



Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA
INSTALACIÓN DE
CLIMATIZACIÓN Y ACS DE UN
EDIFICIO DESTINADO A ESCUELA
INFANTIL**

Alumno: Javier Bayona Torres

Tutor: Bartolomé Carrasco Hurtado

Depto.: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Septiembre, 2019



UNIVERSIDAD DE JAÉN

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES

TRABAJO DE FIN DE GRADO

DISEÑO Y CÁLCULO DE UNA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN Y ACS DE UN EDIFICIO DESTINADO A ESCUELA INFANTIL EN EL TÉRMINO MUNICIPAL DE TORREBLASCO PEDRO

Alumno: D. Javier Bayona Torres

Tutor 1: Prof. Dr. D. Bartolomé Carrasco Hurtado

Depto.: Ingeniería Gráfica, Diseño y Proyectos

Linares, septiembre 2019

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO 1: MEMORIA	3
DOCUMENTO 2: ANEXOS.....	48
DOCUMENTO 3: CATÁLOGO DE PLANOS	111
DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES	118
DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO	136
DOCUMENTO 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	141

DOCUMENTO 1: MEMORIA

DOCUMENTO 1: MEMORIA	3
1. RESUMEN	5
2. INTRODUCCIÓN	6
2.1. AEROTERMIA.....	6
2.2. CARGA TÉRMICA DE LOS EDIFICIOS.	7
2.3. SUELO RADIANTE.	9
3. OBJETIVOS	10
4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN.....	10
5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	11
5.1. Datos geográficos	11
5.2. Datos socio-económicos.....	11
5.3. Datos ambientales	11
5.4. Datos técnicos	12
6. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE.....	12
6.1. Comunitaria.	12
6.2. Estatal	12
6.3. Autonómica.....	13
7. DATOS DE PARTIDA	13
7.1. Descripción arquitectónica.....	13
7.1.1 Descripción general	13
7.1.2 Edificios colindantes	14
7.1.3 Horario de apertura y cierre	15
7.1.4 Orientación	15
7.1.5 Descripción de cerramientos arquitectónicos	16
7.2. Ocupación	19
7.3. Previsión de consumo de agua (ACS y AFCH)	20
7.4. Condiciones térmicas	21
7.4.1 Condiciones térmicas exteriores.....	21
7.4.2 Condiciones térmicas interiores	22
7.5. Sistemas de renovación de aire: Ventilación.....	22
7.5.1 Caudal de impulsión.....	23
8. PREVISIÓN DE CARGAS TÉRMICAS.....	23
9. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	26

<i>9.1. Selección de alternativas</i>	26
9.1.1 Matriz de decisión.....	27
<i>9.2. Descripción del sistema de climatización elegido</i>	29
<i>9.3. Instalación de Suelo Radiante y ACS (Aerothermia)</i>	30
9.3.1 Suelo Radiante	31
<i>9.4. Instalación de equipos de expansión directa</i>	41
10. SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO	41
11. PRESUPUESTO.....	43
12. CONCLUSIONES	43
13. BIBLIOGRAFÍA	44

1. RESUMEN

En este trabajo de fin de grado se va a realizar el estudio y diseño de la climatización de una guardería situada en Campillo del Rio, termino municipal de Torreblascopedro, donde debido a las reformas realizadas anteriormente se ha necesitado del rediseño de la climatización y del abastecimiento de agua caliente sanitaria del edificio, hemos optado por el suelo radiante debido al bajo coste energético que este supone para el invierno, con el apoyo de equipos de expansión directa y para el verano los mismos equipos de expansión directa asumirán toda la carga del edificio.

Los pasos a seguir para realización del estudio y el diseño de la climatización y el ACS son en primer lugar la obtención de información de las condiciones climáticas de la zona, planos proporcionados por los ayuntamientos y otros datos históricos del edificio de estudio, en segundo lugar se realizara el cálculo de las cargas térmicas del edificio para poder saber qué cantidad de energía necesitara nuestro sistema de climatización para obtener el confort térmico dentro del edificio, en tercer lugar se procede a los cálculos del suelo radiante para obtener las temperaturas de ACS, de impulsión y media del suelo optimas, en cuarto lugar se realizaran los cálculos de las pérdidas de carga de la instalación para poder abastecer de presión al circuito hidráulico y en último lugar se elegirán las unidades interiores y exteriores del proyecto.

Se ha optado para cubrir la demanda de energía del sistema la aerotermia que obtiene la energía del ambiente para proporcionar frio y calor, este sistema es uno de los más utilizados por la diferencia de energía que proporciona frente a la que consume y también a que es una energía bastante limpia debido a que no se producen emisiones de contaminantes.

El proyecto contiene los siguientes documentos.

- 1. Memoria Principal
- 2. Anexos (I-III)
- 3. Presupuesto
- 4. Catálogo de Planos

2. INTRODUCCIÓN

En este trabajo se procederá al estudio de la aerotermia como alimentación del sistema por ser en gran parte renovable, al estudio de las cargas térmicas y eficiencia energética de los edificios, al suelo radiante y ACS para la calefacción y a los equipos de expansión directa para la refrigeración, a continuación se entrara más en detalle en esto temas.

2.1. AEROTERMIA.

En la actualidad cada vez se recurre más a sistemas de climatización alternativos debido a la concienciación de la humanidad con el cambio climático el cual se está pronunciado a medida que avanzan los años, poco a poco se está avanzando a la descarbonización de los sistemas de climatización debido a su alto consumo y mantenimiento debido a esto surgió la aerotermia.

El funcionamiento de la aerotermia consiste en extraer energía del aire del ambiente con una bomba de calor, las bombas de calor pueden ser del tipo aire-aire o aire-agua donde el primero de los términos indica el contacto con el medio exterior y el segundo término el contacto con el medio interior, el sistema empieza tomando aire exterior mediante un ventilador para posteriormente transmitir el calor del aire mediante un intercambiador de calor a un fluido caloportador que está siempre a menor temperatura que el aire exterior, este fluido cargado energéticamente se evapora debido al cambio de temperatura, al obtener el fluido caloportador en estado gaseoso se puede introducir en un compresor que comprime el fluido aumentando su temperatura y disminuyendo su volumen de forma considerable, después se aprovecha el calor intercambiando el calor de nuestro fluido con otro fluido que puede ser agua caliente sanitaria o agua para la climatización de los edificios, después de pasar por el intercambiador se necesita reducir de nuevo la temperatura del fluido caloportador, esto se realiza mediante una válvula de expansión en la cual el fluido se enfría y vuelve al estado líquido, este ciclo se realiza continuamente para obtener confort.

Las ventajas de la aerotermia son las siguientes;

- Bajo nivel sonoro
- No utiliza combustibles de ningún tipo.
- El mantenimiento es menos exigente que en los sistemas de combustión.
- Con un mismo equipo se puede cubrir al mismo tiempo la demanda de ACS de refrigeración y de calefacción.
- Este sistema produce un mayor ahorro energético y económico que los sistemas de combustión.

2.2. CARGA TERMICA DE LOS EDIFICIOS.

La carga térmica es la cantidad de energía térmica que un edificio intercambia con el exterior debido a las diferencia de temperatura entre el exterior y el interior del edificio, el cálculo de estas cargas nos permite elegir sistemas de calefacción o refrigeración adecuados para compensar la carga.

Las cargas térmicas pueden deberse a dos solicitudes, la primera es de calefacción para el invierno donde se traduce físicamente al calor perdido desde el interior del edificio al exterior, influye positivamente la radiación solar y el calor que emanan las personas desde el interior, la segunda es la carga de refrigeración que se da en verano donde se traduce físicamente al calor obtenido desde el exterior del edificio.

Para el cálculo de las cargas térmicas se tienen en cuenta el calor sensible y el calor latente , el calor sensible es el calor agregado o eliminado de una sustancia que provoca un cambio de temperatura en la misma ,por ejemplo si tenemos un vaso de agua líquida a 0°C y queremos subirla a 2°C tendremos que añadirle una cierta cantidad de calor que provocara esta subida de temperatura, el calor latente por el contrario es el calor que agregado o eliminado de una sustancia provoca un cambio de estado en el mismo, este calor al contrario que el calor sensible no provoca un cambio de temperatura, partiendo del mismo ejemplo anterior queremos cambiar de estado un vaso de agua de solido a líquido,

para que se produzca esto debemos dar calor al sistema y como resultado tendremos un vaso de agua fría a la misma temperatura que el agua congelada a 0°C.

Dentro de los calores descritos podemos encontrar las pérdidas o ganancias de calor a través de cerramientos, en los cerramientos de un edificio se engloban los huecos y lucernarios que son las ventanas y puertas, los cerramientos exteriores que son los muros exteriores, el suelo y las cubiertas, y los cerramientos interiores que son los tabiques y medianeras interiores,

Perdidas de calor por infiltraciones del aire exterior, todos los edificios necesitan de ventilación ya sea natural para edificios pequeños o artificiales para edificios públicos y de mayor tamaño, estas pérdidas se deben a la diferencia de temperatura entre estas infiltraciones y el aire interior.

Ganancias o pérdidas por aportaciones internas permanentes, estas se producen en el interior del edificio y son la carga por iluminación, por los ocupantes y por diversos aparatos ya sean ordenadores neveras motores eléctricos etc.

Calor por radiación solar a través de ventanas, este calor se debe a la radiación incidente desde el sol a la tierra debido a la luz solar, la luz es una onda electromagnética que provoca el movimiento de las partículas que hay en la materia incrementando la temperatura de esta.

En este capítulo se hace una introducción de una/dos páginas, que se realiza después del resumen, escribiendo sobre lo que vas a hacer en el proyecto, y los pasos que se van a seguir para llegar hasta el final. Se identifica qué instalación vas a llevar a cabo y en qué lugar, y lo que esta instalación puede suponer para los ámbitos en los que impactará (social, económico, medioambiental).

2.3. SUELO RADIANTE.

El suelo radiante es una de las formas de climatización más modernas que existen, consiste en pasar un fluido caloportador que en la mayoría de casos es agua, por tuberías por debajo del suelo repartidas de forma homogénea por todo el edificio.

La temperatura del agua de circulación estará entre 30°C y 40°C que es similar al agua que pasa por los radiadores y no se debe superar la temperatura máxima de la superficie del suelo que son 29°C ya que si se supera podría ocasionar malestar a la hora de pisar el suelo con los pies desnudos, el suelo radiante tiene fama de ser un sistema caro debido a que su instalación requiere normalmente levantar el suelo, pero esta inversión no es tan costosa como parece.

Respecto a la construcción del suelo radiante consiste en distribuir sobre el forjado los tubos por los que circulara el fluido caloportador interponiendo un aislante térmico para evitar la disipación del calor, sobre las tuberías se coloca una capa de mortero de cemento anhidrita y arena y sobre este mortero el solado.

Los elementos del suelo radiante son los tubos de plástico multicapa de polietileno de alta densidad, placas de aislamiento que suelen ser de poliestireno expandido y que sirven para evitar que el calor se difunda, aislamiento periférico usado para separar mecánicamente y fónicamente la placa base del suelo radiante de poliestireno expandido, las fijaciones de los tubos se pueden realizar con grapas directamente a los paneles aislantes o con tetones situados en los propio paneles.

3. OBJETIVOS

Los objetivos para este Trabajo de Fin de Grado son:

- Cálculo y dimensionamiento de la instalación de climatización y agua caliente sanitaria del edificio de la guardería en el término municipal de Torreblascopedro.
- Conseguir obtener las condiciones de confort térmico para las cuales se va a diseñar la instalación.
- Aportar al diseño tecnologías innovadoras como el suelo radiante para mejorar así las condiciones de confort térmico de algunas zonas del edificio, y mejorar la eficiencia energética.
- Demostrar que existen soluciones innovadoras y funcionales que son capaces de conseguir los objetivos anteriormente expuestos con una alta eficiencia energética y respetando el medio ambiente.

4. ANTECEDENTES Y JUSTIFICACIÓN

Se ha escogido este lugar y esta solución de climatización y ventilación por la necesidad que surge en esta localidad, desde dos puntos de vista diferentes:

- El clima de la zona es muy cálido en verano, frío en invierno y seco, por lo que las condiciones interiores en los edificios requieren de instalaciones de climatización eficaces.
- La mayoría de la ocupación del edificio son niños pequeños, por lo cual es más delicado ya que tienen más sensibilidad a los cambios de temperatura o humedad, y se propone una instalación especialmente pensada para ellos.

En la temporada de la recolección de aceituna, los padres de los niños no están en casa y necesitan dejarlos en la guardería. Además, ésta abre todo el año, ya que hay escuela de verano, y surge la necesidad de acondicionar las instalaciones para que dentro del

edificio existan condiciones de confort térmico ante unas condiciones climatológicas exteriores difíciles, y más aun tratándose de niños pequeños.

5. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

5.1. DATOS GEOGRÁFICOS

El edificio de estudio se encuentra en Campillo del Río (coordenadas 37°57'34"N 3°39'59"O), pedanía del municipio de Torreblascopedro situado en la provincia de Jaén, es el núcleo de colonización agraria de Andalucía más grande de la provincia.

Se sitúa entre el río Guadalquivir y el río Guadalimar siendo más próximo a esta pedanía el nombrado en primer lugar y se encuentra en los límites de la comarca de la Loma.

5.2. DATOS SOCIO-ECONÓMICOS

Su población consta de 700 habitantes los cuales se dedican mayoritariamente a la agricultura, siendo el principal productor del espárrago blanco de la provincia. Se caracteriza también por el cultivo de secano característico de la provincia, el olivo, el cual se recolecta en los meses de noviembre a marzo, en este municipio también se cultivan otras hortalizas y tubérculos.

Esta pedanía cuenta con una planta fotovoltaica en una finca agrícola de 12 instalaciones solares con 664 paneles fotovoltaicos de tecnología policristalina, la cual suma 7728 paneles y genera energía para 1000 familias, reduciendo así la emisión de 1800 toneladas de CO₂ al año.

5.3. DATOS AMBIENTALES

Este municipio se caracteriza por tener un clima seco y caluroso en verano y frío y seco en invierno. La temperatura máxima se da en el mes julio con un valor de 35 °C y

mínima en invierno de 4,8 °C en el mes de enero, en cuanto a las precipitaciones la mínima se da en julio con 3 mm y las máximas se dan en marzo con 66 mm.

5.4. DATOS TÉCNICOS

En la provincia de Jaén se hallan numerosas empresas relacionadas con el diseño e instalación de proyectos de climatización, entre las más importantes encontramos Innovasolar Sociedad Limitada situada en Martos, Climatización Codymol Sociedad Limitada situada en Jaén y Airticy Climatización Sociedad Limitada situada en Jaén.

6. LEGISLACIÓN Y NORMATIVA APLICABLE

6.1. COMUNITARIA.

La normativa seguida por todos los estados miembros de la unión europea es la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética, modificada por la Directiva (UE) 2018/2002 del parlamento europeo y del consejo del 11 de diciembre de 2018 la cual es un elemento para avanzar en la unión energética, en la que la eficiencia energética se considera una fuente de energía por derecho propio.

6.2. ESTATAL

La normativa estatal se regula a través de leyes y reales decretos, los aspectos más regulados son: certificación de edificios, rehabilitación de zonas urbanas, código técnico de la edificación, reglamento de instalaciones térmicas, alumbrado público, apoyo al sector hotelero. Las principales normativas vigentes en referente con la eficiencia energética en los edificios a nivel estatal son: Orden ETU/257/2018 del 16 de marzo por el que se establecen los obligaciones de aportación al fondo nacional de eficiencia energética en el año 2018, Real Decreto 564/2017 modificación del RD 235/2013 por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.

6.3. AUTONÓMICA

La normativa autonómica de Andalucía se compone de la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios que deroga a la Directiva 2002/91/CE, estas normativas obligan a expedir un certificado de eficiencia energética para los edificios

7. DATOS DE PARTIDA

7.1. DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA

7.1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El edificio sólo tiene una planta, y es de una arquitectura simple. La parcela está delimitada por un bordillo de hormigón y una valla que cierra el patio y la entrada. Dispone de dos baños, una cocina, una despensa, almacén, dos aulas, un comedor, una sala de cunas, un pasillo, un patio exterior y un porche en la entrada.

<i>Sala</i>	<i>Superficie (m²)</i>
<i>Aula 1</i>	38,29
<i>Aula 2</i>	38,29
<i>Hall</i>	26,32
<i>Comedor</i>	37,12
<i>Oficina</i>	5,83
<i>Baño 1</i>	5,94
<i>Baño 2</i>	7,21
<i>Almacén</i>	5,09
<i>Sala de cunas</i>	18,88
<i>Cocina</i>	10,01
<i>Despensa</i>	2,89
<i>Total</i>	195,87

Tabla 1: Superficie de los locales interiores

7.1.2 EDIFICIOS COLINDANTES

No existen edificios colindantes con los cerramientos del edificio en cuestión, sino que colindan con los cerramientos exteriores (hay un vallado que recorre el perímetro, sobre una zona verde). La guardería tiene un parque alrededor de la misma, en la que hay un patio de juego en la zona posterior, en los laterales se separa de otros edificios por una zona verde y en la zona anterior (fachada) existe una zona verde antes de un acerado y una carretera por la que circulan vehículos urbanos.



Ilustración 1: Planta del edificio

7.1.3 HORARIO DE APERTURA Y CIERRE

El horario de apertura y cierre de este establecimiento es el siguiente:

INVIERNO	
<i>Hora de apertura</i>	08:30 (8:00)
<i>Hora de cierre</i>	16:30 (17:00)

Tabla 2: Horarios de la guardería en la temporada de invierno

VERANO	
<i>Hora de apertura</i>	07:30 (07:00)
<i>Hora de cierre</i>	15:30 (16:00)

Tabla 3: Horarios de la guardería en la temporada de verano

Cabe mencionar que este horario es el de apertura y cierre para los niños de la escuela, pero el personal que está al cuidado de los niños y el personal de limpieza está dentro del edificio desde media hora antes de la apertura hasta media hora después del cierre, y estas serán las que se tomen en cuenta para el cálculo.

7.1.4 ORIENTACIÓN

El edificio tiene una planta rectangular al igual que la parcela sobre la que está construido. La orientación de la fachada es oeste (el patio trasero al este), como puede verse en la siguiente figura.

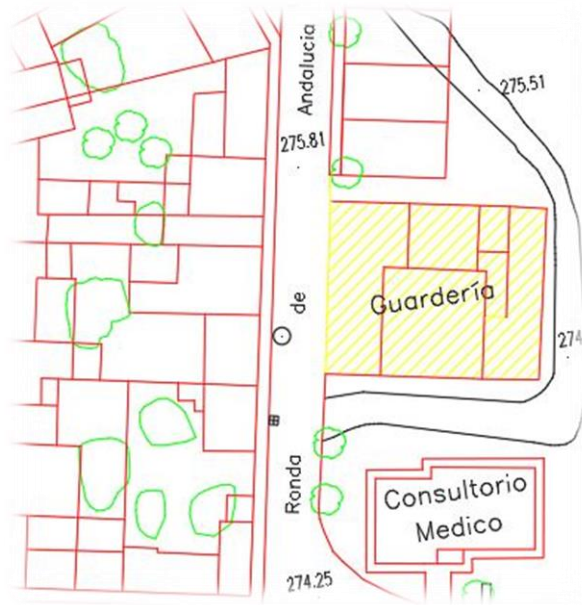


Ilustración 2: Planta del edificio 2.

7.1.5 DESCRIPCIÓN DE CERRAMIENTOS ARQUITECTÓNICOS

CERRAMIENTOS MUROS

La fachada tiene revestimiento discontinuo, ventilada, con aislamiento por el exterior de poliestireno extruido (XPS) expandido con hidrofluorcarbonos HFC-X- FOAM, con un espesor de 30 mm. La transmitancia térmica es de $0,543 \text{ W/m}^2\text{K}$.

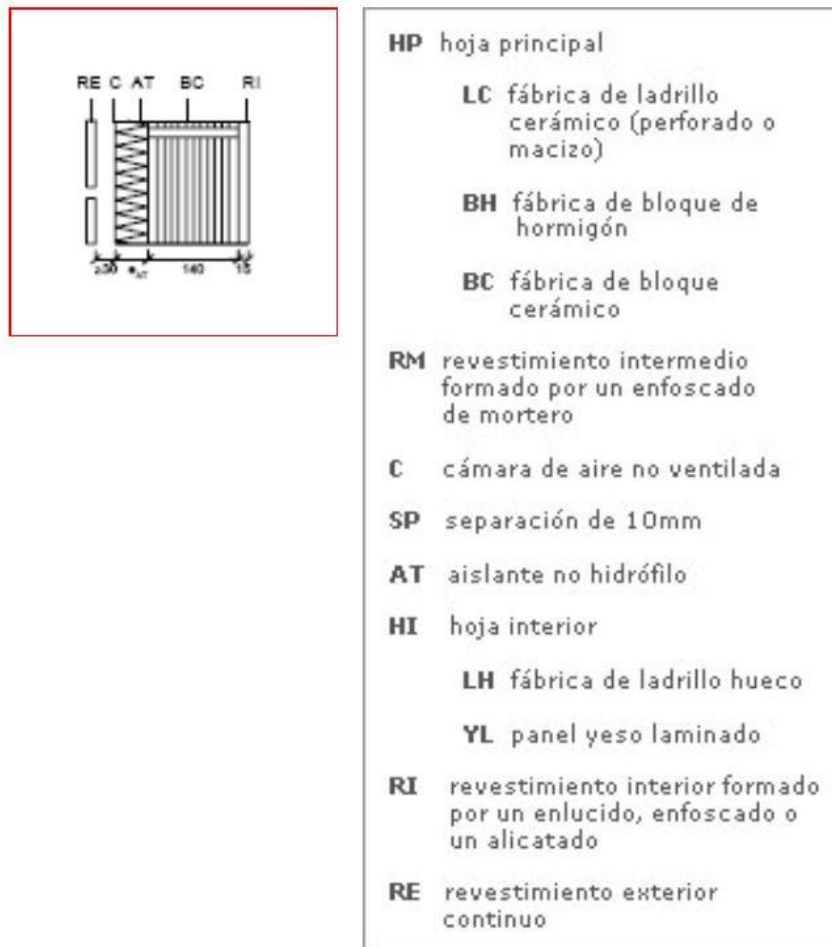


Ilustración 3: Cerramiento de fachada

La cubierta es plana, transitable, muy ventilada de solado fijo. El aislante es poliestireno expandido con hidrocarburos HFC-X-FOAM de 30mm de espesor. La transmitancia térmica es de $0.467 \text{ W/m}^2\text{K}$.

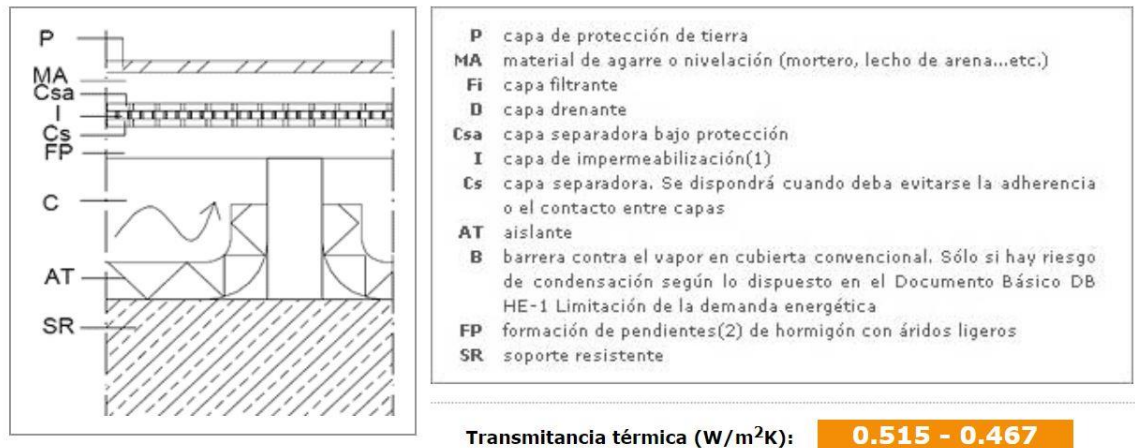


Ilustración 4: Cerramientos de cubierta

Los tabiques interiores tienen una transmitancia de $0,666 W/m^2K$.

CERRAMIENTOS VENTANAS

El tipo de cristal es de vidrio aislante doble 4-6-4, de transmitancia $3,3 W/m^2K$. El marco es metálico con RPT, y su transmitancia es $4 W/m^2K$, en nuestro edificio de estudio tenemos dos tipos de ventanas con diferentes orientaciones, a las cuales hemos llamado V1 y V2.

- V1 tiene dimensiones de $1,5m \times 1,2m$ con una superficie total de hueco de $1,8m^2$ donde $1,31m^2$ de la ventana pertenecen al vidrio y $0,49 m^2$ pertenecen al marco, en nuestro edificio de estudio hay 11 ventanas de este tipo de las cuales 5 se orientan al este, 4 al oeste y 2 al sur.
- V2 tiene dimensiones de $1,2m \times 1,1m$ con una superficie total de hueco de $1,32m^2$ donde $0,9m^2$ de la ventana pertenecen al vidrio y $0,42 m^2$ pertenecen al marco, en nuestro edificio de estudio hay 1 ventana de este tipo la cual está orientada al este.

7.2. OCUPACIÓN

Según las recomendaciones de las guías IDAE (Tabla 22), la ocupación para aulas es de $2.5 \text{ m}^2/\text{ocupante}$, en el comedor es de $1.5 \text{ m}^2/\text{ocupante}$, en oficinas pequeñas es de $10 \text{ m}^2/\text{ocupante}$ y en el resto de las salas de esta guardería, se estimará suponiendo 2 ocupantes en la cocina y despensa, y 1 ocupante en almacén y 1 en cada baño. Para el caso del hall y la sala de cunas, se estimará del mismo modo que se estima en las aulas, ya que, aunque puede tener más ocupación máxima en momentos puntuales, la ocupación promedio durante el día es menor.

<i>Sala</i>	<i>Superficie (m²)</i>	<i>Ocupación (p)</i>
<i>Aula 1</i>	38,29	15
<i>Aula 2</i>	38,29	15
<i>Hall</i>	26,32	11
<i>Comedor</i>	37,12	25
<i>Oficina</i>	5,83	1
<i>Baño 1</i>	5,94	1
<i>Baño 2</i>	7,21	1
<i>Almacén</i>	5,09	1
<i>Sala de cunas</i>	18,88	8
<i>Cocina</i>	10,01	1
<i>Despensa</i>	2,89	1
TOTALES	195,87	80

Tabla 4: Tabla de ocupación por habitación

7.3. PREVISIÓN DE CONSUMO DE AGUA (ACS Y AFCH)

Según el documento HS4 de la norma UNE sobre salubridad, en la tabla 2.1 se detalla el caudal instantáneo mínimo de ACS para cada tipo de aparato. En el caso de la guardería tenemos 2 lavabos, 1 fregadero, 2 duchas y 2 inodoros con cisterna.

<i>Aparato</i>	<i>Caudal instantáneo unitario mínimo de agua fría (dm³/s)</i>	<i>Caudal instantáneo unitario mínimo de ACS (dm³/s)</i>	<i>Total guardería (dm³/s)</i>
<i>Fregadero doméstico (x1)</i>	0,20	0,10	0,30
<i>Lavabo (x2)</i>	0,10	0,065	0,33
<i>Ducha (x2)</i>	0,20	0,10	0,60
TOTALES	0,80	0,43	1,23

Tabla 5: Caudal instantáneo y caudal total previsto para el consumo de agua por aparato

Según las guías IDAE sobre agua caliente sanitaria central (UNE 149.201/07), se puede observar que:

$$Q_c = A * (Q_T)^B + C \quad (\text{Ec.1})$$

Donde Q_c es el caudal simultáneo de cálculo (L/s).

Q_T es el caudal total, suma de todos los aparatos del edificio (L/s).

A, B y C son coeficientes que dependen del tipo del edificio, de los caudales totales del edificio y de los caudales máximos por aparatos. En nuestro caso, para las escuelas.

Obtenemos que el caudal simultáneo total de cálculo es $Q_c = 1,23 \text{ L/s}$ ya que los coeficientes A y B en este caso tienen valor 0, al igual que el coeficiente C.

7.4. CONDICIONES TÉRMICAS

7.4.1 CONDICIONES TÉRMICAS EXTERIORES

Según las guías IDAE para las condiciones climáticas exteriores de proyecto, para la provincia de Jaén (Cerro de los Lirios) tenemos las siguientes condiciones de proyecto según calefacción y refrigeración. Para la guardería (exteriores) utilizaremos la temperatura seca con un percentil del 99,6% y las humedades absolutas en el caso de calefacción (invierno), y para la refrigeración (verano) utilizaremos la temperatura seca con un percentil del 0,4%, la temperatura húmeda coincidente de percentil 0,4% y las humedades absolutas. Las humedades absolutas se han calculado a partir del diagrama psicrométrico, con la temperatura de bulbo seco y la temperatura de bulbo húmedo según corresponde, o con la humedad relativa en el caso de la calefacción.

CONDICIONES DE PROYECTO DE CALEFACCIÓN (INVIERNO)		
<i>TS_{99,6} (°C)</i>	<i>Hrel (%)</i>	<i>Habs (g/kg)</i>
0,8	74,7	3

Tabla 6: Condiciones de proyecto de calefacción (externas, invierno)

CONDICIONES DE PROYECTO DE REFRIGERACIÓN (VERANO)		
<i>TS_{0,4} (°C)</i>	<i>THC_{0,4} (°C)</i>	<i>Habs (g/kg)</i>
36,0	23,4	13,2

Tabla 7: Condiciones de proyecto de refrigeración (externas, verano)

7.4.2 CONDICIONES TÉRMICAS INTERIORES

Para el caso de las condiciones térmicas interiores, se elegirán unas condiciones térmicas de confort según la siguiente tabla, entre los valores recomendados según la normativa. Las humedades absolutas han sido calculadas según el diagrama psicrométrico.

CONDICIONES INTERIORES DE CONFORT - INVIERNO		
Temperatura (°C)	Hrel (%)	Habs (g/kg)
22	45	7,5

Tabla 8: Condiciones interiores de confort (invierno)

CONDICIONES INTERIORES DE CONFORT – VERANO		
Temperatura (°C)	Hrel (%)	Habs (g/kg)
24	50	9,4

Tabla 9: Condiciones interiores de confort (verano)

7.5. SISTEMAS DE RENOVACIÓN DE AIRE: VENTILACIÓN

Según las guías IDAE, y según el RITE, se establecen los caudales mínimos de ventilación de impulsión según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona, ya que no se trata de una vivienda y no se puede adoptar el documento HS3 del CTE.

No es objeto de este trabajo el diseño conceptual y el dimensionamiento de la instalación de ventilación, pero es necesario calcular el caudal de impulsión del aire y la temperatura de impulsión para el cálculo de las cargas térmicas.

Se considera, para el cálculo de las cargas térmicas, que en verano o invierno cuando los aparatos de climatización estén funcionando, las ventanas del local permanecerán cerradas, por tanto no habrá infiltraciones por ventilación natural.

Se supone que existe una instalación cuya unidad de tratamiento de aire (UTA) tiene recuperador de calor, de modo que la temperatura de impulsión del aire de

ventilación tiene unas condiciones similares a las de calefacción en invierno y a las de refrigeración en verano, se ha estimado una eficiencia del recuperador en la ventilación del 93%.

7.5.1 CAUDAL DE IMPULSIÓN

Para una guardería se establece calidad de aire interior IDA1, y según el RITE se emplearán 20L/s y persona, por lo tanto, la tabla será según ocupación y sala. El caudal de extracción por cocina/despensa, y baños. Si consideramos que la altura del local es de 2,8m contando desde el suelo hasta el falso techo, se obtiene el volumen de las salas y las renovaciones/hora.

<i>Sala</i>	<i>Ocupación (p)</i>	<i>Caudal (L/s)</i>	<i>Volumen (m³)</i>	<i>Ren/hora</i>
<i>Aula 1</i>	15	300	107,21	10,07
<i>Aula 2</i>	15	300	107,21	10,07
<i>Hall</i>	11	220	73,70	10,75
<i>Comedor</i>	25	500	103,94	17,32
<i>Oficina</i>	1	20	16,32	4,41
<i>Almacén</i>	1	20	14,25	5,05
<i>Sala de cunas</i>	8	160	52,86	10,90
TOTALES	76	1520	475,50	68,57

Tabla 10: Estimación de caudales de impulsión por habitación y renovaciones hora

8. PREVISIÓN DE CARGAS TÉRMICAS

El procedimiento seguido para el cálculo de las cargas térmicas se encuentra en el Anexo II. A partir de los datos de partida sobre descripción arquitectónica, ocupación, condiciones climáticas externas y condiciones de confort en el interior, y caudal de ventilación, es posible calcular la totalidad de las cargas térmicas. El total de las cargas térmicas se calcula para las siguientes formas de calor:

- Calor sensible de radiación (ventanales)
- Calor sensible por parámetros (cerramientos)
- Calor sensible y latente por ventilación.
- Calor sensible y latente por ocupantes.
- Calor por iluminación (la guardería no está abierta de noche y para las habitaciones sin luz natural se puede despreciar este aporte de calor).

Los resultados finales pueden verse en las siguientes tablas. Se consideran en la columna “A CLIMATIZAR” las salas que van a climatizarse en invierno y en verano.

TOTALES VERANO				
Sala	Qs (W)	QL (W)	QT (W)	A CLIMATIZAR
Aula 1	2545,94	4066,32	8731,37	6612,26
Aula 2	2583,08	4066,32	8723,14	6649,40
Hall	1384,56	3267,97	6479,73	0,00
Comedor	3312,48	8002,20	13750,62	11314,68
Oficina	277,11	271,09	1048,98	548,20
Baño 1	220,37	44,00	781,65	0,00
Baño 2	240,16	44,00	866,50	0,00
Almacén	227,72	297,09	1033,90	0,00
Sala de cunas	1611,19	2376,70	5269,28	3987,90
Cocina	1235,77	70,00	1305,77	0,00
Despensa	695,61	70,00	765,61	0,00
Total	26180,88	22575,69	48756,57	29112,44

Tabla 11: Carga total en verano

TOTALES INVIERNO				
Sala	Qs (W)	QL (W)	QT (W)	A CLIMATIZAR
Aula 1	-767,46	-3373,80	-4141,26	-4141,26
Aula 2	-833,07	-3373,80	-4206,87	-4206,87
Hall	-680,93	-2188,12	-2869,05	-2869,05
Comedor	-422,59	-4398,00	-4820,59	-4820,59
Oficina	-329,10	-224,92	-554,02	-554,02
Baño 1	-228,86	44,00	-184,86	0,00

Baño 2	-263,81	44,00	-219,81	0,00
Almacén	-241,84	-224,92	-466,76	0,00
Sala de cunas	-559,91	-1591,36	-2151,27	-2151,27
Cocina	576,70	70,00	646,70	0,00
Despensa	-18,83	70,00	51,17	0,00
Total	-3769,70	-15146,92	-18916,62	-18743,05

Tabla 12: Carga total en invierno

Adjuntamos a los documentos principales del trabajo de fin de grado las hojas de cálculo que se han utilizado para calcular las cargas térmicas, ya que por su tamaño no pueden ser mostradas en estas páginas del Anexo I.

Prácticamente en la suma de salas a climatizar, se obtiene el mismo resultado de cargas térmicas. Sin embargo, el de verano es ligeramente mayor, también por la suma de las cargas totales, por tanto se utilizará para los cálculos el valor de cargas térmicas de verano de **29,11 kW**.

9. ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

9.1. SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Una vez ya se han obtenido las cargas térmicas y el resto de los datos de partida que se refieren a este proyecto, es necesario elegir un sistema de climatización de entre todas las alternativas para que cumpla satisfactoriamente con los criterios de elección que se describirán en este apartado.

Se pretende realizar un sistema que aporte un porcentaje de agua caliente sanitaria a partir de energías renovables según la norma.

En verano, se pretende que el sistema refrigere el interior del edificio mediante equipos de expansión directa independientes de la ventilación, y en invierno el sistema aporta calor mediante suelo radiante, con los mismos equipos de expansión directa como equipos auxiliares de calefacción.

El motivo de este capítulo es la elección de entre estas dos alternativas, sobre las que se tiene alguna duda de cuál es la mejor opción a elegir:

- Sistema de caldera de biomasa para ACS y suelo radiante con colectores solares auxiliares. Los equipos de expansión directa de frío y calor son independientes del sistema de la caldera y de los colectores solares.
- Sistema de aerotermia para ACS y suelo radiante, cuyas unidades exteriores alimentarán también a los equipos de expansión directa de frío y calor.

Se va a realizar una matriz de decisión de Pugh en el que se le dé un peso a cada criterio elegido para finalmente obtener la mejor alternativa.

9.1.1 MATRIZ DE DECISIÓN

Los criterios de decisión que se han tenido en cuenta son:

- Consumo energético
- Coste energético
- Porcentaje de energía renovable
- Coste inicial de la instalación
- Coste de mantenimiento
- Usabilidad
- Estética

La matriz de decisión es la siguiente:

		<i>Puntuación bruta (1-5)</i>		<i>Puntuación ponderada</i>	
<i>Criterio</i>	<i>Peso</i>	<i>Caldera de biomasa</i>	<i>Aeroterminia</i>	<i>Caldera de biomasa</i>	<i>Aeroterminia</i>
<i>Consumo energético</i>	2	4	5	0,7619	0,9524
<i>Coste energético</i>	2	5	4	0,9524	0,7619
<i>Porcentaje de energía renovable</i>	1	3	4	0,2857	0,3810
<i>Coste inicial de la instalación</i>	2	4	3	0,7619	0,5714
<i>Coste de mantenimiento</i>	1,5	3	5	0,4286	0,7143
<i>Usabilidad</i>	1	2	5	0,1905	0,4762
<i>Estética</i>	1	3	3	0,2857	0,2857
TOTALES	10,5	24	29	3,6667	4,1429

Tabla 13: Matriz de decisión de Pugh

1. Consumo energético: La aerotermia tiene un rendimiento mucho más alto que otros sistemas térmicos. Obtiene gran parte de su energía del aire y una pequeña fracción de la electricidad, y por cada kWh de electricidad que consume produce más de 3kWh de calor, rendimiento que una caldera de biomasa no llega a tener.
2. El coste energético de la biomasa anualmente es el coste de los pellets o biomasa que entra en la caldera para funcionar, mientras que en la aerotermia es el coste de la energía eléctrica, y en ocasiones hay que aumentar la potencia contratada del edificio para instalar este tipo de sistemas.
3. Porcentaje de energía renovable: La aerotermia tiene una pequeña fracción de energía eléctrica que, puede venir de fuentes renovables o no, por tanto no es una energía 100% renovable. En el caso de la biomasa, puede considerarse igualmente una fuente de energía renovable, pero si su uso se generaliza, puede suponer una amenaza para tierras fértiles y los bosques, y también produce emisiones de efecto invernadero.
4. Coste inicial de la instalación: las instalaciones de aerotermia son en general más caras inicialmente que las instalaciones de caldera de biomasa.
5. Coste de mantenimiento: las instalaciones de biomasa requieren mayor mantenimiento que las de aerotermia, ya que, al existir una combustión de los pellets en el interior de la caldera, hay que limpiarla con mayor asiduidad que en el caso de las instalaciones de aerotermia. En el caso de una avería, la instalación de aerotermia es más costosa de reparar, aunque estas instalaciones tienen una vida útil superior a la vida útil de las de biomasa.
6. Usabilidad: para los usuarios, les resultará más sencilla la instalación de aerotermia. Tiene todos sus equipos centralizados y controlados por un cerebro desde la unidad interior, y no necesitan alimentar la caldera periódicamente con pellets.
7. Estética: ambas instalaciones necesitan la instalación de equipos de un tamaño considerable en el exterior del edificio, por lo que la estética no es la mejor en ambos casos. En el interior, la estética es similar en ambos casos.

Después de haber calculado las puntuaciones y ponderado con estos criterios y los pesos de los mismos, se ha obtenido una puntuación superior para la instalación de aerotermia por lo que se procederá al dimensionamiento de la misma y la descripción de la instalación y sus equipos.

9.2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ELEGIDO

El sistema escogido es un sistema de climatización y ACS aerotérmico híbrido, ya que una parte es Aire-Aire y otra parte es Aire-Agua. La aerotermia como se ha indicado en capítulos anteriores, se puede considerar una energía renovable, por tanto según la normativa, no es necesario conectar colectores solares ni energía solar fotovoltaica, u otra fuente de energía renovable.

Para la refrigeración, se llevará a cabo mediante unidades interiores individuales de expansión directa de tipo Split de pared y Casette, conectadas a la bomba de calor o unidad exterior.

Para la calefacción, se llevará a cabo mediante suelo radiante dimensionada para cubrir el 59% de la demanda de calor del local, y tenemos también las unidades interiores de expansión directa funcionando en modo calefacción de modo auxiliar.

El suelo radiante ira conectado a la unidad exterior de aerotermia, del mismo modo que el agua caliente sanitaria, donde se calienta esta agua para suplir sendos circuitos. Durante el invierno se calentará el agua caliente sanitaria y el agua para el suelo radiante, mientras que en el verano solo se calentará el agua caliente sanitaria, a demanda en ambos casos, y no circulará agua por el suelo radiante.

El sistema elegido es el de la marca Aquatermic en donde encontramos las unidades exteriores, un módulo hidráulico y las unidades interiores, a continuación se muestra el esquema de la instalación.

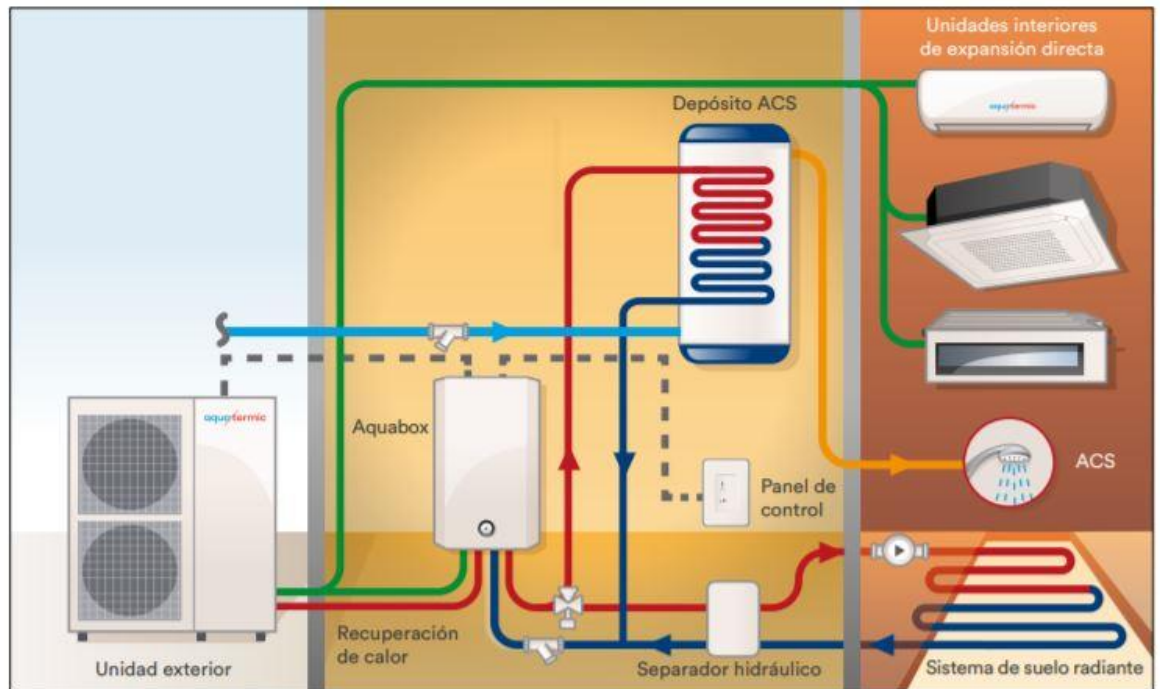


Ilustración 5: Sistema de climatización.

9.3. INSTALACIÓN DE SUELO RADIANTE Y ACS (AEROTERMIA)

La instalación de aerotermia utiliza la fase caliente del líquido refrigerante (después de ser comprimido) para calentar agua caliente sanitaria y agua para calefacción por suelo radiante. Debido al hecho de que las unidades exteriores no solo tienen que dar confort frente a las cargas térmicas de verano o invierno, sino que también tienen que suplir calor para el agua caliente sanitaria, se tienen que dimensionar añadiendo este calor que se aporta al circuito de ACS.

Las cargas térmicas mayores que se han obtenido son las de verano, donde también se tiene que suplir ACS a los ocupantes de la guardería, por lo que habrá que sumar a la carga térmica del edificio la aportación de calor al ACS. En el Anexo I, apartado de cargas térmicas, se ha añadido un sub-capítulo donde se calcula este calor extra a aportar por las unidades exteriores. El calor total a aportar en invierno y en verano es de 43 kW, y se continuará por lo tanto asumiendo la carga de verano para dimensionar la instalación de aerotermia.

9.3.1 SUELO RADIANTE

El diseño del suelo radiante se realiza en base a la norma UNE-EN 1264. En ella se establece el cálculo de los parámetros de diseño (temperaturas de funcionamiento y caudales de circulación).

Las hipótesis que se han considerado son:

1. Se establece una configuración de los tubos tipo A, en la que los tubos se integran totalmente en el pavimento.

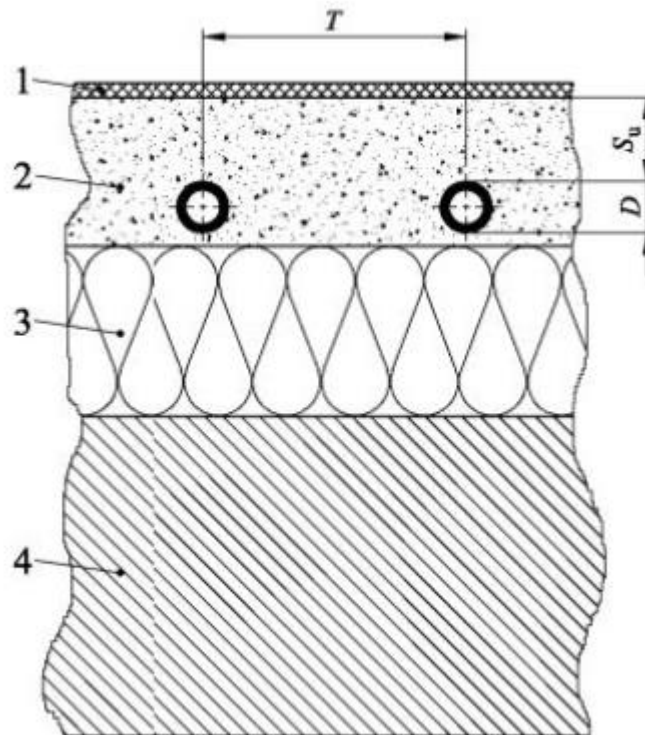


Ilustración 6: Parámetros del suelo.

- Revestimiento del suelo con resistencia térmica $R_{\lambda,B} \left(\frac{m^2 K}{W} \right)$.
- Capa de mortero de cemento con conductividad $\lambda_E \left(\frac{W}{m K} \right)$.
- Capa de aislamiento (poliestireno expandido).
- Base estructural (forjado).

- Paso entre tubos T (m).
- Espesor de la capa de mortero de cemento por encima del tubo S_U (m).
- Diámetro exterior del tubo D (m), considerándose el espesor del tubo S_R (m) y la conductividad térmica del tubo $\lambda_R \left(\frac{W}{m K} \right)$.

Para la guardería del estudio se han considerado los siguientes valores de los parámetros característicos del suelo:

$R_{\lambda,B} \left(\frac{m^2 K}{W} \right)$	0,012
$\lambda_E \left(\frac{W}{m K} \right)$	0,5
S_U (m)	0,045
D (m)	0,02
S_R (m)	0,014
$\lambda_R \left(\frac{W}{m K} \right)$	0,23

Tabla 14: Parámetros del suelo.

2. Se supone que toda la superficie del suelo está a la misma temperatura para el procedimiento de cálculo.

Los parámetros de diseño del suelo radiante son:

- Potencia térmica específica $q \left(\frac{W}{m^2} \right)$.
- Temperatura exterior θ_i ($^{\circ}C$).
- Temperatura de impulsión de agua θ_v ($^{\circ}C$).
- Paso de los tubos T (m).
- Salto térmico entre la temperatura de impulsión y temperatura de retorno σ ($^{\circ}C$).

- Temperatura de retorno θ_R ($^{\circ}C$).
- Temperatura de la superficie del suelo $\theta_{F,m}$ ($^{\circ}C$).
- Caudal de agua en cada circuito m_H ($\frac{kg}{s}$).

La norma indica que, para el cálculo de la temperatura de impulsión, se debe considerar la sala que tenga mayor potencia térmica específica.

Se fijan las condiciones térmicas límites de la norma para conocer los límites de los parámetros de diseño.

- La temperatura de superficie máxima es de $\theta_{F,m\acute{a}x} = 29^{\circ}C$. La temperatura media de la superficie del suelo no puede superar este valor, para cumplirse la condición de que $\theta_{F,m} < \theta_{F,m\acute{a}x}$.
- La potencia térmica específica q no debe situarse por encima de la potencia térmica específica máxima admisible q_G , que es dada por la curva límite.

Las curvas características proporcionan la relación entre la potencia específica y la diferencia de temperatura entre el fluido de calefacción y la sala, $\Delta\theta_H$. Estas curvas se elaboran en función de los parámetros característicos del suelo para distinto T . Para este estudio se establece el siguiente paso:

$T = 0,05m$
$T = 0,15m$
$T = 0,225m$
$T = 0,375m$

Tabla 15: Pasos del suelo radiante.

Las curvas características para la configuración de tubos tipo A se calcula mediante la ecuación:

$$q = B a_B a_T^{m_T} a_U^{m_U} a_D^{m_D} \Delta\theta_H \quad (\text{Ec.2})$$

Donde,

$B = B_0 = 6,7 \frac{W}{m^2 K}$ es el coeficiente característico del sistema, para una conductividad $\lambda_R = 0,35 \frac{W}{m K}$ y un espesor del tubo $s_R = 0,002m$ según la norma. Sin embargo, como para este caso se han considerado otros valores de conductividad del tubo, se va a corregir este valor cuando se hayan calculado los coeficientes y los exponentes a_i y m_i .

a_i son los parámetros para el cálculo de las curvas características.

m_i son los exponentes para el cálculo de las curvas características.

$\Delta\theta_H$ es la diferencia media logarítmica entre el fluido de calefacción y la sala (°C). Se expresa como.

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_V - \theta_R}{\ln \frac{\theta_V - \theta_i}{\theta_R - \theta_i}} \quad (\text{Ec.3})$$

Para el caso de este estudio, se obtiene:

$a_B = 0,71$ es el factor de revestimiento del suelo calculado mediante:

$$a_B = \frac{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_{u,0}}}{\frac{1}{\alpha} + \frac{s_{u,0}}{\lambda_E} + R_{\lambda,B}} \quad (\text{Ec.4})$$

Y los siguientes valores están definidos en la norma

$$\alpha = 10,8 \frac{W}{m^2 K} ; \lambda_{u,0} = 1 \frac{W}{m K} ; s_{u,0} = 0,045 m ;$$

$a_T = 1,22$ es el factor de paso y se obtiene de una tabla en función de $R_{\lambda,B}$. Al ser el valor de $R_{\lambda,B}$ un valor intermedio a 0 y 0,05, se ha interpolado para obtener a_T .

Tabla A.1 – Factor de paso a_T para los sistemas de tipo A y tipo C

Tabla A.1 – Factor de paso a_T para los sistemas de tipo A y tipo C

$R_{\lambda,B}$ $m^2 \cdot K/W$	0	0,05	0,10	0,15
a_T	1,23	1,188	1,156	1,134

a_U es el factor de recubrimiento y depende de T y $R_{\lambda,B}$ mediante una tabla en la norma. Para obtener su valor se ha interpolado como en el caso anterior.

Tabla A.2 – Factor de revestimiento de suelo a_u en función del paso de tubo T y de la resistencia térmica $R_{\lambda,B}$ del revestimiento de suelo para los sistemas de tipo A y tipo C

$R_{\lambda,B}$ $m^2 \cdot K/W$	0	0,05	0,10	0,15
T (m)	a_u			
0,05	1,069	1,056	1,043	1,037
0,075	1,066	1,053	1,041	1,035
0,1	1,063	1,05	1,039	1,033 5
0,15	1,057	1,046	1,035	1,030 5
0,2	1,051	1,041	1,031 5	1,027 5
0,225	1,048	1,038	1,029 5	1,026
0,3	1,039 5	1,031	1,024	1,021
0,375	1,03	1,022 1	1,018 1	1,015

a_D es el factor de diámetro exterior del tubo y depende de T y $R_{\lambda,B}$ según una tabla en la norma. También se ha interpolado.

Tabla A.3 – Factor del día metro exterior del tubo dependiendo de las resistencia a la conducción térmica $R_{\lambda, B}$ del recubrimiento del suelo y del paso T para sistemas de tipo A y C

$R_{\lambda, B}$ $m^2 \cdot K/W$	0	0,05	0,10	0,15
T (m)	a_D			
0,05	1,013	1,013	1,012	1,011
0,075	1,021	1,019	1,016	1,014
0,1	1,029	1,025	1,022	1,018
0,15	1,04	1,034	1,029	1,024
0,2	1,046	1,04	1,035	1,03
0,225	1,049	1,043	1,038	1,033
0,3	1,053	1,049	1,044	1,039
0,375	1,056	1,051	1,046	1,042

m_T se calcula mediante la siguiente ecuación cuando $0,05m < T < 0,375m$:

$$m_T = 1 - \frac{T}{0,075} \quad (\text{Ec.5})$$

$m_U = 1$ se calcula mediante la expresión siguiente cuando $S_U \geq 0,01m$:

$$m_U = 100 (0,045 - S_U) \quad (\text{Ec.6})$$

$m_D = 0$ se calcula mediante la expresión siguiente cuando $0,008m \leq D \leq 0,03m$:

$$m_D = 100(D - 0,02) \quad (\text{Ec.7})$$

Ahora se corrige el valor de B mediante la expresión:

$$\frac{1}{B} = \frac{1}{B_0} + \frac{1,1}{\pi} \cdot \prod (a_i^{m_i}) \cdot T \cdot \left[\frac{1}{2\lambda_R} \ln \frac{d_a}{d_a - 2s_R} - \frac{1}{2\lambda_{R,0}} \ln \frac{d_a}{d_a - 2s_{R,0}} \right] \quad (\text{Ec.8})$$

Donde;

B_0 es el valor de referencia que se dio anteriormente para este valor, $6,7 \frac{W}{m^2 K}$.

λ_R y $\lambda_{R,0}$ es la conductividad térmica del tubo, valor nuevo y valor de referencia.

d_a es el diámetro interior del tubo, equivalente al diámetro menos dos veces el espesor.

s_R y $s_{R,0}$ es el espesor de pared del tubo, valor nuevo y valor de referencia.

Las ecuaciones obtenidas para las curvas características se muestran en la siguiente tabla:

$T=0,05m$	$q = 2,46 \Delta\theta_H$
$T=0,15m$	$q = 4,19 \Delta\theta_H$
$T=0,225m$	$q = 4,20 \Delta\theta_H$
$T=0,375m$	$q = 3,15 \Delta\theta_H$

Tabla 16: Curvas características suelo radiante.

Para la curva característica, se calcula la ecuación de la curva límite.

El procedimiento de cálculo de la curva límite es similar al de la curva característica. Para un paso determinado T se tiene una curva límite correspondiente, la cual se hallará con la ecuación:

$$q_G = \varphi B_G \left[\frac{\Delta\theta_H}{\varphi} \right]^{n_G} \quad (\text{Ec.9})$$

Donde;

φ es el factor de conversión para todos los valores de temperaturas $\theta_{F,máx}$ y θ_i . Se calcula mediante la ecuación siguiente:

$$\varphi = \frac{\theta_{F,máx} - \theta_i}{\Delta\theta_0} \quad (\text{Ec.10})$$

Donde $\theta_{F,máx} = 29^\circ\text{C}$; $\theta_i = 22^\circ\text{C}$; $\Delta\theta_0 = 9\text{K} \rightarrow \varphi = 0,78$

B_G es un coeficiente que depende de la relación $\frac{s_u}{\lambda_E} = 0,0375$ y según la tabla de la norma, se obtiene el valor de B_G :

Tabla A.4a – Coeficiente B_G dependiendo de la relación $\frac{s_u}{\lambda_E}$ para $\frac{s_u}{\lambda_E} \leq 0,0792$ y del paso T para sistemas con tubos instalados dentro de la placa (tipo A y tipo C)

$\frac{s_u}{\lambda_E}$ $\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$	0,01	0,020 8	0,029 2	0,037 5	0,045 8	0,054 2	0,062 5	0,070 8	0,079 2
T m									
0,05	85,0	91,5	96,8	100	100	100	100	100	100
0,075	75,3	83,5	89,9	96,3	99,5	100	100	100	100
0,1	66,0	75,4	82,9	89,3	95,5	98,8	100	100	100
0,15	51,0	61,1	69,2	76,3	82,7	87,5	91,8	95,1	97,8
0,2	38,5	48,2	56,2	63,1	69,1	74,5	81,3	86,4	90,0
0,225	33,0	42,5	49,5	56,5	62	67,5	75,3	81,6	86,1
0,3	20,5	26,8	31,6	36,4	41,5	47,5	57,5	65,3	72,4
0,375	11,5	13,7	15,5	18,2	21,5	27,5	40,0	49,1	58,3

n_G es un coeficiente que depende de la misma relación anterior. Según la tabla de la norma.

Tabla A.5a – Exponente n_G dependiendo del de la relación $\frac{s_u}{\lambda_E}$ para $\frac{s_u}{\lambda_E} \leq 0,0792$ y del paso T para sistemas con tubos instalados dentro de la placa (tipo A y tipo C)

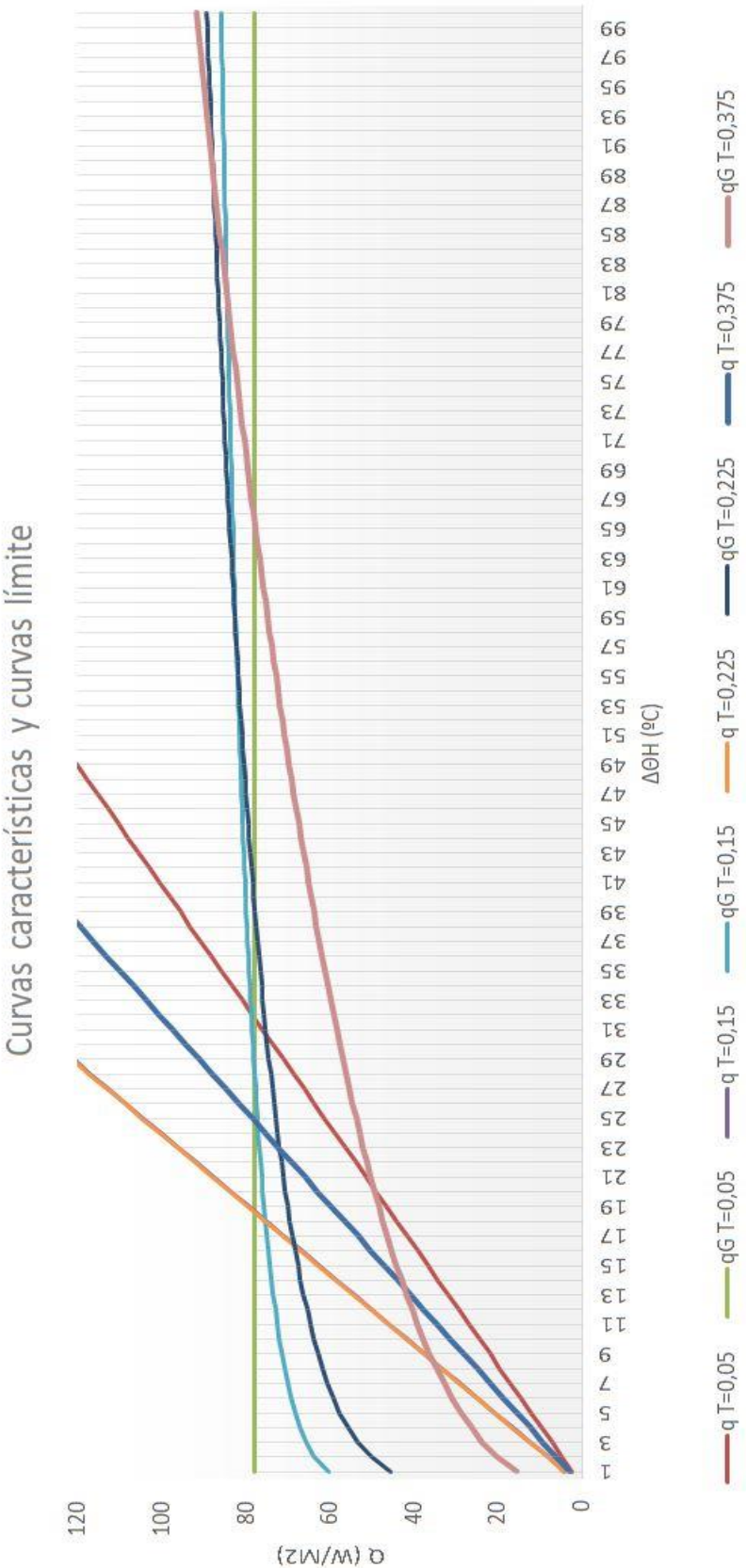
$\frac{s_u}{\lambda_E}$ m ² · K/W	0,01	0,020 8	0,029 2	0,037 5	0,045 8	0,054 2	0,062 5	0,070 8	0,079 2
T m									
0,05	0,008	0,005	0,002	0	0	0	0	0	0
0,075	0,024	0,021	0,018	0,011	0,002	0	0	0	0
0,1	0,046	0,043	0,041	0,033	0,014	0,005	0	0	0
0,15	0,088	0,085	0,082	0,076	0,055	0,038	0,024	0,014	0,006
0,2	0,131	0,13	0,129	0,123	0,105	0,083	0,057	0,040	0,028
0,225	0,155	0,154	0,153	0,146	0,13	0,11	0,077	0,056	0,041
0,262 5	0,197	0,196	0,196	0,19	0,173	0,15	0,110	0,083	0,062
0,3	0,254	0,253	0,253	0,245	0,228	0,195	0,145	0,114	0,086
0,337 5	0,322	0,321	0,321	0,31	0,293	0,260	0,187	0,148	0,115
0,375	0,422	0,421	0,421	0,405	0,385	0,325	0,230	0,183	0,142

Por tanto, la ecuación característica es:

$T = 0,05m$	$q_G = 78 \Delta\theta_H^0$
$T = 0,15m$	$q_G = 60,45 \Delta\theta_H^{0,076}$
$T = 0,225m$	$q_G = 33,53 \Delta\theta_H^{0,146}$
$T = 0,375m$	$q_G = 33,53 \Delta\theta_H^{0,385}$

Tabla 17: Curvas límite del suelo radiante.

En el siguiente diagrama representamos las curvas características y las curvas límite gráficamente:



Gráfica 1: Comparativa de las curvas del suelo radiante y las curvas límite

9.4. INSTALACIÓN DE EQUIPOS DE EXPANSIÓN DIRECTA

Los equipos de expansión directa se dimensionaran en función de la carga térmica de verano, se instalara uno en cada zona climatizada además de en el hall debido a que se necesitaría apoyo para el invierno,

Se instalaran un total de 6 equipos de expansión directa de los cuales tres son de tipo Casette que irán situados uno en cada aula y otro en el comedor, los splits de tipo pared se situaran en la sala de cunas la oficina y el hall.

10. SISTEMAS DE CONTROL AUTOMÁTICO

El sistema de control automático elegido pertenece a la marca Baxi, su función es controlar y regular la temperatura de las estancias aclimatadas para así obtener el confort térmico con una mayor eficiencia, se compondrá de una centralita de regulación SR8Z pudiéndose conectar a calderas o a bombas de calor y a 8 zonas, kit receptor inalámbrico SR8Z BR permitiendo utilizar hasta 8 termostatos inalámbricos TD SR.



Centralita de regulación SR8Z	
	• Regulación Calor / Frio pudiéndose conectar a calderas o bombas de calor reversibles • Mismo módulo técnico para las dos tecnologías BUS y radio: el módulo técnico BUS se transforma en radio cableando el receptor • Regulación en un solo equipo de hasta 8 zonas • Posibilidad de ampliación de control de zonas conectando dos módulos en serie • Regulación de electroválvulas o motores • Certificado Eu.Bac
Clasificación ErP (1)	IV
Contribución a la eficiencia según ErP (1)	2%
Referencia	7216916
PVP	198 €

Ilustración 7: Centralita de regulación SR8Z



SR8Z BR

Kit receptor inalámbrico.

Permite el uso de los termostatos inalámbricos RD SR o RX SR.

1 solo kit receptor para un máximo de 8 termostatos inalámbricos por centralita.

7216917

72 €

Ilustración 8: Kit receptor SR8Z BR.



TD SR

Termostato hilos

Clasificación ErP (1)	IV
Contribución a la eficiencia según ErP (1)	2%
Referencia	7216918
PVP	71 €

Ilustración 9: Termostato TD SR.

11. PRESUPUESTO

PRESUPUESTO MATERIAL (IVA incluido).....	30056,5 €
PRESUPUESTO MANO DE OBRA (IVA incluido).....	4359,92 €
TOTAL PARCIAL (IVA incluido).....	34416,42 €
GASTOS GENERALES (15%, IVA incluido).....	5162,46 €
BENEFICIOS INDUSTRIALES (6%, IVA incluido).....	2064,99 €
TOTAL PRESUPUESTO.....	41643,87 €

12. CONCLUSIONES

Se concluye este trabajo de fin de grado con la adquisición del conocimiento necesario para poder realizar el estudio fin de este trabajo, hemos ido encontrado algunos problemas que hemos ido solventado gracias al apoyo de las fuentes de información proporcionadas por las normas vigentes, el primer problema que hemos encontrado ha sido el de las elevadas cargas térmicas de nuestro edificio de estudio, esto afectó al diseño conceptual inicialmente planeado modelando el sistema para que fuera viable su realización, estas elevadas cargas impedían que el suelo radiante cubriera toda la demanda de calefacción debido a que si se hubieran instalado la temperatura del suelo sería extremadamente alta, la solución encontrada ha sido el apoyo con equipos de expansión directa que realizaran la función de apoyo en invierno y de climatizadores en verano

El porcentaje de carga cubierta por el suelo radiante es del 59% y el de los equipos de expansión directa es del 39% aunque los equipos de expansión directa se han dimensionado para el verano al ser las cargas mayores.

Con respecto al agua caliente sanitaria se ha obtenido el caudal punta de la instalación y se ha estimado que el tiempo en el cual todas las salidas de agua están conectadas son de 15 minutos, con esta estación se ha llegado a la conclusión que la potencia necesaria para abastecer de agua caliente sanitaria al edificio es bastante alta, para

la reducción de esta potencia se ha elegido un acumulador de agua caliente de 300l que el que se reducirá la potencia de las unidades exteriores en 4 kW.

13. BIBLIOGRAFÍA

[1] Guías IDAE AGUA CALIENTE SANITARIA.

file:///D:/Downloads/documentos_08_Guia_tecnica_agua_caliente_sanitaria_centra1_906c75b2.pdf

[2] Catalogo marca AQUATERMIC para unidades interiores y exteriores.

http://www.eurofred.es/Descargas/Catalogo_aquatermic_2018-19_p/files/assets/common/downloads_ae96d67d/publication.pdf

[3] Catalogo marca BAXI para vasos de expansión

<https://cdn.baxi.es/-/media/inriver/35176-15832.pdf?v=1&d=20190319T085408Z>

[4] Catalogo marca WILO para bombas.

https://wilo.com/es/es/Productos-y-campos-de-aplicaci%C3%B3n/B%C3%BAsqueda-de-series/Varios-PICO-15-1-7_10286.html

[5] Catalogo marca BAXI para elementos de suelo radiante.

<https://cdn.baxi.es/-/media/inriver/35237-15893.pdf?v=1&d=20190319T091340Z>

[6] Catalogo marca FITTINGSESTANDAR para elementos del suelo radiante.

<http://www.fittingsestandar.com/downloads/descar/30/ficha-suelo-radiante.pdf>

[7] Guía PRESSMAN para el cálculo de la pérdida de carga en tuberías.

<http://www.eepm.es/wp-content/uploads/2018/04/PRESSMAN-Pe%CC%81rdida-de-Carga-en-Tuberi%CC%81as.pdf>

[8] Código técnico de la edificación.

http://www.anape.es/pdf/Catalogo%20de%20Elementos%20Constructivos%20CA T-EC-v06.3_marzo_10.pdf

[9] TFG Andrés Cebrián Rodríguez.

https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/26601/TFG_Andres_Cebrian_Rodriguez_2014.pdf

[10] UNE EN ISO 100155 diseño y cálculo de sistemas de expansión

[11] Catálogo TECNA para el acumulador de ACS.

<http://www.tecna.es/images/pdfadjunto/Precios%20ATV.pdf>

[12] Guía suelo radiante FEDECA.

<https://www.fegeca.com/docs/fegeca-guia-suelo-radiante.pdf>

[13] Guía morteros WEBER.

<https://www.es.weber/recrecido-y-decoracion-de-suelos/recrecidos-tecnicos/weberfloor-radiante>

[15] Guía para el cálculo de las cargas térmicas.

<https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>

[16] Guía IDAE Condiciones Climáticas.

https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_17_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_con_equipos_autonomos_5bd3407b.pdf

[17] Agencia Andaluza de la Energía para condiciones climáticas.

<http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/Radiacion/radiacion1.php>

[18] Documento DB HE de ahorro de energía.

<http://www.arquitectura-tecnica.com/hit/Hit2015-1/DccDBHE.pdf>

[19] Catalogo recuperadores de calor SODECA.

https://www.sodeca.com/upload/imgCatalogos/ES/CT05_Cataleg_Recuperadors_2018_ES.pdf

[20] UNE 149201:2017 Abastecimiento de agua. Dimensionado de instalaciones de agua para consumo humano dentro de los edificios.

[21] UNE-EN 1264-1 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 1: Definiciones y símbolos.

[22] UNE-EN 1264-2 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.

[23] UNE-EN 1264-3 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 3: Dimensionamiento.

[24] UNE-EN 1264-4 Sistemas de calefacción y refrigeración de circulación de agua integrados en superficies. Parte 4: Instalación.

[25] 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.

[26] Transmitancia térmicas de los cerramientos.

<http://cte-web.iccl.es/sistemas.php?t=2&f=8>

[27] Comparación entre caldera de biomasa y aerotermia.

<https://www.quetzalingenieria.es/aerotermia-o-biomasa-que-sistema-de-calefaccion-elijo/>

<http://www.mcarquitectos.es/blog/aerotermia-versus-caldera-de-biomasa-art%C3%ADculo-de-daniel-pascual-s%C3%A1nchez>

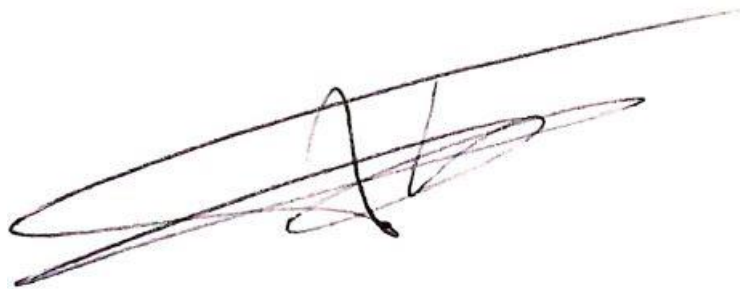
<https://www.tierra.org/es-la-biomasa-una-fuente-de-energia-realmente-renovable/>

[28] Pliego de condiciones y estudio de seguridad y salud.

<https://repositori.udl.cat/bitstream/handle/10459.1/57701/damellai.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<http://www.zaratamo.com/PublishingImages/04%20PLIEGO%20DE%20CONDICIONES%20FASE%202.pdf>

Firmado: Javier Bayona torres.

A handwritten signature in dark ink, appearing to be 'Javier Bayona torres', written in a cursive style with a long horizontal stroke extending to the right.

DOCUMENTO 2: ANEXOS

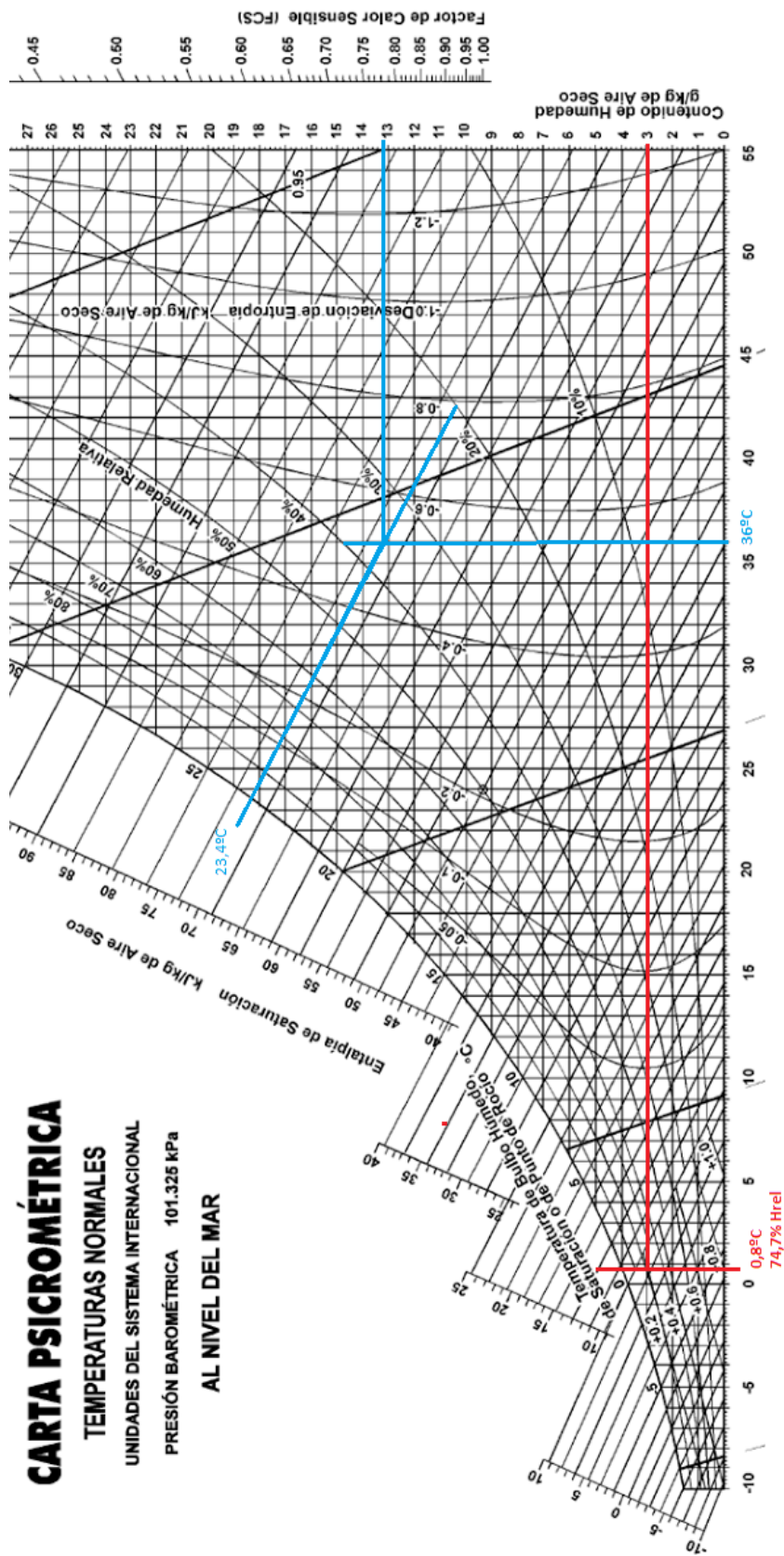
DOCUMENTO 2: ANEXOS.....	48
ANEXO I: CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS	49
<i>Cálculos psicométricos</i>	<i>49</i>
<i>Cálculos de las cargas térmicas</i>	<i>52</i>
ANEXO II: DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN	65
<i>INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN POR EQUIPOS DE EXPANSIÓN DIRECTA. .</i>	<i>65</i>
<i>INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.</i>	<i>69</i>
<i>INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).....</i>	<i>74</i>
<i>UNIDADES EXTERIORES PARA EL SISTEMA DE AEROTERMIA.....</i>	<i>77</i>
<i>BOMBEO Y OTROS EQUIPOS HIDRÁULICOS.</i>	<i>81</i>
<i>DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTOS.</i>	<i>89</i>
<i>ACCESORIOS SUELO RADIANTE</i>	<i>105</i>

ANEXO I: CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS

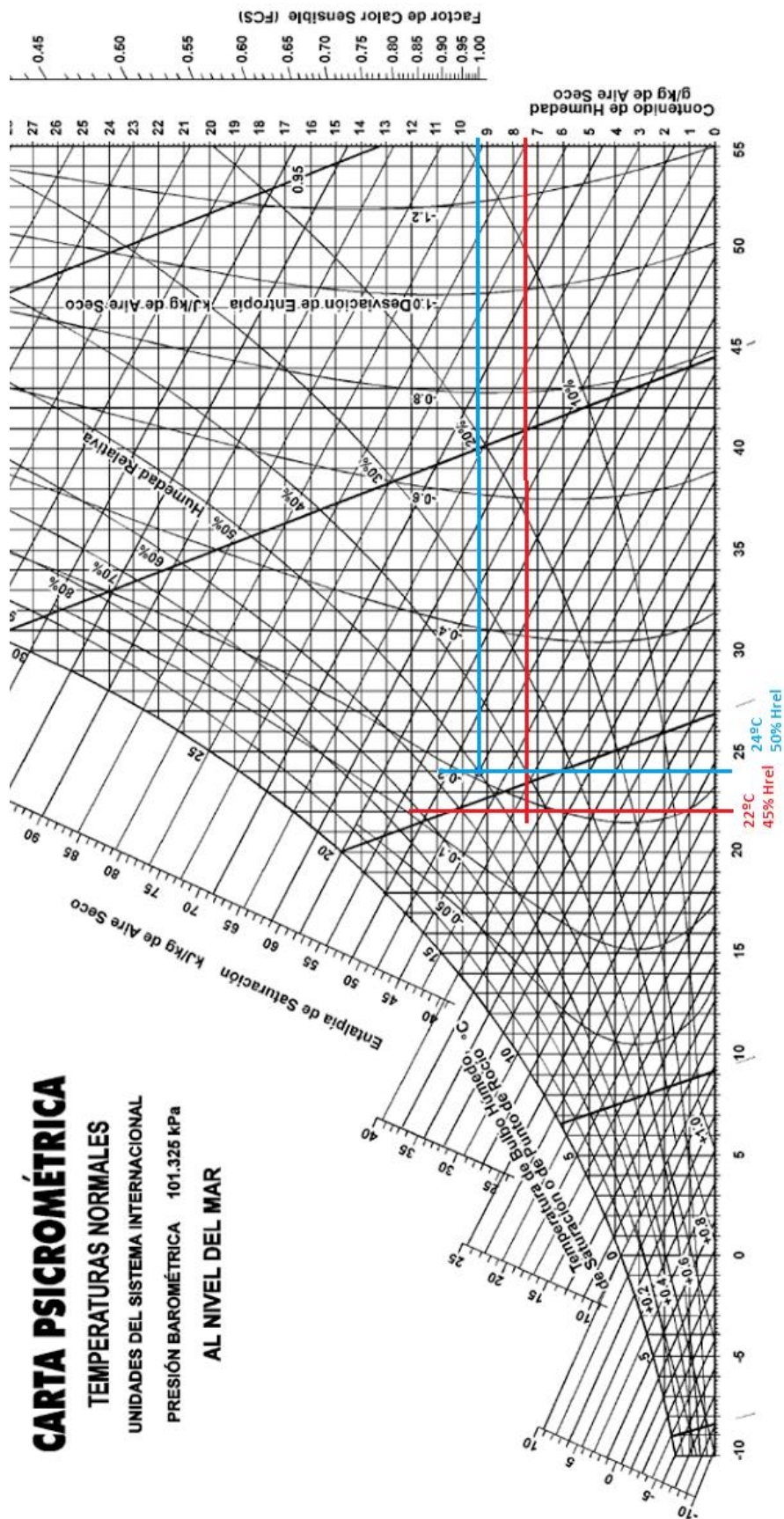
CÁLCULOS PSICOMÉTRICOS

Los cálculos psicométricos son fundamentalmente los cálculos que se han seguido con ayuda del diagrama psicrométrico para obtener las humedades específicas o absolutas (en g de agua / kg de aire) para las condiciones climáticas y de confort, internas y externas, en verano y en invierno. Sobre los diagramas se han indicado las líneas sobre las que se han obtenido los valores de humedad absoluta y que después se han utilizado para el cálculo de las cargas térmicas.

Para estos cálculos sobre el diagrama se han utilizado los datos de partida obtenidos en el capítulo 7.4 de la memoria: Temperatura de bulbo seco (°C), temperatura de bulbo húmedo (°C) y humedad relativa (%). A continuación, se muestran las líneas sobre los diagramas.



Gráfica 2: Diagrama psicrométrico para verano.



Gráfica 3: Diagrama psicrométrico para invierno.

CÁLCULOS DE LAS CARGAS TÉRMICAS

Para los cálculos de las cargas térmicas se ha utilizado el procedimiento de cálculo detallado según las siguientes fórmulas e hipótesis.

- CALOR SENSIBLE POR RADIACIÓN

La radiación solar solo atraviesa superficies transparentes y traslucidas, he incide sobre el interior del edificio calentándolo, la carga térmica debida a la radiación solar a través de superficies acristaladas se calcula mediante la expresión:

$$Q_{sr} = S \cdot R \cdot F \quad (\text{Ec.11})$$

Donde;

Q_{sr} es carga térmica producida por la radiación solar que se introduce a través de las ventanas (W).

S es la superficie acristalada de las ventanas del edificio (m^2).

R es la radiación solar que atraviesa la superficie acristalada (W/m^2).

F es el factor de corrección de sombra de la radiación en función del tipo de marco y vidrio de las ventanas (CTE-DB-HE).

A continuación, se muestra un esquema de los diferentes tipos de ventanas, con sus dimensiones expresadas en metros, de las mismas.

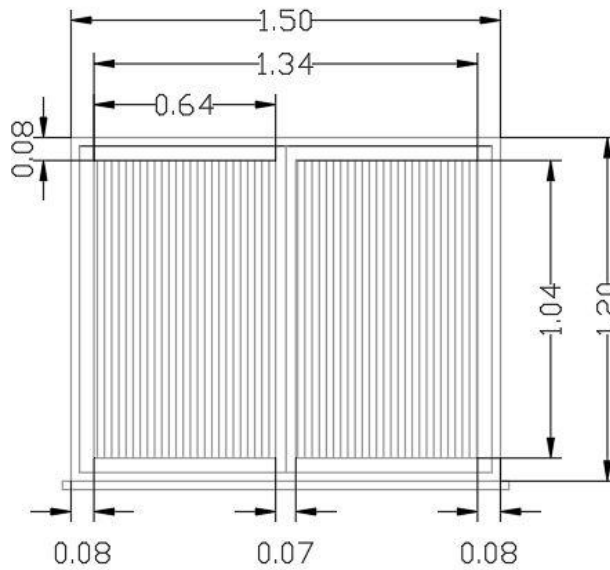


Ilustración 10: Ventana tipo V1.

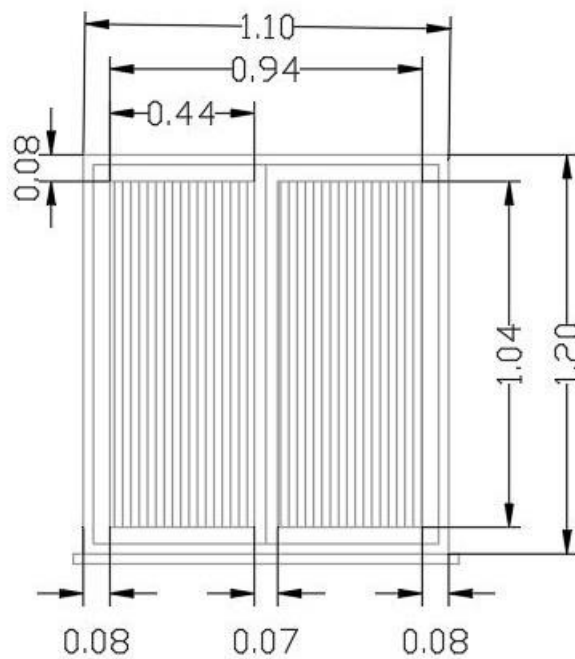
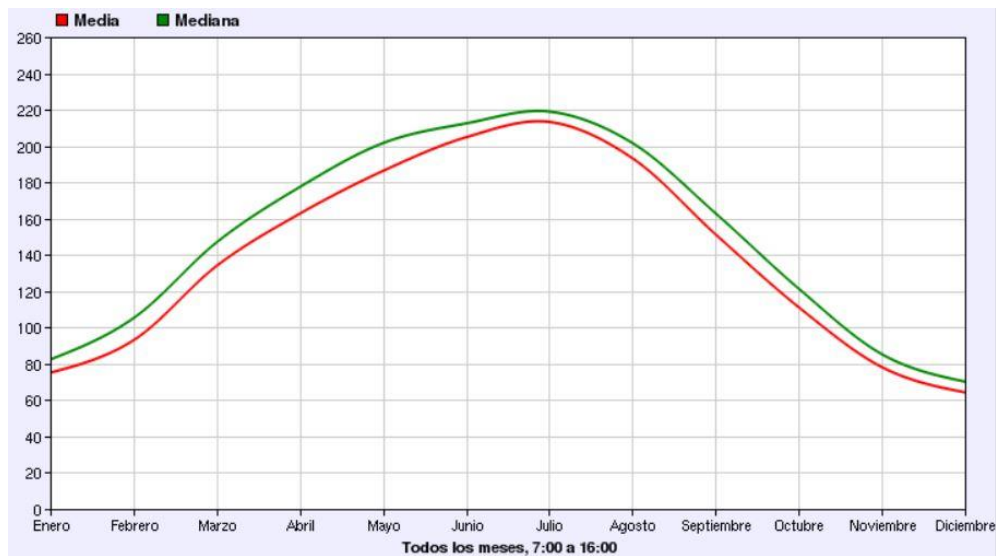


Ilustración 11: Ventana tipo V2.

Para la obtención de la radiación solar en nuestro municipio hemos consultado los datos de radiación solar en Andalucía, eligiendo la estación de medidas en tierra de Torreblascopedro.

Mes	Media	Mediana
1 (Enero)	75.2	82.5
2 (Febrero)	93.2	105.4
3 (Marzo)	134.2	147.2
4 (Abril)	162.9	177.6
5 (Mayo)	186.4	201.7
6 (Junio)	204.9	212.5
7 (Julio)	213.2	218.9
8 (Agosto)	193	201.4
9 (Septiembre)	151	162.6
10 (Octubre)	110.9	121.1
11 (Noviembre)	78	85.1
12 (Diciembre)	64.2	70.1

Ilustración 12: Radiación global (kW/m^2).Gráfica 4: Radiación global (kW/m^2).

Analizando estas gráficas obtenemos la radiación global en (kWh/m^2) para el horario de invierno, utilizando un criterio conservador elegimos el mes de diciembre $64,2$ (kWh/m^2) porque tiene menor radiación y para verano elegimos el mes de julio $213,2$ (kWh/m^2) al tener la máxima radiación. A continuación, obtendremos este valor en (kW/m^2).

$$64,2 \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes} \cdot \frac{mes}{31 días} \cdot \frac{1 días}{9 h} = 0,23 kW/m^2 \quad (Ec.11)$$

$$213,2 \frac{kW \cdot h}{m^2 \cdot mes} \cdot \frac{mes}{31 días} \cdot \frac{1 días}{9 h} = 0,77 kW/m^2 \quad (Ec.12)$$

Para obtener el factor de corrección de sombra de cada ventana consultamos el documento DBHE de ahorro de energía el cual paso a paso nos indica como calcular este factor.

$$F = F_s \cdot [(1 - FM) \cdot g + FM \cdot 0,04 \cdot U_M \cdot \alpha] \quad (Ec.13)$$

Siendo;

F_s es el factor solar en función del dispositivo de sombra.

FM y FV son las fracciones del hueco que ocupa el marco y el vidrio respectivamente.

g es el factor solar de la parte semitransparente del hueco.

U_M es la transmitancia térmica del marco ($4 W/m^2k$).

α es la absorptividad del marco.

Se calcula el porcentaje de marco y ventana respecto del hueco.

	V1	V2
FM%	27,2	32,24
FV%	72,8	67,76

Tabla 18: Porcentaje de marco y cristal de la ventana.

Después obtenemos los valores de g y de α , obtenemos los valores de g con la hoja de características de la ventana proporcionada por el proveedor y el valor de α con la tabla de absortividad del marco según la guía DBHE de ahorro de la energía.

Vidrio exterior		SGG PLANITHERM S®		SGG PLANITHERM S®	
Vidrio interior		SGG PLANILUX®		SGG PLANILUX®	
composición		4(6)4	4(12)4	6(12)6	6(16)6
Transmisión Luminosa	TI	67	67	65	65
Reflexión Exterior	Re	11	11	11	11
Reflexión Interior	Ri	11	11	11	11
T uv		23	23	20	20
Tenergetica		47	47	43	43
Reflexión Energética	Re	20	20	18	18
Absorción vidrio 1	A1	30	30	34	34
Absorción vidrio 2	A2	4	4	6	6
Factor Solar	g	0,53	0,52	0,50	0,50
Coefficiente U aire (W/m ² °K)	U	2,6	1,8	1,8	1,5

Tabla 19: Características de las ventanas, factor solar g .

Color	Claro	Medio	Oscuro
Blanco	0,20	0,30	---
Amarillo	0,30	0,50	0,70
Beige	0,35	0,55	0,75
Marrón	0,50	0,75	0,92
Rojo	0,65	0,80	0,90
Verde	0,40	0,70	0,88
Azul	0,50	0,80	0,95
Gris	0,40	0,65	---
Negro	---	0,96	---

Tabla 20: Absortividad del marco por radiación solar.

El factor solar en función del dispositivo de sombra se obtiene de las tablas del documento DBHE de ahorro de la energía usando 0,4m de espesor del hueco de ventanas.

$$\frac{R_{V1}}{W_{V1}} = \frac{0,4}{1,5} = 0,27 \quad \frac{R_{V1}}{H_{V1}} = \frac{0,4}{1,2} = 0,33 \quad (\text{Ec.14,15})$$

$$\frac{R_{V2}}{W_{V2}} = \frac{0,4}{1,1} = 0,37 \quad \frac{R_{V2}}{H_{V2}} = \frac{0,4}{1,2} = 0,33 \quad (\text{Ec.16,17})$$

		0,05 < R/W ≤ 0,1	0,1 < R/W ≤ 0,2	0,2 < R/W ≤ 0,5	R/W > 0,5	
ORIENTACIONES DE FACHADAS	S	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,82	0,74	0,62	0,39
		0,1 < R/H ≤ 0,2	0,76	0,67	0,56	0,35
		0,2 < R/H ≤ 0,5	0,56	0,51	0,39	0,27
		RH > 0,5	0,35	0,32	0,27	0,17
	SE/SO	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,86	0,81	0,72	0,51
		0,1 < R/H ≤ 0,2	0,79	0,74	0,66	0,47
		0,2 < R/H ≤ 0,5	0,59	0,56	0,47	0,36
		RH > 0,5	0,38	0,36	0,32	0,23
	E/O	0,05 < R/H ≤ 0,1	0,91	0,87	0,81	0,65
		0,1 < R/H ≤ 0,2	0,86	0,82	0,76	0,61
		0,2 < R/H ≤ 0,5	0,71	0,68	0,61	0,51
		R/H > 0,5	0,53	0,51	0,48	0,39

Tabla 21: Factor solar en función del dispositivo de sombra.

Con estos valores se obtiene el factor solar en función del dispositivo de sombra, en este caso sombra por retranqueo, para cada tipo de ventana y su orientación obteniendo.

- Cinco ventanas tipo V1 orientadas al este con $F = 0,24$.
- Cuatro ventanas tipo V1 orientadas al oeste con $F = 0,24$.
- Una ventana tipo V2 orientada al este con $F = 0,23$.
- Dos ventanas tipo V1 orientada al sur con $F = 0,15$.

Por último, con todas las magnitudes conocidas aplicamos la Ec.3, para el caso de invierno y verano, obteniendo un calor por radiación en invierno de 0,79 kW y un calor por radiación en verano de 2,65 kW.

- CALOR SENSIBLE POR PARÁMETROS

La expresión que determina el calor sensible a través de los cerramientos del local viene dada por:

$$Q_{ST} = k S (T_{Ext} - T_{Int}) \quad (Ec.18)$$

Donde Q_{ST} es el calor sensible a través de los cerramientos, en W.

S es la superficie en m^2 .

k es el coeficiente de transmisión térmica del cerramiento en $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$.

$(T_{Ext} - T_{Int})$ es la diferencia de temperaturas en el exterior y en el interior.

Si el local contiguo es interior (esté o no climatizado), como valor de $(T_{Ext} - T_{Int})$ se tomará la mitad que si es exterior.

Para cada cerramiento (fachada, tabiques, cubierta) se han tomado los respectivos valores de transmitancia y superficie de cada cerramiento por habitación, y se han calculado dichas cargas térmicas.

- CALOR SENSIBLE POR VENTILACIÓN

La ecuación que indica el calor sensible por ventilación según el cálculo detallado por régimen permanente viene dada por:

$$Q_{SA} = 0,34 V (T_{Imp} - T_{Int}) \quad (Ec.19)$$

Donde;

$-Q_{SA}$ es la potencia en Watios.

- V es el caudal de impulsión en m^3/h .

-0,34 es el calor específico del aire en $\text{W}\cdot\text{h}/(\text{m}^3\cdot^\circ\text{C})$

$T_{Imp} - T_{Imp}$ es el salto térmico exterior e interior del local en $^\circ\text{C}$. El salto térmico no se mide con la temperatura en las condiciones externas, sino la temperatura de impulsión del aire al interior del local, obtenida debido al recuperador de calor de la UTA.

Esta ecuación se empleará para cada habitación en la que se esté impulsando aire de ventilación.

En el recuperador de la UTA se intercambia solo calor sensible, ya que dentro del intercambiador no hay contacto directo entre los dos flujos de aire.

$$\eta = 81\% = \frac{T_{Imp} - T_{Ext}}{T_{Int} - T_{Ext}} \quad (\text{Ec.20})$$

Donde;

- T_{Imp} es la temperatura de impulsión del aire de ventilación en $^\circ\text{C}$.

- T_{Ext} es la temperatura exterior en $^\circ\text{C}$.

- T_{Int} es la temperatura en las condiciones de confort interiores en $^\circ\text{C}$.

Se obtienen con esto las temperaturas del aire que se impulsa al interior del local, que es de $26,28^\circ\text{C}$ en verano y de $17,97^\circ\text{C}$ en invierno, hecho que produce un aumento en la eficiencia energética ya que no se está impulsando aire ni muy caliente en verano ni muy frío en invierno, y rebaja sustancialmente la carga térmica por calor sensible de ventilación.

- CALOR SENSIBLE POR OCUPACIÓN

El calor sensible por ocupación se obtiene utilizando la siguiente expresión:

$$Q_{SO} = n Q_{sp} \quad (\text{Ec.21})$$

Donde;

- Q_{SO} es el calor sensible por ocupantes total, en W.

- n es el número de personas.

- Q_{sp} es el calor sensible por persona en W/persona.

El calor sensible por personas se ha tomado de la siguiente tabla.

<i>Sala</i>	<i>Actividad</i>	<i>Calor sensible (W/persona)</i>
<i>Aula 1</i>	Persona sentada	58
<i>Aula 2</i>	Persona sentada	58
<i>Hall</i>	De pie, paseando	58
<i>Comedor</i>	Comiendo	64
<i>Oficina</i>	Persona sentada	58
<i>Baño 1</i>	Persona sentada	58
<i>Baño 2</i>	Persona sentada	58
<i>Almacén</i>	De pie, paseando	58
<i>Sala de cunas</i>	De pie, paseando	58
<i>Cocina</i>	De pie, paseando	58
<i>Despensa</i>	De pie, paseando	58

Tabla 22: Calor sensible por personas.

- CALOR LATENTE POR VENTILACIÓN

La expresión para el calor latente por ventilación se ha estimado según la siguiente expresión:

$$Q_{LA} = 0,83 V (W_{Ext} - W_{Int}) \quad (Ec.22)$$

Donde;

- Q_{LA} es el calor latente de ventilación en W.

- V es el caudal de ventilación en m^3/h .

-0,83 es el producto de la densidad estándar del aire ($1,2 \text{ kg/m}^3$) por el calor latente de vaporización del agua ($0,69 \text{ W}\cdot\text{h/g}$).

- $W_{Ext} - W_{Int}$ es la diferencia de humedades absolutas del exterior al interior en g/kg .

- CALOR LATENTE POR OCUPACIÓN

La expresión para el calor latente por ocupantes viene dada por:

$$Q_{LO} = n Q_{LP} \quad (Ec.23)$$

Donde;

- Q_{LO} es el calor latente por ocupantes, en W.

- n es el número de ocupantes.

- Q_{LP} es el calor latente por persona

<i>Sala</i>	<i>Actividad</i>	<i>Calor latente (W/persona)</i>
<i>Aula 1</i>	Persona sentada	44
<i>Aula 2</i>	Persona sentada	44
<i>Hall</i>	De pie, paseando	70
<i>Comedor</i>	Comiendo	93
<i>Oficina</i>	Persona sentada	44
<i>Baño 1</i>	Persona sentada	44
<i>Baño 2</i>	Persona sentada	44
<i>Almacén</i>	De pie, paseando	70
<i>Sala de cunas</i>	De pie, paseando	70
<i>Cocina</i>	De pie, paseando	70
<i>Despensa</i>	De pie, paseando	70

Tabla 23: Calor latente por actividad de las personas.

- **CALOR SENSIBLE POR ILUMINACIÓN**

El calor sensible por iluminación se va a despreciar para este trabajo. El local no tiene una apertura nocturna, y en invierno cuando se hace de noche más temprano, o en las salas del local donde sea necesario iluminar, el calor aportado por la iluminación es despreciable.

- **CALORES TOTALES**

Los resultados finales pueden verse en las siguientes tablas. Se consideran en la columna “A CLIMATIZAR” las salas que van a climatizarse en invierno y en verano.

TOTALES VERANO				
Sala	Qs (W)	QL (W)	QT (W)	A CLIMATIZAR
Aula 1	2470,66	4066,32	6536,98	6536,98
Aula 2	2492,25	4066,32	6558,57	6558,57
Hall	1360,52	3267,97	4628,49	0,00
Comedor	3238,28	8002,20	11240,48	11240,48
Oficina	261,27	271,09	532,36	532,36
Baño 1	220,37	44,00	264,37	0,00
Baño 2	240,16	44,00	284,16	0,00
Almacén	227,72	297,09	524,81	0,00
Sala de cunas	1553,67	2376,70	3930,37	3930,37
Cocina	555,17	70,00	625,17	0,00
Despensa	339,85	70,00	409,85	0,00
Total	12959,92	22575,69	35535,60	28798,75

Tabla 24: Cargas térmicas totales en verano.

Adjuntamos a los documentos principales del trabajo de fin de grado las hojas de cálculo que se han utilizado para calcular las cargas térmicas, ya que por su tamaño no pueden ser mostradas en estas páginas del Anexo I.

Prácticamente en la suma de salas a climatizar, se obtiene el mismo resultado de cargas térmicas. Sin embargo, el de verano es ligeramente mayor, también por la suma de las cargas totales, por tanto se utilizará para los cálculos el valor de cargas térmicas de verano de **28,8 kW**.

	TOTALES INVIERNO			
Sala	Qs (W)	QL (W)	QT (W)	A CLIMATIZAR
Aula 1	-634,46	-3373,80	-4008,26	-4008,26
Aula 2	-672,61	-3373,80	-4046,41	-4046,41
Hall	-638,46	-2188,12	-2826,58	-2826,58
Comedor	-291,49	-4398,00	-4689,49	-4689,49
Oficina	-301,11	-224,92	-526,03	-526,03
Baño 1	-228,86	44,00	-184,86	0,00
Baño 2	-263,81	44,00	-219,81	0,00
Almacén	-241,84	-224,92	-466,76	0,00
Sala de cunas	-458,28	-1591,36	-2049,64	-2049,64
Cocina	555,17	70,00	625,17	0,00
Despensa	-7,84	70,00	62,16	0,00
Total	-3183,59	-15146,92	-18330,51	-18146,40

Tabla 25: Cargas térmicas totales en invierno.

ANEXO II: DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN

Conociendo el tipo de instalación que se ha escogido para este trabajo (aeroterminia), se va a proceder al dimensionamiento de los equipos que van a suplir de energía térmica para calefacción y refrigeración al edificio.

INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN POR EQUIPOS DE EXPANSIÓN DIRECTA.

Se instalarán un total de 6 equipos de expansión directa de los cuales 3 son de tipo Casette de techo y 3 de tipo Split de pared, se ha escogido los equipos de la marca Aquatermic por la amplia gama de equipos que presente de diferentes rangos, a continuación se muestra una tabla comparativa donde aparecen la potencia calorífica necesaria de cada estancia y la potencia que nos proporciona cada equipo.

Estancia	P.necesaria frio(kW)	P.necesaria(kW) calor(kW)	P.equipo frio(kW)	P.equipo calor(kW)	modelo
Aula 1	6,54	1,17	7,1	8	AQ SC 24
Aula 2	6,56	1,18	7,1	8	AQ SC 24
Hall	0	0,82	2,2	2,5	AQ WM 07
Comedor	11,3	1,36	12,5	14	AQ SC 40
Oficina	0,54	0,16	2,2	2,5	AQ WM 07
Sala de cunas	4	0,6	4,5	6,3	AQ WM 14

Tabla 26: Potencia de equipos de expansión directa.



Ilustración 13: Casette de techo.

Este equipo incluye mando inalámbrico y bomba de condensados montada en el interior para facilitar las labores de mantenimiento, el resto de características se muestra a continuación.

Dimensiones

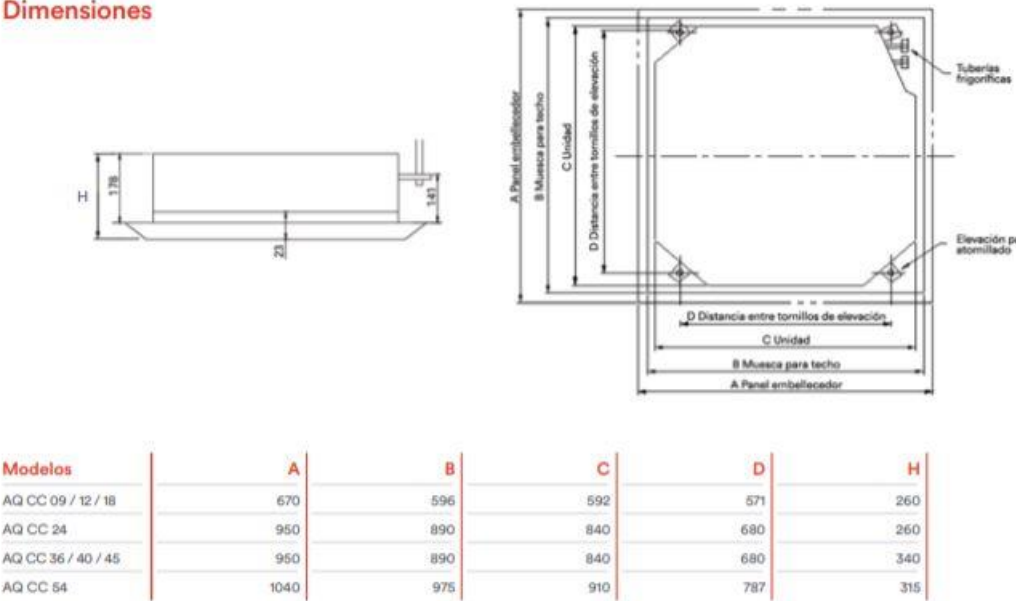


Ilustración 14: Dimensiones del cassette de techo.

Modelo			AQ CC 09	AQ CC 12	AQ CC 18	AQ SC 24	AQ SC 36	AQ SC 40	AQ SC 45	AQ SC 54
Código			3IAA0300	3IAA0301	3IAA0302	3IAA0303	3IAA0304	3IAA0321	3IAA0323	3IAA0325
Potencia	Frio	kW	2,8	3,6	5,6	7,1	10	12,5	14	16
	Calor	kW	3,2	4	6,3	8	11,2	14	16	17,5
Alimentación eléctrica		V/h°/Hz	220 / 50							
Consumo		W	35	35	45	68	98	110	110	130
Caudal de Aire	(A/M/B)	m3/h	600/500/400	600/500/400	700/600/480	1180/950/850	500/1350/1100	800-1100	950-1500	1000-1500
Intensidad	Frio	A	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6
Nivel de presión Sonora	(A/M/B)	dB(A)	41/39/35	41/39/35	45/43/38	38/36/33	40/37/35	31-36	32-40	32-40
Conexiones frigoríficas	Líquido	mm (")	6,35 (1/4")	6,35 (1/4")	6,35 (1/4")	9,52 (3/8)	9,52 (3/8)	9,52 (3/8)	9,52 (3/8)	9,52 (3/8)
	Gas	mm (")	9,52 (3/8)	12,7 (1/2")	12,7 (1/2")	15,9 (5/8)	15,9 (5/8)	15,9 (5/8)	15,9 (5/8)	15,9 (5/8)
Tubo de drenaje	Diámetro externo	mm	25	25	25	25	25	25	25	25
	Grosor	mm	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Dimensiones unidad	(alto x ancho x fondo)	mm	596x592x240	596x592x240	596x592x240	320x840x840	320x840x840	320x840x840	320x840x840	293x910x910
Dimensiones panel	(alto x ancho x fondo)	mm	65x670x670	65x670x670	65x670x670	65x950x950	65x950x950	65x950x950	65x950x950	65x1040x1040
Peso neto	Unidad	Kg	20,5	20,5	20,5	26,5	32	40	46	46
	Panel	Kg	3,5	3,5	3,5	7	7	7	7	7,5

Ilustración 15: Características del cassette de techo.



Ilustración 16: Casette de pared.

Estos equipos incorporan filtros sintéticos de fácil extracción, posibilidad de funcionamiento en modo silencioso, dimensiones compactas, posibilidad de funcionamiento en modo auto limpieza, distribución homogénea del aire mediante la oscilación automática de lamas y mando inalámbrico.

Tanto el resto de característica como las dimensiones de los equipos de pared se muestran a continuación

Modelo			AQ WM 07	AQ WM 09	AQ WM 12	AQ WM 14	AQ WM 18	AQ WM 24
Código			3IAA0404	3IAA0400	3IAA0401	3IAA0405	3IAA0402	3IAA0403
Potencia	Frio	kW	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6	7,1
	Calor	kW	2,5	3,2	4,0	5	6,3	7,5
Voltaje/Fases/Frecuencia		V/Nº/Hz	220-240/1/50					
Consumo		W	50	50	60	60	70	70
Caudal de Aire	(A/M/B)	m³/h	500/420/350	500/420/350	630/550/480	630/550/480	750/600/500	750/600/500
Intensidad Nominal	Frio	A	0,2	0,2	0,31	0,31	0,31	0,31
	Calor	A	0,2	0,2	0,31	0,31	0,31	0,31
Presión Sonora	(A/M/B)	dB(A)	38/34/30	38/34/30	44/41/38	44/41/38	44/41/38	44/41/38
Diámetro de la Tubería de Conexión	Líquido	mm	ø6,35	ø6,35	ø6,35	ø6,35	ø9,52	ø9,52
	Gas	mm	ø9,52	ø9,52	ø12,7	ø12,7	ø15,9	ø15,9
Tubo de Drenaje	Diámetro Externo	mm	ø20	ø20	ø20	ø20	ø30	ø30
	Grosor	mm	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Peso Neto		kg	10	10	12,5	12,5	15	15
Dimensiones	Alto x ancho x fondo	mm	275x843x180	275x843x180	298x940x200	298x940x200	319x1008x221	319x1008x221

Ilustración 17: Característica de los equipos de pared.

Dimensiones



Modelos	A	H	B
AQ WM 07	843	275	180
AQ WM 09	843	275	180
AQ WM 12	940	298	200
AQ WM 14	940	298	200
AQ WM 18	1008	221	319
AQ WM 24	1008	221	319

Ilustración 18: Dimensiones de los equipos de pared.

INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE.

A modo de ejemplo, se realizará el dimensionamiento de la estancia más desfavorable, y posteriormente se obtendrán los parámetros para el resto de las salas sujetas a climatización por suelo radiante.

Primero, se obtendrán los valores de diseño para la potencia térmica específica, que es la carga térmica de la estancia dividida entre el área superficial de calefacción (superficie de la sala).

$$q = \frac{Q_{sala}}{A_F} \quad (\text{Ec.24})$$

Dónde:

- Q_{sala} es la carga térmica de la sala en W.

- A_F es la superficie de calefacción en m^2 .

Para las salas a climatizar de las guarderías se obtienen las siguientes potencias térmicas específicas:

<i>Sala</i>	<i>Superficie (m2)</i>	<i>QT* (W)</i>	<i>q (W/m2)</i>
<i>Aula 1</i>	38,29	4.008,26	104,68
<i>Aula 2</i>	38,29	4.046,41	105,68
<i>Hall</i>	26,32	2.826,58	107,39
<i>Comedor</i>	37,12	4.689,49	126,33
<i>Oficina</i>	5,83	526,03	90,23
<i>Sala de cunas</i>	18,88	2.049,64	108,56

Tabla 27: Potencia térmica necesaria en cada sala.

De la tabla anterior se puede observar que la sala más crítica es la oficina, por tanto se tiene que:

$$q_{m\acute{a}x} = 126,33 \text{ W/m}^2$$

Para calcular la temperatura de impulsión del agua para la sala crítica, se utiliza la siguiente expresión:

$$\theta_V = \Delta\theta_{V,m\acute{a}x} + \theta_i \quad (\text{Ec.25})$$

Donde;

$$\Delta\theta_{V,m\acute{a}x} = \Delta\theta_{H,m\acute{a}x} + \frac{\sigma}{2} \quad (\text{Ec.26})$$

Y donde:

$\Delta\theta_{V,m\acute{a}x}$ es la diferencia de temperatura de diseño entre el flujo del fluido y la sala (°C)

σ es la diferencia de temperatura entre el agua de impulsión y el agua de retorno (°C). Según la norma, el diseño debe estar comprendido entre $0^\circ\text{C} \leq \sigma \leq 5^\circ\text{C}$. Para este estudio se ha tomado:

$$\sigma = 5^\circ\text{C}$$

$\Delta\theta_H$ es la diferencia media logarítmica entre el fluido de calefacción y la sala (°C). Para obtener $\Delta\theta_{H,m\acute{a}x}$ se entra en la curva característica con $q_{m\acute{a}x}$.

Cuidado con cumplirse la condición de la norma, $q_{des} \leq q_G$ donde q_G es la potencia térmica específica a la que se alcanza la temperatura máxima permitida en la superficie del suelo, con las condiciones térmicas límite.

En nuestro caso esta condición no se cumple ya que obtenemos un valor de $q_{des} \geq q_G$ en la zona más desfavorable debido a las altas cargas térmicas de nuestro edificio, esto desembocaría en que la temperatura del suelo sería mayor de la que estipula la norma, por este motivo para que se cumpla la condición $q_{des} \leq q_G$ se ha elegido apoyar al suelo radiante con equipos de expansión directa que harán la función de apoyo de calefacción en invierno y de refrigeración en verano.

A continuación se muestra cual es el porcentaje de carga que podemos cubrir con el suelo radiante.

<i>Estancias</i>	<i>Superficie (m2)</i>	<i>QT* (W)</i>	<i>q (W/m2)</i>	<i>q (W/m2) al 59%</i>
<i>Aula 1</i>	38,29	4.008,26	104,68	61,76
<i>Aula 2</i>	38,29	4.046,41	105,68	62,35
<i>Hall</i>	26,32	2.826,58	107,39	63,36
<i>Comedor</i>	37,12	4.689,49	126,33	74,54
<i>Oficina</i>	5,83	526,03	90,23	53,23
<i>Sala de cunas</i>	18,88	2.049,64	108,56	64,05

Tabla 28: Carga cubierta por el suelo radiante.

Cuando se obtiene la curva característica, se utiliza $q_{m\acute{a}x}$ en el diagrama de curvas y se determina $\Delta\theta_{H,m\acute{a}x}$ para el paso escogido.

$T \text{ (m)}$	q_{max} (W/m ²)	qg (W/m ²)	$\Delta\theta H_{max}$ (°C)	σ (°C)	$\Delta\theta V_{max}$ (°C)	θ_v (°C)
0,05	74,54	78,00	30,31	5	32,81	54,81
0,15	74,54	75,48	17,80	5	20,30	42,30
0,225	74,54	69,55	17,75	5	20,25	42,25
0,375	74,54	52,80	23,65	5	26,15	48,15

Tabla 29: Parámetros del suelo radiante para cada paso.

Con estos valores obtenemos la temperatura de retorno del fluido calefactor, la temperatura media del suelo y el caudal de los tubos de suelo radiante.

<i>Estancia</i>	$A_F(m^2)$	$q \text{ (W/m}^2\text{)}$	$\sigma(°C)$	$C_P \left(\frac{J}{K \cdot kg} \right)$	$R_o \left(\frac{m^2}{K \cdot W} \right)$
<i>comedor</i>	37,12	75,8	5	4190	0,0663

$R_u \left(\frac{m^2}{K \cdot W} \right)$	θ_i (°C)	θ_u (°C)	$m_H \left(\frac{kg}{s} \right)$
0,18	22	7	0,15

Tabla 30: Tabla resumen de la estancia más desfavorable.

Ecuación para la temperatura de retorno del fluido térmico.

$$\theta_R = \theta_V + \sigma \quad (\text{Ec.27})$$

Ecuación para la temperatura media de la superficie del suelo usando la gráfica de curva característica básica obtenida en la norma UNE EN 1264 parte 2.

Como se puede observar introduciendo la carga de la estancia más desfavorable, la del comedor con $74,58 \text{ W/m}^2$, se obtiene un incremento de temperatura de 7°C aproximadamente, el cual sumándolo a la temperatura interior del edificio 22°C obtenemos una temperatura media del suelo de 29°C que es la temperatura media límite de la superficie del suelo según la norma.

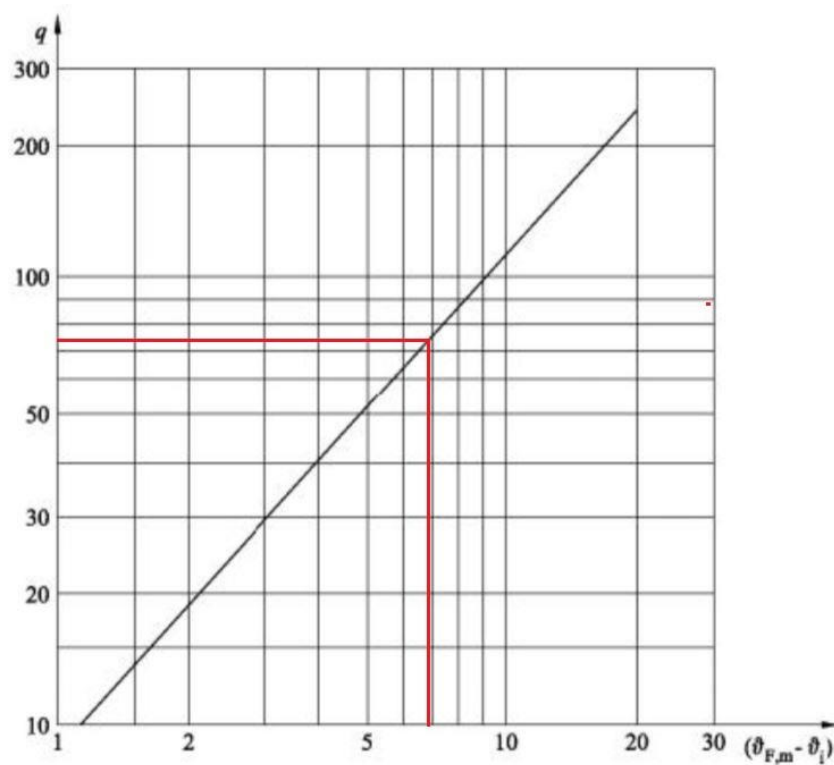


Ilustración 19: Curva característica básica.

Obtenemos;

- $\theta_v \approx 54,81^\circ\text{C}$.

- $\theta_R = 49,81^\circ\text{C}$.

- $\theta_{F,m} = 29^\circ\text{C}$.

- $m_H = 0,15 \text{ kg/s}$

A continuación se muestra el cálculo para el resto de estancias del edificio donde se mostrará el caudal y la diferencia entre la temperatura de impulsión y la de retorno, la cual según la norma no debe superar los 15°C.

<i>Estancias</i>	<i>q (W/m2)</i>	<i>ΔθHmax (°C)</i>	<i>σ (°C)</i>	<i>T(m)</i>
<i>Aula 1</i>	62,81	14,96	10,59	0,225
<i>Aula 2</i>	63,41	15,10	10,30	0,225
<i>Comedor</i>	74,5	30,31	5	0,15
<i>Hall</i>	64,44	15,35	9,81	0,225
<i>Oficina</i>	54,14	12,89	14,72	0,225
<i>Sala de cunas</i>	65,14	15,51	9,48	0,225

Tabla 31: Tabla resumen para el resto de estancias.

Los pasos escogidos son 0,15m para el comedor y para el resto de estancias de 0,225m, estos pasos se han elegido observando para el comedor los valores donde se cumple la condición $q_{des} \leq q_G$ y donde la temperatura de impulsión es menor y para el resto de estancias donde la diferencia de temperatura entre la impulsión y el retorno no superan los 15°C.

INSTALACIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS).

Para determinar el consumo de ACS se va a aplicar el documento HE 4 del CTE (Tabla 03), en el que aparecen los consumos diarios de ACS a 60°C. Para el caso de escuelas con ducha, la demanda de referencia es de 21L/día y por persona, por lo que

$$Q_{ACS} = \frac{21L}{\text{día} * \text{persona}} * \frac{79 \text{ personas}}{3600 s} = 0,46 L/s$$

Para calcular la potencia térmica necesaria para calentar el ACS se necesitan los siguientes datos obtenidos en el documento CTE HE4

-Temperatura de consumo: estimamos una temperatura de consumo de 40 °C.

-Temperatura de la red obtenida de las guías IDAE para el cálculo de agua caliente sanitaria número 8 obteniendo una temperatura de 9 °C.

Temperatura del agua de la red (°C)													Media
Mínimas	5	6	7	9	11	13	15	2	14	11	7	6	10
Máximas	15	15	16	16	17	19	21	21	20	18	17	16	17
Ciudad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Annual
Albacete	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7	13
Alicante	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12	15
Almería	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12	16
Ávila	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6	10
Badajoz	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9	14
Barcelona	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10	14
Bilbao	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10	13
Burgos	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6	10
Cáceres	9	10	11	12	14	18	21	2	19	15	11	9	13
Cádiz	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12	16
Castellón	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11	15
Ciudad Real	7	8	10	11	14	17	20	20	17	13	10	7	13
Córdoba	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10	15
La Coruña	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11	13
Cuenca	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7	12
Gerona	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9	13
Granada	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8	13
Guadalajara	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7	12
Huelva	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12	16
Huesca	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7	12
Jaén	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9	15
Las Palmas	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16	17
León	6	6	8	9	12	14	16	16	15	11	8	6	11

Tabla 32: Temperatura del agua de red.

Tabla 4.1. Demanda de referencia a 60 °C ⁽¹⁾		
Criterio de demanda	Litros/día-unidad	unidad
Vivienda	28	Por persona
Hospitales y clínicas	55	Por persona
Ambulatorio y centro de salud	41	Por persona
Hotel *****	69	Por persona
Hotel ****	55	Por persona
Hotel ***	41	Por persona
Hotel/hostal **	34	Por persona
Camping	21	Por persona
Hostal/pensión *	28	Por persona
Residencia	41	Por persona
Centro penitenciario	28	Por persona
Albergue	24	Por persona
Vestuarios/Duchas colectivas	21	Por persona
Escuela sin ducha	4	Por persona
Escuela con ducha	21	Por persona
Cuarteles	28	Por persona
Fábricas y talleres	21	Por persona
Oficinas	2	Por persona
Gimnasios	21	Por persona
Restaurantes	8	Por persona
Cafeterías	1	Por persona

Tabla 33: Volumen de consumo diario.

- Caudal instantáneo obtenido en la norma UNE 149021

Tabla 1 - Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato (Q_{min})

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo de agua fría	Caudal instantáneo mínimo de ACS
	[l/s]	[l/s]
Lavamanos	0,05-0,10	0,03-0,07
Lavabo	0,10	0,07
Ducha	0,20	0,10
Bañera	0,20-0,30	0,15-0,20
Bidé	0,10	0,07
Inodoro con cisterna	0,10	–
Inodoro con fluxor	1,25	–
Urinarios con grifo temporizado	0,15	–
Urinarios con cisterna (c/u)	0,04-0,10	–
Fregadero doméstico	0,20	0,10
Fregadero no doméstico	0,30	0,20
Lavavajillas doméstico	0,15-0,20	0,10-0,20
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20
Lavadero	0,20	0,10
Lavadora doméstica	0,20	0,15-0,20
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40
Grifo aislado	0,15-0,20	0,10
Grifo garaje	0,20	–
Vertedero	0,20	0,10

Tabla 34: Caudal instantáneo mínimo para cada tipo de aparato.

-Factor de simultaneidad, es difícil que todos los elementos del edificio estén activos al mismo tiempo, por eso la decisión del factor de simultaneidad queda en manos del diseñador de la instalación, si el factor es demasiado pequeño la caldera no cubriría la demanda de ACS, si por el contrario es muy grande se produciría una sobrealimentación de sistema, por este motivo se ha escogido un factor de 0,3.

$$k_V = 0,3$$

La potencia térmica requerida para conseguir una temperatura óptima del ACS se obtiene con la siguiente expresión.

$$Q_{acs} = k_v \cdot q_{ins} \cdot \rho_{agua} \cdot C_{p,agua} \cdot (T_{consumo} - T_{red,mínima}) \quad (\text{Ec.28})$$

- k_v : coeficiente de simultaneidad = 0,3

- q_{ins} : caudal de agua caliente sanitaria = 0,43 (d_m^3/s) = $0,43 \cdot 10^{-3} (m^3/s)$

- $C_{p,agua}$: calor específico del agua = 4182 ($J/kg \cdot ^\circ C$)

- ρ_{agua} : densidad del agua = 997 (kg/m^3)

- $T_{consumo} = 40 ^\circ C$

- $T_{red,mínima} = 9 ^\circ C$

$$Q_c = 16689 W \approx 17 kW$$

UNIDADES EXTERIORES PARA EL SISTEMA DE AEROTERMIA.

Para el dimensionamiento de las unidades exteriores se calculan el total de las cargas tanto para invierno como para verano y se eligen las unidades exteriores, a continuación se muestra un resumen de las cargas de verano que cuenta con los splits y el agua caliente sanitaria, y de las cargas térmicas de invierno que cuenta con el suelo radiante, el agua caliente sanitaria y los splits.

	<i>Verano</i>		<i>Invierno</i>		
<i>Estancias</i>	<i>Splits(W)</i>	<i>ACS(W)</i>	<i>Splits(W)</i>	<i>ACS(W)</i>	<i>Suelo radiante(W)</i>
<i>Aula1</i>	6536,98		1162,40		2.765,70
<i>Aula2</i>	6558,57		1173,46		2.792,02
<i>Hall</i>	0		819,71		1.950,34
<i>Comedor</i>	11240,47		1359,95		3.235,75
<i>oficina</i>	532,55		152,55		362,96
<i>Sala cunas</i>	3930,37		594,40		1.414,25
<i>total</i>	28798,75	14000	5262,46	14000	12521,02
<i>Suma</i>	42798,75		32146,40		

Tabla 35: Potencia necesaria para climatización y ACS.

Para poder superar estas cargas se han escogido las unidades exteriores para el verano donde la carga es mayor, los equipos escogidos son de la marca Aquatermic, son sistemas híbridos aire/agua aire/aire para aplicaciones que combinan ACS, calefacción y aire acondicionado.

Este sistema está basado en la bomba de calor aire/agua que proporciona un mayor confort adaptándose a las necesidades del edificio, está compuesto por las unidades exteriores, un módulo hidráulico y las unidades interiores, el equipo se regula de forma automática según la temperatura exterior y la demanda de climatización o ACS reduciendo así el consumo necesario.

Se han escogido 2 unidades exteriores de la marca Aquatermic modelo AQ OUT HY 72 para cubrir las necesidades de frío y calor de nuestra instalación, a continuación se muestra una tabla comparativa de la carga necesaria tanto en invierno como en verano y de la potencia en frío y calor que nos proporcionan las unidades exteriores.

	<i>Invierno</i>	<i>Verano</i>	<i>AQ OUT HY 72</i>	<i>AQ OUT HY 72 X 2</i>
<i>Frio (W)</i>	0	28798,75	22400	44800
<i>Calor (W)</i>	32146,4	14000	25000	50000

Tabla 36: Potencia de las unidades exteriores



AQ OUT HY 72 - 100

Ilustración 20: Unidades exteriores.

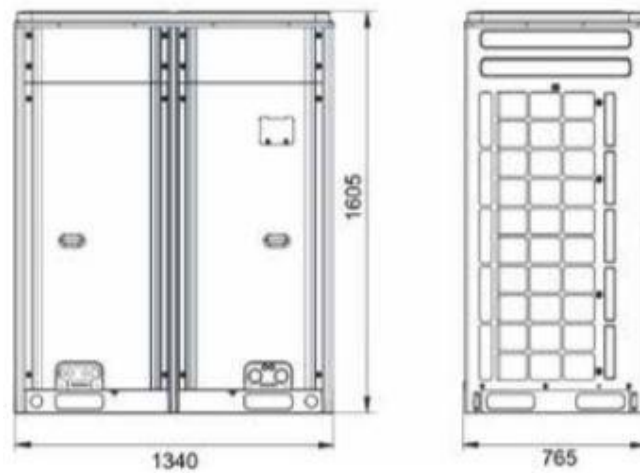


Ilustración 21: Dimensiones unidades exteriores.

Características técnicas

Modelos			AQ OUT HY 40	AQ OUT HY 45	AQ OUT HY 54	NUEVO AQ OUT HY 72	NUEVO AQ OUT HY 100
Códigos			3IAA0000	3IAA0001	3IAA0002	3IAA0008	3IAA0009
Potencia	Frío	kW	12,1	14	16	22,4	28
	Calor	kW	14	16,5	18,5	25	31,5
EER			3,97	3,52	3,3	4,19	3,64
COP			4,24	4,02	3,96	4,31	4,14
Eficiencia Energética Estacional			131	131	131	142	141
SCOP*			3,72	3,72	3,72	3,63	3,59
Clasificación ErP			A+	A+	A+	A+	A+
Alimentación Eléctrica		V/Ph/Hz	200-240/1/50			380-4	3/3/50
Consumo eléctrico	Frío	kW	3,05	3,98	4,85	5,35	7,7
	Calor	kW	3,3	4,1	4,67	5,8	7,6
Intensidad	Frío	A	16,1	18,6	22,4	9,8	13,8
	Calor	A	16,1	19,1	22,6	10,5	13,6
Refrigerante	Tipo		R410A	R410A	R410A	R410A	R410A
	Pre-carga	kg	5	5	5	10,5	11
Compresor	Tipo	-	Inverter Rotary	Inverter Rotary	Inverter Rotary	Inverter Rotary	Inverter Rotary
	Cantidad	-	1	1	1	1	1
	Potencia absorbida	W	4580	4580	4580	6000	6000
Ventilador	Tipo		Axial	Axial	Axial	Axial	Axial
	Cantidad		2	2	2	2	2
Condensador	Material	-	Tubo de cobre y aletas de aluminio				
	Área de intercambio	m²	1,155	1,155	1,155	2,54	2,54
	Diámetro del tubo	mm	7,94	7,94	7,94	7,94	7,94
	Filas "rows"	nº	2	2	2	2	2
Caudal de aire		m³/h	6000	6300	6600	14000	14000
Coefficiente de simultaneidad			80 a 110%**				
Conexiones frigoríficas	Gas (alta presión)	mm	1/2 (12,7)	1/2 (12,7)	1/2 (12,7)	5/8 (15,9)	5/8 (15,9)
	Gas (A la unidad interior)	mm	5/8 (15,9)	5/8 (15,9)	3/4 (19,05)	3/4 (19,05)	7/8 (22,2)
	Líquido	mm	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)	3/8 (9,52)
Nivel de presión sonora		dB(A)	55	56	58	58	57
Dimensiones (alto x ancho x fondo)		mm	900x1345x340	900x1345x340	900x1345x340	1340x1605x765	1340x1605x765
Peso neto		Kg	113	113	113	295	295
Unidades interiores máximas conectables			7	8	9	10	13
Distancia de tubería máxima equivalente		m	300	300	300	300	300
Interruptor magnetotérmico		A	20	25	25	25	25

Ilustración 22: Características de las unidades exteriores.

BOMBEO Y OTROS EQUIPOS HIDRÁULICOS.

DEPÓSITO DE ACS

Para reducir la potencia de las unidades exteriores se opta por escoger para el ACS un depósito para que pueda suministrar ACS de forma instantánea y continua, estos depósitos funcionan continuamente acumulando agua para a medida que esta se gaste se vaya recargando. A continuación se muestra el cálculo de la capacidad del depósito siguiendo las indicaciones de las guías IDAE para el agua caliente sanitaria.

-En primer lugar calcularemos la energía útil que proporcionará el sistema para cubrir la demanda de ACS punta (E_{hp}), la energía que aporta la producción referida a 1 hora ($E_{producción}$), y la energía acumulada en los depósitos que puede ser utilizada durante la punta de consumo ($E_{acumulación}$).

- Energía útil

$$E_{hp} = Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) \cdot 1,16 \quad (\text{Ec.29})$$

Donde;

- T_{ACS} = Temperatura de utilización del ACS = 55 °C.

- T_{AFCH} = Temperatura del agua de red = 9 °C.

- Q_{punta} = 0,43 L/s.

- Energía de acumulación.

$$E_{acumulación} = V_{acumulación} \cdot (T_{acumulación} - T_{AFCH}) \cdot 1,16 \cdot F_{uso} \quad (Ec.30)$$

Donde;

$$-V_{acumulación} = 300 \text{ L.}$$

$$-F_{uso} = 0,63 + 0,14 \cdot \frac{H}{D} = 0,757$$

$$-H = \text{altura del depósito} = 1,55 \text{ m.}$$

$$-D = \text{diámetro del depósito} = 0,85 \text{ m.}$$

$$-T_{acumulación} = 45,5 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

- Energía de producción.

$$E_{producción} = P_{generación} \cdot 1h \cdot \eta_{prod.ACS} \quad (Ec.31)$$

- En segundo lugar calcularemos la potencia de las calderas y la potencia corregida.
-

$$P_{calderas} = Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) - V_{acumulación} \cdot (T_{ACS} - T_{acumulación}) \cdot 1,16 \cdot \frac{F_{uso}}{\eta_{prod.ACS}} \quad (Ec.32)$$

$$P_{corregida} = Q_{punta} \cdot (T_{ACS} - T_{AFCH}) \cdot \frac{F_{uso}}{2 \cdot \eta_{prod.ACS}} \quad (Ec.33)$$

<i>Ehp (W·h)</i>	<i>Eprod (W·h)</i>	<i>Eacum (W·h)</i>	<i>Pgen(W·h)</i>	<i>Pcor (W·h)</i>
20650,32	1788,10588	12128,4141	2384,14118	13766,88

Tabla 37: Energías que intervienen en el acumulador.

Para el acumulador de agua caliente sanitaria se ha escogido la marca ATV modelo ATV-3.



CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

- De 200 a 5.000 litros de capacidad.
- Protección catódica con ánodo de magnesio
- El tratamiento anticorrosivo se logra con vidrio opalino a 890 ° C.
- El aislamiento es de poliuretano rígido para los modelos hasta 1000 litros, y de poliuretano flexible para los modelos más grandes, mientras que el exterior está revestido de PVC.
- Brida de inspección en todos los modelos
- Termómetro estándar en los modelos hasta 1000 litros
- Válvula de seguridad estándar en los modelos hasta 1000 litros
- Soportes regulables en los modelos de hasta 500 litros
- Resistencias eléctricas 2 a 6 kW, klixon bajo petición.
- A petición, todos los modelos se pueden suministrar en versión horizontal.

**** La presión máxima de trabajo es de 10 bar para el tanque en los modelos hasta 1000 litros (6 bar para los modelos más grandes), mientras que la temperatura máxima de acumulación es de 95 ° C.**



Kit Resistencia eléctrica

Ilustración 23: Acumulador de ACS.

Modelo	Litros	Dimensiones en mm									Ø Conexiones				Peso kg	Precio €/ Unidad
		A	B	C	D	E	F	G	H	De	e	u	g	s		
ATV-2	200	130	210	440	/	680	865	/	1100	670	1"	3/4"	1"	1"	75	610 €
ATV-3	300	130	210	440	820	920	1135	/	1360	670	1"	3/4"	1"	1"	95	770 €

Ilustración 24: Tipo de acumulador.

VASO DE EXPANSIÓN.

El vaso de expansión es un recipiente con forma alargada o redondeada cerrado herméticamente y cuyo interior está dividido en dos partes mediante una membrana elástica impermeable, una de estas partes está en contacto directo con el agua y la otra está llena de aire o de algún tipo de gas.

El funcionamiento se basa en la expansión del agua cuando se incrementa su temperatura, cuando esto sucede presiona la membrana elástica comprimiendo el aire o gas que contiene la otra parte de vaso, el aire absorbe así ese aumento de presión logrando que el circuito se mantenga a una presión estable, por tanto es un elemento de seguridad.

El cálculo del vaso de expansión se ha realizado en relación a la norma UNE EN 100155. El cálculo del volumen necesario para el vaso de expansión se calcula mediante la siguiente expresión.

$$V_t = V_{instalación} \cdot C_e \cdot C_p \quad (\text{Ec.34})$$

Donde;

- $V_{instalación}$: Volumen de agua den la instalación (l). Se estima como el volumen interior de las tuberías del suelo radiante.

- L_{tot} = Longitud total de los conductos de suelo radiante = 885m

$$V_{instalación} = \frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4} \cdot L_{tot} \quad (\text{Ec.35})$$

$$V_{instalación} = 278 \text{ l}$$

$-C_e$ = Coeficiente de expansión según la temperatura máxima del sistema que es 55°C.

$$C_e = (-1,75 + 0,064 \cdot T + 0,0036 \cdot T^2) \cdot 10^{-2} = 0,1266 \quad (\text{Ec.36})$$

$-C_p$: Coeficiente de presiones.

$$C_p = \frac{P_M}{P_M + P_m} = 1,1 \text{ bar} \quad (\text{Ec.37})$$

Donde;

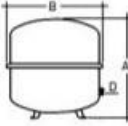
$-P_M$: Es la presión máxima de la instalación, se ha tomado el valor de 4 bares.

$-P_m$: Es la presión correspondiente a la altura geométrica máxima de la instalación.

$-h$: Altura de las unidades exteriores 3,5m.

$$P_m = \rho \cdot g \cdot 3,5 = 0,349 \text{ bar} \quad (\text{Ec.38})$$

Obtenemos un volumen de expansión de $V_t = 39 \text{ l}$ para el cual se ha elegido un vaso de expansión de la marca Vasoflex con una capacidad de 50 l.



		35		50	
Presión de llenado	bar	0,5	1	0,5	1
Capacidad	litros	35	35	50	50
A	mm	435	435	490	490
B	Ø	396	396	437	437
D		3/4"	3/4"	3/4"	3/4"
Peso	kg	6,5	6,5	14,1	14,1
Máx. presión de trabajo	bar	3	3	3	3
Temp. máx. de trabajo	°C	110	110	110	110
Referencia		950052508	950053008	950052509	950053009
PVP		85 €	85 €	118 €	118 €

Ilustración 25: Características y dimensiones del vaso de expansión.



Ilustración 26: Vaso de expansión.

Otro equipo a instalar es el módulo hidráulico que permita la distribución de calor según las necesidades de calefacción y de ACS o bien gestionando uno de los servicios de forma independiente, el módulo hidráulico incorpora interruptor de flujo, purgador, válvula de seguridad, manómetro, vaso de expansión y válvula de expansión electrónica. Contiene un intercambiador de placas soldado y realizado en acero inoxidable AISI 316, con resistencia eléctrica de apoyo de activación opcional.



Ilustración 27: Módulo hidráulico.

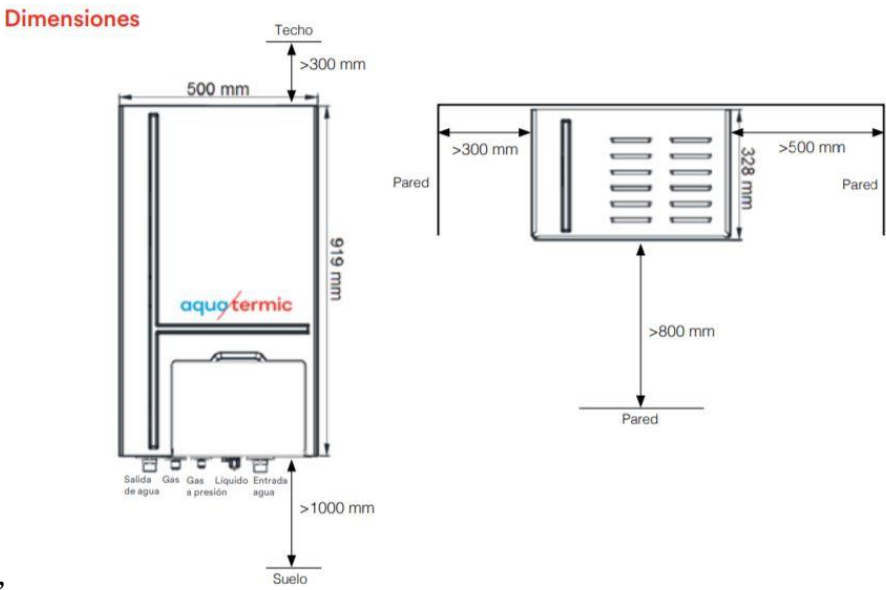


Ilustración 28: Posición y dimensiones del módulo hidráulico.

Características técnicas

Modelo		AQUABOX 16	
Código			3IAA0100
Potencia calorífica		kW	4,5 (3,6 - 16)
Caudal de agua		L/h	105 (75 - 140)
Tª max. Agua		°C	55
Potencia suelo radiante		kW	16
Potencia resistencia eléctrica		kW	3
Alimentación eléctrica		V/ph/hz	220-240/1/50
Bomba de circulación	Potencia	kW	0,08 - 0,14
	Caudal	m³/h	1,7
	P.Disponible	m.c.a	6
Intercambiador de calor		Tipo	Placas
Conexiones hidráulicas	Entrada/salida	mm	ø25
Conexiones frigoríficas	Gas	mm	ø15,9 (5/8")
	Líquido	mm	ø 9,52 (3/8")
	Gas alta presión	mm	ø12,7 (1/2")
Distancia máxima con unidad exterior	Horizontal	mm	30
	Altura	mm	20
Peso neto		Kg	56
Dimensiones (alto x ancho x fondo)		mm	919x500x328

Ilustración 29: Características del módulo hidráulico.

DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTOS.

ACS

Para el dimensionamiento de la instalación de ACS se usa de referencia el documento HB HS4 y la norma UNE 149021 donde se calcularán los diámetros de las tuberías, velocidad de cálculo, pérdida en tuberías y pérdida en accesorios.

-Para la velocidad de cálculo la norma nos dice que podemos estimar la velocidad en función del tipo de tubería, para tuberías de metal entre 0,5 m/s y 2 m/s, para tuberías termoplásticas y multicapa entre 0,5 m/s y 3,5 m/s en este caso usaremos el valor de 2 m/s.

-A partir del caudal y la velocidad de cálculo se obtiene el diámetro de cálculo según la siguiente expresión.

$$D_d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c \cdot 10^3}{V_c \pi}} \quad (\text{Ec.39})$$

Donde;

- Q_c : caudal de cálculo = 1,23 l/s.

- V_c : velocidad de cálculo = 2 m/s.

$$23,61 \text{ mm} \approx 25 \text{ mm}$$

La norma UNE 149021 muestra el procedimiento de cálculo de la pérdida de carga en instalaciones de ACS, a continuación se muestran los pasos a seguir para el cálculo.

- Cálculo del número de Reynolds.

$$R_e = \frac{d_i \cdot v \cdot 10^{-3}}{\sigma} \quad (\text{Ec.40})$$

Donde;

- d_i : diámetro interior = 25 mm.

- v : velocidad = 2 m/s.

- σ : viscosidad cinemática del PVC = $1,01 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.

$$R_e = 50000$$

- Cálculo de factor de fricción de la tubería según la ecuación de Swamee y Jain.

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{\varepsilon}{3,7 \cdot d_i} + \frac{5,74}{R_e^{0,9}} \right) \right]^2} \quad (\text{Ec.41})$$

Donde;

- ε : rugosidad absoluta de la tubería = 0,0015 mm.

- R_e : numero adimensional Reynolds = 50000.

- d_i : diámetro interior de la tubería = 25 mm.

$$f = 0,021$$

- Cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías.

$$h_f = \frac{f \cdot l \cdot V^2}{d_i \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot g} \quad (\text{Ec.42})$$

Donde;

-f: factor de fricción = 0,021

-l: longitud total de la instalación = 20,5 m

-V: velocidad del fluido = 2 m/s

-di: diámetro interior de la tubería = 25 mm

-g: aceleración de la gravedad = $9,81 \text{ m/s}^2$

$$h_f = 3,5 \text{ mca} = 0,34 \text{ bar} = 35 \text{ kPa}$$

Para cubrir la pérdida de carga en la instalación de ACS una bomba de la marca Wilo modelo varios PICO 15/1-7.

CONDUCTOS SUELO RADIANTE

Para el cálculo de los conductos en primer lugar se debe calcular el caudal que circulara por cada estancia del edificio el cual se obtiene con la siguiente expresión.

$$m_H = \frac{A_F \cdot q}{\sigma \cdot C_p} \cdot \left(1 + \frac{R_o}{R_u} + \frac{\theta_i - \theta_u}{q \cdot R_u} \right) \quad (\text{Ec.43})$$

Donde;

- R_o : Resistencia térmica por encima de los tubos $\left(\frac{m^2 \cdot K}{W}\right)$.
- R_u : Resistencia térmica por debajo de los tubos $\left(\frac{m^2 \cdot K}{W}\right)$.
- θ_u : Temperatura interior de la habitación interior ($^{\circ}C$).
- A_F : Superficie a climatizar (m^2).
- C_p : Calor específico del agua $\left(\frac{kJ}{kg \cdot K}\right)$.
- σ : Diferencia de temperaturas entre la impulsión y el retorno ($^{\circ}C$).
- q : Emisión específica $\left(\frac{W}{m^2}\right)$.

A continuación se muestra el esquema de resistencias térmicas del suelo que se ha tomado de referencia y el cálculo de los parámetros antes descritos para el caudal de cada estancia.

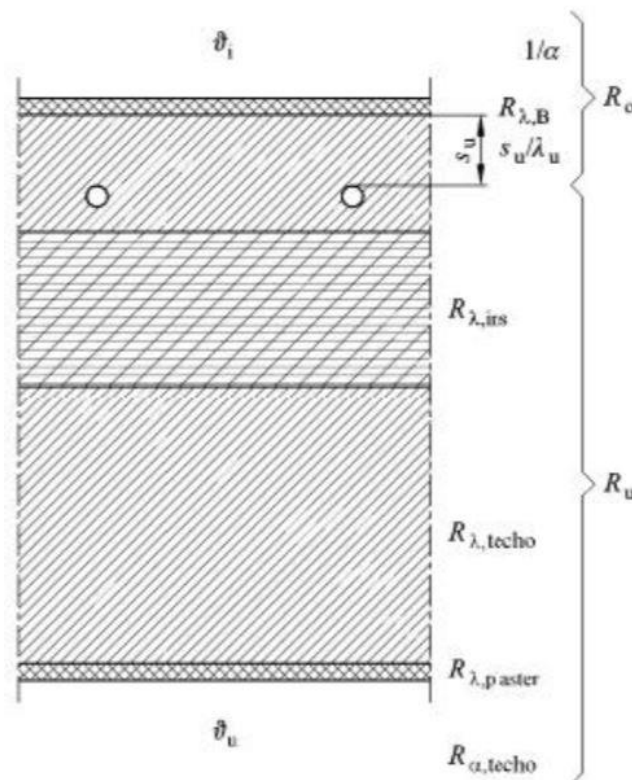


Ilustración 30: Resistencias térmicas del suelo radiante.

$$R_o = \left(\frac{1}{\alpha}\right) + R_{\lambda,B} + \frac{S_{u,0}}{\lambda_{u,0}} \quad (\text{Ec.44})$$

$$R_u = R_{\lambda,ins} + R_{\lambda,forjado} \quad (\text{Ec.45})$$

Donde α es un parámetro dado por la norma y $R_{\lambda,B}$, $\lambda_{u,0}$ y $S_{u,0}$ son parámetros elegidos para la caracterización del suelo radiante.

<i>Estancias</i>	<i>m_H (kg/s)</i>
<i>Aula 1</i>	0,06
<i>Aula 2</i>	0,06
<i>Hall</i>	0,05
<i>Oficina</i>	0,01
<i>Sala de cunas</i>	0,04
<i>Comedor</i>	0,15

Tabla 38: caudal de suelo radiante en cada una de las estancias.

Para el cálculo de la longitud de los tubos del suelo radiante se tiene en cuenta el área a calefactar, la distancia del colector a cada estancia y el paso elegido, se calcula de la siguiente forma.

$$L = \frac{A_F}{T} + 2 \cdot l \quad (\text{Ec.46})$$

Donde;

- L : Longitud del tubo en cada estancia (m).

- l : Longitud del colector a cada estancia (m).

Se debe tener en cuenta la longitud del tubo ya que si este es demasiado extenso la pérdida de carga aumenta, se ha optado por limitar la longitud de los circuitos a una máxima de 120m, si en alguna estancia se excede este valor se subdividirán hasta obtener una longitud de tubo por debajo de la límite establecida.

<i>Estancias</i>	<i>$A_F(m^2)$</i>	<i>$l(m)$</i>	<i>$T(m)$</i>	<i>$L(m)$</i>
<i>Aula 1</i>	62,81	14,96	0,225	182,90
<i>Aula 2</i>	63,41	15,10	0,225	186,65
<i>Comedor</i>	74,5	30,31	0,15	122,23
<i>Hall</i>	64,44	15,35	0,225	262,02
<i>Oficina</i>	54,14	12,89	0,225	43,59
<i>Sala de cunas</i>	65,14	15,51	0,225	87,43

<i>Estancias</i>	<i>Nº circuitos</i>	<i>L por circuito(m)</i>	<i>m_H por circuito(L/h)</i>
<i>Aula 1</i>	2	91,45	111,0625351
<i>Aula 2</i>	2	93,32	115,1079200
<i>Comedor</i>	1	122,23	168,5771635
<i>Hall</i>	3	87,34	7,1029957
<i>Oficina</i>	1	43,59	126,4135504
<i>Sala de cunas</i>	1	87,43	541,6248746

Tabla 39: longitud, caudal y número de circuitos.

Para la pérdida de carga de los conductos del suelo radiante se calculará la pérdida de carga por los tubos, la pérdida de carga del colector, la pérdida de carga entre la bomba y el colector, la pérdida de carga por la altura a la que están situadas las unidades exteriores y la pérdida de carga producida por los diferentes accesorios que se encuentran en el sistema del suelo radiante, según la norma estas pérdidas son aproximadamente el 30% de

la carga perdida en los tubos, la perdida máxima se calcula como la suma de las anteriores descritas.

$$\Delta P_{max} = \Delta P_{circuito,max} + \Delta P_{bomba,colector} + \Delta P_{colector} + \Delta P_{altura} + \Delta P_{accesorios} \quad (Ec.47)$$

Los parámetros escogidos para la realización del cálculo se muestran en la siguiente tabla.

Diámetro interior	$D(m)$	0,02
Sección	$S(m^2)$	$3,14 \cdot 10^{-4}$
Rugosidad absoluta del polietileno reticulado	$\varepsilon(mm)$	$7 \cdot 10^{-6}$
Densidad del agua	$\rho\left(\frac{kg}{m^3}\right)$	997
Viscosidad dinámica	$\mu\left(\frac{kg}{m \cdot s}\right)$	$8,91 \cdot 10^{-4}$

Tabla 40: Datos para el cálculo del Reynolds.

- Perdida de carga en los conductos.

$$\Delta P_{circuito,max} = \frac{\rho_{agua} \cdot 8 \cdot m_H^2}{\pi^2 \cdot D_{int}^2} \cdot f \cdot \frac{L}{D_{int}} \quad (Ec.48)$$

Donde;

$-\Delta P_{circuito,max}$: Perdida de cargar del circuito (Pa).

$-\rho_{agua}$: Densidad del agua $\left(\frac{kg}{m^3}\right)$.

$-D_{int}$: Diámetro interior de la tubería (m).

$-m_H$: flujo de agua $\left(\frac{kg}{s}\right)$.

$-f$: Factor de fricción.

$-L$: Longitud de cada tramo de tubería(m).

Para poder calcular la pérdida de carga del circuito en primer lugar se debe calcular el Reynolds de cada estancia, para el cálculo de este se debe conocer la velocidad del fluido en cada conducto, el diámetro interior del conducto, la viscosidad dinámica y la densidad del fluido.

$$V = \frac{\pi \cdot D_{int}^2}{4} \cdot L \quad (\text{Ec.49})$$

$$R_e = \frac{\rho_{agua} \cdot V \cdot D_{int}}{\mu} \quad (\text{Ec.50})$$

-Si $R_e < 2000$ el flujo sería laminar y se usaría la siguiente expresión para calcular el factor de fricción.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Ec.51})$$

-Si el flujo está en la zona de transición $4000 > R_e > 2000$ o es turbulento $R_e > 4000$, para calcular el factor f se usaría el diagrama de Moody en el cual se obtendrían los valores en función del número de Reynolds y la división entre la rugosidad absoluta y el diámetro interior del conducto.

$$f = F\left(R_e, \frac{\varepsilon}{D}\right) \quad (\text{Ec.52})$$

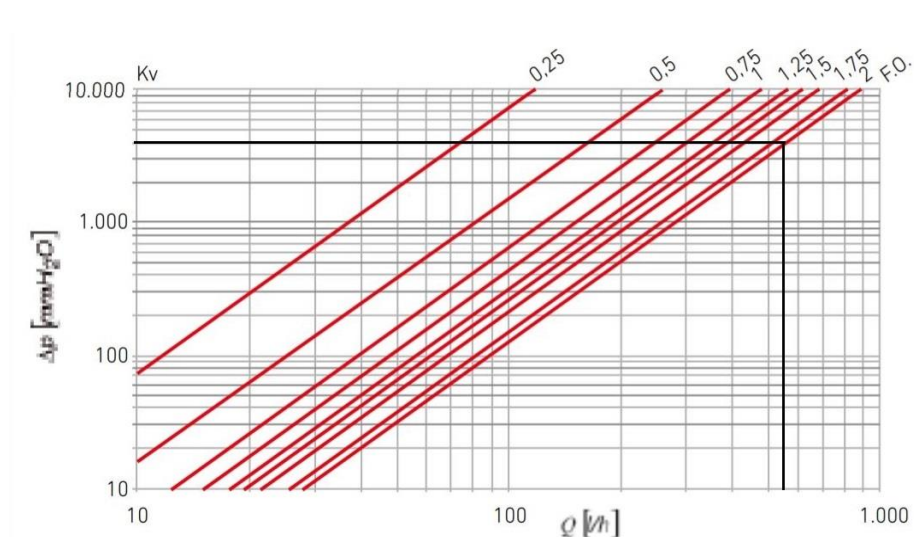
A continuación se muestra una tabla resumen para la pérdida de carga de los conductos y el diagrama de Moody para el cálculo del factor de fricción.

<i>Estancias</i>	$V\left(\frac{m}{s}\right)$	<i>Re</i>	<i>f</i>	$\Delta P_{circuito,max}(Pa)$	$\Delta P_{estancia,max}(Pa)$
<i>Aula 1</i>	0,098	2197,67	0,029	182,90	1280,26
<i>Aula 2</i>	0,101	2277,719	0,028	186,65	1354,10
<i>Comedor</i>	0,149	3335,75	0,042	122,23	2843,03
<i>Hall</i>	6,28· 10 ⁻³	140,55	0,445	262,02	117,30
<i>Oficina</i>	0,112	2501,43	0,026	43,59	347,30
<i>Sala de cunas</i>	0,479	10717,50	0,032	87,43	15993,50
<i>Total</i>	21935,52(Pa)				

Tabla 41: Pérdida de carga en conductos.

- Pérdida de carga en el colector.

Se ha elegido un colector de latón de la marca BAXI de 10 circuitos con referencia 193200008 el cual soporta una temperatura de 90°C y una presión máxima de 10 bar ,con un factor de operación de 2.



Gráfica 5: Pérdida de carga en el colector.

$$\Delta P_{colector} = 4000 \text{ mmH}_2\text{O} = 32900 \text{ Pa}$$



Ilustración 31: Colector.

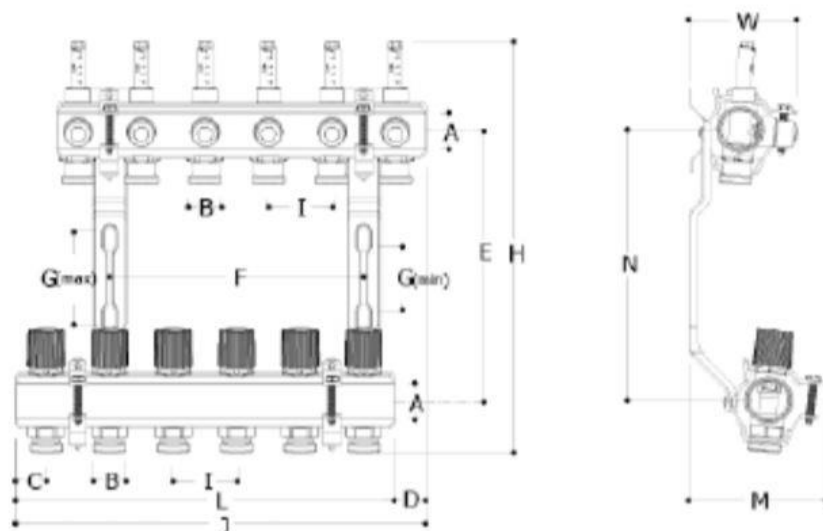
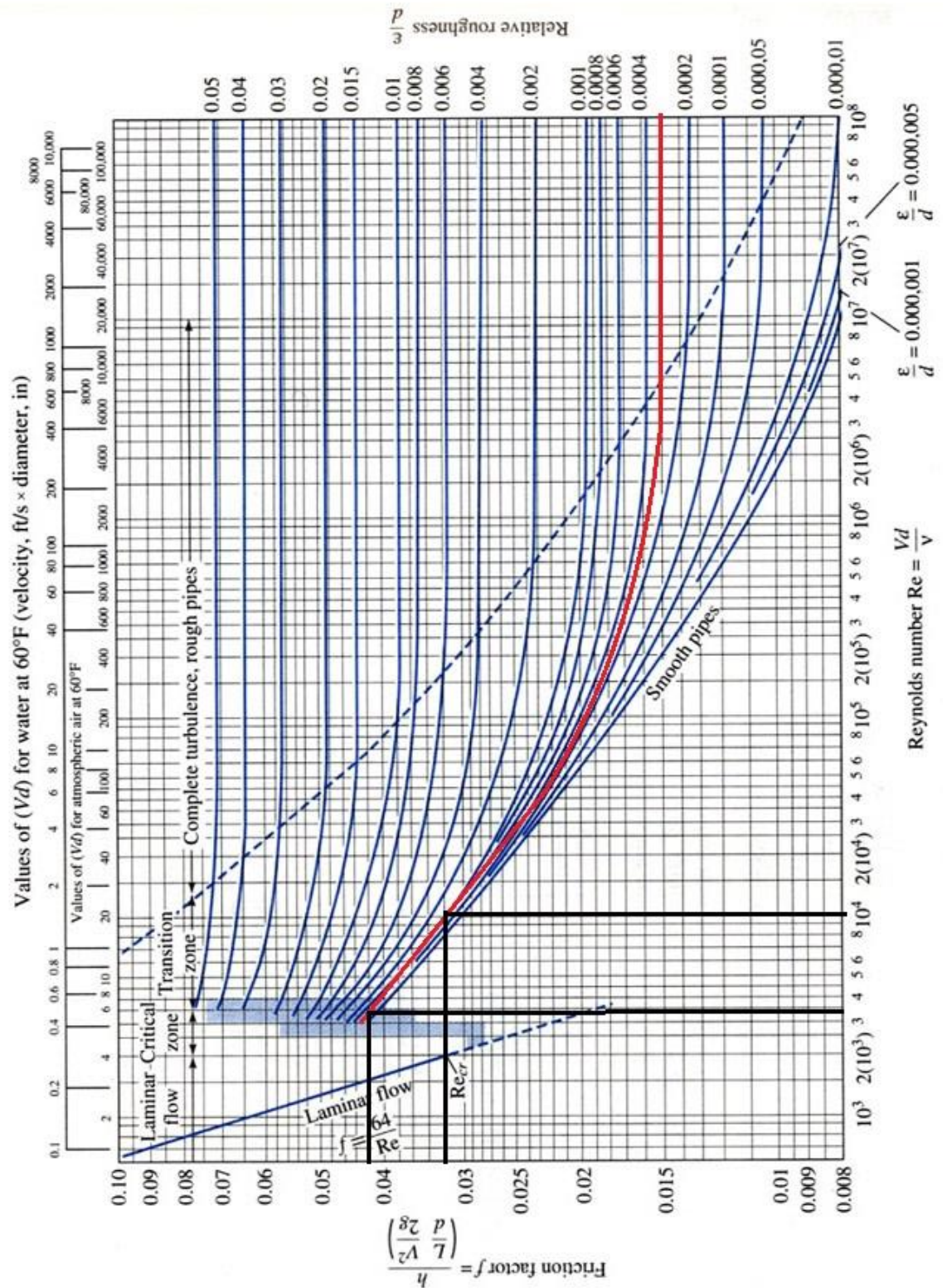


Ilustración 32: Dimensiones del colector.

	A	B	C	D	E	G _{min}	G _{máx}	H	I	M	N	W
	1"	18	24	25	213	50	73	318	50	106	213	84
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Nº de salidas	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
F mm	-	-	96	146	196	246	296	346	396	446	496	
L mm	98	148	198	248	298	348	398	448	498	548	598	
J mm	123	173	223	273	323	373	423	473	523	573	623	
Referencia	193200000	193200001	193200002	193200003	193200004	193200005	193200006	193200007	193200008	193200009	193200010	
PVP	99 €	140 €	176 €	209 €	245 €	284 €	322 €	357 €	396 €	435 €	475 €	

Ilustración 33: Dimensiones salidas y precios del colector



Gráfica 6: Diagrama de Moody.

- Pérdida de carga por altura máxima de unidades exteriores.

Para el cálculo de la pérdida de carga debido a la altura se necesita conocer la altura máxima de las unidades exteriores la densidad del agua y la aceleración de la gravedad.

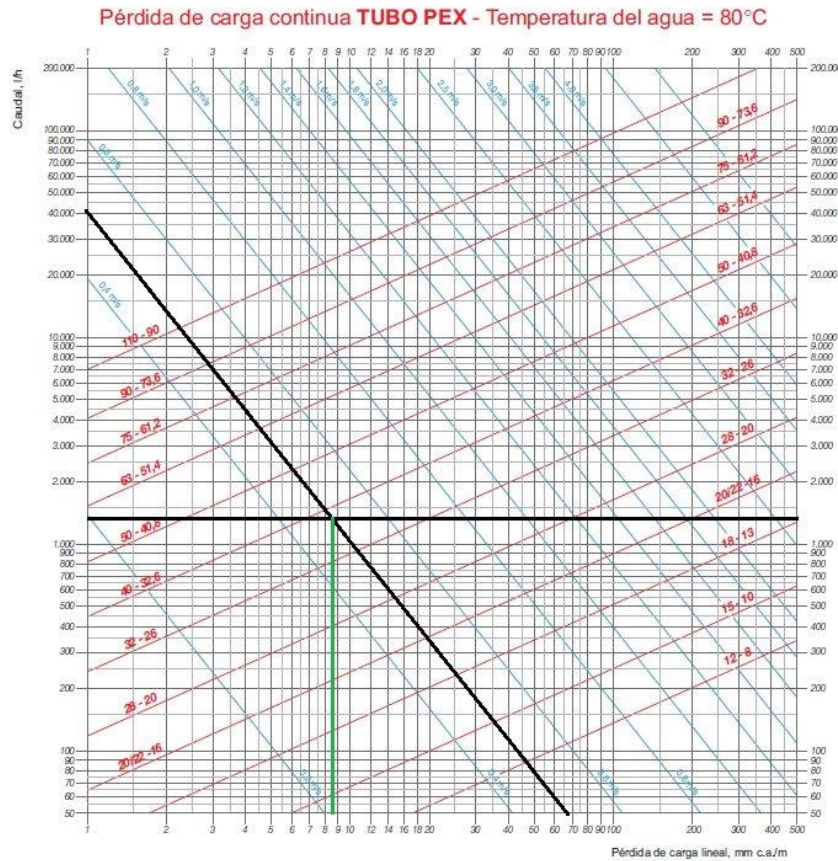
-Altura máxima: 3,5 m

$$\Delta P_{altura} = H \cdot g \cdot \rho \quad (\text{Ec.53})$$

$$\Delta P_{altura} = 34231 \text{ Pa}$$

- Pérdida de carga entre la bomba y el colector.

Estas son las pérdidas que se producen entre la bomba y el colector los cuales están a una distancia de 3 m, se ha escogido la guía PRESSMAN para el cálculo de la pérdida de carga, este valor se obtiene a partir del diagrama mostrado a continuación entrando con el caudal y la velocidad del fluido.



Gráfica 7: Pérdida de carga entre el colector y la bomba.

$$\Delta P_{bomba,colector} = 341 \text{ Pa}$$

- Pérdida de carga por accesorios.

La pérdida de carga por los accesorios según indica la norma se puede estimar como 30% de la carga máxima de las tuberías.

$$\Delta P_{accesorios} = 0,3 \cdot \Delta P_{circuito,max} \quad (\text{Ec.54})$$

$$\Delta P_{accesorios} = 6580,65 \text{ Pa}$$

-Obtenemos un valor para el dimensionamiento de.

$$\Delta P_{max} = 90 \text{ kPa} = 0,9 \text{ bar}$$

Para cubrir la pérdida de carga en la instalación de suelo radiante se instalará una bomba de la marca Wilo modelo varios PICO 15/1-7 con las siguientes características.

Denominación del producto	Alimentación eléctrica	Índice de eficiencia energética (IEE)	Caudal máximo Q	Altura máxima de impulsión H
Varios PICO 15/1-7	1~230 V, 50/60 Hz	0,20	3,7 m³/h	7,00 m

Presión máxima de trabajo P_N	Conexión de tubería	Longitud entre roscas l_0	Peso bruto aproximado m	Referencia
10 bar	G 1	130 mm	1,8 kg	4215540

Ilustración 34: Características de la bomba.



Ilustración 35: Bomba.

Se ha escogido para los conductos del suelo radiante un tubo en polietileno reticulado de alta densidad PE-X con BAO de la marca Baxi, las características del tubo son las siguientes.

El tubo pertenece a los polietilenos de alta densidad, lo que asegura su durabilidad incluso en combinación de presiones y temperaturas elevadas, incorpora una barrera anti-oxígeno (BAO) que evita la corrosión de los componentes metálicos de la instalación por incursión de oxígeno a través del tubo de plástico.



Ilustración 36: tubo de polietileno de alta densidad.

Diámetro x Espesor	16 x 1,5	16 x 1,5	16 x 1,8	16 x 1,8	20 x 2	20 x 2
Metros / Rollo	240	500	240	500	240	400
Color	Rojo	Rojo	Blanco	Blanco	Rojo	Rojo
Referencia	7691530	7691531	7691532	7691533	7691534	7691535
PVP / m	1,55 €	1,55 €	1,60 €	1,60 €	2,25 €	2,25 €
PVP / rollo	372 €	775 €	384 €	800 €	540 €	900 €

Ilustración 37: Características del tubo.

ACCESORIOS SUELO RADIANTE

-ARMARIOS PARA COLECTOR.

Los armarios normalmente utilizados que alojan al colector suelen ser de lámina de acero y están equipados con sujeciones para el colector, lo más práctico es montarlo en una zona centrada del edificio donde tenga menos impacto visual, generalmente se instalan a 40cm del suelo terminado, el armario escogido pertenece a la marca Baxi para una cantidad de 10 circuitos.



Ilustración 38: Armario para colector.

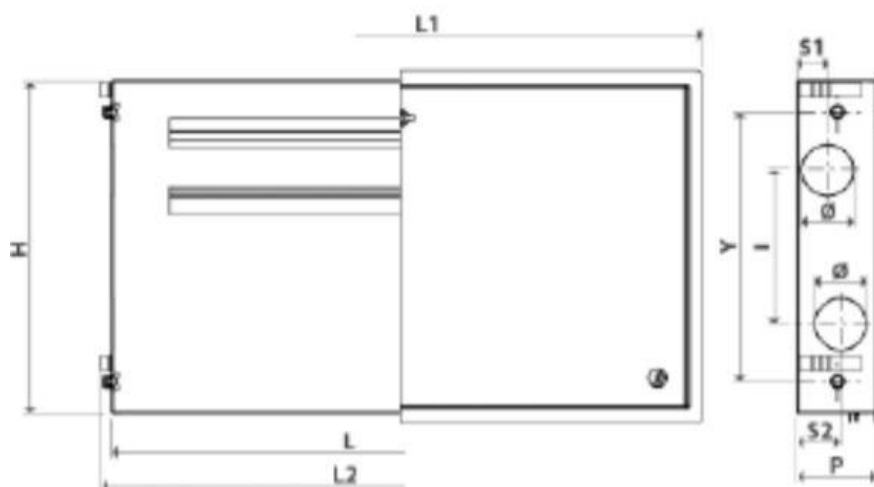


Ilustración 39: Dimensiones del armario para colector.

		De 2 a 3 circuitos	De 4 a 7 circuitos	De 8 a 10 circuitos
Dimensiones útiles netas (LxHxP)	mm	400 x 460 x 110	600 x 460 x 110	800 x 460 x 110
I	mm	213	213	213
Y	mm	374	374	374
L1	mm	440	640	840
L2	mm	432	632	832
S1	mm	42	42	42
S2	mm	60	60	60
Ø	mm	72	72	72
Referencia		7212920	193200041	7212921
PVP		82 €	108 €	113 €

Ilustración 40: Características del armario para colector.

-Mortero.

Los morteros autonivelantes con base de anhidrita presentan una gran fluidez lo cual permiten ser distribuidos de manera más homogénea alcanzando gran penetración en toda la placa de soporte y mejorando el contacto entre tubería y mortero.

Las conductividades térmicas de este tipo de mortero mejoran respecto a los morteros de arena y cemento, alcanzando hasta $2\text{W/m}\cdot\text{k}$ en algunos autonivelantes con base de anhidrita, respecto a las condiciones de vertido siempre se tiene que tener en cuenta las especificaciones del fabricante ya que suelen ser habituales las condiciones de vertido en ambientes cerrados para un correcto fraguado.



Ilustración 41: Mortero.

-Placa base para suelo radiante.

Se utilizan como guía del entramado de tubos , aislante térmico y acústico, las placas son de poliestireno expandido de alta densidad de 17mm de espesor ,el sistema de placas se presenta solapamiento mediante machihembrado a 4 caras permitiendo una fuerte sujeción entre las mismas y evitando puentes térmicos, los tetones están diseñados de forma cónica para permitir la sujeción de las tuberías de hasta 20mm de diámetro sin necesidad de grapas o sistemas complementarios de sujeción, la colocación del sistema de planchas es sencilla, ligera y manejable.

Las placas elegidas son de la marca Fittingestandar modelo SRPLACAF3017.

Sistema de fijación de las tuberías de PEX-a EVOH Fittings Estandar para instalaciones de calefacción y refrigeración por suelo radiante.



@Artículo	Dimensiones (mm.)			€ Placa	€ / m ²
	Longitud	Ancho	Espesor Base		
SRPLACAF3017	1300	650	17	12,53 (*)	14,24 (*)

(*) Precio placa franco fábrica. Consultar portes.

Presentación	Caja		Palet	
	Nº Placas	m ²	Nº Placas	m ²
SRPLACAF3017	12	10,56	60	52,80

Ilustración 42: Placa base aislante del suelo radiante y precio.

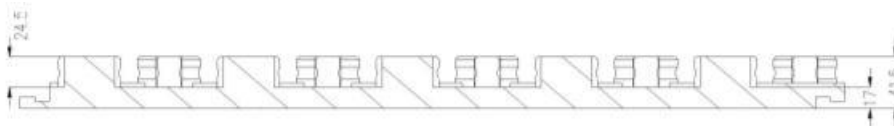


Ilustración 43: Espesor de la placa base aislante de suelo radiante.

Datos Técnicos	SRPLACAF3017	Datos Técnicos	SRPLACAF3017
Conductividad térmica (W/m k)	0,0337	Altura del tetón (mm.)	24,5
Resistencia térmica (m ² k/w)	0,70	Espesor de la base aislante (mm.)	17
Reacción al fuego	EUROCLASE E	Espesor total del panel (mm.)	41,5
Resistencia a compresión (kPa)	165	Distancia entre tuberías (mm.)	50
Estabilidad dimensional (mm)	> 0,1%	Espesor efectivo (mm.)	24
Resistencia a flexión (kPa)	800		

Ilustración 44: Características de la placa base aislante del suelo radiante.

-Red de fibra de vidrio.

Red fabricada con fibras de vidrio y aprestada mediante resinas resistentes a los alcalinos del cemento y los anhídridos de yeso, su resistencia a la tracción la convierten en una alternativa óptima a los sistemas de refuerzo tradicional.



Ilustración 45: Red de fibra de vidrio.

Descripción	Formato	@Artículo	€ Euros / m ²
M2 RED DE FIBRA	700 M2	SRREDFB	5,60

Ilustración 46: Precio red fibra de vidrio.

-Film barrera antihumedad.

Film de polietileno de alta densidad que actúa como barrera antihumedad en suelos que están en contacto directo con el terreno o en zonas donde se prevén posibles humedades.



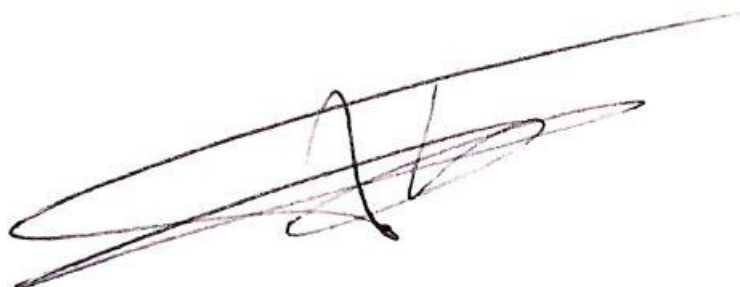
ESPESOR DEL FILM: 0,2 mm.

Ilustración 47: Film barrera antihumedad.

Descripción	Formato	®Artículo	€ Euros
ROLLO 100 M x 1 M	100 M2	SRLAMINAPE02	131,25

Ilustración 48: Precio film barrera antihumedad.

Firmado: Javier Bayona torres.

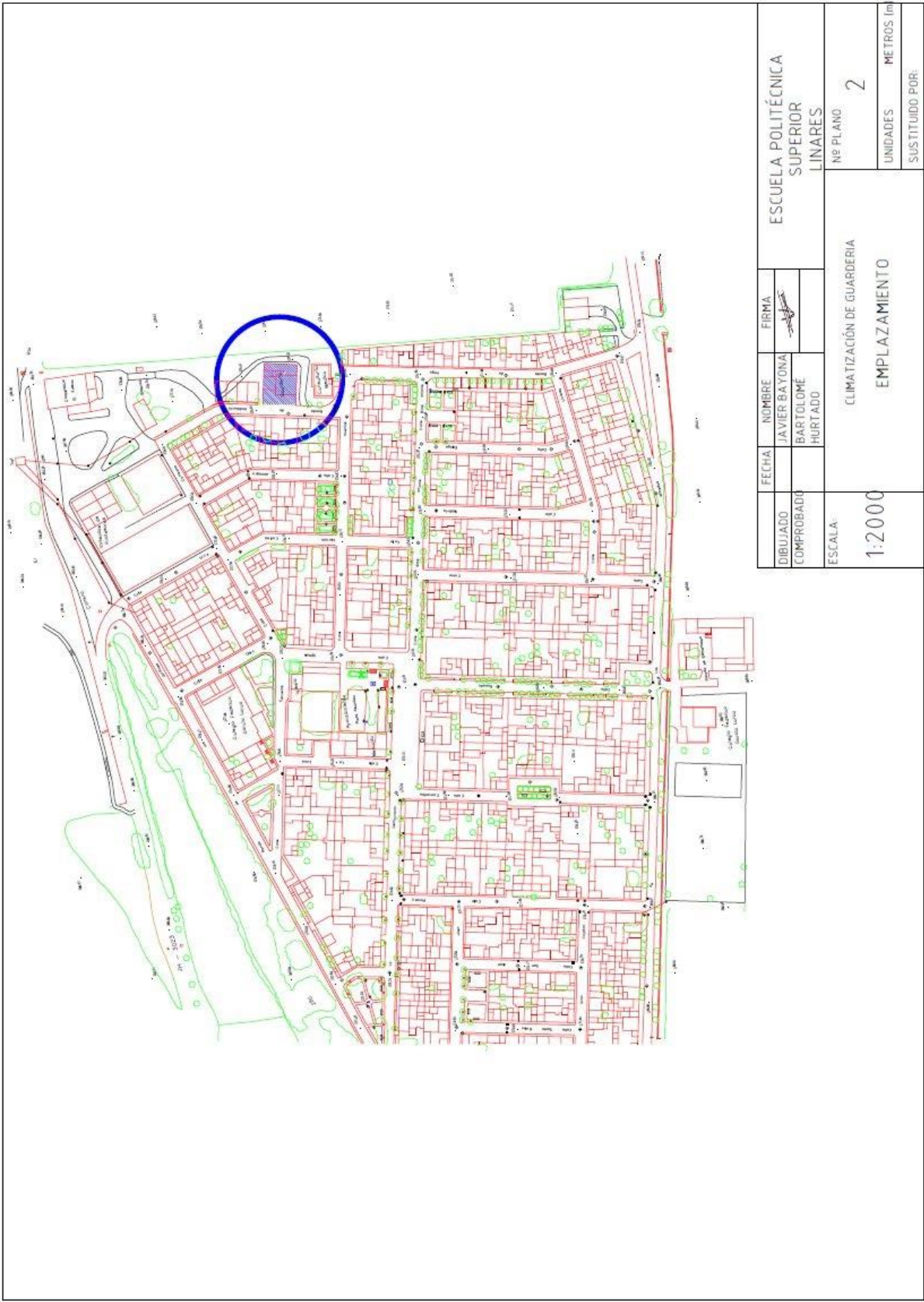
A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke, positioned below the text 'Firmado: Javier Bayona torres.'

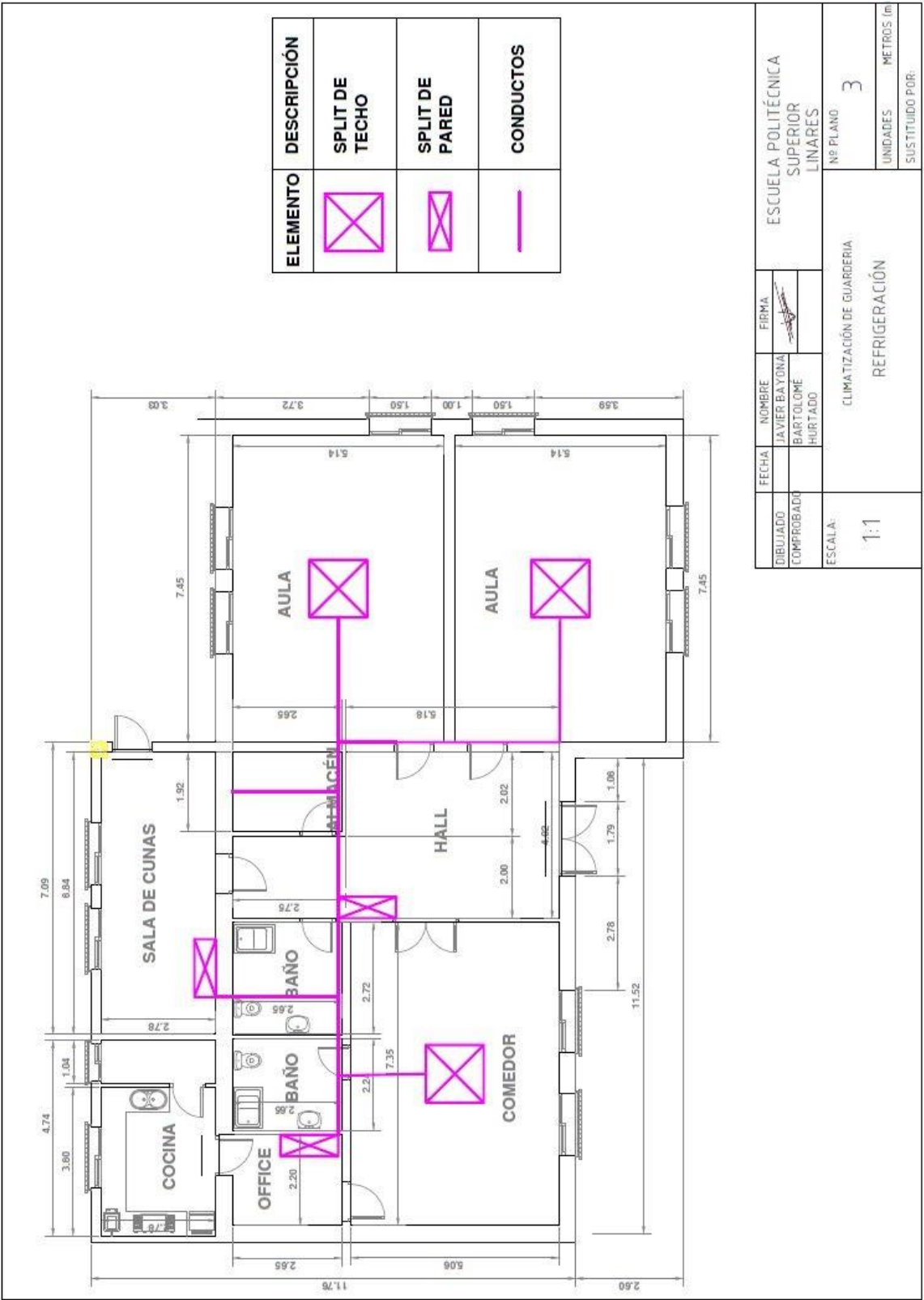
DOCUMENTO 3: CATÁLOGO DE PLANOS

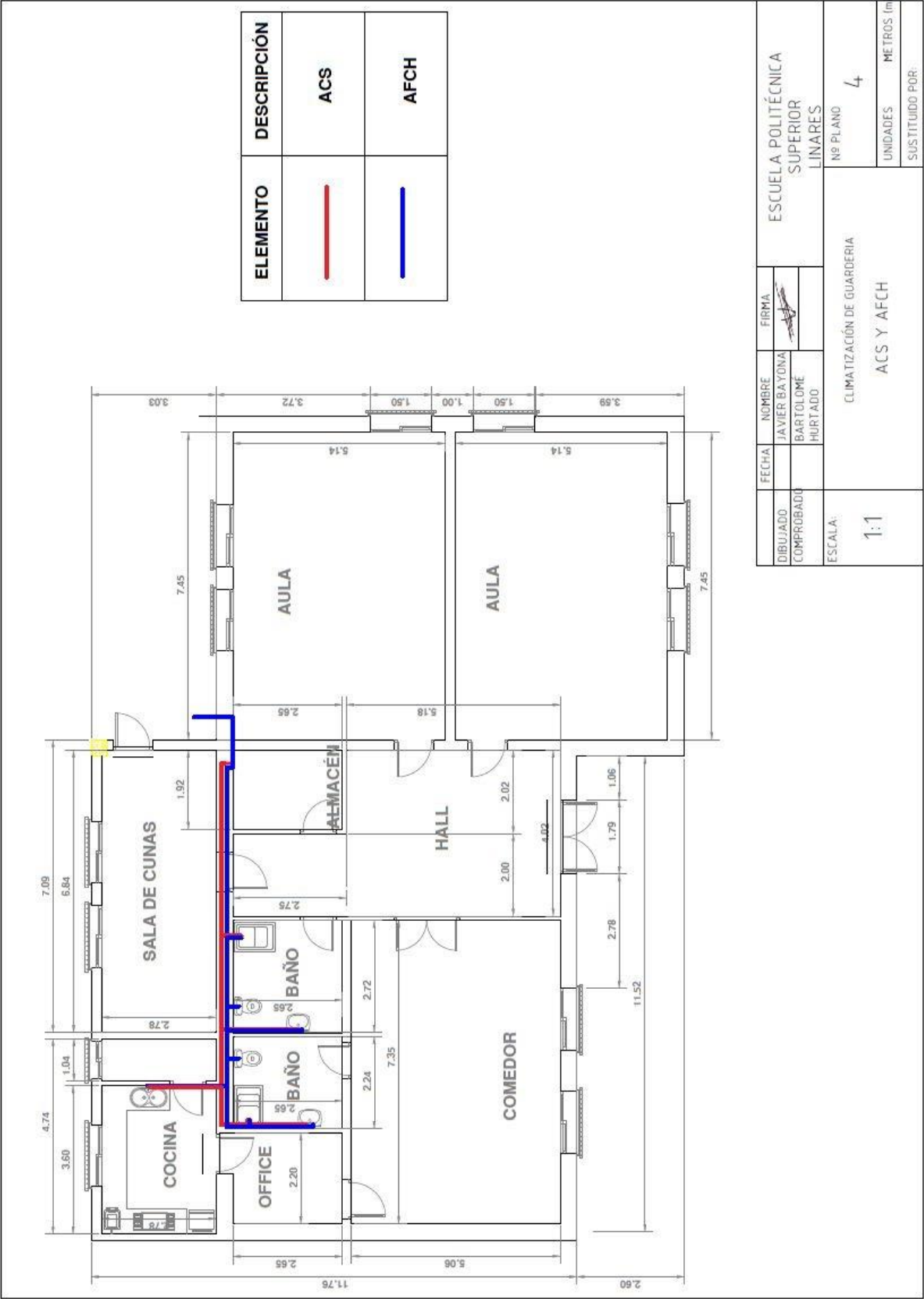
INDICE DE PLANOS

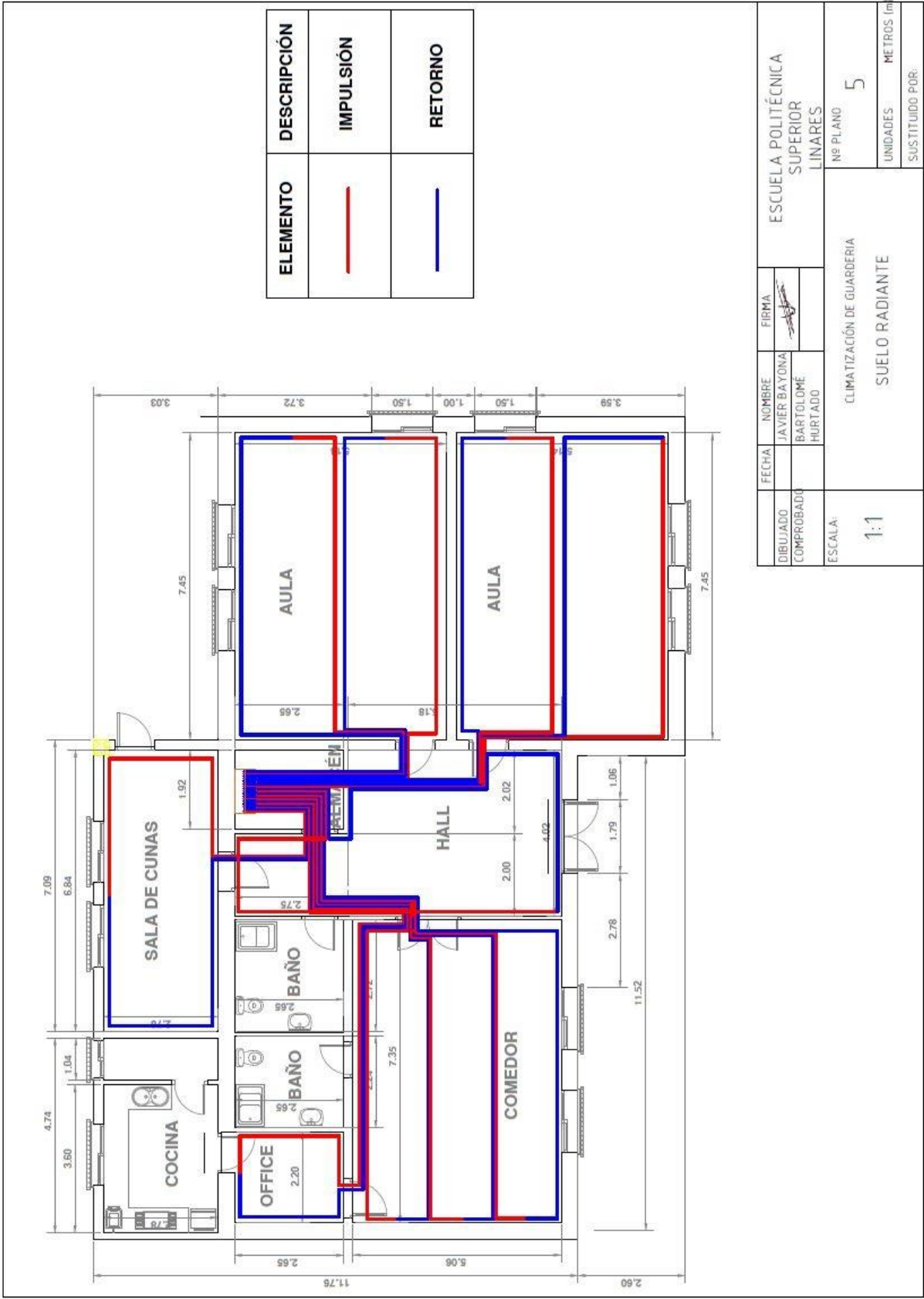
1.PLANO 1: SITUACIÓN.....	112
2.PLANO 2: EMPLAZAMIENTO.....	113
3.PLANO 3: REFRIGERACIÓN.....	114
4.PLANO 4: ACS Y AFCH.....	115
5.PLANO 5: SUELO RADIANTE.....	116



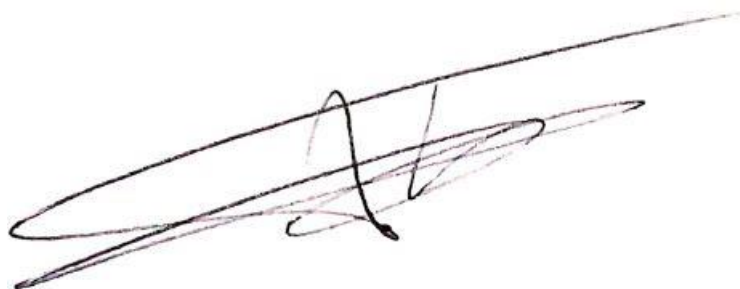








Firmado: Javier Bayona torres.

A handwritten signature in dark ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the name 'Javier Bayona torres'.

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO 4: PLIEGO DE CONDICIONES	118
1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.....	119
1.1. <i>CONDICIONES FACULTATIVAS</i>	120
2. PLIEGO DE CONDICIONES PARCIALES	125
2.1. <i>OBJETO</i>	125
2.2. <i>DISPOSICIONES PRELIMINALES</i>	126
2.3. <i>fluído de trabajo</i>	126
2.4. <i>PROTECCIÓN CONTRA HELADAS</i>	126
2.5. <i>SOBRECALENTAMIENTOS</i>	127
2.6. <i>RESISTENCIA A LA PRESIÓN</i>	128
2.7. <i>CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN</i>	128
2.8. <i>DIMENSIONA Y CALCULO</i>	128
2.9. <i>DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN</i>	130
2.10. <i>DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR</i>	131
2.11. <i>SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES</i>	133
2.12. <i>MATERIALES Y EQUIPOS</i>	133
2.13. <i>NORMATIVA DE APLICACIÓN</i>	134

El Pliego de condiciones es, desde el punto de vista legal y contractual, el documento más importante del proyecto a la hora de su ejecución material. Los planos reflejan lo que hay que hacer, pero son las especificaciones de materiales y equipos, y las de ejecución, las que establecen cómo y con que hay que hacerlo. El pliego de condiciones regula las relaciones entre el propietario, promotor del proyecto, y los contratistas que lo van a ejecutar y deberá contener toda la información necesaria para que esas relaciones sean lo más fructíferas posible, teniendo en cuenta la importancia de la componente económica en las mismas.

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES.

Este apartado contiene fundamentalmente una descripción general del contenido del proyecto, sus características principales, los aspectos legales y administrativos a tener en cuenta por los futuros contratistas e incluye la relación de todos los planos que componen el proyecto.

El presente Pliego de Condiciones Técnicas es el resumen de las características que se deberán de cumplir en la ejecución del diseño e instalación de la climatización descrita en la Memoria así como también de los materiales utilizados en la construcción de ésta. Para cualquier especificación no incluida en este pliego se deberá de tener en cuenta la normativa correspondiente al Anexo 2 del proyecto.

El objetivo básico de este documento es subministrar al usuario unas instalaciones que:

- Garantizar un uso seguro de la instalación.
- Garantizar una durabilidad y calidad en la instalación.
- Optimizar el ahorro energético global de las instalaciones en combinación con el resto de los equipos del edificio.

El proyecto de instalación solar térmica está compuesto de la siguiente documentación:

- Memoria.
- Anexos.
- Presupuesto.
- Planos.
- Estudio de seguridad y salud
- Pliego de condiciones.

Se entiende por documentación aquella que es de obligada cumplimiento, incluidas las modificaciones autorizadas. El resto de documentación o datos del proyecto son informativos.

1.1. CONDICIONES FACULTATIVAS.

1.1.1. PROMOTOR.

Los agentes que intervienen en la obra son el promotor que impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación objeto de este proyecto.

Son obligaciones del promotor;

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Nombrar a los técnicos proyectistas y directores de obra y de la ejecución material.
- Contratar al técnico redactor del Estudio de Seguridad y Salud y al Coordinador en obra y en proyecto si fuera necesario.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.

- •Suscribir los seguros exigidos por la Ley de Ordenación de la Edificación.
- •Facilitar el Libro del Edificio a los usuarios finales. Dicho Libro incluirá la documentación reflejada en la Ley de Ordenación de la Edificación, el Código Técnico de la Edificación, el certificado de eficiencia energética del edificio y los aquellos otros contenidos exigidos por la normativa.
- •Incluir en el proyecto un estudio de gestión de residuos de construcción y demolición.

1.1.2. CONTRATISTA.

Persona física o jurídica que tiene el compromiso de ejecutar las obras con medios humanos y materiales suficientes, dentro del plazo acordado y con sujeción estricta al proyecto técnico que las define.

Son obligaciones del contratista;

- Ejecución de las obras alcanzando la calidad exigida del proyecto.
- Tener la capacidad profesional para el cumplimiento de su cometido como constructor.
- Designar al jefe de obra que asumirá la responsabilidad técnica del constructor de la obra.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales necesarios.
- Firmar el acta de replanteo y el acta de recepción de obra.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la realizar la documentación de la obra ejecutada.
- Suscribir las garantías previstas en el presente pliego y en la norma vigente.
- Redactar el plan de seguridad y salud.
- Vigilar el cumplimiento de la Ley 32/2006 por las empresas subcontratistas y trabajadores autónomos que se contraten.
- Gestionar los residuos de la construcción o designar a u gestor de residuos.
- Mantener los residuos en condiciones adecuadas de higiene y seguridad.

1.1.3. PROYECTISTA.

Es el encargado por el promotor de redactar el proyecto de ejecución de la obra con sujeción a la normativa vigente.

Será encargado de realizar las copias del proyecto necesarias y visarlas en el colegio profesional correspondiente.

El proyectista suscribirá el certificado de eficiencia energética del proyecto a menos que exista un proyecto parcial de instalaciones térmicas, en cuyo caso el certificado lo suscribirá el autor de este proyecto parcial.

1.1.4. DIRECTOR DE LA OBRA.

Dirige el desarrollo de la obra en aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones de contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al presupuesto.

Son obligaciones del director de obra;

- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura.
- Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar el libro de órdenes y asistencias.
- Elaborar modificaciones del proyecto que vengan exigidas por la marcha de la obra.
- Suscribir el acta de replanteo o comienzo de obra y el certificado final de obra.
- Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor
- Suscribir el certificado de eficiencia energética del edificio.

1.1.5. DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA.

Asume la función técnica de dirigir la ejecución del material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y calidad de lo edificado.

Son obligaciones del director de la ejecución de la obra;

- Verificar la recepción en la obra de los productos de construcción ordenando ensayos y pruebas.
- Dirigir la ejecución del material de la obra.
- Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo y comienzo de la obra y el certificado final de la misma.
- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- Suscribir el certificado de eficiencia energética del edificio terminado.

1.1.6. DOCUMENTACIÓN DE LA OBRA.

En obra se conservará una copia íntegra y actualizada del proyecto para la ejecución de la obra incorporando el estudio de gestión de residuos de construcción y demolición. Todo ello estará a disposición de todos los agentes intervinientes en la obra.

- Replanteo y acta de replanteo: comunica por escrito del inicio de obras al menos tres días antes de su inicio, el replanteo será realizado por el Constructor siguiendo las indicaciones de alineación y niveles especificados en los planos y comprobado por la Dirección Facultativa. No se comenzarán las obras si no hay conformidad del replanteo por parte de la Dirección Facultativa, el Acta de comprobación de Replanteo que se suscribirá por parte de la Dirección Facultativa y de la Contrata, contendrá, la conformidad o disconformidad del replanteo en comparación con los documentos contractuales del Proyecto.

- Libro de órdenes: En el libro se anotarán;
 - Las contingencias que se produzcan en la obra y las instrucciones de la Dirección Facultativa para la correcta interpretación del proyecto.
 - Las operaciones administrativas relativas a la ejecución y la regulación del contrato.
 - Las fechas de aprobación de muestras de materiales y de precios nuevos o contradictorios.
 - Anotaciones sobre la calidad de los materiales, cálculo de precios, duración de los trabajos, personal empleado.

1.1.7. CONDICIONES ECONÓMICAS.

El Contratista debe percibir el importe de todos los trabajos ejecutados, cuando hayan sido realizados de acuerdo con el Proyecto, al contrato firmado con el promotor, a las especificaciones realizadas por la Dirección y a las Condiciones generales y particulares-del-pliego-de-condiciones.

- Fianzas y seguros: El Contratista está obligado a asegurar la obra contratada mientras dure el plazo de ejecución, hasta su recepción.
- Plazo de ejecución y sanción por retraso: La indemnización por retraso en la terminación de las obras, se establecerá por cada día natural de retraso desde el día fijado para su terminación en el calendario de obra o en el contrato. El importe resultante será descontado con cargo a las certificaciones o a la fianza.
- Precios: El Contratista establecerá los descompuestos, que deberán ser presentados y aprobados por la Dirección Facultativa y el Promotor antes de comenzar a ejecutar las unidades de obra correspondientes. En caso de ejecutar partidas fuera de presupuesto sin la aprobación previa especificada en los párrafos anteriores, será la Dirección Facultativa la que determine el precio justo a abonar al contratista.
- Mediciones y valoraciones: El Contratista de acuerdo con la Dirección Facultativa deberá medir las unidades de obra ejecutadas y aplicar los precios establecidos en el contrato entre las partes, levantando actas

correspondientes a las mediciones parciales y finales de la obra, realizadas y firmadas por la Dirección Facultativa y el Contratista. Todos los trabajos y unidades de obra que vayan a quedar ocultos en el edificio una vez que se haya terminado, el Contratista pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa con antelación suficiente para poder medir y tomar datos necesarios, de otro modo, se aplicarán los criterios de medición que establezca la Dirección Facultativa.

1.1.8. CONDICIONES LEGALES.

El Contratista de acuerdo con la Dirección Facultativa deberá medir las unidades de obra ejecutas y aplicar los precios establecidos en el contrato entre las partes, levantando actas correspondientes a las mediciones parciales y finales de la obra, realizadas y firmadas por la Dirección Facultativa y el Contratista. Todos los trabajos y unidades de obra que vayan a quedar ocultos en el edificio una vez que se haya terminado, el Contratista pondrá en conocimiento de la Dirección Facultativa con antelación suficiente para poder medir y tomar datos necesarios, de otro modo, se aplicarán los criterios de medición que establezca la Dirección Facultativa.

2. PLIEGO DE CONDICIONES PARCIALES

2.1. OBJETO.

El pliego de condiciones técnicas tiene por objeto determinar las calidades y características de los elementos que se utilizarán en el desmantelamiento de la instalación actual y en el montaje de la nueva. En todo lo aquí no señalado regirá el Pliego de Condiciones general que figura en el proyecto de obra. El Director de Obra deberá eliminar cualquier elemento que no cumpla con la presente especificación, tanto en lo referente a los materiales, como en normativa.

2.2. DISPOSICIONES PRELIMINALES.

A la instalación recogida bajo este documento le son de aplicación el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), y sus Instrucciones Técnicas (IT), junto con la serie de normas UNE sobre energía solar térmica listadas en el Anexo I, así como lo dispuesto en el Código Técnico de la Edificación (CTE) sobre energía solar térmica.

2.3. FLUIDO DE TRABAJO.

Como fluido de trabajo en el circuito primario se utilizará agua de la red, agua desmineralizada, o agua con aditivos, según las características climatológicas del lugar y del agua utilizada. Los aditivos más usuales son los anticongelantes, aunque en ocasiones se puedan utilizar aditivos anticorrosivos.

La utilización de otros fluidos térmicos requerirá incluir su composición y calor específico en la documentación del sistema y la certificación favorable de un laboratorio acreditado. En cualquier caso el pH a 20 °C del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9, y el contenido en sales se ajustará a los señalados en los puntos siguientes:

- La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles. En el caso de no disponer de este valor se tomará el de conductividad como variable limitante, no sobrepasando los 650 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l. expresados como contenido en carbonato cálcico.
- El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.

2.4. PROTECCIÓN CONTRA HELADAS.

El fabricante, suministrador final, instalador o diseñador del sistema deberá fijar la mínima temperatura permitida en el sistema. Todas las partes del sistema que estén

expuestas al exterior deberán ser capaces de soportar la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema.

El fabricante deberá describir el método de protección anti-heladas usado por el sistema. A los efectos de este documento, como sistemas de protección anti-heladas podrán utilizarse:

- Mezclas anticongelantes.
- Recirculación de agua en los circuitos
- Drenaje automático con recuperación de fluido.
- Drenaje al exterior.

Se deberán tomar precauciones para prevenir posibles deterioros del fluido anticongelante como resultado de condiciones altas de temperatura. Estas precauciones deberán de ser comprobadas de acuerdo con UNE-EN 12976-2. La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la misma y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado.

Es conveniente que se disponga de un depósito auxiliar para reponer las pérdidas que se puedan dar del fluido en el circuito, de forma que nunca se utilice un fluido para la reposición cuyas características incumplan el Pliego. Será obligatorio en los casos de riesgos de heladas y cuando el agua deba tratarse. En cualquier caso, el sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.

2.5. SOBRECALENTAMIENTOS.

El sistema deberá estar diseñado de tal forma que con altas radiaciones solares prolongadas sin consumo de agua caliente, no se produzcan situaciones en las cuales el usuario tenga que realizar alguna acción especial para llevar al sistema a su forma normal de operación.

2.6. RESISTENCIA A LA PRESIÓN.

Se deberán cumplir los requisitos de la norma UNE-EN 12976-1.

En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

2.7. CLASIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN.

En consideración con los diferentes objetivos atendidos por el Pliego de Condiciones Térmicas de Baja Temperatura, se aplicarán los siguientes criterios de clasificación:

- Principio de circulación: circulación forzada.
- Aplicación.
- Sistema de transferencia de calor: instalación con intercambiador de calor independiente.
- Sistema de expansión: sistema cerrado.
- Sistema de aporte de energía auxiliar: sistema de energía auxiliar en línea distribuido.

2.8. DIMENSIONA Y CALCULO.

Los datos de partida necesarios para el dimensionado y cálculo de la instalación están constituidos por dos grupos de parámetros que definen las condiciones de uso y climáticas.

- Condiciones de uso.

Las condiciones de uso vienen dadas por la demanda energética asociada a la instalación según los diferentes tipos de consumo. Para aplicaciones de ACS, la demanda

energética se determina en función del consumo de agua caliente mientras que para Para aplicaciones de climatización (calefacción y refrigeración), la demanda energética viene dada por la carga térmica del habitáculo a climatizar, calculándose según lo especificado en el RITE.

- Condiciones climáticas.

Las condiciones climáticas vienen dadas por la radiación global total en el campo de captación, la temperatura ambiente diaria y la temperatura del agua de la red.

Al objeto del Pliego de Condiciones Técnicas de Baja Temperatura podrán utilizarse datos de radiación publicados por entidades de reconocido prestigio y los datos de temperatura publicados por el Instituto Nacional de Meteorología. A falta de otros datos, se recomienda usar las tablas de radiación y temperatura ambiente por provincias de agencia andaluza de la energía.

- Dimensionado básico.

El dimensionado básico de las instalaciones o sistemas a medida se refiere a la selección de la superficie de captadores solares y, en caso de que exista, al volumen de acumulación solar, para la aplicación a la que está destinada la instalación.

El dimensionado básico de los sistemas solares prefabricados se refiere a la selección del sistema solar prefabricado para la aplicación de ACS a la que está destinado. El dimensionado básico de una instalación, para cualquier aplicación, 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%.

A estos efectos, y para instalaciones de un marcado carácter estacional, 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. En el caso de que se dé la situación de estacionalidad en los consumos indicados anteriormente, deberán tomarse las medidas de protección de la instalación.

Para el cálculo del dimensionado básico de instalaciones a medida podrá utilizarse cualquiera de los métodos de cálculo comerciales de uso aceptado por proyectistas,

fabricantes e instaladores. El método de cálculo especificará, al menos sobre base mensual, los valores medios diarios de la demanda de energía y del aporte solar. Asimismo, el método de cálculo incluirá las prestaciones globales anuales definidas por:

- La demanda de energía térmica.
- La energía solar térmica aportada.
- La fracción media anual.
- El rendimiento medio anual.

2.9. DISEÑO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN.

- Generalidades.

El captador seleccionado deberá poseer la certificación emitida por un organismo competente en la materia o por un laboratorio de ensayos según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares.

Será necesaria la presentación de la homologación del captador por el organismo de la Administración competente en la materia y la certificación del mismo por laboratorio acreditado, así como las curvas de rendimiento obtenidas por el citado laboratorio.

Se recomienda que los captadores que integren la instalación sean del mismo modelo, tanto por criterios energéticos como por criterios constructivos.

Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se pueden conectar entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc. Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo.

- Orientación, inclinación y sombras.

La orientación e inclinación del sistema de captación y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas respecto al óptimo, sean inferiores a los límites de la tabla mostrada a continuación. Se considerarán tres casos: general, superposición de captadores e integración arquitectónica según se define más adelante. En todos los casos se han de cumplir tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Se considera la dirección Sur como orientación óptima y la mejor inclinación, β_{opt} , dependiendo del período de utilización, uno de los valores siguientes:

- Consumo constante anual: latitud geográfica.
- Consumo preferente en invierno: latitud geográfica $+10^\circ$.
- Consumo preferente en verano: latitud geográfica -10° .

- Normativa de obligado cumplimiento:

-RITE 2007 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio por el que se aprueba el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE) y sus Instrucciones Técnicas Complementarias (ITE).

-UNE-EN 12975-1:2001 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.

-UNE-EN 12975-2:2002 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Captadores solares. Parte 2: Método de diseño

2.10. DISEÑO DEL SISTEMA DE ACUMULACIÓN SOLAR.

- Generalidades.

Los acumuladores para ACS y las partes de acumuladores combinados que estén en contacto con agua potable, deberán cumplir los requisitos de UNE EN 12897.

Preferentemente, los acumuladores serán de configuración vertical y se ubicarán en zonas interiores.

En caso de que el acumulador esté directamente conectado con la red de distribución de agua caliente sanitaria, deberá ubicarse un termómetro en un sitio claramente visible por el usuario. El sistema deberá ser capaz de elevar la temperatura del acumulador a 60°C y hasta 70°C con objeto de prevenir la legionelosis, tal como aparece en el RD 909/2001 de 27 de julio.

En caso de aplicaciones para ACS y sistema de energía auxiliar no incorporado en el acumulador solar, es necesario realizar un conexionado entre el sistema auxiliar y el solar de forma que se pueda calentar este último con el auxiliar, para poder cumplir con las medidas de prevención de legionela. Se podrán proponer otros métodos de tratamiento anti-legionela.

Los acumuladores de los sistemas grandes a medida con un volumen mayor de 20 m³ deberán llevar válvulas de corte u otros sistemas adecuados para cortar flujos al exterior del depósito no intencionados en caso de daños del sistema.

El acumulador ha de estar formado por:

- Cubeta de ACS.
- Purgador.
- Termostato.
- Entrada de agua de red.
- Entrada de fluido caloportador.
- Salida de fluido caloportador.
- Intercambiador de doble pared.
- Recirculación.
- Válvula de seguridad.

2.11. SITUACIÓN DE LAS CONEXIONES.

Con objeto de aprovechar al máximo la energía captada y evitar la pérdida de la estratificación por temperatura en los depósitos, la situación de las tomas para las diferentes conexiones serán las establecidas en los puntos siguientes:

- La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al acumulador se realizará, preferentemente, a una altura comprendida entre el 50 % y el 75 % de la altura total del mismo.
- La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- En caso de una sola aplicación, la alimentación de agua de retorno de consumo al depósito se realizará por la parte inferior. En caso de sistemas abiertos en el consumo, como por ejemplo ACS, esto se refiere al agua fría de red. La extracción de agua caliente del depósito se realizará por la parte superior.
- En caso de varias aplicaciones dentro del mismo depósito habrá que tener en cuenta los niveles térmicos de éstas, de forma que tanto las salidas como los retornos para aplicaciones que requieran un mayor nivel térmico en temperaturas estén por encima de las que requieran un nivel menor.

2.12. MATERIALES Y EQUIPOS.

- Generalidades.

Los distintos materiales a colocar serán nuevos y de primera calidad, de manera que la Dirección Facultativa podrá solicitar los certificados de idoneidad y características que estime oportunos, así como rechazar aquellos que a su juicio no resulten ajustados al presente proyecto

- Selección de material.

Todos los materiales serán de buena calidad y de reconocida casa comercial. Tendrán las dimensiones que indiquen los documentos del proyecto y fije la dirección facultativa.

2.13. NORMATIVA DE APLICACIÓN.

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y sus instalaciones técnicas (IT), modificada por Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero (Ref. BOE-A-2016-1460).
- Pliego de condiciones técnicas de las instalaciones de energía solar térmica del IDAE. 2009.
- Real Decreto 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias (RAP), última modificación, SE AÑADE la disposición adicional 6, por Real Decreto 1388/2011, de 14 de octubre (Ref. BOE-A-2011-16174)
- Real Decreto 138/2011 por el que se aprueba el Reglamento de seguridad en instalaciones frigoríficas y sus instrucciones complementarias
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) y sus Instrucciones.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Normas Básicas de la Edificación, Real decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, DB-SI: Documento Básico de Seguridad contra Incendios..
- Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo (en sus artículos en vigor).
- Ley de Protección del Ambiente Atmosférico (LPAA).
- UNE-EN 1991-1-3:2018. Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-3: Acciones generales. Cargas de nieve.
- UNE-EN 1991-1-4:2018. Eurocódigo 1: Acciones en estructuras. Parte 1-4: Acciones generales. Acciones de viento.

- EN 60335-1/2002: Safety of household and similar electrical appliances. Part 1: General requirements (IEC 335-1/1991 modified).
- EN 60335-2-21:2004: Safety of household and similar electrical appliances. Part 2: Particular requirements for storage water heaters (IEC 335-2-21/1989 + Amendments 1/1990 and 2/1990, modified).
- IEC 61024-1:1990. Protection of structures against lightning. Part 1: General principles.
- IEC 61024-1-2:1998. Protection of structures against lightning - Part 1-2: General principles - Guide B - Design, installation, maintenance and inspection of lightning protection systems.

DOCUMENTO 5: PRESUPUESTO

En el presente presupuesto se presentaran los precios de los equipos, de los diferentes elementos que componen el suelo radiante y la mano de obra de la instalación.

- PRESUPUESTO MATERIAL.**

<i>ELEMENTOS</i>	<i>DESIGNACIÓN</i>	<i>CANTIDAD</i>	<i>PRECIO UNITARIO</i>	<i>PRECIO TOTAL</i>
UNIDADES EXTERIORES	AQ OUT HY 72	2	6450 €	12900 €
UNID INTERIOR	AQ SC 24	2	763 €	1526 €
UNID INTERIOR	AQ SC 40	1	910 €	910 €
UNID INTERIOR	AQ WM 07	2	420 €	840 €
UNID INTERIOR	AQ WM 14	1	520 €	520 €
MODULO HIDRÁULICO	AQUABOX 16	1	3897 €	3897 €
VASO DE EXPANSIÓN	Vasoflex 50	1	118 €	118 €
ACUMULADOR	ATV-3	1	770 €	770 €
COLECTOR	Baxi 10 circuitos	1	396 €	396 €
ARMARIO COLECTOR	Baxi 10 circuitos	1	113 €	113 €
PLACAS	Fittingestandar	200	19,73 €	3946 €

RED FIBRA DE VIDRIO	Fittingestandar	200	5,6 €	1120 €
FILM	Fittingestandar	200m	131,25 €	262,5 €
BOMBA	varios PICO 15/1-7	2	577 €	1154 €
MORTERO AUTOLINEANTE		176 sacos	9 €	1584 €
CONJUNTO ACCESORIOS DE CONEXIÓN		1	109 €	109€
CENTRALITA DE REGULACIÓN SR8Z	BAXI 8 ZONAS	1	198 €	198 €
KIT RECEPTOR INALAMBRICO SR8Z BR	BAXI PARA 8 TERMOSTATOS	1	72 €	72 €
TERMOSTATOS HILOS TD SR	BAXI	8	71 €	568 €

Tabla 42: Presupuesto de material.

- PRESUPUESTO MANO DE OBRA.

	<i>PRECIO HORA</i>	<i>HORAS</i>	<i>DIAS</i>	<i>TOTAL</i>
<i>OFICIAL CLIMA 1ª</i>	19,11 €	4	14	1070,16 €
<i>AYUDANTE CLIMA</i>	17,5 €	4	14	980
<i>OFICIAL APLICADOR DE MORTERO 1ª</i>	18,56	8	8	1187,84
<i>AYUDANTE APLICADOR DE MORTERO</i>	17,53	8	8	1121,92

Tabla 43: Presupuesto mano de obra.

<i>COSTES DIRECTOS</i>	
<i>SUBSISTEMAS DE CAPTACIÓN</i>	
<i>VASO DE EXPANSIÓN</i>	118 €
<i>ACUMULADOR</i>	770 €
<i>BOMBA</i>	577 €
<i>CONJUTO ACCESORIOS DE CONEXION</i>	109€
<i>UNID INTERIOR</i>	3796 €
<i>UNID EXTERIOR</i>	12900 €
<i>MODULO HIDRÁULICO</i>	3897 €
<i>SUBSISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN DE CALEFACCIÓN</i>	
<i>PLACAS</i>	3946 €
<i>ARMARIO COLECTOR</i>	113 €
<i>FILM</i>	262,5 €
<i>BOMBA</i>	577 €

MORTERO AUTOLINEANTE	1584 €
COLECTOR	396 €
RED FIBRA DE VIDRIO	1120 €
SUBSISTEMAS DE COMUNICACIÓN Y CONTROL	
CENTRALITA DE REGULACIÓN SR8Z	198 €
KIT RECEPTOR INALAMBRICO SR8Z BR	72 €
TERMOSTATOS HILOS TD SR	568 €
MANO DE OBRA	
OFICIAL CLIMA 1ª	1070,16 €
AYUDANTE CLIMA	980 €
OFICIAL APLICADOR DE MORTERO 1ª	1187,84 €
AYUDANTE APLICADOR DE MORTERO	1121,92 €

Tabla 44: Costes directos.

• RESUMEN PRESUPUESTO

COSTES DIRECTOS

PRESUPUESTO MATERIAL (IVA incluido)..... 31003,5 €

PRESUPUESTO MANO DE OBRA (IVA incluido).....4359,92 €

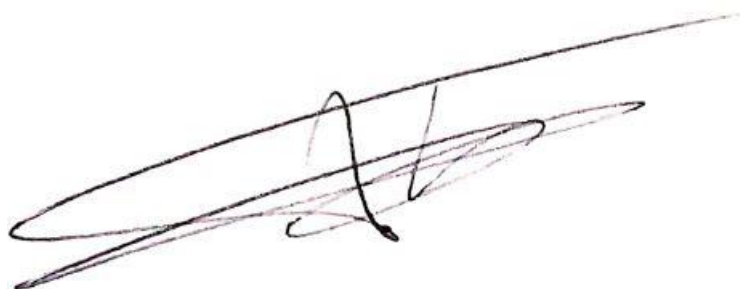
COSTES INDIRECTOS

GASTOS GENERALES (15%, IVA incluido).....5304,6 €

BENEFICIOS INDUSTRIALES (6%, IVA incluido).....2121,9 €

TOTAL PRESUPUESTO.....42789,92 €

Firmado: Javier Bayona torres.

A handwritten signature in black ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the name 'Javier Bayona torres'.

DOCUMENTO 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

DOCUMENTO 6: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	141
1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES.	142
1.1. OBJETO DEL ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.	142
1.2. PROYECTO AL QUE SE REFIERE.....	143
1.3. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y LA OBRA.	144
1.4. INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA.	145
1.5. MAQUINARIA DE OBRA.....	147
1.6. MEDIOS AUXILIARES.	147
2. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE.	149
3.-RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE.	149
4.-RIESGOS LABORALES ESPECIALES.	157

1. ANTECEDENTES Y DATOS GENERALES.

1.1. OBJETO DEL ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud está redactado para dar cumplimiento al Real Decreto 1627/1997, de 24 de Octubre, última modificación en 2010, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, en el marco de la Ley 31/1995 de 8 de noviembre, última modificación en 2014 de Prevención de Riesgos Laborales.

De acuerdo con el artículo 3 del R.D. 1627/1997, si en la obra interviene una empresa o más de una empresa y trabajadores autónomos, o más de un trabajador autónomo, el Promotor deberá asignar un Coordinador en materia de Seguridad y Salud durante la ejecución de la obra. Esta designación deberá ser demostrada con un contrato expreso.

De acuerdo con el artículo 7 del citado R.D., el objeto del Estudio Básico de Seguridad y Salud es servir de base para que el contratista elabora el correspondiente Plan de Seguridad y Salud el Trabajo, en el que se analizarán, estudiarán, desarrollarán el contenido de este documento, en función del propio sistema de ejecución de la obra.

1.2. PROYECTO AL QUE SE REFIERE.

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto cuyos datos generales son:

PROYECTO DE REFERENCIA	
Proyecto de Ejecución de climatización	Renovación de las instalaciones de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de la guardería de Campillo del Rio
Titularidad del encargo	Ayuntamiento de Torreblascopedro y Campillo del Rio
Emplazamiento	Campillo del Rio
Presupuesto de Ejecución Material	35.363,42€
Plazo de ejecución previsto	Octubre del año 2020
Número máximo de operarios	4
Total aproximado de jornadas	31

Tabla 45: Proyecto de referencia.

1.3. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO Y LA OBRA.

En la tabla siguiente se indican las principales características y condicionantes del emplazamiento donde se realizará la obra:

DATOS DEL EMPLAZAMIENTO	
Accesos a la obra	Acceso frontal (entrada al hall del edificio) y entrada trasera (entrada por el patio)
Topografía del terreno	Topografía regular, la zona está sobre una llanura rodeada de cerros
Edificaciones colindantes	Ninguna
Suministro de energía eléctrica	Planta fotovoltaica situada en el municipio, de las empresas Santander y BP Solar
Suministro de agua	Empresa SOMAJASA (sociedad mixta del agua Jaén)
Sistema de saneamiento	Saneamiento por parte del plan provincial de cooperación del año 2009

Tabla 46: Datos del emplazamiento.

En la tabla siguiente se indican las características generales de la obra a que se refiere el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud, y se describen brevemente las fases de que consta:

DESCRIPCIÓN DE LA OBRA Y SUS FASES	
Cimentación y estructuras	Preparado de cimentación para el suelo radiante
Demoliciones	Ningún cambio
Cubiertas	Ningún cambio
Albañilería y cerramientos	Apertura de huecos para conductos de suelo radiante, ACS y refrigeración
Instalaciones	Unidades exteriores e interiores, conductos, bombas, colector

Tabla 47: Descripción de la obra y sus fases.

1.4. INSTALACIONES PROVISIONALES Y ASISTENCIA SANITARIA.

De acuerdo con el apartado 15 del Anexo 4 del R.D.1627/97, la obra dispondrá de los servicios higiénicos que se indican en la tabla siguiente:

SERVICIOS HIGIÉNICOS
Vestuarios con asientos y taquillas individuales, provistas con llave
Lavabos con agua fría, agua caliente y espejo
Duchas con agua fría y caliente
Retretes

Tabla 48: Servicios higiénicos

De acuerdo con el apartado A 3 del Anexo VI del R.D. 486/97, la obra dispondrá del material de primeros auxilios que se indica en la tabla siguiente, en la que se incluye además la identificación y las distancias a los centros de asistencia sanitaria más cercanos:

PRIMEROS AUXILIOS Y ASISTENCIA SANITARIA		
NIVEL DE ASISTENCIA	NOMBRE Y UBICACION	DISTANCIA APROX. (Km)
Primeros auxilios	Botiquín portátil	En la obra
Asistencia Primaria (Urgencias)	Centro medico	Municipio 50 m
Asistencia Especializada	Hospital	Linares 22 km

Tabla 49: Primeros auxilios y asistencia sanitaria.

1.5. MAQUINARIA DE OBRA.

La maquinaria que se prevé emplear en la obra se indica en la relación de tabla adjunta:

MAQUINARIA PREVISTA	
Grúas-torre	Hormigoneras
Montacargas	Ninguno
Maquinaria para movimiento de tierras	Contenedor industrial

Tabla 50: Maquinaria prevista.

1.6. MEDIOS AUXILIARES.

En la tabla siguiente se relacionan los medios auxiliares que van a ser empleados en la obra y sus características más importantes:

MEDIOS AUXILIARES	
MEDIOS	CARACTERISTICAS
Andamios colgados móviles	Deben someterse a una prueba de carga previa.
	Correcta colocación de los pestillos de seguridad de los ganchos.
	Los pescantes serán preferiblemente metálicos.

	Los cabrestantes se revisarán trimestralmente.
	Correcta disposición de barandilla de segur., barra intermedia y rodapié.
	Obligatoriedad permanente del uso de cinturón de seguridad.
Andamios tubulares apoyados	Deberán montarse bajo la supervisión de persona competente.
	Se apoyarán sobre una base sólida y preparada adecuadamente.
	Se dispondrán anclajes adecuados a las fachadas.
	Las cruces de San Andrés se colocarán por ambos lados.
	Correcta disposición de las plataformas de trabajo.
	Correcta disposición de barandilla de seguridad, barra intermedia y rodapié.
	Correcta disposición de los accesos a los distintos niveles de trabajo.
	Uso de cinturón de seguridad de sujeción Clase A, Tipo I durante el montaje y el desmontaje.
Andamios s/ borriquetas	La distancia entre apoyos no debe sobrepasar los 3,5 m.
Escaleras de mano	Zapatas antideslizantes. Deben sobrepasar en 1 m la altura a salvar.

Tabla 51: Medios auxiliares.

2. RIESGOS LABORALES EVITABLES COMPLETAMENTE.

La tabla siguiente contiene la relación de los riesgos laborales que pudiendo presentarse en la obra, van a ser totalmente evitados mediante la adopción de las medidas técnicas que también se incluyen:

RIESGOS EVITABLES	MEDIDAS ADOPTADAS	TECNICAS
Derivados de la rotura de instalaciones existentes	Neutralización de las instalaciones existentes	
Presencia de líneas eléctricas de alta tensión aéreas o subterráneas	Corte del fluido, puesta a tierra y cortocircuito de los cables	

Tabla 52: Riesgos evitables.

3.-RIESGOS LABORALES NO ELIMINABLES COMPLETAMENTE.

Este apartado contienen la identificación de los riesgos laborales que no pueden ser completamente evitados, y las medidas preventivas y protecciones técnicas que deberán adoptarse para el control y la reducción de este tipo de riesgos. La primera tabla se refiere a aspectos generales afectan a toda la obra, y las restantes a los aspectos específicos de cada una de las fases en las que ésta puede dividirse.

TODA LA OBRA	
RIESGOS	
Caídas de operarios al mismo nivel	
Caídas de operarios a distinto nivel	
Caídas de objetos sobre operarios	
Caídas de objetos sobre terceros	
Choques o golpes contra objetos	
Fuentes vientos	
Trabajos en condiciones de humedad	
Contactos eléctricos directos e indirectos	
Cuerpos extraños en los ojos	
Sobreesfuerzos	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCION
Orden y limpieza de las vías de circulación de la obra	permanente
Orden y limpieza de los lugares de trabajo	permanente

Recubrimiento, o distancia de seguridad (1m) a líneas eléctricas de B.T.	permanente
Iluminación adecuada y suficiente (alumbrado de obra)	permanente
No permanecer en el radio de acción de las máquinas	permanente
Puesta a tierra en cuadros, masas y máquinas sin doble aislamiento	permanente
Señalización de la obra (señales y carteles)	permanente
Cintas de señalización y balizamiento a 10 m de distancia	alternativa al vallado
Vallado del perímetro completo de la obra, resistente y de altura $\geq$ 2m	permanente
Marquesinas rígidas sobre accesos a la obra	permanente
Pantalla inclinada rígida sobre aceras, vías de circulación o colindantes	permanente
Extintor de polvo seco, de eficacia 21A - 113B	permanente
Evacuación de escombros	frecuente
Escaleras auxiliares	ocasional
Información específica	para riesgos concretos
Cursos y charlas de formación	frecuente
Grúa parada y en posición veleta	con viento fuerte
Grúa parada y en posición veleta	final de cada jornada
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Cascos de seguridad	permanente
Calzado protector	permanente

Ropa de trabajo	permanente
Ropa impermeable o de protección	con mal tiempo
Gafas de seguridad	frecuente
Cinturones de protección del tronco	ocasional

Tabla 53: Riesgos, medidas preventivas y equipos de protección individual.

FASE: CIMENTACION Y ESTRUCTURAS
RIESGOS
Desplomes y hundimientos del terreno
Desplomes en edificios colindantes
Caídas de operarios al vacío
Caídas de materiales transportados
Atrapamientos y aplastamientos
Atropellos, colisiones y vuelcos
Contagios por lugares insalubres
Lesiones y cortes en brazos y manos
Lesiones, pinchazos y cortes en pies
Dermatitis por contacto con hormigones y morteros
Ruidos
Vibraciones
Quemaduras producidas por soldadura

Radiaciones y derivados de la soldadura	
Ambiente pulvígeno	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCION
Apuntalamientos y apeos	permanente
Achique de aguas	frecuente
Pasos o pasarelas	permanente
Separación de tránsito de vehículos y operarios	ocasional
No acopiar junto al borde de la excavación	permanente
Observación y vigilancia de los edificios colindantes	diaria
No permanecer bajo el frente de excavación	permanente
Redes verticales perimetrales (correcta colocación y estado)	permanente
Redes horizontales (interiores y bajo los forjados)	frecuente
Barandillas resistentes (0,9 m de altura, con listón intermedio y rodapié)	permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas, y escaleras de mano	permanente
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Gafas de seguridad	ocasional
Guantes de cuero o goma	frecuente
Botas de seguridad	permanente
Botas de goma o P.V.C. de seguridad	ocasional
Pantallas faciales, guantes, manguitos, mandiles y polainas para soldar	en estructura metálica

Cinturones y arneses de seguridad	frecuente
Mástiles y cables fiadores	frecuente

Tabla 54: Cimentación y estructuras, riesgos. Medidas preventivas y equipos de protección individual.

FASE: ALBAÑILERIA Y CERRAMIENTOS	
RIESGOS	
Caídas de operarios al vacío	
Caídas de materiales transportados, a nivel y a niveles inferiores	
Atrapamientos y aplastamientos en manos durante el montaje de andamios	
Atrapamientos por los medios de elevación y transporte	
Lesiones y cortes en manos	
Lesiones, pinchazos y cortes en pies	
Dermatitis por contacto con hormigones, morteros y otros materiales	
Incendios por almacenamiento de productos combustibles	
Golpes o cortes con herramientas	
Electrocuciones	
Proyecciones de partículas al cortar materiales	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCION
Apuntalamientos y apeos	permanente
Pasos o pasarelas	permanente

Redes verticales	permanente
Redes horizontales	frecuente
Andamios (constitución, arriostramiento y accesos correctos)	permanente
Plataformas de carga y descarga de material en cada planta	permanente
Barandillas rígidas (0,9 m de altura, con listón intermedio y rodapié)	permanente
Tableros o planchas rígidas en huecos horizontales	permanente
Escaleras peldañeadas y protegidas	permanente
Evitar trabajos superpuestos	permanente
Bajante de escombros adecuadamente sujetas	permanente
Protección de huecos de entrada de material en plantas	permanente
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Gafas de seguridad	frecuente
Guantes de cuero o goma	frecuente
Botas de seguridad	permanente
Cinturones y arneses de seguridad	frecuente
Mástiles y cables fiadores	frecuente

Tabla 55: Albañilería y cerramientos, riesgos. Medidas preventivas y equipos de protección individual.

FASE: INSTALACIONES	
RIESGOS	
Caídas a distinto nivel por el hueco del ascensor	
Lesiones y cortes en manos y brazos	
Dermatosis por contacto con materiales	
Inhalación de sustancias tóxicas	
Quemaduras	
Golpes y aplastamientos de pies	
Incendio por almacenamiento de productos combustibles	
Electrocuciones	
Contactos eléctricos directos e indirectos	
Ambiente pulvígeno	
MEDIDAS PREVENTIVAS Y PROTECCIONES COLECTIVAS	GRADO DE ADOPCION
Ventilación adecuada y suficiente (natural o forzada)	permanente
Escalera portátil de tijera con calzos de goma y tirantes	frecuente
Protección del hueco del ascensor	permanente
Realizar las conexiones eléctricas e hidráulicas sin tensión	permanente
EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL (EPIs)	EMPLEO
Gafas de seguridad	ocasional

Guantes de cuero o goma	frecuente
Botas de seguridad	frecuente
Cinturones y arneses de seguridad	ocasional
Mástiles y cables fiadores	ocasional
Mascarilla filtrante	ocasional

Tabla 56: Instalaciones, riesgos. Medidas preventivas y equipos de protección individual.

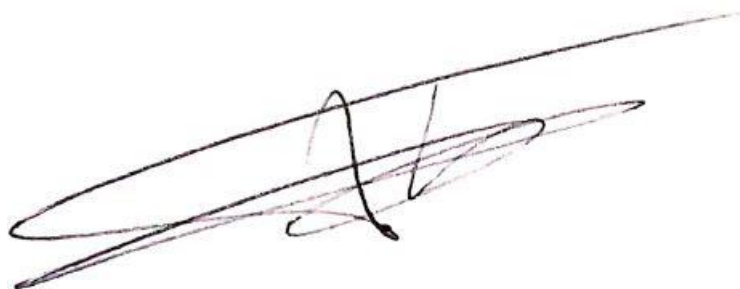
4.-RIESGOS LABORALES ESPECIALES.

En la siguiente tabla se relacionan aquellos trabajos que siendo necesarios para el desarrollo de la obra definida en el Proyecto de referencia, implican riesgos especiales para la seguridad y la salud de los trabajadores, y están por ello incluidos en el Anexo II del R.D. 1627/97. También se indican las medidas específicas que deben adoptarse para controlar y reducir los riesgos derivados de este tipo de trabajos.

TRABAJO CON RIESGOS ESPECIALES	MEDIDAS ESPECIALES PREVISTAS
Especialmente graves de caídas de altura, sepultamientos y hundimientos	Acompañamiento en todo momento de otro operario. Utilización de arneses para alturas mayores a 1,5m
En proximidad de líneas eléctricas de alta tensión	Señalizar y respetar la distancia de seguridad (5m). Pórticos protectores de 5 m de altura. Calzado de seguridad.
Con exposición a riesgo de ahogamiento por inmersión	Introducir mortero desde fuera de la habitación en la cual se está vertiendo
Que requieren el montaje y desmontaje de elementos prefabricados pesados	Distancia de seguridad a la hora del montaje de armarios y de instalación de contenedor industrial.

Tabla 57: Riesgos laborales especiales.

Firmado: Javier Bayona torres.

A handwritten signature in dark ink, consisting of several fluid, overlapping strokes that form a stylized representation of the name.