fachada:

CAPA	PRESIONES DE VAPOR (Pa)	PRESIONES DE VAPOR DE SATURACIÓN (Pa)	CUMPLIMIENTO
Capa 1	1209,25	1537,58	CUMPLE
Capa 2	1242,46	2341,29	CUMPLE
Capa 3	1242,79	2350	CUMPLE

Tabla 139. Comprobación del cumplimiento de las condensaciones en la fachada

- Comprobación de la cubierta:

CAPA	PRESIONES DE VAPOR (Pa)	PRESIONES DE VAPOR DE SATURACIÓN (Pa)	CUMPLIMIENTO
Capa 1	792,21	1098,78	CUMPLE
Capa 2	845,83	1120,61	CUMPLE
Capa 3	948,79	1208,52	CUMPLE
Capa 4	952,22	2038,32	CUMPLE
Capa 5	1238,21	2358,74	CUMPLE
Capa 6	1242,79	2414,73	CUMPLE

Tabla 140. Comprobación del cumplimiento de las condensaciones en la cubierta

3.4.9 Cálculo de la velocidad del agua en el suelo radiante

Método de cálculo empleado

Se procederá a calcular la velocidad del agua que llega a los colectores procedente de la impulsión. También se calculará la velocidad del agua en la impulsión de cada bomba.

La velocidad se obtiene con la siguiente fórmula:

$$v = \frac{C}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} \tag{121}$$

Donde:

- v : Velocidad del agua (m/s)
- C : Caudal del agua (m³/s)
- D : Diámetro interior de la tubería (m)

Cálculo de la velocidad del agua en los circuitos

El caudal y la velocidad será que pasa por cada colector y el total para cada planta será:

PLANTA	NÚMERO DEL COLECTOR	CAUDAL POR COLECTOR (l/s)	VELOCIDAD EN COLECTORES (m/s)	CAUDAL EN IMPULSIÓN (l/s)	VELOCIDAD EN IMPULSIÓN (m/s)
1ª	1	0,262	0,49	2	0,96
	2	0,262	0,49		
	3	0,262	0,49		
	4	0,262	0,49		
	5	0,262	0,49		
	6	0,175	0,32		
	7	0,252	0,47		
	8	0,263	0,49		
2ª	1	0,168	0,31	1,391	0,67
	2	0,168	0,31		
	3	0,168	0,31		
	4	0,168	0,31		
	5	0,168	0,31		

PLANTA	NÚMERO DEL COLECTOR	CAUDAL POR COLECTOR (l/s)	VELOCIDAD EN COLECTORES (m/s)	CAUDAL EN IMPULSIÓN (l/s)	VELOCIDAD EN IMPULSIÓN (m/s)
	6	0,168	0,31		
	7	0,186	0,34		
	8	0,197	0,36		
3ª	1	0,184	0,34	1,497	0,72
	2	0,184	0,34		
	3	0,184	0,34		
	4	0,184	0,34		
	5	0,184	0,34		
	6	0,184	0,34		
	7	0,188	0,35		
	8	0,205	0,38		

Tabla 141. Velocidad del agua en los diferentes circuitos que componen la instalación de suelo radiante

Es recomendable que no se sobrepasen los 2 m/s para que no haya problemas con el ruido producido por las tuberías. Se hará una comprobación a los circuitos con mayor caudal para cada tubería con diferente diámetro.

En este caso, el circuito de suelo radiante con mayor caudal tiene un caudal de 0,069 l/s y corresponde al circuito de los baños de la primera planta. La velocidad del agua en este circuito será de 0,56 m/s.

El mayor caudal que pasa por tuberías de 63 mm de diámetro es de 2 l/s. Corresponde al circuito de impulsión a la primera planta. La velocidad del agua en este circuito es de 0,96 m/s.

El mayor caudal en las tuberías de 32 mm de diámetro es 0,263 l/s, correspondiente al caudal del colector 8 de la primera planta. La velocidad, en este caso, es de 0,49 m/s.

Por lo tanto, en ningún circuito se llegan a sobrepasar los 2 m/s.

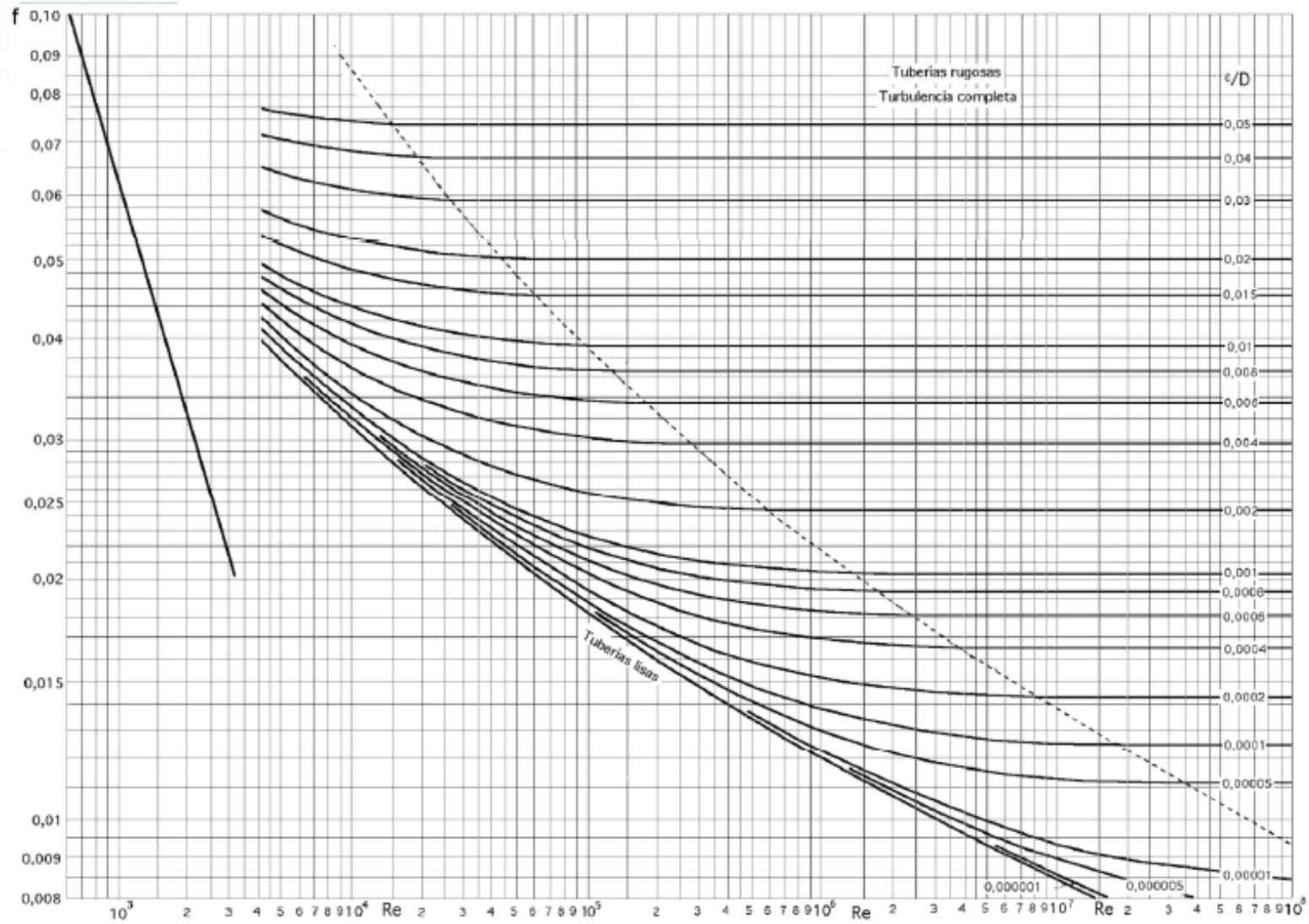


Figura 17. Diagrama de Moody

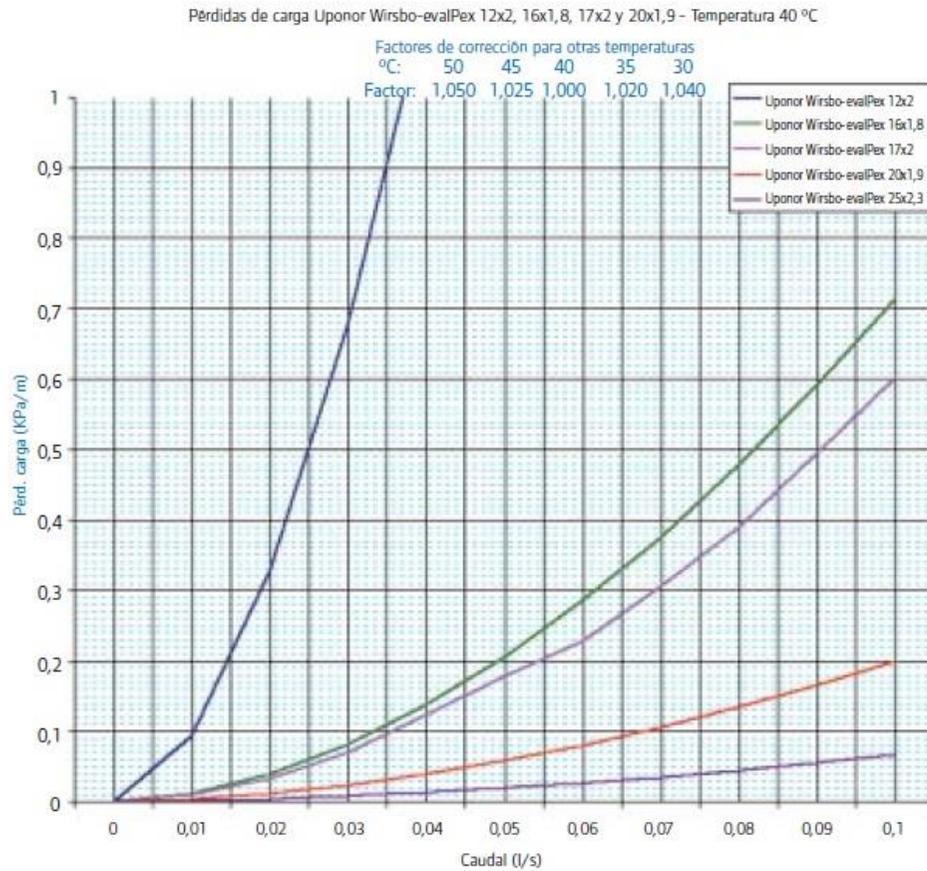


Figura 18. Pérdidas de carga en tuberías eval-PEX

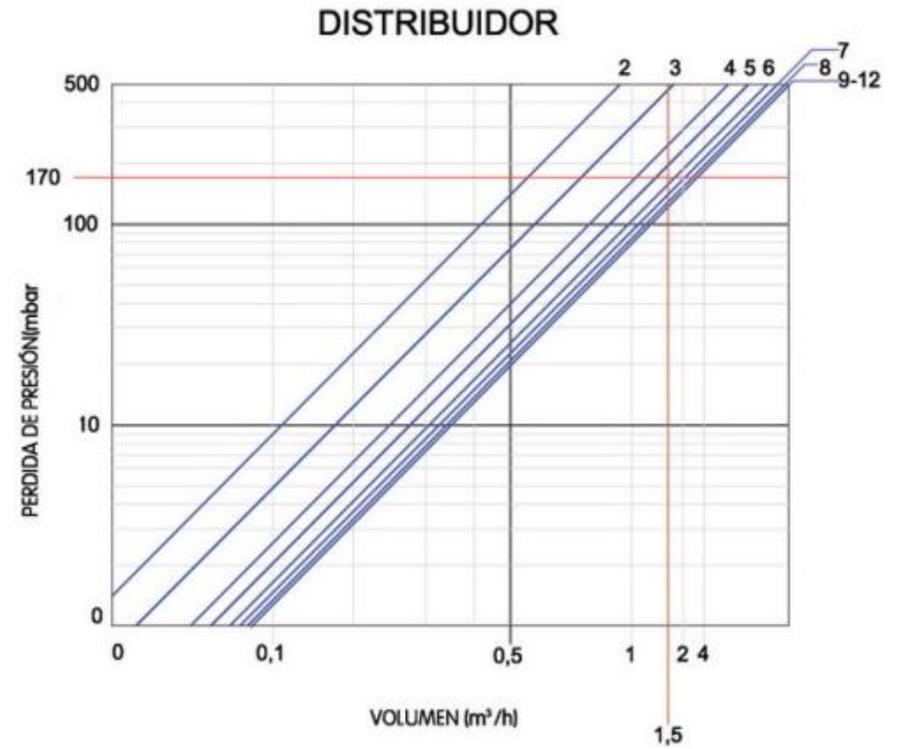


Figura 19. Pérdidas de carga en colectores de distribución

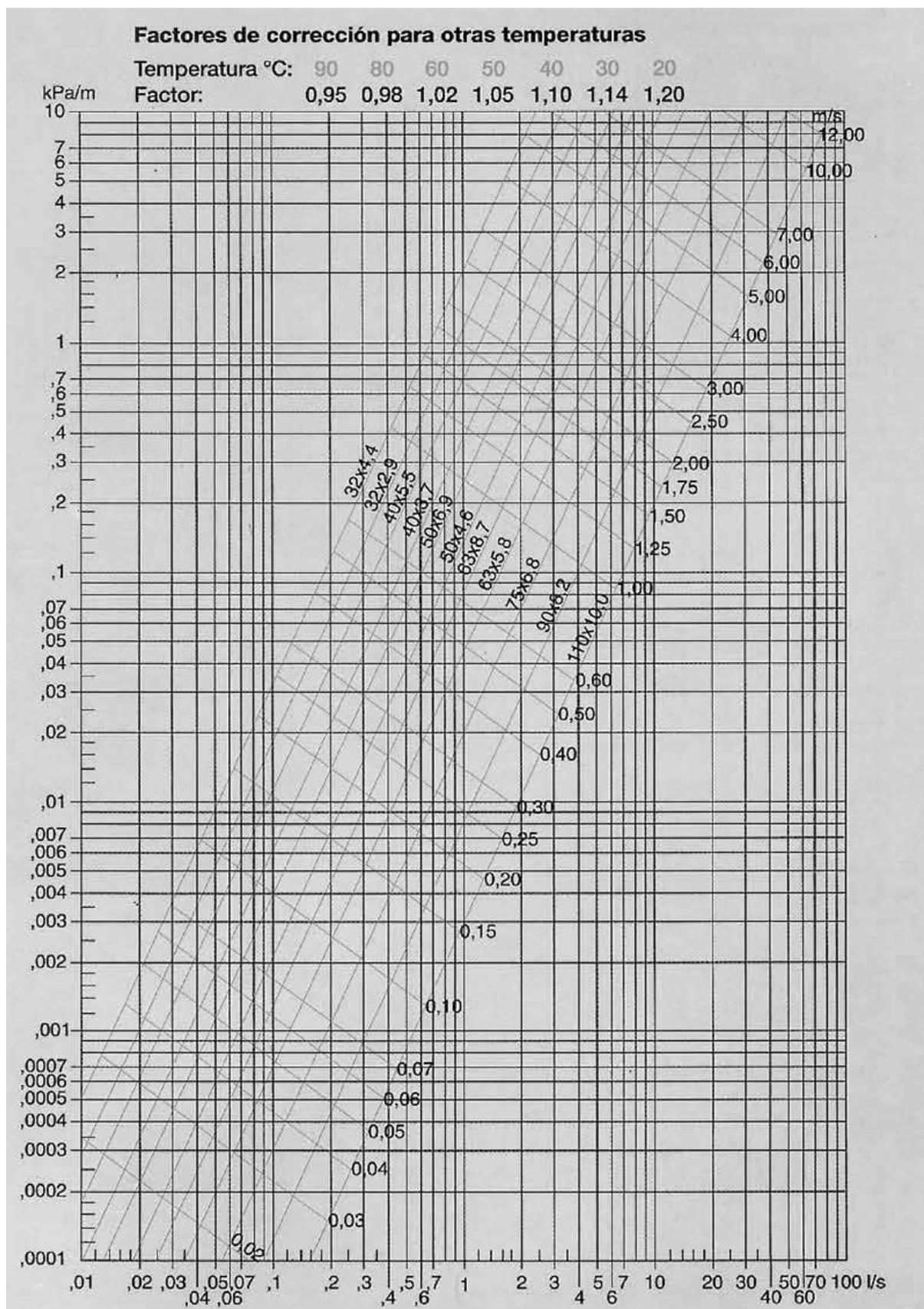


Figura 20. Pérdidas de carga en tuberías Aqua Pipe

ANEXO 4. LISTADO DE EQUIPOS

4.1 COLECTORES SOLARES

El sistema de captación que se utilizará en esta instalación será el modelo SKR500 de la marca SONNENKRAFT. Las características del colector son las siguientes:

Marca		Sonnenkraft
Modelo		SKR5000
Superficie bruta	m ²	2,57
Superficie de apertura	m ²	2,26
Superficie de absorción	m ²	2,3
Altura	mm	2079
Anchura	mm	1240
Profundidad	mm	95
Peso en vacío	Kg	38
Presión máxima de trabajo	bar	10
Temperatura de estanqueidad	°C	174
Caudal recomendado	l/m ² h	10-35
Conexionado		Máx. 12 unidades en paralelo
Rendimiento óptico (η_0)		0,806
Coefficiente global de pérdidas (α)	W/m ² °C	3,758

Tabla 142. Características del captador solar SKR500 de la marca SONNENKRAFT

Otras características del captador son:

- El absorbedor es de aluminio de superficie completa, recubrimiento al vacío altamente selectivo y la carcasa se compone de una bandeja de aluminio embutida capaz de resistir al ambiente marino.
- El aislamiento es de lana mineral de unos 50 mm de espesor.
- El acristalado del captador es un vidrio solar de seguridad y bajo contenido de hierro con un espesor de 3,2 mm.

4.2 SOPORTE DE LOS COLECTORES

El sistema soporte tiene una inclinación de 20° y se colocará sobre la cubierta, cuya inclinación es de unos 25°. Corresponde a la marca SONNENKRAFT Y se utilizará el modelo SSA20R, el cual viene directamente con los captadores.

4.3 CALDERA DE BIOMASA

De acuerdo a los datos obtenidos en el apartado 3.3.3, se escoge una caldera de biomasa de la marca YGNIS, modelo VARMATIC de 250 kW de potencia.

4.4 SILOS DE BIOMASA

Los silos que se utilizarán, de acuerdo a los cálculos realizados en el apartado 3.3.4, son de la marca TUEVENTO, modelo SILOSP300.

El silo tiene una capacidad de 11,7 m³ y sus dimensiones son 3x3 m de la lado y 2,5 m de alto.

4.5 INTERCAMBIADORES

4.5.1 Instalación solar

Se ha elegido un intercambiador de la marca SUICALSA, modelo IPT601 de 20 kW de potencia. Otras características del intercambiador son:

Número de placas	46
Caudal (l/h) en el circuito primario	1800
Caudal (l/h) en el circuito secundario	540
Pérdida de carga (m.c.a) en el circuito primario	0,86
Pérdida de carga (m.c.a) en el circuito secundario	0,08
Peso (kg)	3,1

Tabla 143. Características de intercambiador SUICALSA, modelo IPT601 de 20 kW

4.5.2 Sistema de apoyo

Se ha elegido un intercambiador de la marca SUICALSA, modelo IPT607 de 250 kW de potencia. Otras características del intercambiador son:

Número de placas	26
Caudal (l/h) en el circuito primario	11142
Caudal (l/h) en el circuito secundario	5388
Pérdida de carga (m.c.a) en el circuito primario	4
Pérdida de carga (m.c.a) en el circuito secundario	1
Peso (kg)	21,2

Tabla 144. Características de intercambiador SUICALSA, modelo IPT607 de 250 kW

4.5.3 Instalación de calefacción

Se elegirá un intercambiador de la marca SUICALSA, modelo IPT 0602 de 66 placas y con una potencia de 150 kW. Otras características del intercambiador son:

Número de placas	66
Caudal (l/h) en el circuito primario	6684
Caudal (l/h) en el circuito secundario	3234
Pérdida de carga (m.c.a) en el circuito primario	3,1
Pérdida de carga (m.c.a) en el circuito secundario	0,82
Peso (kg)	10,7

Tabla 145. Características de intercambiador SUICALSA, modelo IPT602 de 150 kW

4.6 ACUMULADORES

El sistema de acumulación seleccionado seguirá las recomendaciones de dimensionado básico del apartado 3.4.2, donde se especifica que el volumen de acumulación será de la misma capacidad que la carga de ACS demandada diariamente. Por ello, se ha seleccionado el modelo MXV-3000 RB de la marca LAPESA. Tiene una capacidad de 3000 litros y está aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de unos 80 mm de espesor.

Se utilizará uno como acumulador solar y otro que sirva de apoyo al solar.

4.7 DEPÓSITO DE INERCIA

Según la guía técnica para instalaciones de biomasa térmica en edificios publicada por el IDAE, la capacidad del depósito de inercia ronda los 20-30 l/kW.

De acuerdo con la guía técnica, la capacidad del depósito de inercia deberá tener una capacidad entre 3900 l y 5850 l. Para este caso, se escogerá una capacidad del depósito de 5000 l.

El depósito de inercia será de la marca LAPESA, modelo MV-5000-IB.

4.8 BOMBAS

4.8.1 Circuito primario de la instalación solar

Bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos - 65/1 - 16. Bomba circuladora de rotor húmedo con conexión roscada o embreada, motor EC con adaptación automática de potencia.



Figura 21. Bomba Wilo Stratos

4.8.2 Circuito secundario de la instalación solar

Bomba de circulación de la marca WILO, modelo Star-Z 25/2 EM. Bomba circuladora de rotor húmedo con conexión roscada.

Modelo de aplicación para sistemas de recirculación de ACS en industrias y edificaciones. Circulador adecuado solamente para agua potable.



Figura 22. Bomba Wilo Star-Z

4.8.3 Circuito primario del sistema de apoyo

Bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos - 50/1 - 10. Bomba circuladora de rotor húmedo con conexión roscada o embridada, motor EC con adaptación automática de potencia.

4.8.4 Circuito secundario del sistema de apoyo

Bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos - 50/1 - 10. Bomba circuladora de rotor húmedo con conexión roscada o embridada, motor EC con adaptación automática de potencia.

4.8.5 Circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción

Bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos – 30 /1 - 10. Bomba circuladora de rotor húmedo con conexión roscada o embridada, motor EC con adaptación automática de potencia.

4.8.6 Circuito intercambiador-depósito de inercia de la instalación de calefacción

Bomba de circulación de la marca WILO, modelo Stratos – 30 /1 - 4. Bomba circuladora de rotor húmedo con conexión roscada o embridada, motor EC con adaptación automática de potencia.

4.8.7 Circuitos de suelo radiante de las 3 plantas

3 bombas de impulsión de la marca WILO modelo CronoBloc-BL 32/160-4/2, una para cada planta, para la impulsión de agua de calefacción, mezclas de agua/glicol, agua fría y de

refrigeración sin sustancias abrasivas en instalaciones de calefacción, plantas de enfriamiento de agua y circuitos de agua fría.



Figura 23. Bomba Wilo-CronoBloc-BL

4.9 VASOS DE EXPANSIÓN

4.9.1 Circuito primario de la instalación solar

Se utilizará un vaso de expansión de la marca SALVADOR ESCODA modelo 8 SMF. Se trata de un vaso de expansión cerrado de membrana fija de una capacidad de 8 l.

4.9.2 Circuito primario del sistema de apoyo y circuito caldera-intercambiador de la instalación de calefacción

Se utilizará un vaso de expansión de la marca SALVADOR ESCODA modelo 80 AMR-P. Se trata de un vaso de expansión cerrado de membrana recambiable de una capacidad de 80 l.

4.9.3 Circuitos depósito de inercia-colectores

Para los circuitos se escogerá un vaso de expansión de la marca SALVADOR ESCODA modelo 500 AMR-B-160(M/F). Este vaso de expansión tiene una capacidad de 500 l y una presión máxima de trabajo de 10 bares.

ANEXO 5. VALORACIÓN AMBIENTAL

A continuación, se calcularán los ahorros en emisiones de CO₂ cuando se cubren la demanda energética del edificio mediante la caldera de biomasa en comparación a la caldera de gasoil que se utilizaba anteriormente.

Se utilizarán los factores de emisión de CO₂, publicados el 14 de enero de 2016 por el IDAE, para las diferentes fuentes de energía. Los valores son los siguientes:

Fuente de energía	Factores de emisión de CO ₂ (kg CO ₂ /kWh)
Gasóleo para calefacción	0,311
Biomasa densificada (pellets)	0,018

Tabla 146. Factores de emisión de CO₂

Partiendo de la tabla 52, donde se muestran las demandas energéticas del edificio para cada mes del año, se obtienen los siguientes valores de emisiones de CO₂.

MES	Demanda de ACS (kWh)	Demanda de calefacción (kWh)	Emisiones de CO ₂ de la instalación de gasoil (t CO ₂)	Emisiones de CO ₂ de la instalación de biomasa (t CO ₂)
ENE	5527,20	99867,12	32,78	1,90
FEB	4992,30	88872,00	29,19	1,70
MAR	5419,00	85865,04	28,39	1,64
ABR	5181,40	74534,40	24,79	1,43
MAY	5137,80	54163,20	18,44	1,07
JUN	3175,10	19728,00	7,12	0,41
SEP	2484,30	10868,40	4,15	0,24
OCT	5094,50	44580,48	15,45	0,89
NOV	5139,50	72388,80	24,11	1,39
DIC	5527,20	91028,40	30,03	1,74
TOTAL	47678,30	641895,84	214,46	12,41

Tabla 147. Emisiones de CO₂

Se puede ver que se produce un ahorro considerable de emisiones a la atmosfera de CO₂, más concretamente, se consigue un ahorro 202,05 t de CO₂ al año.

ANEXO 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

6.1 OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto de este Estudio Básico de Seguridad y Salud es el de establecer los posibles riesgos laborales que se puedan presentar durante el transporte, descarga, desmontaje, instalación o durante la ejecución de las obras, y especificar las medidas de prevención y protección para eliminar los riesgos que son evitables y reducir los riesgos que no se puedan evitar.

6.2 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS Y PREVISIÓN DE MEDIDAS PREVENTIVAS

6.2.1 Montaje de la instalación de los colectores solares

Riesgos más frecuentes

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Hundimiento de la cubierta por exceso de peso.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes, cortes y pinchazos por objetos y herramientas.
- Mal funcionamiento de los mecanismos, sistemas de protección y tomas de tierra.
- Contactos directos e indirectos con corriente eléctrica.
- Electrocutación o quemaduras.

Medidas preventivas

- Correcta señalización y delimitación de las zonas de trabajo mediante carteles.
- Orden y limpieza de la obra y zonas de trabajo.
- Montaje de los aparatos eléctrico ejecutado por un especialista.
- Correcta iluminación.
- Las conexiones se harán sin tensión.
- Se prohíbe la formación de andamios utilizando escaleras de mano a modo de borriquetas.
- Las escaleras de mano serán del tipo de "tijera", dotadas con zapatas antideslizantes y cadenilla limitadora de apertura.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores estarán protegidas con material aislante.
- La herramienta manual se revisará con periodicidad, para evitar cortes y golpes por su uso.

- Las herramientas de los instaladores eléctricos cuyo aislamiento esté deteriorado serán retiradas y sustituidas por otras en buen estado.
- La iluminación mediante portátiles se efectuará usando "portalámparas estancos con mango aislante" y rejilla de protección de la bombilla.

Protecciones individuales

- Casco de polietileno.
- Guantes de cuero y goma.
- Gafas de seguridad.
- Calzado de seguridad aislante en pruebas de tensión.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Arnés de seguridad.

6.2.2 Montaje de la instalación de calefacción por suelo radiante

Riesgos más frecuentes

- Caídas de personas al mismo nivel.
- Sobreesfuerzos.
- Golpes, cortes y pinchazos por objetos y herramientas.
- Atrapamientos.
- Mal funcionamiento de los mecanismos, sistemas de protección y tomas de tierra.
- Contactos directos e indirectos con corriente eléctrica.
- Electrocutación.
- Proyección de partículas.
- Quemaduras.
- Emisión de polvo.
- Lesiones en la espalda por la instalación del suelo radiante.

Medidas preventivas

- Correcta señalización y delimitación de las zonas de trabajo mediante carteles.
- Orden y limpieza de la obra y zonas de trabajo.
- Montaje de los aparatos eléctrico ejecutado por un especialista.
- Instalación del suelo radiante por personal competente.
- Correcta iluminación.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria.
- Almacenamiento y eliminación o evacuación de los escombros producidos por la instalación del suelo radiante.
- Prohibido dejar las herramientas tiradas por el suelo.

- La herramienta manual se revisará con periodicidad, para evitar cortes y golpes por su uso.
- Correcta utilización y mantenimiento de la instalación eléctrica.

Protecciones individuales

- Cascos de polietileno.
- Guantes de goma.
- Gafas de seguridad.
- Calzado de seguridad aislante en pruebas de tensión.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Mascarillas al trabajar con los silos de biomasa.
- Gafas de protección contra el polvo.

6.2.3 Montaje de la instalación de fontanería de ACS

Riesgos más frecuentes

- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de personas de altura, durante la instalación de las tuberías desde medios auxiliares.
- Cortes y golpes por el manejo de objetos y herramientas.
- Atrapamientos entre piezas pesadas.
- Golpes contra objetos.
- Heridas en extremidades superiores.
- Explosiones e incendios (soplete, botellas de gases licuados, etc).
- Los inherentes al uso de la soldadura autógena.
- Proyección de partículas sobre cara y ojos.
- Pisadas sobre objetos punzantes o materiales.
- Quemaduras.
- Sobreesfuerzos.

Medidas preventivas

- Los trabajos serán realizados siempre por personal especializado.
- El almacén para el material de fontanería se ubicará en un lugar indicado de antemano.
- Las máquinas portátiles utilizadas tendrán doble aislamiento.
- Se prohíbe utilizar los flejes de los paquetes como asideros de carga.

-
- El material de fontanería flejado sobre bateas se descargará flejado con la ayuda de la grúa. La carga será guiada por dos hombres mediante los cabos de guía que penderán de ella, para evitar riesgos de golpes y atrapamientos.
 - El material de fontanería, una vez recibido en las plantas, se transportará directamente al sitio de ubicación para evitar accidentes por obstáculos en las vías de paso de la obra.
 - El transporte de tramos de tubería a hombro por un solo hombre se realizará inclinando la carga hacia atrás, de tal forma que el extremo que va por delante supere la altura de un hombre, para evitar golpes y tropiezos con otros operarios.
 - Se protegerán con barandilla reglamentaria de 90 cm. de altura o tapándolos con tabloncillos, redes, etc., los huecos de los forjados para paso de tubos que no puedan cubrirse después de concluido el aplomado, para evitar el riesgo de caída.
 - Se mantendrán limpios de cascotes y recortes los lugares de trabajo.
 - Se prohíbe soldar con plomo en lugares cerrados. Siempre que se deba soldar con plomo se establecerá una corriente de aire de ventilación, para evitar el riesgo de respirar productos tóxicos.
 - El local destinado a almacenar las botellas de gases licuados tendrá ventilación constante por corriente de aire e iluminación artificial en su caso.
 - Sobre la puerta del almacén de gases licuados se establecerá una señal normalizada de "peligro explosión" y otra de "prohibido fumar".
 - Al lado de la puerta del almacén de gases licuados se instalará un extintor de polvo químico seco.
 - Correcta iluminación de los espacios de trabajo.
 - La iluminación se realizará utilizando portalámparas estancos con mangos aislantes y rejillas de protección de bombillas, alimentados a 24V.
 - Se prohíbe el uso de mecheros y sopletes junto a materiales inflamables.
 - Se prohíbe abandonar los mecheros y sopletes encendidos.
 - Se controlará la dirección de la llama durante las operaciones de soldadura para evitar incendios.
 - Las botellas o bombonas de gases deben estar siempre en posición vertical y sujetas con abrazaderas. Si esto no fuera posible, pueden inclinarse, o incluso tumbarse, siempre que la cabeza quede al menos 40 cm. más alta y el grifo hacia arriba.
 - Las botellas o bombonas de gases licuados se transportarán y permanecerán en los carros portabotellas.

- Evitar fugas de gases revisando las válvulas, canalizaciones, sopletes y uniones entre ellos. La estanqueidad de las mangueras se verificará con agua jabonosa y nunca con llama.
- Se prevendrá el retroceso de la llama del soplete por la canalización, utilizando válvulas antirretroceso.
- Se evitará soldar con las botellas o bombas de gases licuados expuestos al sol.
- Las plataformas de trabajo y los andamios de borriquetas que se empleen, estarán correctamente montados y cumplirán las normas correspondientes.

Protecciones individuales

- Casco de polietileno.
- Ropa de trabajo.
- Botas de seguridad.
- Guantes de cuero y de goma.
- Traje de aguas.

Además, en los trabajos de soldadura se utilizarán:

- Gafas de soldador.
- Yelmo de soldador.
- Pantalla de soldadura a mano.
- Mandil de cuero.
- Muñequeras de cuero que cubran los brazos.
- Manoplas y polainas de cuero.

6.2.4 Conexionado a la instalación eléctrica

Riesgos más frecuentes

- Caídas de personal al mismo nivel, por el uso indebido de las escaleras.
- Electrocuciiones.
- Cortes en extremidades superiores.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Cortes y golpes producidos por objetos y herramientas.
- Cortes por manejo de las guías y conductores.
- Pinchazos en las manos por el manejo de guías y conductores.
- Electrocuciión o quemaduras por mala protección de los cuadros eléctricos, por maniobras incorrectas de líneas, por uso de herramientas sin aislamiento, etc.
- Los derivados de sobrecarga de la instalación.
- Mal funcionamiento de los mecanismos, sistemas de protección y tomas de tierra.

- Sobreesfuerzos.

Medidas preventivas

- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión.
- Las pruebas que se tengan que realizar con tensión, se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica.
- Las herramientas manuales, se revisarán con periodicidad para evitar golpes y cortes en su caso.
- En esta unidad de obra se considera necesaria la actividad de vigilancia del Recurso Preventivo para garantizar el cumplimiento de los métodos de trabajo, de las medidas preventivas y del control del riesgo.
- Correcta señalización y delimitación de las zonas de trabajo mediante carteles.
- Orden y limpieza de la obra y zonas de trabajo.
- Montaje de los aparatos eléctrico ejecutado por un especialista.
- Correcta iluminación de los espacios de trabajo.
- Las conexiones se realizarán siempre sin tensión.
- Se prohíbe el conexionado de cables a los cuadros de suministro eléctrico de obra, sin la utilización de las clavijas macho-hembra.
- Las herramientas a utilizar por los electricistas instaladores estarán protegidas con material aislante.
- La herramienta manual se revisará con periodicidad, para evitar cortes y golpes por su uso.
- Las herramientas de los instaladores eléctricos cuyo aislamiento esté deteriorado serán retiradas y sustituidas por otras en buen estado.
- La iluminación mediante luminarias portátiles se efectuará usando portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla.
- Para evitar la conexión accidental a la red de la instalación eléctrica del edificio, el último cableado que se ejecutará será el que va del cuadro general al de la compañía suministradora, guardando en lugar seguro los mecanismos necesarios para la conexión.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas.
- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica, se harán después de comprobar el acabado de la instalación eléctrica, cuidando que no queden accesibles a terceros y que las uniones o empalmes estén perfectamente aisladas.

- Antes de hacer entrar en carga a la instalación eléctrica, se hará una revisión en profundidad de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros generales eléctricos directos o indirectos.

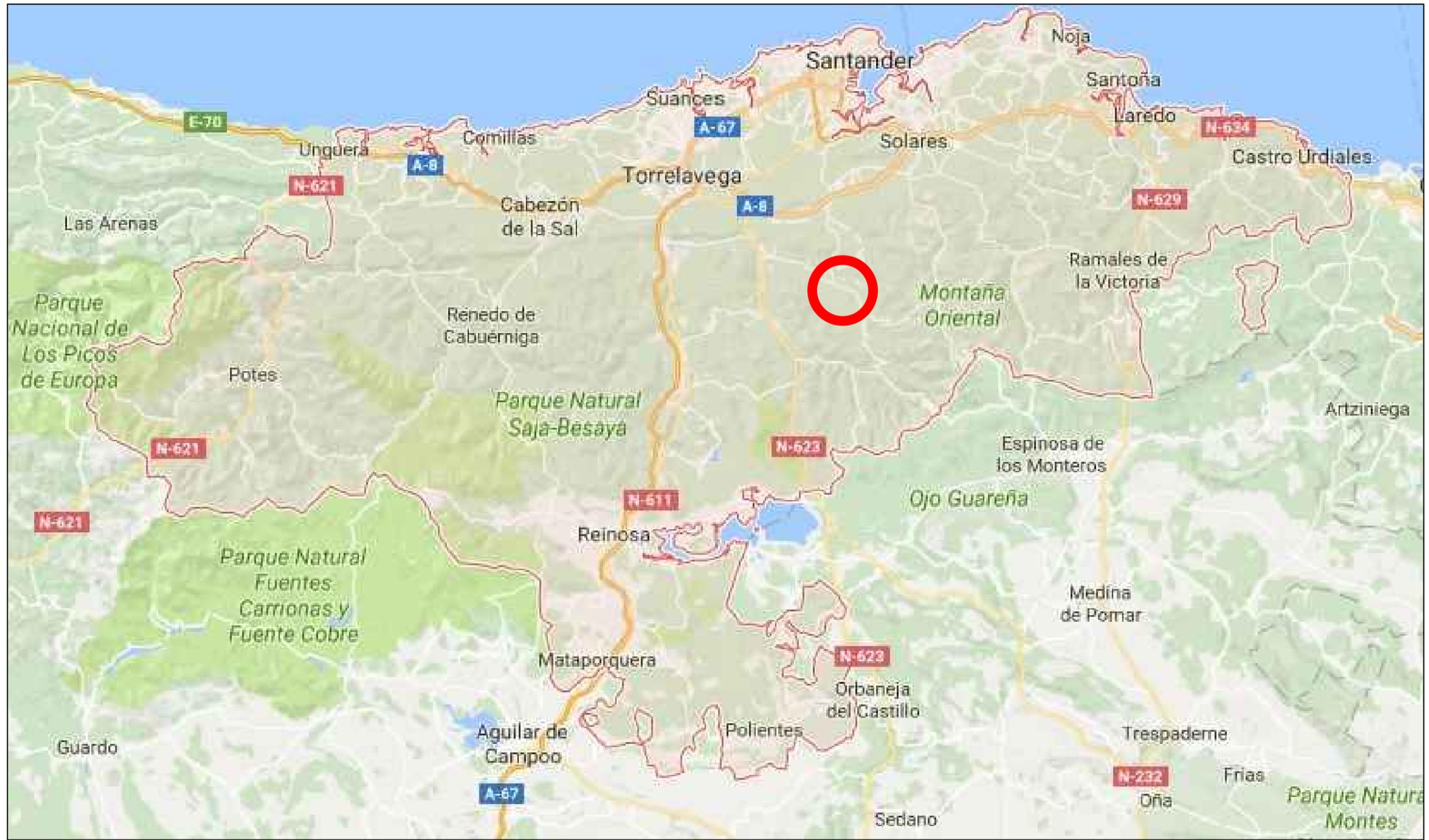
Protecciones individuales

- Mono de trabajo.
- Casco aislante.
- Calzado de seguridad aislante en pruebas de tensión.
- Guantes aislantes.
- Arnés de seguridad.
- Ropa de trabajo adecuada.
- Gafas de seguridad.

DOCUMENTO 3. PLANOS

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 3. PLANOS

PLANO 1. SITUACIÓN DEL COLEGIO-INTERNADO	1
PLANO 2. DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS EN PLANTA 1ª	2
PLANO 3. DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS EN PLANTAS 2ª Y 3ª	3
PLANO 4. ESQUEMA DE LA INSTALACIÓN.....	4
PLANO 5. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA DE LA SALA DE CALDERAS	5
PLANO 6. DISPOSICIÓN DE LOS COLECTORES SOLARES EN CUBIERTA	6
PLANO 7. DISPOSICIÓN DEL CIRCUITO DE SUELO RADIANTE EN LA PLANTA 1ª	8
PLANO 8. DISPOSICIÓN DEL CIRCUITO DE SUELO RADIANTE EN LAS PLANTAS 2ª Y 3ª.....	9




 Escala 1:7,5 km

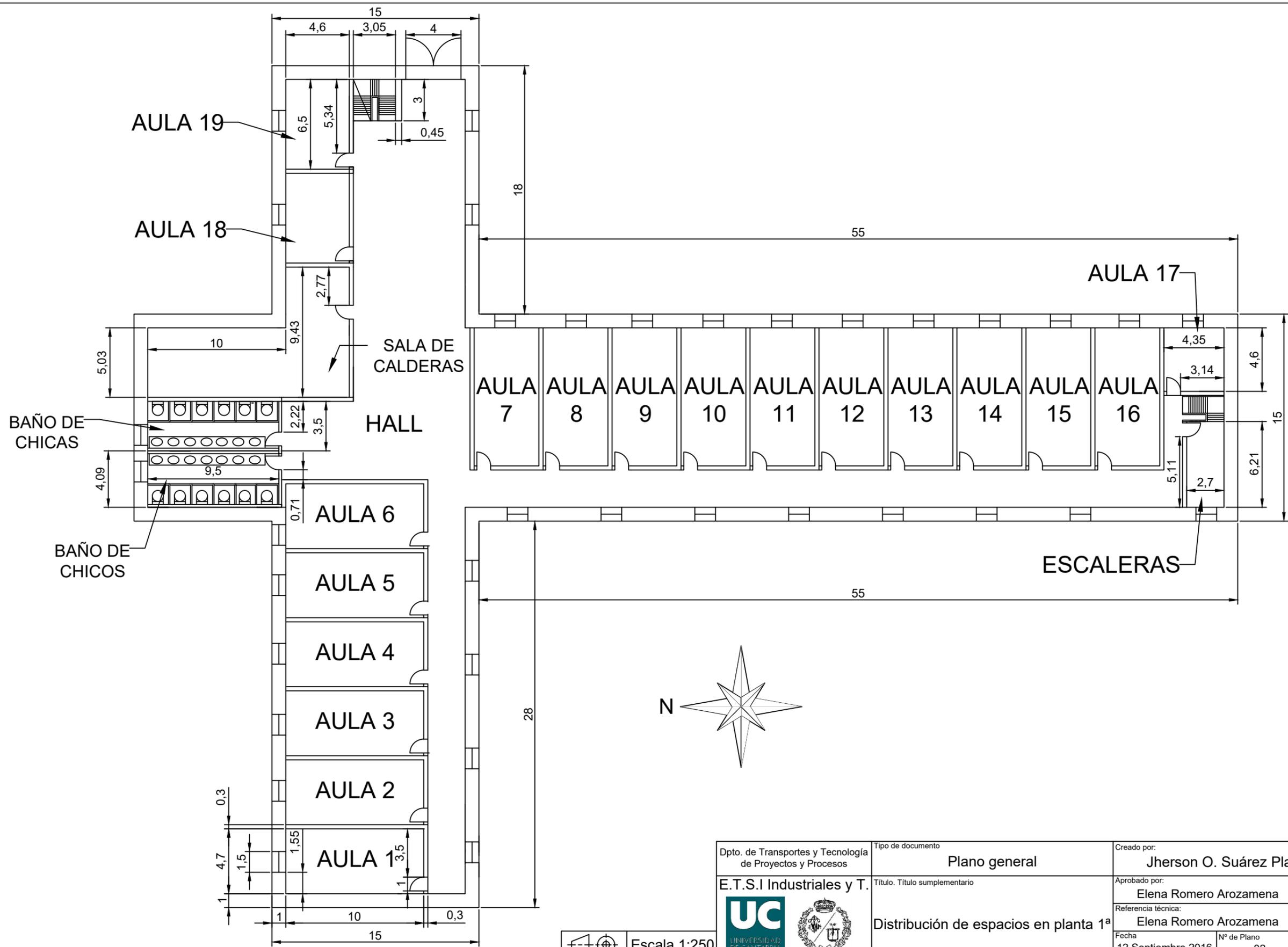
Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos
 E.T.S.I Industriales y T.



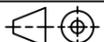
Tipo de documento
Plano general

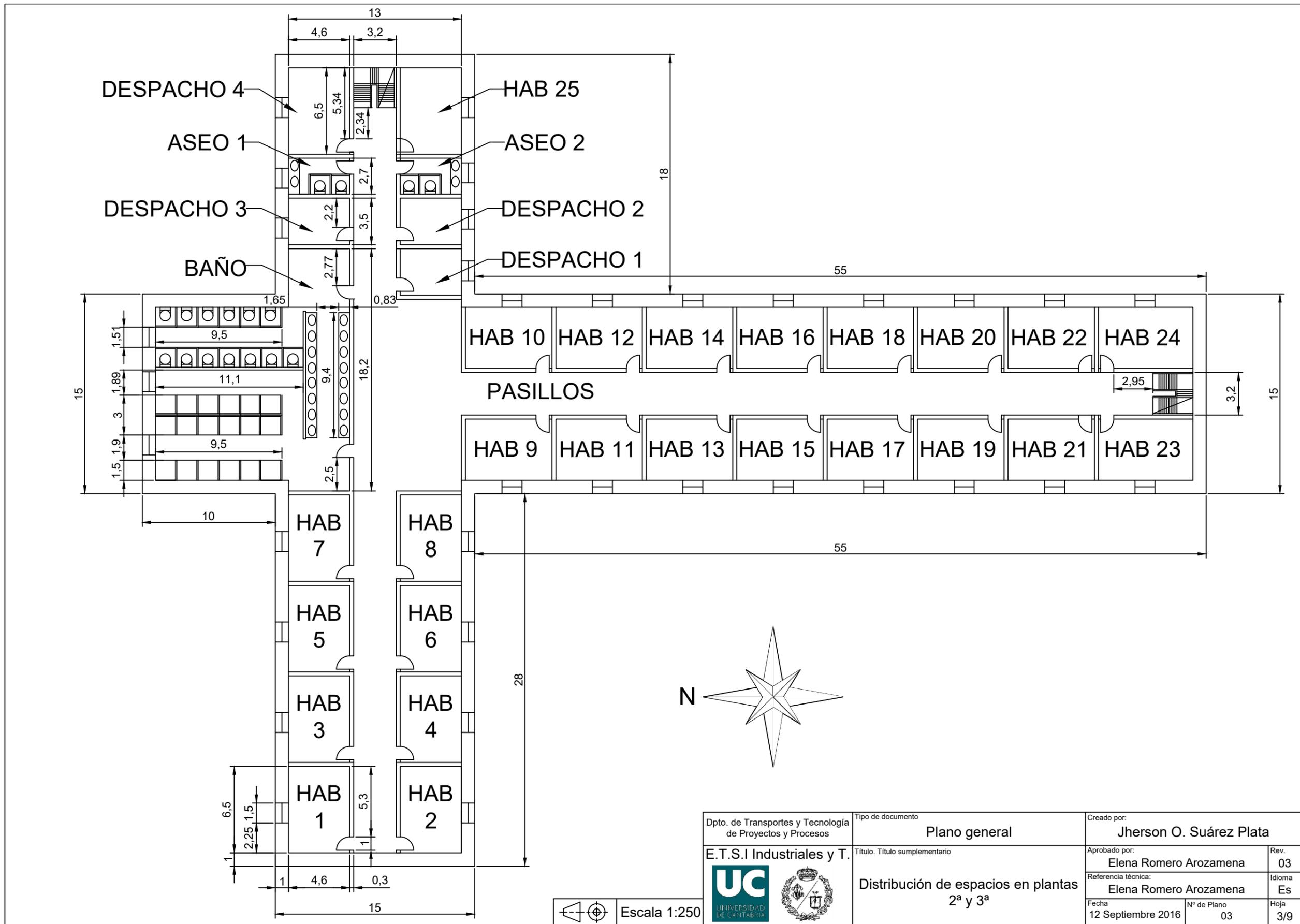
Título. Título suplementario
Situación del colegio-internado

Creado por: Jherson O. Suárez Plata		
Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03	
Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es	
Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 01	Hoja 1/9

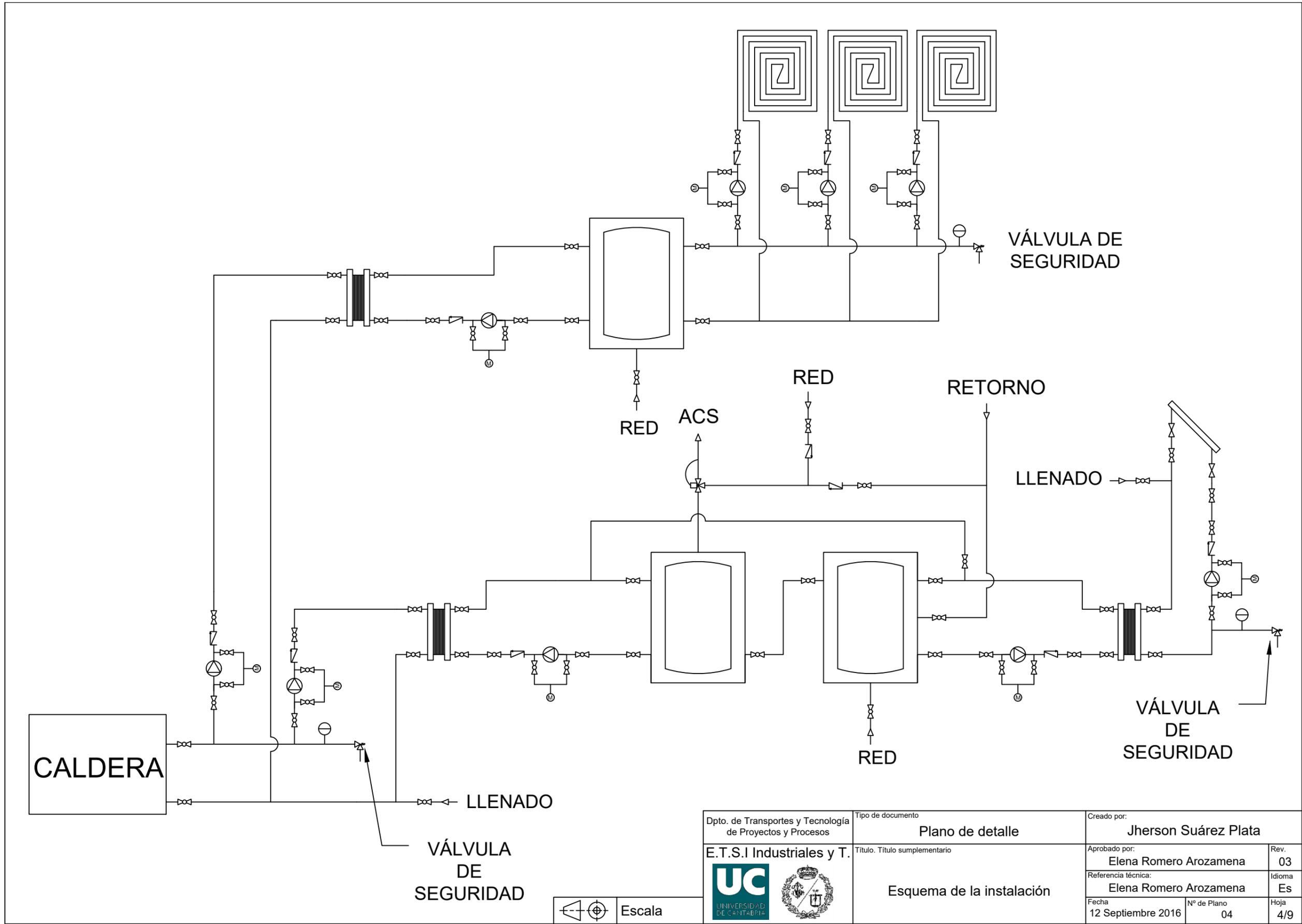


Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos	Tipo de documento Plano general	Creado por: Jherson O. Suárez Plata	
E.T.S.I Industriales y T.	Título. Título suplementario	Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03
 UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	Distribución de espacios en planta 1ª	Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es
		Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 02

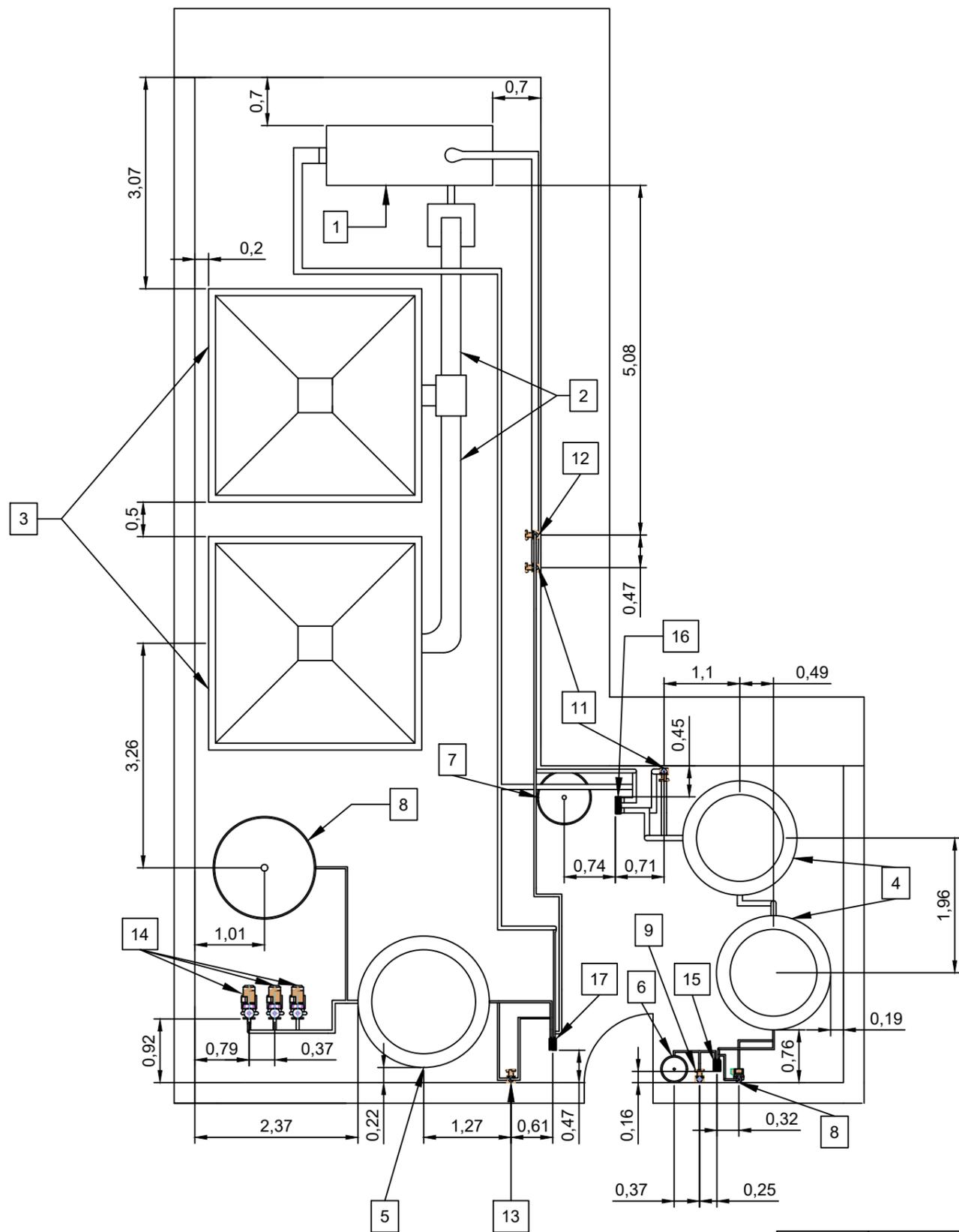
 Escala 1:250



Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos	Tipo de documento Plano general	Creado por: Jherson O. Suárez Plata	
E.T.S.I Industriales y T.	Título. Título suplementario Distribución de espacios en plantas 2ª y 3ª	Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03
		Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es
		Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 03
			Hoja 3/9



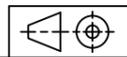
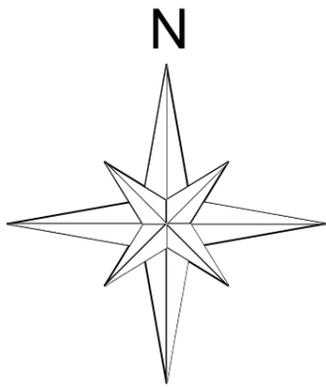
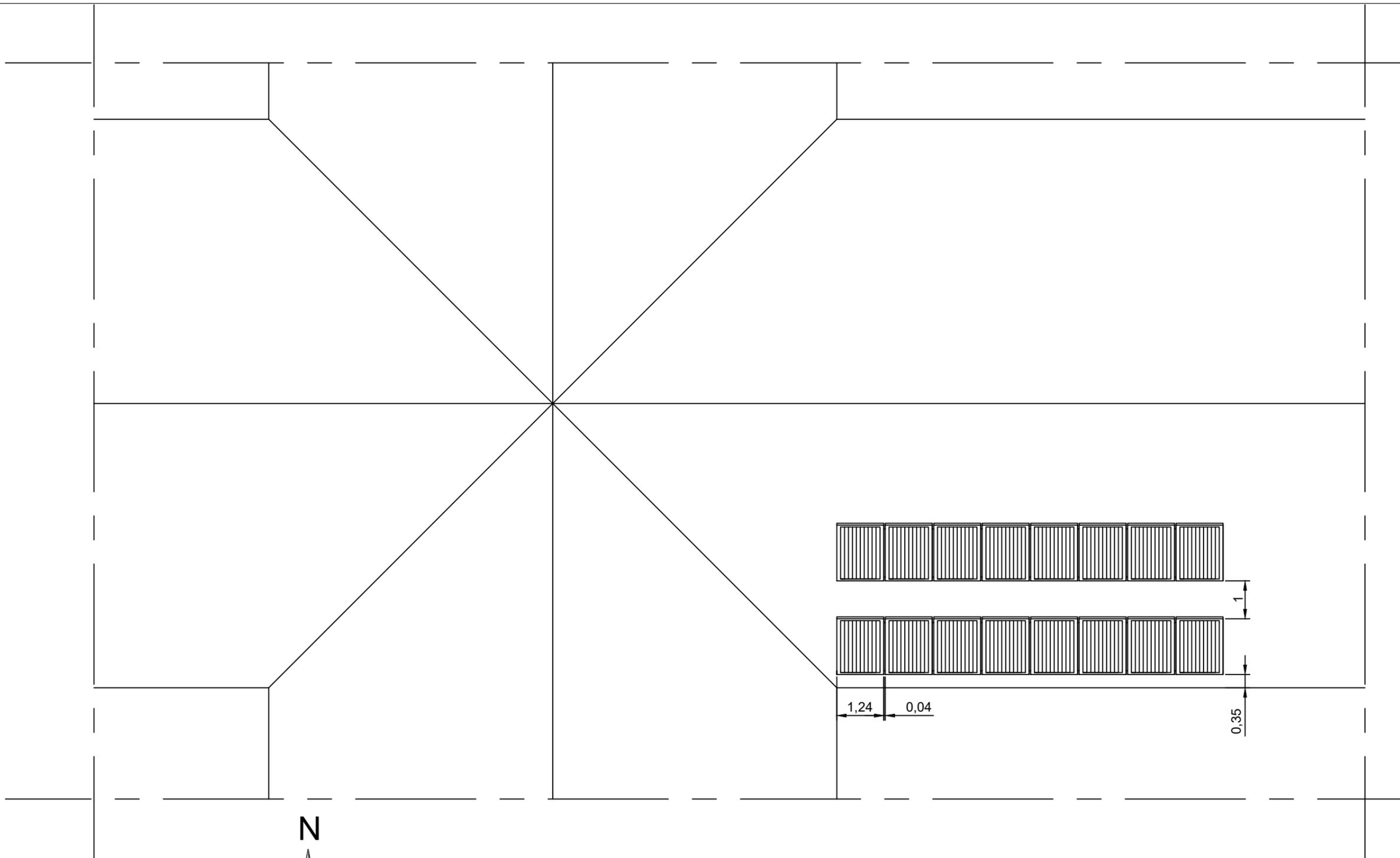
Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos E.T.S.I Industriales y T.  	Tipo de documento Plano de detalle	Creado por: Jherson Suárez Plata	
	Título. Título suplementario Esquema de la instalación	Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03
		Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es
		Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 04
			Hoja 4/9



1	Intercambiador de placas de 150 kW	17	Acero inoxidable	
1	Intercambiador de placas de 250 kW	16	Acero inoxidable	
1	Intercambiador de placas de 20 kW	15	Acero inoxidable	
3	Bomba de circulación Wilo CronoBloc	14	Acero inoxidable	Modelo 32/160-4/2
1	Bomba de circulación Wilo Stratos	13	Acero inoxidable	Modelo 30/1-4
1	Bomba de circulación Wilo Stratos	12	Acero inoxidable	Modelo 30/1-10
2	Bomba de circulación Wilo Stratos	11	Acero inoxidable	Modelo 50/1-10
1	Bomba de circulación Wilo Star-Z	10	Acero inoxidable	Modelo 25/2 EM
1	Bomba de circulación Wilo Stratos	9	Acero inoxidable	Modelo 65/1-10
1	Vaso de expansión de 500 L	8	Acero	
1	Vaso de expansión de 80 L	7	Acero	
1	Vaso de expansión de 8 L	6	Acero	
1	Depósito de inercia de 5000 L	5	Acero	
2	Acumulador de ACS de 3000 L	4	Acero inoxidable	
2	Silo de biomasa	3	Acero y tela	
2	Sistema de transporte de la biomasa	2	Acero	
1	Caldera de biomasa de 250 kW	1	Acero	
Nº de Piezas	Denominación	Marca	Material y Dim.	Observaciones

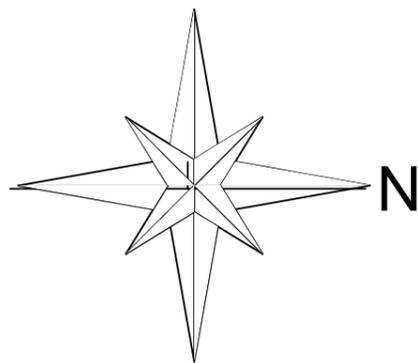
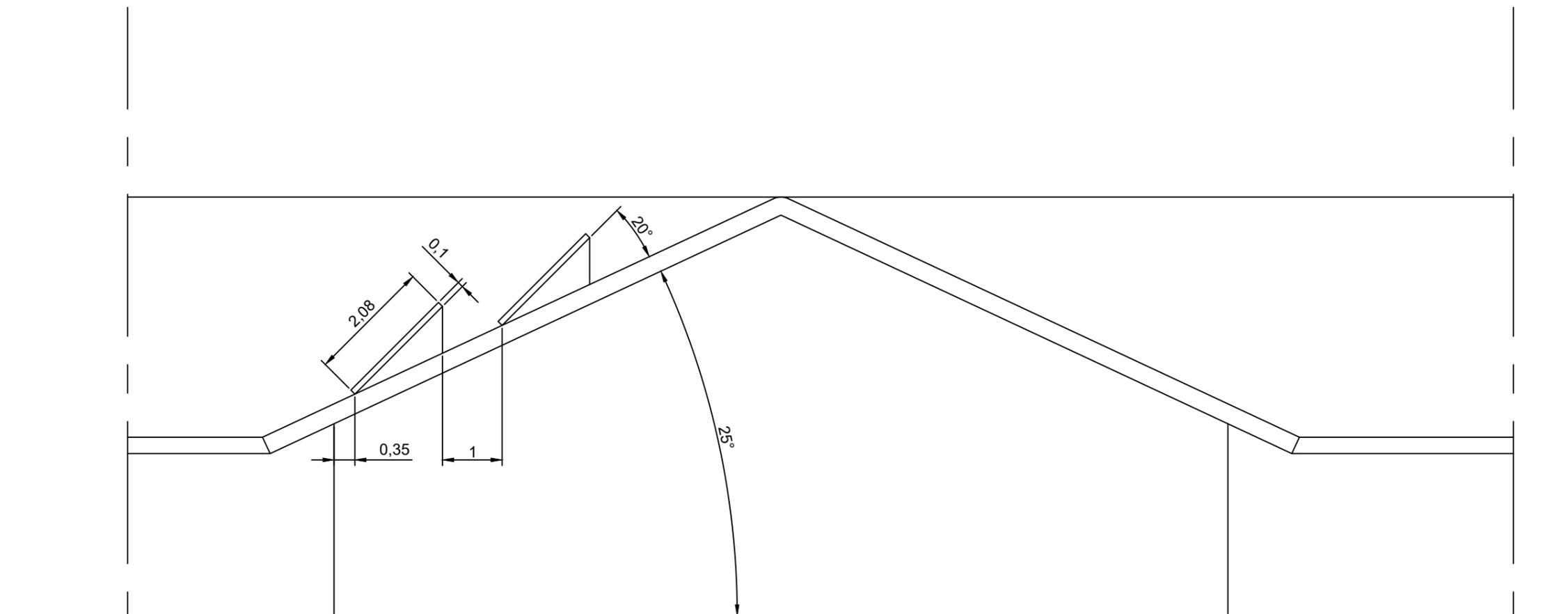
Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos	Tipo de documento Plano de detalle	Creado por: Jherson O. Suárez Plata		
E.T.S.I Industriales y T.	Título. Título suplementario Distribución en planta de la sala de calderas	Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03	
		Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es	
		Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 05	Hoja 5/9

Escala 1:70



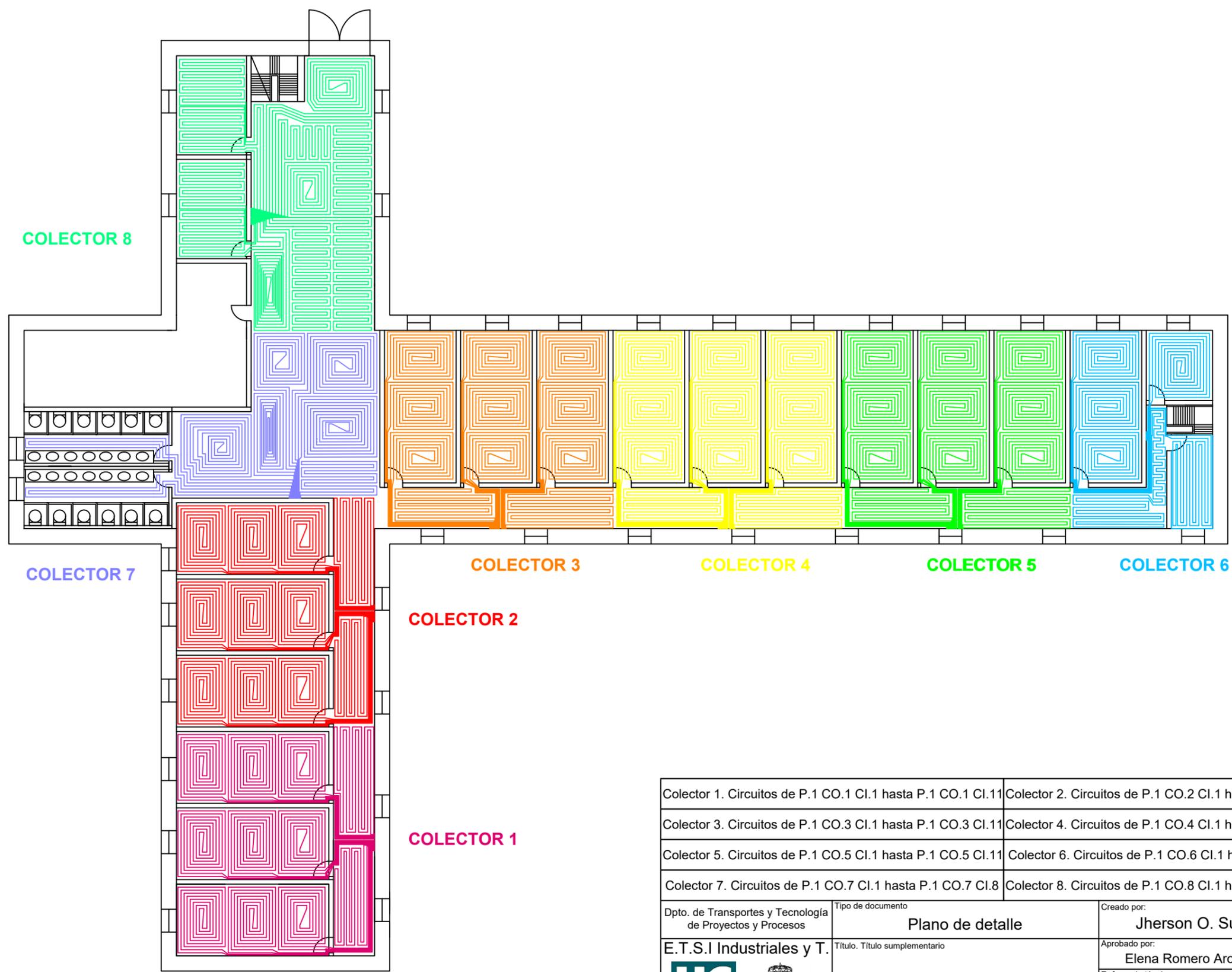
Escala 1:100

Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos	Tipo de documento Plano de detalle	Creado por: Jherson O. Suárez Plata	
E.T.S.I Industriales y T.	Título. Título suplementario	Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03
 	Disposición de los colectores solares en cubierta	Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es
		Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 06



Escala 1:75

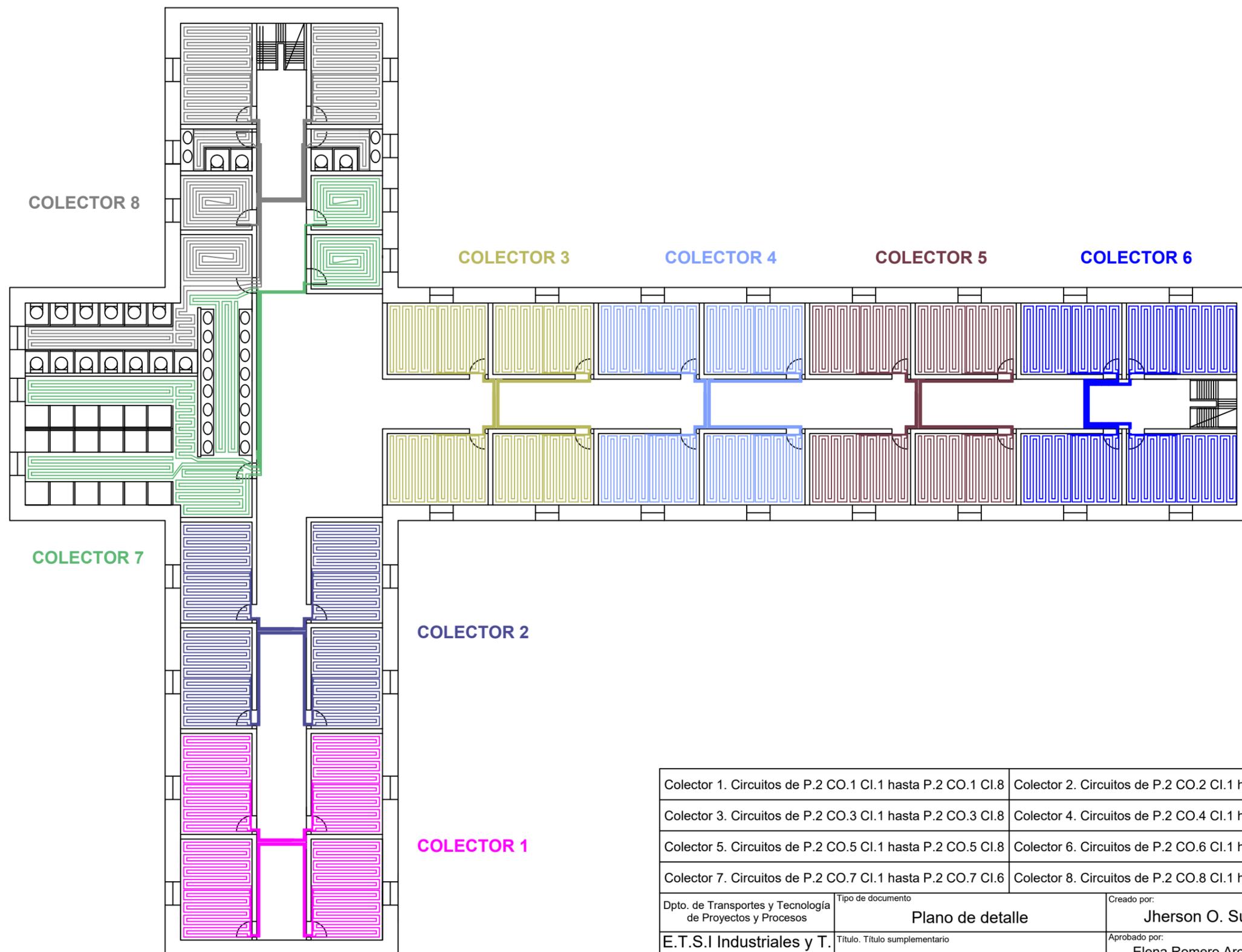
Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos	Tipo de documento Plano de detalle	Creado por: Jherson O. Suárez Plata	
E.T.S.I Industriales y T.	Título. Título suplementario Disposición en cubierta de los colectores solares	Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03
		Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es
		Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 07
			Hoja 7/9



Colector 1. Circuitos de P.1 CO.1 CI.1 hasta P.1 CO.1 CI.11	Colector 2. Circuitos de P.1 CO.2 CI.1 hasta P.1 CO.2 CI.11
Colector 3. Circuitos de P.1 CO.3 CI.1 hasta P.1 CO.3 CI.11	Colector 4. Circuitos de P.1 CO.4 CI.1 hasta P.1 CO.4 CI.11
Colector 5. Circuitos de P.1 CO.5 CI.1 hasta P.1 CO.5 CI.11	Colector 6. Circuitos de P.1 CO.6 CI.1 hasta P.1 CO.6 CI.6
Colector 7. Circuitos de P.1 CO.7 CI.1 hasta P.1 CO.7 CI.8	Colector 8. Circuitos de P.1 CO.8 CI.1 hasta P.1 CO.8 CI.11

Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos	Tipo de documento Plano de detalle	Creado por: Jherson O. Suárez Plata	
E.T.S.I Industriales y T.	Título. Título suplementario Distribución del circuito de suelo radiante en la planta 1ª	Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03
 		Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es
		Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 08


Escala 1:250



Colector 1. Circuitos de P.2 CO.1 Cl.1 hasta P.2 CO.1 Cl.8	Colector 2. Circuitos de P.2 CO.2 Cl.1 hasta P.2 CO.2 Cl.8
Colector 3. Circuitos de P.2 CO.3 Cl.1 hasta P.2 CO.3 Cl.8	Colector 4. Circuitos de P.2 CO.4 Cl.1 hasta P.2 CO.4 Cl.8
Colector 5. Circuitos de P.2 CO.5 Cl.1 hasta P.2 CO.5 Cl.8	Colector 6. Circuitos de P.2 CO.6 Cl.1 hasta P.2 CO.6 Cl.8
Colector 7. Circuitos de P.2 CO.7 Cl.1 hasta P.2 CO.7 Cl.6	Colector 8. Circuitos de P.2 CO.8 Cl.1 hasta P.2 CO.8 Cl.9

Dpto. de Transportes y Tecnología de Proyectos y Procesos	Tipo de documento Plano de detalle	Creado por: Jherson O. Suárez Plata	
E.T.S.I Industriales y T.	Título. Título suplementario Distribución de suelo radiante en plantas 2ª y 3ª	Aprobado por: Elena Romero Arozamena	Rev. 03
 		Referencia técnica: Elena Romero Arozamena	Idioma Es
		Fecha 12 Septiembre 2016	Nº de Plano 09
			Hoja 9/9

Escala 1:250

DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 4. PLIEGO DE CONDICIONES

1. DISPOSICIONES GENERALES	1
2. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULAES	1
2.1 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS	1
2.1.1 Instalación de ACS.....	1
2.1.2 Instalación de calefacción	4
2.2 ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN	7
2.2.1 Instalación de ACS.....	8
2.2.2 Instalación de calefacción	8
2.2.3 Montaje de materiales y equipos comunes.....	9
3. CONDICIONES FACULTATIVAS	9
3.1 RESPONSABILIDADES EN LA EJECUCIÓN	9

1. DISPOSICIONES GENERALES

El objeto de este pliego de condiciones técnicas es el de especificar las condiciones bajo las cuales se debe realizar la instalación de los colectores solares de energía térmica, la caldera de biomasa y el suelo radiante, además de todos sus componentes auxiliares.

Los elementos y equipos que constituyan la instalación deberán cumplir la normativa que les sea aplicable.

2. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1 ESPECIFICACIONES DE MATERIALES Y EQUIPOS

2.1.1 Instalación de ACS

Captadores

Para los absorbedores de aluminio obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

La pérdida de carga del captador para un caudal de 1 l/min por m² será inferior a 1 m.c.a.

Se ha seleccionado un captador solar plano de 2,3 m² de superficie de absorción de aluminio. Marca SONNENKRAFT modelo SKR500. El fluido que utilizarán los captadores será agua glicolada con un 30% de etilenglicol.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado equipo en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Acumuladores

Se exige que los acumuladores deberán ir equipados con un material aislante y con una protección catódica anticorrosiva para garantizar la durabilidad del equipo. También se escogerá preferentemente una configuración vertical y se ubicará en una zona interior.

Se utilizarán acumuladores verticales de acero inoxidable especialmente resistentes a la corrosión por picaduras producidas por elementos halógenos como el cloro de 3000 l de capacidad de la marca LAPESA, modelo MXV-3000 RB. También estará recubierto por un aislamiento PU rígido directamente inyectado en el molde.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado equipo en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Intercambiadores calor

El intercambiador resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación y los materiales de fabricación deberán ser acero inoxidable o cobre.

Se utilizarán intercambiadores de placas de acero inoxidable soldadas térmicamente entre sí para la instalación solar y su sistema de apoyo de 20 y 250 kW respectivamente. El material de soldadura será 99,9% cobre. Los intercambiadores serán de la marca SUICALSA modelos IPT601 y IPT607 para la instalación solar y su sistema de apoyo respectivamente.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir los citados equipos en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Bombas de circulación

Las bombas que se utilizarán deberán ser de rotor húmedo o seco, y resistentes a la corrosión. También deberán ser compatibles con el fluido de trabajo utilizada en cada circuito.

Las bombas de circulación que se utilizarán serán de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Todas serán de la marca WILO y se utilizarán los modelos Stratos y Star.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir los citados equipos en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Vasos de expansión

Los vasos de expansión mantendrán las variaciones del volumen del fluido caloportador en un circuito cerrado al variar su temperatura. Deberá soportar una presión hidráulica de 3,5 kg/cm². Tendrá timbrada la presión máxima de trabajo del sistema en frío, la cual deberá ser menor a la de la válvula de seguridad.

El vaso de expansión que se utilizará será de tipo cerrado y se colocará en la aspiración de la bomba de la instalación solar. Tendrá una capacidad de 8 litros y presión máxima de trabajo de 10 bar. El vaso de expansión será modelo 8 SMF de la marca SALVADOR ESCODA.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado equipo en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Tuberías

Las tuberías serán de cobre y seguirán las especificaciones descritas en la norma UNE-EN 1057:2007+A1. Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.

Se podrán utilizar materiales como cobre o acero inoxidable con uniones roscadas, soldadas o embridadas. En el caso de utilizar aluminio en los accesorios o en la tubería, la velocidad del fluido no será superior a 3 m/s, aun así, no se superarán los 2 m/s por problemas acústicos.

Válvulas

Las válvulas soportarán la presión y temperatura máxima de funcionamiento del circuito.

Se utilizarán válvulas de esfera para el aislamiento de los elementos de la instalación, purga de aire, vaciado y llenado. Para el equilibrado de los circuitos de los captadores solares se han utilizado válvulas de asiento inclinado.

Equipos de medición

Para la medición de la temperatura del fluido se utilizarán sondas de inmersión colocadas en el interior de vainas en el sentido contracorriente del fluido.

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnéticos, medidores de flujo de desplazamiento positivo, o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo.

La medición de la presión se realizará mediante manómetros equipados con dispositivos de amortiguación para las oscilaciones de la aguja indicadora.

Se colocarán los termómetros, caudalímetros y manómetros en zonas donde se puedan leer correctamente.

Se utilizarán termómetros bimetálicos de acero inoxidable y galvanizado con vaina de latón para medir la temperatura.

Para la medición del caudal se utilizarán caudalímetros de turbina de acero inoxidable.

Para la medición de la presión se utilizarán manómetros verticales de acero inoxidable.

Aislamiento

Se colocará aislamiento térmico en todas tuberías de la instalación de ACS de acuerdo a lo especificado en el RITE.

Se utilizará como aislante térmico de las tuberías elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC con una conductividad térmica de 0,037 W/mK a 10°C.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado material en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

2.1.2 Instalación de calefacción

Caldera

La caldera de biomasa utilizará pellets como combustible y deberá tener la potencia térmica necesaria para poder sustituir la anterior caldera de gasoil. El fabricante suministra todos los accesorios necesarios para el funcionamiento correcto de la caldera de biomasa. La caldera tendrá las siguientes características:

- Potencia de 250 kW.
- Utiliza pellets como combustible.
- Cuerpo de caldera de acero soldado.
- Depósito de combustible tolva y sinfín alimentador
- Quemador modulante con sonda de presión 0,2-0,8 bar y ventilador.
- Extractor de humos
- Control del encendido automático.
- Regulación electrónica.
- Control de la temperatura del agua mediante sonda.
- Sonda de humos.
- Variación automática de la potencia en función de la demanda.
- Sencilla regulación del tiempo de auto-mantenimiento mediante parámetro de tiempo.
- Regulación de los ciclos de limpieza y recogida de cenizas mediante parámetro de tiempo.
- Sistema de anti-condensación mediante la bomba de calefacción.
- Controles: bomba de calefacción y ACS, extractor de humos, revoluciones del ventilador de combustión, válvula de tres vías para el circuito de calefacción y suelo radiante.
- Puertas aisladas con fibra cerámica de 100 mm de espesor.
- Envolvente con lana de roca de 100 mm de espesor

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado equipo en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Silos

Deberán ser capaces de abastecer la demanda energética del colegio durante dos semanas sin necesidad de volver a llenar los silos.

Los silos que se utilizarán serán de tela con una estructura de acero galvanizado. Se ha escogido el modelo SILOSP300 de la marca TEUVENTO de 11,7 m³ de capacidad.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado equipo en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Suelo radiante

Las tuberías PEX con barrera de oxígeno cumplirán la normativa UNE-EN ISO 15875. Sistemas de canalización en materiales plásticos para instalaciones de agua caliente y fría. Polietileno reticulado (PEX).

Las tuberías empleadas en el circuito de suelo radiante serán de polietileno reticulado (PEX), en concreto el modelo Aqua Pipe en diámetro de 16 mm y espesor 1,8 mm de la marca UPONOR.

Los paneles de tetones están fabricados en poliestireno expandido modificado (NEO-EPS) con recubrimiento termoconformado con un paso de tubería de 50mm para tuberías de 16 mm de diámetro.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir los citados materiales en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Depósito de inercia

Se exige que el depósito de inercia deberá ir equipado con un material aislante y con una protección catódica anticorrosiva para garantizar la durabilidad del equipo. También se escogerá preferentemente una configuración vertical y se ubicará en una zona interior.

Se utilizará un depósito de inercia vertical de acero inoxidable especialmente resistentes a la corrosión por picaduras producidas por elementos halógenos como el cloro de 5000 l de capacidad de la marca LAPESA, modelo MV-5000-IB. También estará recubierto por un aislamiento PU rígido directamente inyectado en el molde.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado equipo en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad

Intercambiador calor

El intercambiador resistirá la presión máxima de trabajo de la instalación y los materiales de fabricación deberán ser acero inoxidable o cobre.

Se utilizará un intercambiador de placas de acero inoxidable soldadas térmicamente entre sí de 150 kW. El material de soldadura será 99,9% cobre. El intercambiador será de la marca SUICALSA modelo IPT602.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado equipo en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Bombas de circulación

Las bombas que se utilizarán deberán de ser de rotor húmedo o seco, y resistentes a la corrosión. También deberán ser compatibles con el fluido de trabajo utilizada en cada circuito.

Las bombas de circulación que se utilizarán serán de rotor húmedo con conexión embridada, motor EC con adaptación automática de potencia. Todas serán de la marca WILO y se utilizarán los modelos Stratos y CronoBloc.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir los citados equipos en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Vasos de expansión

Los vasos de expansión mantendrán las variaciones del volumen del fluido caloportador en un circuito cerrado al variar su temperatura. Deberá soportar una presión hidráulica de 3,5 kg/cm². Tendrá timbrada la presión máxima de trabajo del sistema en frío, la cual deberá ser menor a la de la válvula de seguridad.

Los vasos de expansión que se utilizarán serán de tipo cerrado y se colocarán en la aspiración de las bombas de los circuitos caldera-intercambiador y depósito de inercia-colectores, con una capacidad de 80 y 500 l respectivamente. Los modelos seleccionados son 80 AMR-P y 500 AMR-B-160(M/F) de SALVADOR ESCODA.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir los citados equipos en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

Tuberías

Las tuberías serán de cobre y seguirán las especificaciones descritas en la norma UNE-EN 1057:2007+A1. Cobre y aleaciones de cobre. Tubos redondos de cobre, sin soldadura, para agua y gas en aplicaciones sanitarias y de calefacción.

Se podrán utilizar materiales como cobre o acero inoxidable con uniones roscadas, soldadas o embridadas. En el caso de utilizar aluminio en los accesorios o en la tubería, la velocidad del fluido no será superior a 3 m/s, aun así, no se superarán los 2 m/s por problemas acústicos.

Válvulas

Las válvulas soportarán la presión y temperatura máxima de funcionamiento del circuito.

Se utilizarán válvulas de esfera para el aislamiento de los elementos de la instalación, purga de aire, vaciado y llenado.

Equipos de medición

Para la medición de la temperatura del fluido se utilizarán sondas de inmersión colocadas en el interior de vainas en el sentido contracorriente del fluido.

La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnéticos, medidores de flujo de desplazamiento positivo, o procedimientos gravimétricos o de cualquier otro tipo.

La medición de la presión se realizará mediante manómetros equipados con dispositivos de amortiguación para las oscilaciones de la aguja indicadora.

Se colocarán los termómetros, caudalímetros y manómetros en zonas donde se puedan leer correctamente.

Se utilizarán termómetros bimetálicos de acero inoxidable y galvanizado con vaina de latón para medir la temperatura.

Para la medición del caudal se utilizarán caudalímetros de turbina de acero inoxidable.

Para la medición de la presión se utilizarán manómetros verticales de acero inoxidable.

Aislamiento

Se colocará aislamiento térmico en las tuberías de la instalación de calefacción que se encuentren en el interior de la sala de calderas de acuerdo a lo especificado en el RITE.

Se utilizará como aislante térmico de las tuberías elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC con una conductividad térmica de 0,037 W/mK a 10°C.

En caso de existir la imposibilidad de adquirir el citado equipo en el momento de la instalación, se deberá sustituir por uno de similares características, e igual o mayor calidad.

2.2 ESPECIFICACIONES DE EJECUCIÓN

La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad y mantenimiento.

Se tendrán en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes de cada uno de los componentes.

2.2.1 Instalación de ACS

Colectores solares

Al estar instalados los colectores en los tejados del edificio, se deberá asegurar la estanqueidad en los puntos de anclaje.

En la instalación de los colectores se permitirá el acceso a los colectores de forma que se pueda realizar su desmontaje sin que sea necesario desmontar los demás.

2.2.2 Instalación de calefacción

Caldera y silos

La localización de la caldera en la sala de calderas se muestra en los planos. Las distancias entre las paredes y los silos de biomasa son las distancias mínimas que se especifican en el RITE y las recomendadas por el fabricante.

El montaje se realizará según las recomendaciones del fabricante.

Suelo radiante

Para la instalación del suelo radiante se seguirán las recomendaciones del fabricante de las tuberías utilizadas (UPONOR) y la norma UNE-EN 1264-4. Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 4: Instalación, algunas de las cuales son:

- La colocación de los colectores de distribución se hará de tal manera que los tubos sean lo más cortos posibles.
- Se colocarán dispositivos de equilibrado de cada circuito.
- Antes de la colocación de la placa de mortero se colocará la banda periférica de aislamiento a lo largo de las paredes y demás elementos.
- Antes del vertido del mortero todos los circuitos deben estar bajo presión.
- Antes de la colocación del pavimento se debe proceder al calentamiento inicial. Se debe realizar al menos 21 días después de la colocación de la placa de mortero.
- El calentamiento inicial de los espacios, comienza a una temperatura de suministro entre 20°C y 25°C, que debe mantenerse durante 3 días como mínimo. A continuación, debe aplicarse la temperatura máxima de diseño y mantenerse durante al menos 4 días.

2.2.3 Montaje de materiales y equipos comunes

Bombas de circulación

Las bombas en línea se instalarán con el eje de rotación horizontal y con espacio suficiente para que el conjunto motor-rodete pueda ser fácilmente desmontado.

El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba. En las cercanías de las bombas de circulación se sujetarán las tuberías.

Aislamiento

El aislamiento no podrá quedar interrumpido al atravesar elementos estructurales del edificio. Después de la instalación del aislamiento térmico, los instrumentos de medida y de control, y las válvulas del circuito deberán quedar visibles y accesibles.

Resto de elementos de la instalación

El montaje de los elementos restantes de la instalación se realizará con una suficiente accesibilidad para operaciones de reparación y sustitución.

3. CONDICIONES FACULTATIVAS

3.1 RESPONSABILIDADES EN LA EJECUCIÓN

Será responsabilidad del contratista comprobar la calidad de los materiales utilizados, de manera que cumplan lo especificado en las normas que le son de aplicación a cada elemento de la instalación. También será su responsabilidad comprobar que el edificio reúna las condiciones para soportar la instalación. Por último, será responsable de vigilar y supervisar el montaje de los diferentes elementos de la instalación.

Fdo.

Jherson O. Suárez Plata

DOCUMENTO 5. MEDICIONES

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 5. MEDICIONES

CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS.....	1
C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO.....	1
C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO.....	2
C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO	2
C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO	3
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS.....	4
C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR	4
C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR-DEPÓSITO DE INERCIA.....	5
CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE.....	6
C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES.....	6
C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE	6

CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS

C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Cantidad
Id. 1.1.01	Uds.	Captador solar plano de 2,3 m ² de superficie y placa de absorción de aluminio. Marca SONNENKRAFT modelo SKR500.	16
Id. 1.1.02	Uds.	Soporte metálico con una inclinación de 20° para 8 captadores solares. Marca SONNENKRAFT modelo SSA20R.	2
Id. 1.1.03	l	Líquido anticongelante y anticorrosivo ANTIFROST SOLAR RC (etilenglicol) para la instalación solar. Marca POTERMIC.	24
Id. 1.1.04	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 65/1-16.	1
Id. 1.1.05	Uds.	Vaso de expansión cerrado de membrana recambiable de 8 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 8 SMF.	1
Id. 1.1.06	m	Tubería de cobre de 35 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	61
Id. 1.1.07	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 32 mm.	56
Id. 1.1.08	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 40 mm.	5
Id. 1.1.09	Uds.	Válvula de asiento inclinado de latón de 1-1/4”.	2
Id. 1.1.10	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/4”.	8
Id. 1.1.11	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/4”.	1
Id. 1.1.12	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/4”.	13
Id. 1.1.13	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/4”.	6
Id. 1.1.14	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar.	3
Id. 1.1.15	Uds.	Célula solar para la medición de la intensidad de la radiación solar. Marca RESOL modelo CS10.	1

C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Cantidad
Id. 1.2.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 20 kW de potencia y 46 placas. Marca SUICALSA modelo IPT601.	1
Id. 1.2.02	Uds.	Acumulador de ACS de 3000 litros de capacidad, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MXV-3000 RB.	1
Id. 1.2.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada. Marca WILO modelo Star-Z 25/2 EM.	1
Id. 1.2.04	m	Tubería de cobre de 35 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	10
Id. 1.2.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 32 mm.	10
Id. 1.2.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/4"	4
Id. 1.2.07	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/4"	1
Id. 1.2.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/4"	10
Id. 1.2.09	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/4"	1
Id. 1.2.10	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	2
Id. 1.2.11	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de latón incluida modelo TH30.	1
Id. 1.2.12	Uds.	Sensor Grundfos Direct Sensor de la marca RESOL para la medición del caudal y la temperatura.	1

C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Cantidad
Id. 1.3.01	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 50/1-10.	1
Id. 1.3.02	m	Tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	31
Id. 1.3.03	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 54 mm y espesor de 40 mm.	31

Id. 1.3.04	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2".	6
Id. 1.3.05	Uds.	Válvula de retención universal de 2".	1
Id. 1.3.06	Uds.	Codo a 90° de cobre de 2".	13
Id. 1.3.07	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 2".	2
Id. 1.3.08	Uds.	Válvula de seguridad de latón de 2" para la caldera.	1
Id. 1.3.09	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar.	2

C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Cantidad
Id. 1.4.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 250 kW de potencia y 26 placas. Marca SUICALSA modelo IPT607.	1
Id. 1.4.02	Uds.	Acumulador de ACS de 3000 litros de capacidad, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MXV-3000 RB.	1
Id. 1.4.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 50/1-10.	1
Id. 1.4.04	m	Tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	9
Id. 1.4.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 54 mm y espesor de 40 mm.	9
Id. 1.4.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2".	6
Id. 1.4.07	Uds.	Válvula de retención universal de 2".	1
Id. 1.4.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 2".	9
Id. 1.4.09	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 2".	1
Id. 1.4.10	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar.	2
Id. 1.4.11	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	2

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS

C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR

Identificador	Unidades	Resumen	Cantidad
Id. 2.1.01	Uds.	Caldera de biomasa de 250 kW de potencia para una presión de trabajo de 4 bar y pellets como combustible. Marca YGNIS modelo VARMATIC.	1
Id. 2.1.02	Uds.	Silo de tela de 11,7 m ³ de capacidad. Marca TEUVENTO modelo SILOSP300.	2
Id. 2.1.03	Uds.	Sistema de extracción de la biomasa del silo de acero. Marca TEUVENTO modelo SE90R.	2
Id. 2.1.04	Uds.	Sistema de transporte mediante sinfín de la biomasa a la caldera de acero. Marca TEUVENTO modelo SRM44-25W.	2
Id. 2.1.05	t	Suministro de la biomasa, pellets, por parte de PELLET CANTABRIA	13
Id. 2.1.06	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 30/1-10.	1
Id. 2.1.07	Uds.	Vaso de expansión cerrado de 80 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 80 AMR-P.	1
Id. 2.1.08	m	Tubería de cobre de 42 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	43
Id. 2.1.09	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 42 mm y espesor de 40 mm.	43
Id. 2.1.10	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/2”.	6
Id. 2.1.11	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/2”.	1
Id. 2.1.12	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/2”.	10
Id. 2.1.13	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/2”.	2
Id. 2.1.14	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar.	3

Id. 2.1.15	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	1
Id. 2.1.16	Uds.	Sensor Grundfos Direct Sensor de la marca RESOL para la medición del caudal y la temperatura.	1

C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR-DEPÓSITO DE INERCIA

Identificador	Unidades	Resumen	Cantidad
Id. 2.2.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 150 kW de potencia y 66 placas. Marca SUICALSA modelo IPT602.	1
Id. 2.2.02	Uds.	Depósito de inercia de 5000 litros de capacidad para circuitos cerrados de calefacción, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MV-5000-IB.	1
Id. 2.2.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 30/1-4.	1
Id. 2.2.04	m	Tubería de cobre de 42 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	5
Id. 2.2.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 42 mm y espesor de 40 mm.	5
Id. 2.2.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/2”.	6
Id. 2.2.07	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/2”.	1
Id. 2.2.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/2”.	6
Id. 2.2.09	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar.	2
Id. 2.2.10	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	1

CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES

Identificador	Unidades	Resumen	Cantidad
Id. 3.1.01	Uds.	Bomba de circulación de rotor seco en diseño monobloc con conexión embreadada. Marca WILO modelo CronoBloc-BL 32/160-4/2.	3
Id. 3.1.02	Uds.	Vaso de expansión cerrado de 500 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 500 AMR-B-160(M/F).	1
Id. 3.1.03	m	Tubería de polietileno reticulado (PEX-a) modelo Aqua Pipe tubo en barra de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor. Marca UPONOR.	1825
Id. 3.1.04	m	Tubería de polietileno reticulado (PEX-a) modelo Aqua Pipe tubo en barra de 63 mm de diámetro y 5,8 mm de espesor. Marca UPONOR.	277
Id. 3.1.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 63 mm y espesor de 40 mm.	10
Id. 3.1.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2-1/2”.	8
Id. 3.1.07	Uds.	Válvula de retención universal de 2-1/2”.	3
Id. 3.1.08	Uds.	Codos a 90° de 2-1/2” de plástico de UPONOR.	14
Id. 3.1.09	Uds.	Codos a 90° de 1-1/4” de plástico de UPONOR.	180
Id. 3.1.10	Uds.	Conexiones tipo T 63x32x63 mm de plástico de UPONOR.	46
Id. 3.1.11	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar.	3

C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE

Identificador	Unidades	Resumen	Cantidad
Id. 3.2.01	m ²	Panel de tetones fabricado en poliestireno expandido modificado (NEO-EPS) con recubrimiento termoconformado con un paso de tubería de 50 mm para tuberías de 16 mm de diámetro.	3547,53

Id. 3.2.02	m	Banda de espuma de polietileno con doble cinta adhesiva para su unión a la pared y al panel.	1810
Id. 3.2.03	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 11 vías. Marca CABEL modelo ECO.	6
Id. 3.2.04	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 9 vías. Marca CABEL modelo ECO.	2
Id. 3.2.05	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 8 vías. Marca CABEL modelo ECO.	13
Id. 3.2.06	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 6 vías. Marca CABEL modelo ECO.	3
Id. 3.2.07	Uds.	Caja metálica para colectores plásticos ECO de 9-12 vías. Armario en chapa de acero con tapa y guías para la fijación de los colectores.	8
Id. 3.2.08	Uds.	Caja metálica para colectores plásticos ECO de 4-8 vías. Armario en chapa de acero con tapa y guías para la fijación de los colectores.	16
Id. 3.2.09	m	Tubería de polietileno reticulado eval-PEX de 16 mm de diámetro y 1,8 mm de espesor. Marca UPONOR.	18207

DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO

ÍNDICE DEL DOCUMENTO 6. PRESUPUESTO

CUADRO DE PRECIOS Nº2. PRECIOS DESGLOSADOS.....	1
CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS	1
C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO	1
C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO	3
C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO.....	6
C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO.....	7
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS .	9
C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR.....	9
C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR-DEPÓSITO DE INERCIA	11
CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE	14
C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES	14
C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE	15
CUADRO DE PRECIOS Nº1. PRECIOS UNITARIOS.....	18
CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS	18
C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO	18
C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO	19
C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO.....	20
C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO.....	21
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS	23
C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR.....	23
C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR-DEPÓSITO DE INERCIA	24
CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE	26
C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES	26
C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE	27

PRESUPUESTOS PARCIALES.....	29
CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS	29
C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO	29
C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO	30
C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO.....	31
C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO.....	32
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS	34
C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR.....	34
C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR-DEPÓSITO DE INERCIA	35
CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE	37
C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES	37
C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE	38
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.....	40
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA.....	41

CUADRO DE PRECIOS N°2. PRECIOS DESGLOSADOS

CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS

C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO

Identificador	Resumen	Precios desglosados	Precio unitario
Id. 1.1.01	Ud. Captador solar plano de 2,3 m ² de superficie y placa de absorción de aluminio. Marca SONNENKRAFT modelo SKR500.	749,00 €/ud	749,00 €
	0,25 h oficial 2ª	15,92 €/h	3,98 €
	0,25 h peón especializado	15,15 €/h	3,79 €
	0,12 h peón ordinario	14,58 €/h	1,83 €
	0,25 h conductor	16,51 €/h	4,12 €
	0,25 h grúa autopropulsada de 25 t	31,00 €/h	7,75 €
	Total		
Id. 1.1.02	Ud. Soporte metálico con una inclinación de 20° para 8 captadores solares. Marca SONNENKRAFT modelo SSA20R.	1214,00 €/ud	1214,00 €
	0,5 h oficial 2ª	15,92 €/h	7,96 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	0,25 h peón ordinario	14,58 €/h	3,66 €
	0,5 h conductor	16,51 €/h	8,24 €
	0,5 h grúa autopropulsada de 25 t	31,00 €/h	15,50 €
	Total		
Id. 1.1.03	1 l. Líquido anticongelante y anticorrosivo ANTIFROST SOLAR RC (etilenglicol) para la instalación solar. Marca POTERMIC.	4,83 €/l	4,83 €
	0,1 h peón ordinario	14,58 €/h	1,43 €
	Total		
Id. 1.1.04	Ud. Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 65/1-16.	3661,00 €/ud	3661,00 €

	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		3668,58 €
Id. 1.1.05	Ud. Vaso de expansión cerrado de membrana recambiable de 8 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 8 SMF.	30,45 €/ud	30,45 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		38,03 €
Id. 1.1.06	m Tubería de cobre de 35 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	12,03 €/m	12,03 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	0,05 h ayudante	15,30 €/h	0,77 €
	Total		13,53 €
Id. 1.1.07	m Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 32 mm.	8,84 €/m	8,84 €
	0,08 h peón ordinario	14,58 €/h	1,17 €
	Total		10,01 €
Id. 1.1.08	m Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 40 mm.	16,44 €/m	16,44 €
	0,08 h peón ordinario	14,58 €/h	1,17 €
	Total		17,61 €
Id. 1.1.09	Ud. Válvula de asiento inclinado de latón de 1-1/4"	45,55 €/ud	45,55 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		47,74 €
Id. 1.1.10	Ud. Válvulas de bola de latón de 1-1/4"	17,76 €/ud	17,76 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		19,95 €
Id. 1.1.11	Ud. Válvula de retención universal de 1-1/4"	13,30 €/ud	13,30 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		15,49 €
Id. 1.1.12	Ud. Codo a 90º de cobre de 1-1/4"	5,65 €/ud	5,65 €

	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		7,84 €
Id. 1.1.13	Ud. Conexiones tipo T de cobre de 1-1/4"	10,35 €/ud	10,35 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		12,54 €
Id. 1.1.14	Ud. Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	11,20 €/ud	11,20 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		13,39 €
Id. 1.1.15	Ud. Célula solar para la medición de la intensidad de la radiación solar. Marca RESOL modelo CS10.	78,00 €/ud	78,00 €
	0,1 h peón ordinario	14,58 €/h	1,46 €
	Total		79,46 €

C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO

Identificador	Resumen	Precios desglosados	Precio unitario
Id. 1.2.01	Ud. Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 20 kW de potencia y 46 placas. Marca SUICALSA modelo IPT601.	193,00 €/ud	193,00 €
	0,5 h peón ordinario	14,58 €/h	7,29 €
	Total		200,29 €
Id. 1.2.02	Ud. Acumulador de ACS de 3000 litros de capacidad, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MXV-3000 RB.	10270,00 €/ud	10270,00 €
	1 h oficial 1ª	16,51 €/h	16,51 €
	1 h ayudante	15,40 €/h	15,40 €
	0,5 h peón ordinario	14,58 €/h	7,29 €
	0,5 h conductor	16,51 €/h	8,24 €
	0,5 h grúa autopropulsada de 25 t	31,00 €/h	15,50 €
	Total		10332,94 €

Id. 1.2.03	Ud. Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada. Marca WILO modelo Star-Z 25/2 EM.	505,00 €/ud	505,00 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		512,58 €
Id. 1.2.04	m Tubería de cobre de 35 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	12,03 €/m	12,03 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	0,05 h ayudante	15,30 €/h	0,77 €
	Total		13,53 €
Id. 1.2.05	m Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 32 mm.	16,44 €/m	16,44 €
	0,08 h peón ordinario	14,58 €/h	1,17 €
	Total		15,75 €
Id. 1.2.06	Ud. Válvulas de bola de latón de 1-1/4"	17,76 €/ud	17,76 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		19,95 €
Id. 1.2.07	Ud. Válvula de retención universal de 1-1/4"	13,30 €/ud	13,30 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		15,49 €
Id. 1.2.08	Ud. Codo a 90° de cobre de 1-1/4"	5,65 €/ud	5,65 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		7,84 €
Id. 1.2.09	Ud. Conexiones tipo T de cobre de 1-1/4"	10,35 €/ud	10,35 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		12,54 €
Id. 1.2.10	Ud. Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	11,20 €/ud	11,20 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		13,39 €

Id. 1.2.11	Ud. Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de latón incluida modelo TH30.	36,00 €/ud	36,00 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	Total		36,73 €
Id. 1.2.12	Ud. Sensor Grundfos Direct Sensor de la marca RESOL para la medición del caudal y la temperatura.	126,00 €/ud	126,00 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	Total		126,73 €

C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO

Identificador	Resumen	Precios desglosados	Precio unitario
Id. 1.3.01	Ud. Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embridada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILLO modelo Stratos 50/1-10.	1464,00 €/ud	1464,00 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		1471,58 €
Id. 1.3.02	m Tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	23,01 €/m	23,01 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	0,05 h ayudante	15,30 €/h	0,77 €
	Total		24,51 €
Id. 1.3.03	m Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 54 mm y espesor de 40 mm.	19,37 €/m	19,37 €
	0,08 h peón ordinario	14,58 €/h	1,17 €
	Total		20,54 €
Id. 1.3.04	Ud. Válvulas de bola de latón de 2"	43,40 €/ud	43,40 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		45,59 €
Id. 1.3.05	Ud. Válvula de retención universal de 2"	27,29 €/ud	27,29 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		29,48 €
Id. 1.3.06	Ud. Codo a 90° de cobre de 2"	21,78 €/ud	21,78 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		23,97 €
Id. 1.3.07	Ud. Conexiones tipo T de cobre de 2"	32,54 €/ud	32,54 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		34,73 €
Id. 1.3.08	Ud. Válvula de seguridad de latón de 2" para la caldera	166,61 €/ud	166,61 €

	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		168,80 €
Id. 1.3.09	Ud. Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	11,20 €/ud	11,20 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		13,39 €

C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO

Identificador	Resumen	Precios desglosados	Precio unitario
Id. 1.4.01	Ud. Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 250 kW de potencia y 26 placas. Marca SUICALSA modelo IPT607.	828,00 €/ud	828,00 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		835,58 €
Id. 1.4.02	Ud. Acumulador de ACS de 3000 litros de capacidad, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MXV-3000 RB.	10270,00 €/ud	10270,00 €
	1 h oficial 1ª	16,51 €/h	16,51 €
	1 h ayudante	15,40 €/h	15,40 €
	0,5 h peón ordinario	14,58 €/h	7,29 €
	0,5 h conductor	16,51 €/h	8,24 €
	0,5 h grúa autopropulsada de 25 t	31,00 €/h	15,50 €
	Total		10332,94 €
Id. 1.4.03	Ud. Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embridada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 50/1-10.	1464,00 €/ud	1464,00 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		1471,58 €
Id. 1.4.04	m Tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	23,01 €/m	23,01 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €

	0,05 h ayudante	15,30 €/h	0,77 €
	Total		24,51 €
Id. 1.4.05	m Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 54 mm y espesor de 40 mm.	19,37 €/m	19,37 €
	0,08 h peón ordinario	14,58 €/h	1,17 €
	Total		20,54 €
Id. 1.4.06	Ud. Válvulas de bola de latón de 2"	43,40 €/ud	43,40 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		45,59 €
Id. 1.4.07	Ud. Válvula de retención universal de 2"	27,29 €/ud	27,29 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		29,48 €
Id. 1.4.08	Ud. Codo a 90° de cobre de 2"	21,78 €/ud	21,78 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		23,97 €
Id. 1.4.09	Ud. Conexiones tipo T de cobre de 2"	32,54 €/ud	32,54 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		34,73 €
Id. 1.4.10	Ud. Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	11,20 €/ud	11,20 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		13,39 €
Id. 1.4.11	Ud. Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	36,00 €/ud	36,00 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		38,19 €

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS

C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR

Identificador	Resumen	Precios desglosados	Precio unitario
Id. 2.1.01	Ud. Caldera de biomasa de 250 kW de potencia para una presión de trabajo de 4 bar y pellets como combustible. Marca YGNIS modelo VARMATIC.	37191,00 €/ud	37191,00 €
	1,5 h oficial 1ª	16,51 €/h	24,77 €
	1,5 h ayudante	15,40 €/h	23,10 €
	1 h peón ordinario	14,58 €/h	14,58 €
	1 h conductor	16,51 €/h	16,51 €
	1 h grúa autopropulsada de 25 t	31,00 €/h	31,00 €
	Total		
Id. 2.1.02	Ud. Silo de tela de 11,7 metros cúbicos de capacidad. Marca TEUVENTO modelo SILOSP300.	2588,00 €/ud	2588,00 €
	2 h peón ordinario	14,58 €/h	29,16 €
	Total		
Id. 2.1.03	Ud. Sistema de extracción de la biomasa del silo de acero. Marca TEUVENTO modelo SE90R.	315,00 €/ud	315,00 €
	0,3 h peón ordinario	14,58 €/h	4,38 €
	Total		
Id. 2.1.04	Ud. Sistema de transporte mediante sinfín de la biomasa a la caldera de acero. Marca TEUVENTO modelo SRM44-25W.	752,00 €/ud	752,00 €
	1 h peón ordinario	14,58 €/h	14,58 €
	Total		
Id. 2.1.05	t Suministro de la biomasa, pellets, por parte de PELLET CANTABRIA	215,00 €/t	215,00 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		

Id. 2.1.06	Ud. Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 30/1-10.	1199,00 €/ud	1199,00 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		1206,58 €
Id. 2.1.07	Ud. Vaso de expansión cerrado de 80 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 80 AMR-P.	210,81 €/ud	210,81 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		218,39 €
Id. 2.1.08	m Tubería de cobre de 42 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	14,72 €/m	14,72 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	0,05 h ayudante	15,30 €/h	0,77 €
	Total		16,22 €
Id. 2.1.09	m Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 42 mm y espesor de 40 mm.	17,71 €/m	17,71 €
	0,08 h peón ordinario	14,58 €/h	1,17 €
	Total		18,88 €
Id. 2.1.10	Ud. Válvulas de bola de latón de 1-1/2"	30,60 €/ud	30,60 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		32,79 €
Id. 2.1.11	Ud. Válvula de retención universal de 1-1/2"	17,74 €/ud	17,74 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		19,93 €
Id. 2.1.12	Ud. Codo a 90° de cobre de 1-1/2"	7,84 €/ud	7,84 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		10,03 €
Id. 2.1.13	Ud. Conexiones tipo T de cobre de 1-1/2"	19,51 €/ud	19,51 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		21,70 €

Id. 2.1.14	Ud. Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	11,20 €/ud	11,20 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		13,39 €
Id. 2.1.15	Ud. Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	36,00 €/ud	36,00 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	Total		36,73 €
Id. 2.1.16	Ud. Sensor Grundfos Direct Sensor de la marca RESOL para la medición del caudal y la temperatura.	126,00 €/ud	126,00 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	Total		126,73€

C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR- DEPÓSITO DE INERCIA

Identificador	Resumen	Precios desglosados	Precio unitario
Id. 2.2.01	Ud. Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 150 kW de potencia y 66 placas. Marca SUICALSA modelo IPT602.	446,00 €/ud	446,00 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		453,58 €
Id. 2.2.02	Ud. Depósito de inercia de 5000 litros de capacidad para circuitos cerrados de calefacción, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MV-5000-IB.	6491,00 €/ud	6491,00 €
	1 h oficial 1ª	16,51 €/h	16,51 €
	1 h ayudante	15,40 €/h	15,40 €
	0,5 h peón ordinario	14,58 €/h	7,29 €
	0,5 h conductor	16,51 €/h	8,24 €
	0,5 h grúa autopropulsada de 25 t	31,00 €/h	15,50 €
	Total		6553,94 €

Id. 2.2.03	Ud. Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 30/1-4.	862,00 €/ud	862,00 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		869,58 €
Id. 2.2.04	m Tubería de cobre de 42 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	14,72 €/m	14,72 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €
	0,05 h ayudante	15,30 €/h	0,77 €
	Total		16,22 €
Id. 2.2.05	m Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 42 mm y espesor de 40 mm.	17,71 €/m	17,71 €
	0,08 h peón ordinario	14,58 €/h	1,17 €
	Total		18,88 €
Id. 2.2.06	Ud. Válvulas de bola de latón de 1-1/2"	30,60 €/ud	30,60 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		32,79 €
Id. 2.2.07	Ud. Válvula de retención universal de 1-1/2"	17,74 €/ud	17,74 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		19,93 €
Id. 2.2.08	Ud. Codo a 90° de cobre de 1-1/2"	7,84 €/ud	7,84 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		10,03 €
Id. 2.2.09	Ud. Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	11,20 €/ud	11,20 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		13,39 €
Id. 2.2.10	Ud. Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	36,00 €/ud	36,00 €
	0,05 h peón ordinario	14,58 €/h	0,73 €

	Total	36,73 €
--	--------------	----------------

CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES

Identificador	Resumen	Precios desglosados	Precio unitario
Id. 3.1.01	Ud. Bomba de circulación de rotor seco en diseño monobloc con conexión embreada. Marca Wilo modelo CronoBloc-BL 32/160-4/2.	1557,00 €/ud	1557,00 €
	1,5 h peón especializado	15,15 €/h	22,73 €
	Total		1579,73 €
Id. 3.1.02	Ud. Vaso de expansión cerrado de 500 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 500 AMR-B-160(M/F).	967,58 €/ud	967,58 €
	0,5 h peón especializado	15,15 €/h	7,58 €
	Total		975,16 €
Id. 3.1.03	m Tubería de polietileno reticulado (PEX-a) modelo Aqua Pipe tubo en barra de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor. Marca UPONOR.	7,17 €/m	7,17 €
	0,1 h peón ordinario	14,58 €/h	1,46 €
	0,1 h ayudante	15,30 €/h	1,53 €
	Total		10,16 €
Id. 3.1.04	m Tubería de polietileno reticulado (PEX-a) modelo Aqua Pipe tubo en barra de 63 mm de diámetro y 5,8 mm de espesor. Marca UPONOR.	23,53 €/m	23,53 €
	0,1 h peón ordinario	14,58 €/h	1,46 €
	0,1 h ayudante	15,30 €/h	1,53 €
	Total		26,52 €
Id. 3.1.05	m Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 63 mm y espesor de 40 mm.	19,93 €/m	19,93 €
	0,1 h peón ordinario	14,58 €/h	1,46 €
	Total		21,39 €
Id. 3.1.06	Ud. Válvulas de bola de latón de 2-1/2"	100,93 €/ud	100,93 €

	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		103,12 €
Id. 3.1.07	Ud. Válvula de retención universal de 2-1/2"	53,83 €/ud	53,83 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		56,02 €
Id. 3.1.08	Ud. Codos a 90° de 2-1/2" de plástico de UPONOR	59,04 €/ud	59,04 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		61,23 €
Id. 3.1.09	Ud. Codos a 90° de 1-1/4" de plástico de UPONOR	9,51 €/ud	9,51 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		11,70 €
Id. 3.1.10	Ud. Conexiones tipo T 63x32x63 mm de plástico de UPONOR	81,03 €/ud	81,03 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		83,22 €
Id. 3.1.11	Ud. Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	11,20 €/ud	11,20 €
	0,15 h peón ordinario	14,58 €/h	2,19 €
	Total		13,39 €

C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE

Identificador	Resumen	Precios desglosados	Precio unitario
Id. 3.2.01	m ² Panel de tetones fabricado en poliestireno expandido modificado (NEO-EPS) con recubrimiento termoconformado con un paso de tubería de 50 mm para tuberías de 16 mm de diámetro.	18,50 €/m ²	18,50 €
	2 h peón especializado	15,15 €/h	30,30 €
	Total		48,80 €
Id. 3.2.02	m Banda de espuma de polietileno con doble cinta adhesiva para su unión a la pared y al panel.	1,99 €/m	1,99 €

	0,1 h peón especializado	15,15 €/h	1,60 €
	Total		3,59 €
Id. 3.2.03	Ud. Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 11 vías. Marca CABEL modelo ECO.	397,27 €/ud	397,27 €
	1 h peón ordinario	14,58 €/h	14,58 €
	Total		411,85 €
Id. 3.2.04	Ud. Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 9 vías. Marca CABEL modelo ECO.	342,63 €/ud	342,63 €
	1 h peón ordinario	14,58 €/h	14,58 €
	Total		357,21 €
Id. 3.2.05	Ud. Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 8 vías. Marca CABEL modelo ECO.	317,56 €/ud	317,56 €
	1 h peón ordinario	14,58 €/h	14,58 €
	Total		332,14 €
Id. 3.2.06	Ud. Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 6 vías. Marca CABEL modelo ECO.	262,92 €/ud	262,92 €
	1 h peón ordinario	14,58 €/h	14,58 €
	Total		277,50 €
Id. 3.2.07	Ud. Caja metálica para colectores plásticos ECO de 9-12 vías. Armario en chapa de acero con tapa y guías para la fijación de los colectores.	177,57 €/ud	177,57 €
	0,5 h peón ordinario	14,58 €/h	7,29 €
	Total		184,86 €
Id. 3.2.08	Ud. Caja metálica para colectores plásticos ECO de 4-8 vías. Armario en chapa de acero con tapa y guías para la fijación de los colectores.	143,00 €/ud	143,00 €
	0,5 h peón ordinario	14,58 €/h	7,29 €
	Total		150,29 €
Id. 3.2.09	m Tubería de polietileno reticulado eval-PEX de 16 mm de diámetro y 1,8 mm de espesor. Marca UPONOR.	2,28 €/m	2,28 €
	0,2 h peón especializado	15,15 €/h	3,03 €

	Total	5,31 €
--	--------------	---------------

Fdo.

Jherson O. Suárez Plata

CUADRO DE PRECIOS Nº1. PRECIOS UNITARIOS

CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS

C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Precio en cifras	Precio en letras
Id. 1.1.01	Uds.	Captador solar plano de 2,3 m ² de superficie y placa de absorción de aluminio. Marca SONNENKRAFT modelo SKR500.	770,47 €	Setecientos setenta euros con cuarenta y siete céntimos.
Id. 1.1.02	Uds.	Soporte metálico con una inclinación de 20° para 8 captadores solares. Marca SONNENKRAFT modelo SSA20R.	1256,94 €	Mil doscientos cincuenta y seis euros con noventa y cuatro céntimos.
Id. 1.1.03	l	Líquido anticongelante y anticorrosivo ANTIFROST SOLAR RC (etilenglicol) para la instalación solar. Marca POTERMIC.	6,26 €	Seis euros con veinte seis céntimos.
Id. 1.1.04	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 65/1-16.	3668,58 €	Tres mil seiscientos sesenta y ocho euros con cincuenta y ocho céntimos.
Id. 1.1.05	Uds.	Vaso de expansión cerrado de membrana recambiable de 8 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 8 SMF.	38,03 €	Treinta y ocho euros con tres céntimos.
Id. 1.1.06	m	Tubería de cobre de 35 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	13,53 €	Trece euros con cincuenta y tres céntimos.
Id. 1.1.07	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 32 mm.	10,01 €	Diez euros y un céntimo.
Id. 1.1.08	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 40 mm.	17,61 €	Diecisiete euros con sesenta y un céntimos.
Id. 1.1.09	Uds.	Válvula de asiento inclinado de latón de 1-1/4"	47,74 €	Cuarenta y siete euros con

				setenta y cuatro céntimos.
Id. 1.1.10	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/4"	19,95 €	Diecinueve euros con noventa y cinco céntimos.
Id. 1.1.11	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/4"	15,49 €	Quince euros con cuarenta y nueve céntimos.
Id. 1.1.12	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/4"	7,84 €	Siete euros con ochenta y cuatro céntimos.
Id. 1.1.13	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/4"	12,54 €	Doce euros con cincuenta y cuatro céntimos.
Id. 1.1.14	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	Trece euros con treinta y nueve céntimos.
Id. 1.1.15	Uds.	Célula solar para la medición de la intensidad de la radiación solar. Marca RESOL modelo CS10.	79,46 €	Setenta y nueve euros con cuarenta y seis céntimos.

C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Precio en cifras	Precio en letras
Id. 1.2.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 20 kW de potencia y 46 placas. Marca SUICALSA modelo IPT601.	200,29 €	Doscientos euros con veintinueve céntimos.
Id. 1.2.02	Uds.	Acumulador de ACS de 3000 litros de capacidad, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MXV-3000 RB.	10332,94 €	Diez mil trescientos treinta y dos euros con noventa y cuatro céntimos.
Id. 1.2.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada. Marca WILO modelo Star-Z 25/2 EM.	512,58 €	Quinientos doce euros con cincuenta y ocho céntimos.
Id. 1.2.04	m	Tubería de cobre de 35 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	13,53 €	Trece euros con cincuenta y tres céntimos.
Id. 1.2.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril –	15,75 €	Quince euros con setenta y cinco céntimos.

		PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 32 mm.		
Id. 1.2.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/4"	19,95 €	Diecinueve euros con noventa y cinco céntimos.
Id. 1.2.07	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/4"	15,49 €	Quince euros con cuarenta y nueve céntimos.
Id. 1.2.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/4"	7,84 €	Siete euros con ochenta y cuatro céntimos.
Id. 1.2.09	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/4"	12,54 €	Doce euros con cincuenta y cuatro céntimos.
Id. 1.2.10	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	Trece euros con treinta y nueve céntimos.
Id. 1.2.11	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de latón incluida modelo TH30.	36,73 €	Treinta y seis euros con setenta y tres céntimos.
Id. 1.2.12	Uds.	Sensor Grundfos Direct Sensor de la marca RESOL para la medición del caudal y la temperatura.	126,73 €	Ciento veintiséis euros con setenta y tres céntimos.

C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Precio en cifras	Precio en letras
Id. 1.3.01	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 50/1-10.	1471,58 €	Mil cuatrocientos setenta y un euros con cincuenta y ocho céntimos.
Id. 1.3.02	m	Tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	24,51 €	Veinticuatro euros con cincuenta y un céntimos.
Id. 1.3.03	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1	20,54 €	Veinte euros con cincuenta y cuatro céntimos.

		de diámetro interior de 54 mm y espesor de 40 mm.		
Id. 1.3.04	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2"	45,59 €	Cuarenta y cinco euros con cincuenta y nueve céntimos.
Id. 1.3.05	Uds.	Válvula de retención universal de 2"	29,48 €	Veintinueve euros con cuarenta y ocho céntimos.
Id. 1.3.06	Uds.	Codo a 90° de cobre de 2"	23,97 €	Veintitrés euros con noventa y siete céntimos.
Id. 1.3.07	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 2"	34,73 €	Treinta y cuatro euros con setenta y tres céntimos.
Id. 1.3.08	Uds.	Válvula de seguridad de latón de 2" para la caldera	168,80 €	Ciento sesenta y ocho euros con ochenta céntimos.
Id. 1.3.09	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	Trece euros con treinta y nueve céntimos.

C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Precio en cifras	Precio en letras
Id. 1.4.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 250 kW de potencia y 26 placas. Marca SUICALSA modelo IPT607.	835,58 €	Ochocientos treinta y cinco euros con cincuenta y ocho céntimos.
Id. 1.4.02	Uds.	Acumulador de ACS de 3000 litros de capacidad, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MXV-3000 RB.	10332,94 €	Diez mil trescientos treinta y dos euros con noventa y cuatro céntimos.
Id. 1.4.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 50/1-10.	1471,58 €	Mil cuatrocientos setenta y un euros con cincuenta y ocho céntimos.

Id. 1.4.04	m	Tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	24,51 €	Veinticuatro euros con cincuenta y un céntimos.
Id. 1.4.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 54 mm y espesor de 40 mm.	20,54 €	Veinte euros con cincuenta y cuatro céntimos.
Id. 1.4.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2"	45,59 €	Cuarenta y cinco euros con cincuenta y nueve euros.
Id. 1.4.07	Uds.	Válvula de retención universal de 2"	29,48 €	Veintinueve euros con cuarenta y ocho céntimos.
Id. 1.4.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 2"	23,97 €	Veintitrés euros con noventa y siete céntimos.
Id. 1.4.09	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 2"	34,73 €	Treinta y cuatro euros con setenta y tres céntimos.
Id. 1.4.10	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	Trece euros con treinta y nueve céntimos.
Id. 1.4.11	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	38,19 €	Treinta y ocho euros con diecinueve céntimos.

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS

C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR

Identificador	Unidades	Resumen	Precio en cifras	Precio en letras
Id. 2.1.01	Uds.	Caldera de biomasa de 250 kW de potencia para una presión de trabajo de 4 bar y pellets como combustible. Marca YGNIS modelo VARMATIC.	37300,96 €	Treinta y siete mil trescientos euros con noventa y seis céntimos.
Id. 2.1.02	Uds.	Silo de tela de 11,7 metros cúbicos de capacidad. Marca TEUVENTO modelo SILOSP300.	2617,16 €	Dos mil seiscientos diecisiete euros con dieciséis céntimos.
Id. 2.1.03	Uds.	Sistema de extracción de la biomasa del silo de acero. Marca TEUVENTO modelo SE90R.	319,38 €	Trescientos noventa y nueve euros con treinta y ocho céntimos.
Id. 2.1.04	Uds.	Sistema de transporte mediante sinfín de la biomasa a la caldera de acero. Marca TEUVENTO modelo SRM44-25W.	766,58 €	Setecientos sesenta y seis euros con cincuenta y ocho céntimos.
Id. 2.1.05	t	Suministro de la biomasa, pellets, por parte de PELLET CANTABRIA	217,19 €	Doscientos diecisiete euros con diecinueve céntimos.
Id. 2.1.06	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 30/1-10.	1206,58 €	Mil doscientos seis euros con cincuenta y ocho céntimos.
Id. 2.1.07	Uds.	Vaso de expansión cerrado de 80 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 80 AMR-P.	218,39 €	Doscientos dieciocho euros con treinta y nueve céntimos.
Id. 2.1.08	m	Tubería de cobre de 42 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	16,22 €	Dieciséis euros con veintidós céntimos.
Id. 2.1.09	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 42 mm y espesor de 40 mm.	18,88 €	Dieciocho euros con ochenta y ocho céntimos.

Id. 2.1.10	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/2"	32,79 €	Treinta y dos euros con setenta y nueve céntimos.
Id. 2.1.11	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/2"	19,93 €	Diecinueve euros con noventa y tres céntimos.
Id. 2.1.12	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/2"	10,03 €	Diez euros con tres céntimos.
Id. 2.1.13	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/2"	21,70 €	Veintiún euros con setenta céntimos.
Id. 2.1.14	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar.	13,39 €	Trece euros con treinta y nueve céntimos.
Id. 2.1.15	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	36,73 €	Treinta y seis euros con setenta y tres céntimos.
Id. 2.1.16	Uds.	Sensor Grundfos Direct Sensor de la marca RESOL para la medición del caudal y la temperatura.	126,73€	Ciento veintiséis euros con setenta y tres céntimos.

C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR- DEPÓSITO DE INERCIA

Identificador	Unidades	Resumen	Precio en cifras	Precio en letras
Id. 2.2.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 150 kW de potencia y 66 placas. Marca SUICALSA modelo IPT602.	453,58 €	Cuatrocientos cincuenta y tres euros con cincuenta y ocho céntimos.
Id. 2.2.02	Uds.	Depósito de inercia de 5000 litros de capacidad para circuitos cerrados de calefacción, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MV-5000-IB.	6553,94 €	Seis mil quinientos cincuenta y tres euros con noventa y cuatro céntimos.
Id. 2.2.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 30/1-4.	869,58 €	Ochocientos sesenta y nueve euros con cincuenta y ocho céntimos.

Id. 2.2.04	m	Tubería de cobre de 42 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	16,22 €	Dieciséis euros con veintidós céntimos.
Id. 2.2.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 42 mm y espesor de 40 mm.	18,88 €	Dieciocho euros con ochenta y ocho céntimos.
Id. 2.2.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/2"	32,79 €	Treinta y dos euros con setenta y nueve céntimos.
Id. 2.2.07	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/2"	19,93 €	Diecinueve euros con noventa y tres céntimos.
Id. 2.2.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/2"	10,03 €	Diez euros con tres céntimos.
Id. 2.2.09	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	Trece euros con treinta y nueve céntimos.
Id. 2.2.10	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	36,73 €	Treinta y seis euros con setenta y tres céntimos.

CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES

Identificador	Unidades	Resumen	Precio en cifras	Precio en letras
Id. 3.1.01	Uds.	Bomba de circulación de rotor seco en diseño monobloc con conexión embreada. Marca Wilo modelo CronoBloc-BL 32/160-4/2.	1579,73 €	Mil quinientos setenta y nueve euros con setenta y tres céntimos.
Id. 3.1.02	Uds.	Vaso de expansión cerrado de 500 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 500 AMR-B-160(M/F).	975,16 €	Novocientos setenta y cinco euros con dieciséis céntimos.
Id. 3.1.03	m	Tubería de polietileno reticulado (PEX-a) modelo Aqua Pipe tubo en barra de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor. Marca UPONOR.	10,16 €	Diez euros con dieciséis céntimos.
Id. 3.1.04	m	Tubería de polietileno reticulado (PEX-a) modelo Aqua Pipe tubo en barra de 63 mm de diámetro y 5,8 mm de espesor. Marca UPONOR.	26,52 €	Veintiséis euros con cincuenta y dos céntimos.
Id. 3.1.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 63 mm y espesor de 40 mm.	21,39 €	Veintiún euros con treinta y nueve céntimos.
Id. 3.1.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2-1/2"	103,12 €	Ciento tres euros con doce céntimos.
Id. 3.1.07	Uds.	Válvula de retención universal de 2-1/2"	56,02 €	Cincuenta y seis euros con dos céntimos.
Id. 3.1.08	Uds.	Codos a 90° de 2-1/2" de plástico de UPONOR	61,23 €	Sesenta y un euros con veintitrés céntimos.
Id. 3.1.09	Uds.	Codos a 90° de 1-1/4" de plástico de UPONOR	11,70 €	Once euros con setenta céntimos.
Id. 3.1.10	Uds.	Conexiones tipo T 63x32x63 mm de plástico de UPONOR	83,22 €	Ochenta y tres euros con veintidós céntimos.

Id. 3.1.11	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	Trece euros con treinta y nueve céntimos.
------------	------	---	---------	---

C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE

Identificador	Unidades	Resumen	Precio en cifras	Precio en letras
Id. 3.2.01	m ²	Panel de tetones fabricado en poliestireno expandido modificado (NEO-EPS) con recubrimiento termoconformado con un paso de tubería de 50 mm para tuberías de 16 mm de diámetro.	48,80 €	Cuarenta y ocho euros con ochenta céntimos.
Id. 3.2.02	m	Banda de espuma de polietileno con doble cinta adhesiva para su unión a la pared y al panel.	3,59 €	Tres euros con cincuenta y nueve céntimos.
Id. 3.2.03	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 11 vías. Marca CABEL modelo ECO.	411,85 €	Cuatrocientos once euros con ochenta y cinco céntimos.
Id. 3.2.04	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 9 vías. Marca CABEL modelo ECO.	357,21 €	Trescientos cincuenta y siete euros con veintiún céntimos.
Id. 3.2.05	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 8 vías. Marca CABEL modelo ECO.	332,14 €	Trescientos treinta y dos euros con catorce céntimos.
Id. 3.2.06	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 6 vías. Marca CABEL modelo ECO.	277,50 €	Doscientos setenta y siete euros con cincuenta céntimos.
Id. 3.2.07	Uds.	Caja metálica para colectores plásticos ECO de 9-12 vías. Armario en chapa de acero con tapa y guías para la fijación de los colectores.	184,86 €	Ciento ochenta y cuatro euros con ochenta y seis céntimos.
Id. 3.2.08	Uds.	Caja metálica para colectores plásticos ECO de 4-8 vías. Armario en chapa de acero con tapa y guías para la fijación de los colectores.	150,29 €	Ciento cincuenta euros con veintinueve céntimos.

Id. 3.2.09	m	Tubería de polietileno reticulado eval-PEX de 16 mm de diámetro y 1,8 mm de espesor. Marca UPONOR.	5,31 €	Cinco euros con treinta y un céntimos.
------------	---	--	--------	--

Fdo.

Jherson O. Suárez Plata

PRESUPUESTOS PARCIALES

CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS

C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Precio unitario	Cantidad	Precio
Id. 1.1.01	Uds.	Captador solar plano de 2,3 m ² de superficie y placa de absorción de aluminio. Marca SONNENKRAFT modelo SKR500.	770,47 €	16	12327,52 €
Id. 1.1.02	Uds.	Soporte metálico con una inclinación de 20° para 8 captadores solares. Marca SONNENKRAFT modelo SSA20R.	1256,94 €	2	2513,88 €
Id. 1.1.03	l	Líquido anticongelante y anticorrosivo ANTIFROST SOLAR RC (etilenglicol) para la instalación solar. Marca POTERMIC.	6,26 €	24	150,24 €
Id. 1.1.04	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 65/1-16.	3668,58 €	1	3668,58 €
Id. 1.1.05	Uds.	Vaso de expansión cerrado de membrana recambiable de 8 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 8 SMF.	38,03 €	1	38,03 €
Id. 1.1.06	m	Tubería de cobre de 35 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	13,53 €	61	825,33 €
Id. 1.1.07	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 32 mm.	10,01 €	56	560,56 €
Id. 1.1.08	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1	17,61 €	5	88,05 €

		de diámetro interior de 35 mm y espesor de 40 mm.			
Id. 1.1.09	Uds.	Válvula de asiento inclinado de latón de 1-1/4"	47,74 €	2	95,48 €
Id. 1.1.10	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/4"	19,95 €	8	159,60 €
Id. 1.1.11	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/4"	15,49 €	1	15,49 €
Id. 1.1.12	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/4"	7,84 €	13	101,92 €
Id. 1.1.13	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/4"	12,54 €	6	75,24 €
Id. 1.1.14	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	3	40,17 €
Id. 1.1.15	Uds.	Célula solar para la medición de la intensidad de la radiación solar. Marca RESOL modelo CS10.	79,46 €	1	79,46 €
TOTAL C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO					20739,55 €

C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Precio unitario	Cantidad	Precio
Id. 1.2.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 20 kW de potencia y 46 placas. Marca SUICALSA modelo IPT601.	200,29 €	1	200,29 €
Id. 1.2.02	Uds.	Acumulador de ACS de 3000 litros de capacidad, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MXV-3000 RB.	10332,94 €	1	10332,94 €
Id. 1.2.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada. Marca WILO modelo Star-Z 25/2 EM.	512,58 €	1	512,58 €

Id. 1.2.04	m	Tubería de cobre de 35 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	13,53 €	10	135,30 €
Id. 1.2.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 35 mm y espesor de 32 mm.	15,75 €	10	157,50 €
Id. 1.2.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/4"	19,95 €	4	19,80 €
Id. 1.2.07	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/4"	15,49 €	1	15,49 €
Id. 1.2.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/4"	7,84 €	10	78,40 €
Id. 1.2.09	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/4"	12,54 €	1	12,54 €
Id. 1.2.10	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	2	26,78 €
Id. 1.2.11	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de latón incluida modelo TH30.	36,73 €	1	36,73 €
Id. 1.2.12	Uds.	Sensor Grundfos Direct Sensor de la marca RESOL para la medición del caudal y la temperatura.	126,73 €	1	126,73 €
TOTAL C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO					11655,08 €

C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Precio unitario	Cantidad	Precio
Id. 1.3.01	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embreada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 50/1-10.	1471,58 €	1	1471,58 €
Id. 1.3.02	m	Tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	24,51 €	31	759,81 €

Id. 1.3.03	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 54 mm y espesor de 40 mm.	20,54 €	31	636,74 €
Id. 1.3.04	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2"	45,59 €	6	273,54 €
Id. 1.3.05	Uds.	Válvula de retención universal de 2"	29,48 €	1	29,48 €
Id. 1.3.06	Uds.	Codo a 90° de cobre de 2"	23,97 €	13	311,61 €
Id. 1.3.07	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 2"	34,73 €	2	69,46 €
Id. 1.3.08	Uds.	Válvula de seguridad de latón de 2" para la caldera	168,80 €	1	168,80 €
Id. 1.3.09	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	2	26,78 €
TOTAL C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO					3747,80 €

C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO

Identificador	Unidades	Resumen	Precio unitario	Cantidad	Precio
Id. 1.4.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 250 kW de potencia y 26 placas. Marca SUICALSA modelo IPT607.	835,58 €	1	835,58 €
Id. 1.4.02	Uds.	Acumulador de ACS de 3000 litros de capacidad, aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MXV-3000 RB.	10332,94 €	1	10332,94 €
Id. 1.4.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión embridada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 50/1-10.	1471,58 €	1	1471,58 €

Id. 1.4.04	m	Tubería de cobre de 54 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	24,51 €	9	220,59 €
Id. 1.4.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 54 mm y espesor de 40 mm.	20,54 €	9	184,86 €
Id. 1.4.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2"	45,59 €	6	273,54 €
Id. 1.4.07	Uds.	Válvula de retención universal de 2"	29,48 €	1	29,48 €
Id. 1.4.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 2"	23,97 €	9	215,73 €
Id. 1.4.09	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 2"	34,73 €	1	34,73 €
Id. 1.4.10	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	2	26,78 €
Id. 1.4.11	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	38,19 €	2	76,38 €
TOTAL C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO					13702,19 €

CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS

C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR

Identificador	Unidades	Resumen	Precio unitario	Cantidad	Precio
Id. 2.1.01	Uds.	Caldera de biomasa de 250 kW de potencia para una presión de trabajo de 4 bar y pellets como combustible. Marca YGNIS modelo VARMATIC.	37300,96 €	1	37300,96 €
Id. 2.1.02	Uds.	Silo de tela de 11,7 metros cúbicos de capacidad. Marca TEUVENTO modelo SILOSP300.	2617,16 €	2	5234,32 €
Id. 2.1.03	Uds.	Sistema de extracción de la biomasa del silo de acero. Marca TEUVENTO modelo SE90R.	319,38 €	2	638,76 €
Id. 2.1.04	Uds.	Sistema de transporte mediante sinfín de la biomasa a la caldera de acero. Marca TEUVENTO modelo SRM44-25W.	766,58 €	2	1533,16 €
Id. 2.1.05	t	Suministro de la biomasa, pellets, por parte de PELLET CANTABRIA	217,19 €	13	2823,47 €
Id. 2.1.06	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 30/1-10.	1206,58 €	1	1206,58 €
Id. 2.1.07	Uds.	Vaso de expansión cerrado de 80 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 80 AMR-P.	218,39 €	1	218,39 €
Id. 2.1.08	m	Tubería de cobre de 42 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	16,22 €	43	697,46 €

Id. 2.1.09	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 42 mm y espesor de 40 mm.	18,88 €	43	772,47 €
Id. 2.1.10	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/2"	32,79 €	6	113,28 €
Id. 2.1.11	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/2"	19,93 €	1	19,93 €
Id. 2.1.12	Uds.	Codo a 90º de cobre de 1-1/2"	10,03 €	10	100,30 €
Id. 2.1.13	Uds.	Conexiones tipo T de cobre de 1-1/2"	21,70 €	2	43,40 €
Id. 2.1.14	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar.	13,39 €	3	40,17 €
Id. 2.1.15	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	36,73 €	1	36,73 €
Id. 2.1.16	Uds.	Sensor Grundfos Direct Sensor de la marca RESOL para la medición del caudal y la temperatura.	126,73€	1	126,73€
TOTAL C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR					50906,11 €

C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR-DEPÓSITO DE INERCIA

Identificador	Unidades	Resumen	Precio unitario	Cantidad	Precio
Id. 2.2.01	Uds.	Intercambiador de placas termosoldadas y acero inoxidable de 150 kW de potencia y 66 placas. Marca SUICALSA modelo IPT602.	453,58 €	1	453,58 €
Id. 2.2.02	Uds.	Depósito de inercia de 5000 litros de capacidad para circuitos cerrados de calefacción, aislado térmicamente con espuma	6553,94 €	1	6553,94 €

		rígida de poliuretano PU inyectada en molde, de 80 mm de espesor. Marca LAPESA modelo MV-5000-IB.			
Id. 2.2.03	Uds.	Bomba de circulación de rotor húmedo con conexión roscada, motor EC con adaptación automática de potencia. Marca WILO modelo Stratos 30/1-4.	869,58 €	1	869,58 €
Id. 2.2.04	m	Tubería de cobre de 42 mm de diámetro exterior y 1 mm de espesor.	16,22 €	5	81,10 €
Id. 2.2.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 42 mm y espesor de 40 mm.	18,88 €	5	94,40 €
Id. 2.2.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 1-1/2"	32,79 €	6	196,74 €
Id. 2.2.07	Uds.	Válvula de retención universal de 1-1/2"	19,93 €	1	19,93 €
Id. 2.2.08	Uds.	Codo a 90° de cobre de 1-1/2"	10,03 €	6	60,18 €
Id. 2.2.09	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	2	26,78 €
Id. 2.2.10	Uds.	Sonda de temperatura de la marca RESOL modelo FKP6 con vaina de acero inoxidable incluida modelo TH30.	36,73 €	1	36,73 €
TOTAL C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR-DEPÓSITO DE INERCIA					8387,68 €

CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE

C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES

Identificador	Unidades	Resumen	Precio unitario	Cantidad	Precio
Id. 3.1.01	Uds.	Bomba de circulación de rotor seco en diseño monobloc con conexión embrizada. Marca WILO modelo CronoBloc-BL 32/160-4/2.	1579,73 €	3	4739,19 €
Id. 3.1.02	Uds.	Vaso de expansión cerrado de 500 litros de capacidad y presión máxima de trabajo de 10 bar. Marca SALVADOR ESCODA modelo 500 AMR-B-160(M/F).	975,16 €	1	975,16 €
Id. 3.1.03	m	Tubería de polietileno reticulado (PEX-a) modelo Aqua Pipe tubo en barra de 32 mm de diámetro y 2,9 mm de espesor. Marca UPONOR.	10,16 €	1825	18542,00 €
Id. 3.1.04	m	Tubería de polietileno reticulado (PEX-a) modelo Aqua Pipe tubo en barra de 63 mm de diámetro y 5,8 mm de espesor. Marca UPONOR.	26,52 €	277	7346,04 €
Id. 3.1.05	m	Aislamiento térmico de elastómero extruido de célula cerrada Nitril – PVC Clase M1 de diámetro interior de 63 mm y espesor de 40 mm.	21,39 €	10	213,90 €
Id. 3.1.06	Uds.	Válvulas de bola de latón de 2-1/2"	103,12 €	8	824,96 €
Id. 3.1.07	Uds.	Válvula de retención universal de 2-1/2"	56,02 €	3	168,06 €
Id. 3.1.08	Uds.	Codos a 90° de 2-1/2" de plástico de UPONOR	61,23 €	14	857,22 €
Id. 3.1.09	Uds.	Codos a 90° de 1-1/4" de plástico de UPONOR	11,70 €	180	2106 €

Id. 3.1.10	Uds.	Conexiones tipo T 63x32x63 mm de plástico de UPONOR	83,22 €	46	3828,12 €
Id. 3.1.11	Uds.	Manómetro vertical de acero inoxidable con escala de 0-10 bar	13,39 €	3	40,17 €
TOTAL C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES					39640,82 €

C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE

Identificador	Unidades	Resumen	Precio unitario	Cantidad	Precio
Id. 3.2.01	m ²	Panel de tetones fabricado en poliestireno expandido modificado (NEO-EPS) con recubrimiento termoconformado con un paso de tubería de 50 mm para tuberías de 16 mm de diámetro.	48,80 €	3547,53	173119,47 €
Id. 3.2.02	m	Banda de espuma de polietileno con doble cinta adhesiva para su unión a la pared y al panel.	3,59 €	1810	6497,90 €
Id. 3.2.03	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 11 vías. Marca CABEL modelo ECO.	411,85 €	6	2471,10 €
Id. 3.2.04	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 9 vías. Marca CABEL modelo ECO.	357,21 €	2	714,42 €
Id. 3.2.05	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 8 vías. Marca CABEL modelo ECO.	332,14 €	13	4317,82 €
Id. 3.2.06	Uds.	Colector de distribución de plástico modular para suelo radiante con caudalímetro incorporado de 6 vías. Marca CABEL modelo ECO.	277,50 €	3	832,50 €

Id. 3.2.07	Uds.	Caja metálica para colectores plásticos ECO de 9-12 vías. Armario en chapa de acero con tapa y guías para la fijación de los colectores.	184,86 €	8	1478,88 €
Id. 3.2.08	Uds.	Caja metálica para colectores plásticos ECO de 4-8 vías. Armario en chapa de acero con tapa y guías para la fijación de los colectores.	150,29 €	16	2404,64 €
Id. 3.2.09	m	Tubería de polietileno reticulado eval-PEX de 16 mm de diámetro y 1,8 mm de espesor. Marca UPONOR.	5,31 €	18207	96679,17 €
TOTAL C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE					188515,90 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL

	Presupuestos por subcapítulos	Presupuestos por capítulos
CAPÍTULO 1. INSTALACIÓN SOLAR PARA ACS		
C1.1 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO PRIMARIO	20739,55 €	
C1.2 INSTALACIÓN SOLAR. CIRCUITO SECUNDARIO	11655,08 €	
C1.3 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO PRIMARIO	3747,80 €	
C1.4 SISTEMA DE APOYO. CIRCUITO SECUNDARIO	13702,19 €	
		49844,62 €
CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN DE BIOMASA PARA CALEFACCIÓN Y APOYO DE ACS		
C2.1 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO CALDERA-INTERCAMBIADOR	50906,11 €	
C2.2 INSTALACIÓN DE BIOMASA. CIRCUITO INTERCAMBIADOR-DEPÓSITO DE INERCIA	8387,68 €	
		59293,79 €
CAPÍTULO 3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE		
C3.1 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITO DEPÓSITO DE INERCIA-COLECTORES	39640,82 €	
C3.2 INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE. CIRCUITOS DE SUELO RADIANTE	188515,90 €	
		228156,72 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL		337295,13 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA

Presupuesto de ejecución material	337295,13 €
Gastos generales (15%)	50594,27 €
Beneficio industrial (6%)	20237,71 €

TOTAL PARCIAL	408127,11 €
IVA (21%)	85706,70 €

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	493833,81 €
--	--------------------

Por lo tanto, el presupuesto total para la ejecución de la instalación será de CUATROCIENTOS NOVENTA Y TRES MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y UN CÉNTIMOS (493833,81 €).

Fdo.

Jherson O. Suárez Plata