



Universidad de  
Oviedo



# **ESCUELA POLITÉCNICA DE INGENIERÍA DE GIJÓN.**

## **MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

### **ÁREA DE MÁQUINAS Y MOTORES TÉRMICOS**

#### **TRABAJO FIN DE MÁSTER**

#### **INSTALACIONES DE VENTILACIÓN, CLIMATIZACIÓN, ACS, DESHUMECTACIÓN Y TRATAMIENTO TÉRMICO PISCINA Y CIRCUITO HIDROTERMAL DE UN HOTEL**

**D. CANTELI CARRIO, José Miguel**  
**TUTOR: D. FERNÁNDEZ GARCÍA, Francisco Javier**

**FECHA: Julio del 2019**



# ÍNDICE

<b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>5</b>
1.1.- PUNTO DE VISTA PERSONAL.....	5
1.2.- PUNTO DE VISTA TÉCNICO .....	5
<b>2.- OBJETIVOS Y ALCANCE .....</b>	<b>7</b>
2.1.- OBJETIVOS .....	7
2.1.1.- <i>Confort de los ocupantes</i> .....	7
2.1.2.- <i>Buena ventilación y climatización del edificio</i> .....	7
2.1.3.- <i>Eficiencia en la climatización y deshumectación del spa y piscina</i> .....	7
2.2.- ALCANCE .....	8
<b>3.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....</b>	<b>9</b>
3.1.- UBICACIÓN.....	9
3.2.- ZONAS Y USOS .....	10
3.2.1.- <i>Sótano</i> .....	10
3.2.2.- <i>Zonas de restauración y ocio</i> .....	10
3.2.3.- <i>Zonas de spa</i> .....	11
3.2.4.- <i>Aseos y vestuarios públicos</i> .....	11
3.2.5.- <i>Zonas de administración</i> .....	12
3.2.6.- <i>Zonas de almacenamiento</i> .....	12
3.2.7.- <i>Pasillos y vestíbulos</i> .....	13
3.2.8.- <i>Habitaciones y baños</i> .....	13
3.2.9.- <i>Superficie total</i> .....	13
3.3.- DIMENSIONES IMPORTANTES DEL EDIFICIO.....	14
3.4.- CERRAMIENTOS.....	14
3.4.1.- <i>Tabiques interiores</i> .....	15
3.4.2.- <i>Suelos y techos</i> .....	16
3.4.3.- <i>Muros exteriores</i> .....	17
<b>4.- VENTILACIÓN .....</b>	<b>19</b>
4.1.- CÁLCULO DE CAUDALES DE AIRE PRIMARIO .....	19
4.1.1.- <i>Zonas de restauración y ocio</i> .....	19
4.1.2.- <i>Aseos y vestuarios públicos</i> .....	21
4.1.3.- <i>Zonas de administración</i> .....	21
4.1.4.- <i>Zonas de almacenamiento</i> .....	21
4.1.5.- <i>Pasillos y vestíbulos</i> .....	22
4.1.6.- <i>Habitaciones y baños</i> .....	22
4.2.- CONDUCTOS, REJILLAS Y PUNTOS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS VENTILADORES .....	23
4.2.1.- <i>Método de cálculo</i> .....	24
4.2.2.- <i>Resultados</i> .....	26
4.3.- EQUIPOS DE VENTILACIÓN.....	36
4.3.1.- <i>Características generales</i> .....	37
4.3.2.- <i>Características particulares</i> .....	37
4.3.3.- <i>Características de las UTAs elegidas</i> .....	38
4.4.- CONTROL .....	38
4.5.- MEDICIONES VENTILACIÓN .....	38



<b>5.- CLIMATIZACIÓN DE HABITACIONES Y SALAS DE GRAN OCUPACIÓN .....</b>	<b>40</b>
5.1.- CÁLCULO DE CARGAS TÉRMICAS .....	40
5.1.1.- Método de cálculo de cargas térmicas .....	40
5.1.2.- Resultados.....	46
5.2.- UNIDADES INTERIORES Y EXTERIORES.....	49
5.2.1.- Inductores .....	49
5.2.2.- Climatizadores.....	57
5.3.- INSTALACIÓN DE TUBERÍAS .....	58
5.3.1.- Método de cálculo bombas y tuberías .....	59
5.3.2.- Resultados.....	60
5.4.- REGULACIÓN Y ELEMENTOS AUXILIARES .....	64
5.4.1.- Regulación de inductores .....	65
5.4.2.- Regulación de climatizadores.....	68
5.5.- MEDICIONES CLIMATIZACIÓN .....	69
<b>6.- CLIMATIZACIÓN ZONAS DE SPA Y PISCINA INTERIOR.....</b>	<b>72</b>
6.1.- DESCRIPCIÓN DE ZONAS .....	72
6.1.1.- Piscina interior.....	73
6.1.2.- Jacuzzi .....	73
6.1.3.- Playa de piscina, cabinas de masaje y sala de relajación.....	73
6.2.- MÉTODO DE CÁLCULO .....	73
6.2.1.- Pérdidas en el vaso de agua .....	74
6.2.2.- Pérdidas por cerramientos exteriores .....	76
6.2.3.- Ventilación.....	76
6.3.- RESULTADOS .....	76
6.3.1.- Pérdidas en el vaso de agua .....	76
6.3.2.- Pérdidas por cerramientos exteriores .....	77
6.3.3.- Ventilación.....	78
6.4.- FUNCIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	78
6.4.1.- Rejillas de impulsión y extracción.....	79
6.4.2.- Conductos .....	79
6.4.3.- Climatizador.....	79
6.4.4.- Bombas de calor.....	80
6.5.- DISEÑO DE LA INSTALACIÓN.....	80
6.5.1.- Conductos y rejillas.....	81
6.5.2.- Climatizador.....	81
6.5.3.- Bombas de recirculación.....	81
6.5.4.- Tuberías y aislamiento.....	82
6.6.- MEDICIONES CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN ZONAS DE SPA .....	82
<b>7.- AGUA CALIENTE SANITARIA.....</b>	<b>83</b>
7.1.- CÁLCULOS DE ACS .....	83
7.1.1.- Cálculo de caudales de ACS.....	84
7.1.2.- Cálculo de consumo de ACS.....	85
7.1.3.- Producción de ACS con acumulación .....	85
7.2.- INSTALACIÓN DE ACS.....	87
7.2.1.- Distribución del ACS.....	87
7.2.2.- Montante 1.....	88
7.2.3.- Montante 2.....	91



7.2.4.- Montante 3.....	91
7.2.5.- Montante 4.....	91
7.3.- BOMBAS DE CIRCULACIÓN Y RECIRCULACIÓN.....	91
7.3.1.- Bombas de circulación.....	92
7.3.2.- Bombas de recirculación.....	92
7.1.- ELEMENTOS AUXILIARES.....	94
7.2.- MEDICIONES ACS.....	95
<b>8.- SISTEMAS DE GENERACIÓN DE FRÍO Y DE CALOR.....</b>	<b>96</b>
8.1.- BOMBAS DE CALOR.....	96
8.1.1.- Bombas de calor agua de mar-agua.....	96
8.1.2.- Bomba de calor multicycle.....	98
8.1.3.- Bomba de calor de alta temperatura.....	101
8.2.- OTROS ELEMENTOS.....	102
8.2.1.- Colectores.....	102
8.2.2.- Vasos de expansión.....	103
8.2.3.- Intercambiadores de calor.....	103
8.2.4.- Bombas de elevación y circulación.....	104
8.2.5.- Válvulas y otros accesorios.....	105
8.3.- JUSTIFICACIÓN DEL NO USO DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA.....	106
8.3.1.- Justificación del ACS.....	107
8.3.2.- Justificación de la climatización de las zonas de spa.....	107
<b>9.- CONCLUSIONES.....</b>	<b>108</b>
<b>10.- BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>109</b>



# 1.- INTRODUCCIÓN

## 1.1.- Punto de vista personal

Este proyecto se desarrolla en el ámbito profesional, durante las prácticas realizadas en una empresa de ingeniería e instalaciones de climatización, ventilación, fontanería, saneamiento y protección contra incendios.

Todo lo aprendido durante estas prácticas se aplica en este proyecto con el fin de establecer una conexión entre la parte académica y profesional, aunque sea en un trabajo no del todo real, por el hecho de no responder ante un promotor que demande precios ajustados ni un funcionamiento completamente perfecto de la instalación.

De todas formas, se ha intentado ser lo más riguroso y técnico posible, siguiendo las normas establecidas y ajustándose a la realidad.

## 1.2.- Punto de vista técnico

El presente trabajo tratará sobre el estudio, cálculo y diseño de las instalaciones de climatización y ventilación, agua caliente sanitaria y tratamiento de las zonas de spa y piscina interior de un complejo hotelero de aproximadamente 150 habitaciones situado en Asturias.

Primero se explicará el planteamiento y los objetivos que han de ser cumplidos para el correcto funcionamiento de las instalaciones del hotel.

En segundo lugar, se efectuará una descripción del edificio, dando información sobre la ubicación, la distribución de zonas dentro del mismo, los cerramientos y todo lo necesario para los posteriores cálculos.

Después se llevará a cabo la ventilación y climatización de las habitaciones y salas de gran ocupación del hotel, realizando los cálculos y las aclaraciones pertinentes. Se estudiará, además, el diseño de la climatización y deshumectación del spa y piscina con el mayor aprovechamiento energético posible, fundamentándose siempre en las prestaciones de los equipos marcadas por los fabricantes.

Seguidamente, se procederá al cálculo del agua caliente sanitaria (ACS), estudiando la posibilidad de suministrar el 100% de la demanda mediante aerotermia de alta temperatura y tratando de aprovechar el calor residual del proceso de deshumectación de las zonas de spa.

Finalmente se explicará el funcionamiento completo de la instalación y cómo y por qué se ha decidido realizar la generación de frío y de calor.

Se muestra en la Figura 1.1, para una mejor comprensión, un esquema de la parte de cálculo y diseño que se realizará en este documento.

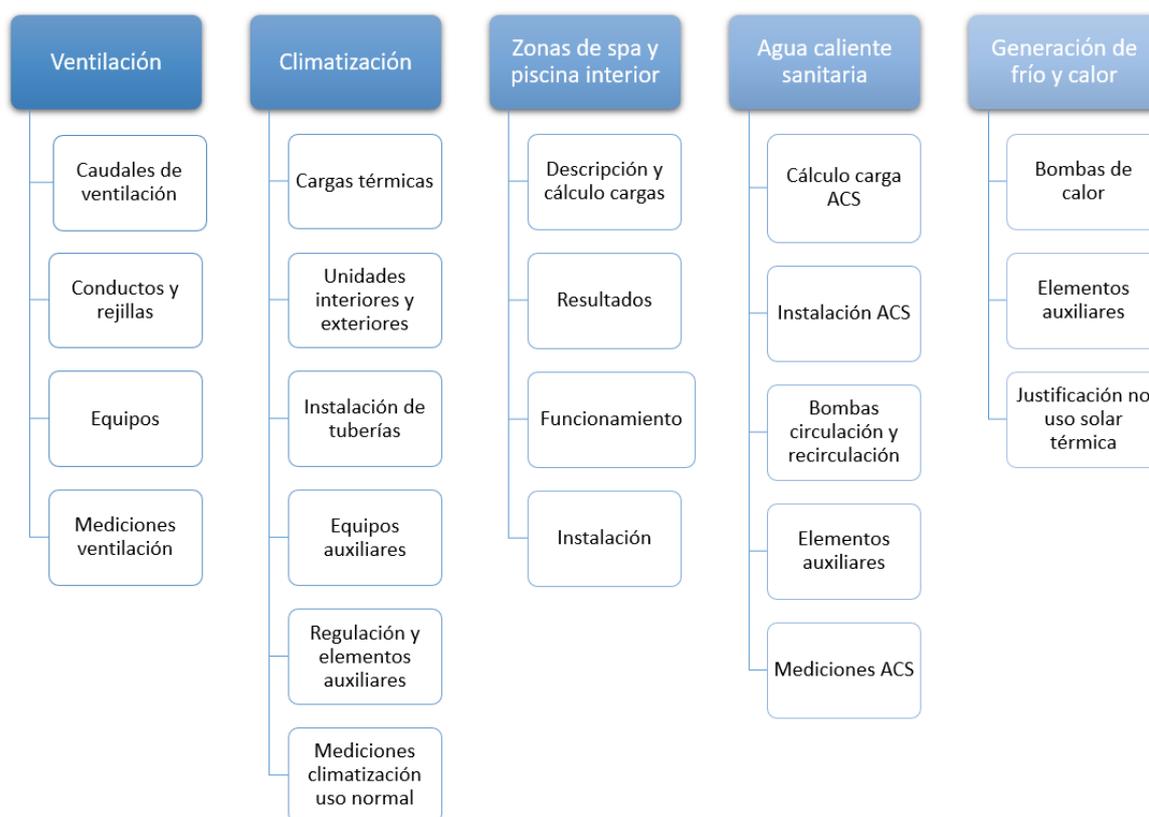


Figura 1.1.- Esquema parte cálculo y diseño.

Todo esto concluirá en un proyecto que estará disponible para su ejecución, por lo que se deberá cumplir con la normativa vigente, basando los cálculos en ella y haciendo siempre referencia a la misma.



## **2.- OBJETIVOS Y ALCANCE**

### **2.1.- Objetivos**

El objetivo global de este proyecto es el diseño de las instalaciones de un hotel de 150 habitaciones tratando, en lo posible, de ser lo más energéticamente eficiente posible, mediante el uso conjunto de bombas de calor con distintos funcionamientos y aplicaciones, todo ello cumpliendo las condiciones impuestas por norma de habitabilidad, seguridad contra incendios y otros mínimos exigidos.

Para alcanzar este objetivo global, se deben cumplir los siguientes objetivos parciales:

#### **2.1.1.- Confort de los ocupantes**

Será primordial el confort térmico y acústico de los clientes. Por ello se utilizarán sistemas que sean capaces de mantener unas condiciones térmicas agradables y que sean lo más silenciosos posibles.

#### **2.1.2.- Buena ventilación y climatización del edificio**

Una de las condiciones más importantes en el diseño ha de ser la ventilación y climatización del edificio.

En cuanto a la ventilación, debe estar correctamente diseñada para no superar los límites de CO<sub>2</sub> permitidos y cumplir los requisitos de la seguridad contra incendios.

En cuanto a la climatización, al ser un hotel con la mayor parte del cerramiento exterior constituido por muros cortina, la mayor carga será la de refrigeración. Habrá que tener en cuenta la ventilación, con su correspondiente recuperación de calor, la ocupación de personas en cada zona y, por supuesto, los cerramientos y orientación del edificio.

Todo esto se realizará tratando de ser lo más eficiente posible, mediante una regulación del caudal de agua y de aire variable y unos equipos tanto interiores como exteriores con las mejores características posibles del mercado.

#### **2.1.3.- Eficiencia en la climatización y deshumectación del spa y piscina**

La climatización y deshumectación del spa y piscina se llevará a cabo tratando de aprovechar la energía residual del ciclo frigorífico de la deshumectación para el tratamiento del ambiente, el calentamiento del agua del vaso de la piscina y el precalentamiento del agua caliente sanitaria.



## 2.2.- Alcance

Este proyecto abarcará los siguientes apartados:

- Climatización y ventilación de habitaciones, salas de gran ocupación, oficinas, vestuarios y pasillos.
- Climatización, ventilación y deshumectación de zonas de spa y piscina interior.
- Cálculo, diseño e instalación de agua caliente sanitaria.
- Selección y funcionamiento de los sistemas de generación de frío y calor.
- Realización de presupuesto con valoración económica aproximada del sistema de control.

Por tanto, se excluye del proyecto lo siguiente:

- Instalaciones de fontanería y saneamiento.
- Ventilación de garajes.
- Tratamiento de agua de piscina exterior.
- Sistemas electrónicos de control.
- Instalación eléctrica y de telecomunicaciones.
- Protección contra incendios.
- Calificación energética del edificio.

## 3.- DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Para la correcta descripción del edificio, se va a detallar la ubicación del mismo, las distintas zonas y usos que lo componen y los cerramientos exteriores e interiores, con sus propiedades térmicas.

### 3.1.- Ubicación

El hotel está situado en la comunidad autónoma del Principado de Asturias, más concretamente en la zona costera de Navia. Se construirá en el Puerto de Vega, por lo que estará a escasos metros del mar.

Se puede ver en la siguiente imagen una localización aproximada en donde se ubicará el hotel.

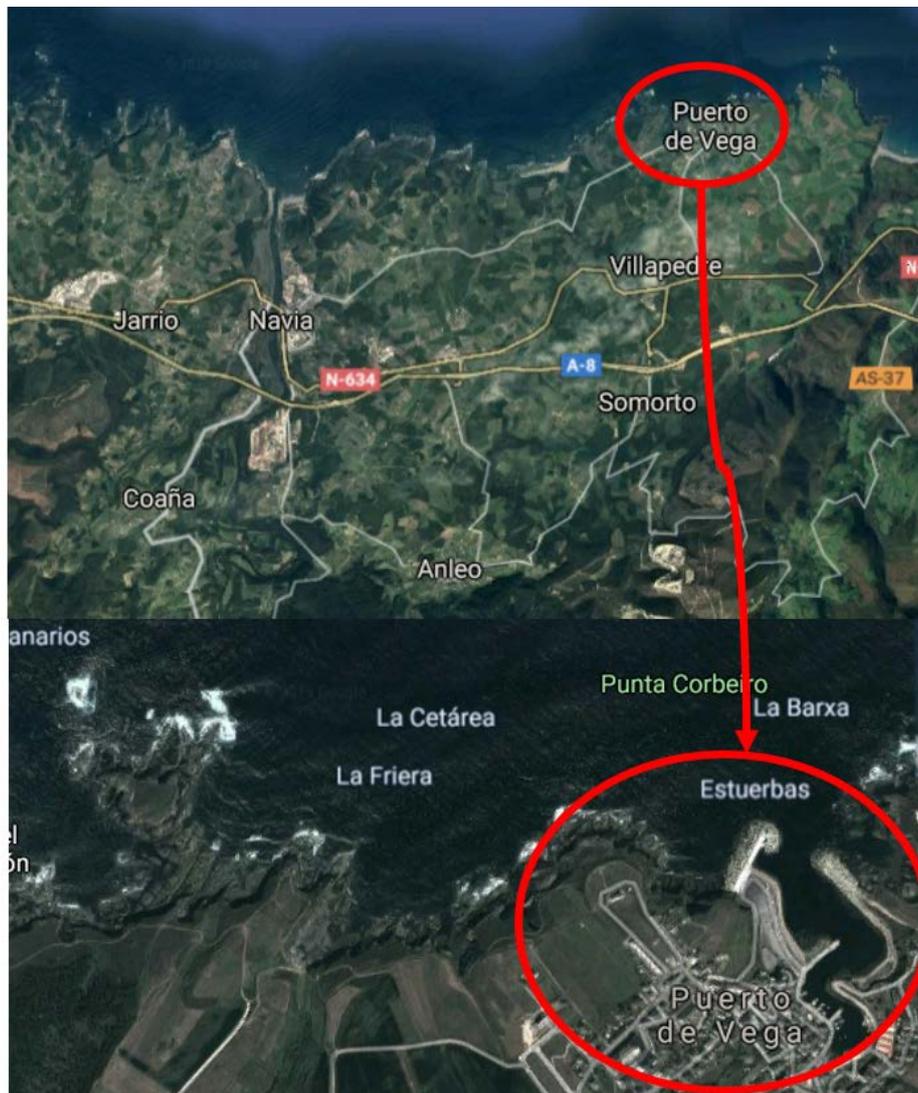


Figura 3.1.- Ubicación [1].



En cuestión, Navia corresponde a una zona climática C1 según la tabla B.1 del documento básico HE de ahorro de energía [2], por estar a la altura del nivel del mar. Conocer la zona climática será de gran importancia para cálculos posteriores.

## **3.2.- Zonas y usos**

El complejo hotelero dispone de tres plantas (planta baja, primera y segunda) y de un sótano, donde se ubica el parking subterráneo.

El sótano dispone de 120 plazas y otra serie de espacios que no se considerarán en este proyecto.

En la planta baja se ubican las zonas comunes del hotel, desde las salas de estar, comedores, cocinas, oficinas y aseos públicos, hasta la piscina cubierta y el spa.

En la primera planta se localizan dos oficinas o almacenes y 66 habitaciones (de la 101 a la 166) con sus respectivos baños, todo ello comunicado con un gran pasillo central.

La planta segunda es igual que la primera, con dos oficinas y 66 habitaciones (de la 201 a la 266) con sus respectivos baños.

A continuación, para una mejor comprensión de la distribución, se van a clasificar las zonas por categorías de uso, con una breve descripción y la superficie útil de las mismas.

### **3.2.1.- Sótano**

En el sótano se encuentra el garaje y otras zonas que no requieren demasiada atención en este proyecto.

El garaje dispone de 120 plazas con una superficie de 2.955,32 m<sup>2</sup> y las otras zonas ocupan 335,28 m<sup>2</sup>.

Como se ha dicho, no se incluirá en este proyecto la ventilación de garajes.

### **3.2.2.- Zonas de restauración y ocio**

Se engloba dentro de este apartado las zonas dedicadas al servicio restauración, como cocinas, cafeterías, restaurantes, bares y zonas de barra, incluyendo además los espacios para eventos y similares, por ser zonas con gran similitud.

Los espacios con sus superficies de esta categoría se muestran en la Tabla 3.1.



Planta	Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )
Baja	Cafetería	232,18
	Cafetería-restaurante	529,52
	Zonas de barra	77,66
	Sala de estar	541,83
	Comedor-buffet	510,91
	Cocina	168,59
<b>Total</b>		<b>2.060,69</b>

Tabla 3.1.- Zonas de restauración y ocio.

### 3.2.3.- Zonas de spa

En esta zona se incluye la piscina interior y su playa y el circuito hidrotermal compuesto por un jacuzzi, unas cabinas de masaje y una sala de relajación.

Todas estas zonas se encuentran en la planta baja del hotel y disponen de superficie mostrada en la Tabla 3.2.

Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )
Piscina interior	169,34
Playa de piscina	146,26
Jacuzzi	60,48
Cabinas de masaje	37,06
Sala de relajación	49,39
<b>Total</b>	<b>462,53</b>

Tabla 3.2.- Zonas de spa.

### 3.2.4.- Aseos y vestuarios públicos

Los aseos públicos se encuentran en la planta baja, mientras que los vestuarios públicos solo se sitúan en la planta baja, al lado de la zona de spa.

Destacar que en los aseos públicos no se incluyen los baños de las habitaciones, puesto que disponen de usos distintos.



Planta	Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )
Baja	Aseos	179,85
	Vestuarios	173,68
<b>Total</b>		<b>353,53</b>

Tabla 3.3.- Aseos y vestuarios públicos.

### 3.2.5.- Zonas de administración

Se incluye en este apartado las zonas dedicadas a la recepción y administración, así como las oficinas de trabajo.

Todos estos espacios se encuentran en la planta baja del edificio y se indica su superficie en la Tabla 3.4.

Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )
Recepción-administración	160,97
Oficinas	105,25
<b>Total</b>	<b>266,22</b>

Tabla 3.4.- Zonas de administración.

### 3.2.6.- Zonas de almacenamiento

Aquí se engloban los espacios destinados al almacenamiento de todo tipo de objetos, tales como los almacenes de comida o material, los maleteros o los oficios destinados usualmente a productos de limpieza.

Los almacenes y cámaras se encuentran en la planta baja y los oficios se distribuyen por todas las plantas. Se puede ver la distribución y las superficies de estas zonas en la siguiente tabla.

Planta	Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )
Baja	Maletero	10,52
	Almacén	45,22
	Cámaras	26,59
Primera	Oficios	20,37
Segunda	Oficios	20,37
<b>Total</b>		<b>123,07</b>

Tabla 3.5.- Zonas de almacenamiento.



### 3.2.7.- Pasillos y vestíbulos

Las superficies de los pasillos y vestíbulos del edificio se muestran en la Tabla 3.6.

Planta	Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )
Baja	Vestíbulos	294,62
	Pasillos	207,81
Primera	Pasillos	236,68
Segunda	Pasillos	236,68
<b>Total</b>		<b>975,79</b>

Tabla 3.6.- Pasillos y vestíbulos.

### 3.2.8.- Habitaciones y baños

Por último, el grupo de zonas con mayor superficie y más importancia en los cálculos son las habitaciones con sus baños.

La mayoría de las habitaciones son de dos ocupantes con una superficie entre 21 y 24 m<sup>2</sup>. Además, existen dos habitaciones algo mayores, para tres o cuatro ocupantes y con dos baños, con superficie de 47 m<sup>2</sup>.

Los baños de todas las habitaciones son de aproximadamente 6 m<sup>2</sup>.

En la siguiente tabla se puede ver un resumen de la superficie de las habitaciones y los baños desglosada por plantas y la suma total.

Planta	Tipo habitación	Superficie habitaciones (m <sup>2</sup> )	Nº habitaciones	Superficie baños (m <sup>2</sup> )
Primera	2 ocupantes	1.426,92	64	359,25
	3 ocupantes	88,32	2	21,18
Segunda	2 ocupantes	1.426,92	64	359,25
	3 ocupantes	88,32	2	21,18
<b>Total</b>		<b>3.030,48</b>	<b>132</b>	<b>760,86</b>

Tabla 3.7.- Superficie habitaciones y baños.

### 3.2.9.- Superficie total

Para una mejor comprensión de la gran extensión que dispone el hotel, se resume en la Tabla 3.8 las superficies vistas en los apartados anteriores y la suma total.



<b>Tipo</b>	<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>
Sótano	3.290,6
Restauración	2.060,69
Zona spa	529,98
Aseos y vestuarios públicos	353,53
Zonas de administración	266,22
Zonas de almacenamiento	123,07
Pasillos y vestíbulos	975,79
Habitaciones y baños	3.791,34
<b>Total</b>	<b>11.391,22</b>

Tabla 3.8.- Superficie total.

### 3.3.- Dimensiones importantes del edificio

En este apartado no se pretende representar todas las dimensiones del edificio, sino las partes que se consideran importantes a la hora del diseño de las instalaciones, en cuanto a espacios para los equipos, conductos, tuberías y unidades terminales.

El hotel cuenta con una altura total aproximada de 14 metros, sótano incluido. Se muestra en la siguiente tabla la altura entre forjados de todas las plantas, necesaria para realizar un correcto dimensionado de los conductos, tuberías y unidades interiores, que irán ubicados en los falsos techos.

<b>Planta</b>	<b>Distancia entre forjados (m)</b>
Sótano	3
Baja	3,8
Primera	3,8
Segunda	3,8

Tabla 3.9.- Dimensiones del edificio.

Además, la cubierta tiene una superficie aproximada de 1.900 m<sup>2</sup> en la que se podrán instalar los equipos exteriores, como climatizadores y bombas de calor.

### 3.4.- Cerramientos

Los cerramientos del hotel se pueden dividir en los interiores, los del suelo y techo y los exteriores.

A continuación, se van a describir estos cerramientos, indicando el tipo y las propiedades de los mismos.

### 3.4.1.- Tabiques interiores

Los tabiques interiores separan los espacios acondicionados y se deben considerar por efectos de inercia térmica.

Estos tabiques están compuestos por los siguientes materiales:

- Enlucido de yeso con una densidad entre 1000 y 1300 kg/m<sup>3</sup>.
- Tabicón de ladrillo hueco doble.
- Enlucido de yeso con una densidad entre 1000 y 1300 kg/m<sup>3</sup>.

Se puede ver un esquema de este cerramiento en la donde se muestran los materiales descritos con su espesor.

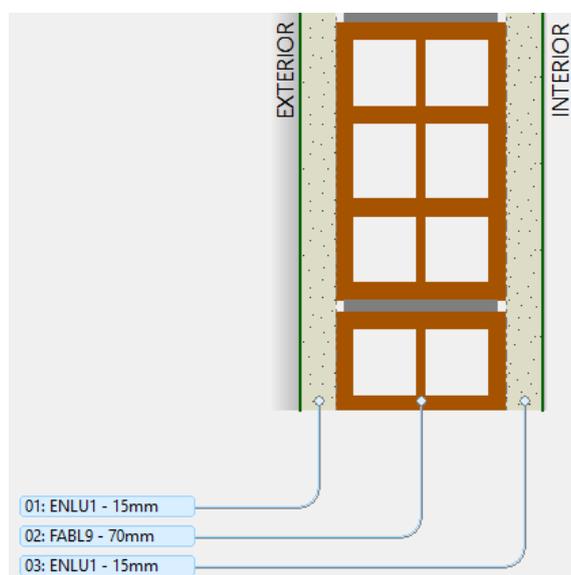


Figura 3.2.- Tabique interior.

Las características de los materiales y del cerramiento se muestran en la siguiente tabla.

Descripción	Masa (kg/m <sup>2</sup> )	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> K/W)	Transmitancia térmica (W/m <sup>2</sup> K)
Enlucido de yeso	17,3	0,0263	-
Tabicón LH doble	65,1	0,1867	-
Enlucido de yeso	17,3	0,0263	-
<b>Total</b>	<b>99,6</b>	<b>0,2393</b>	<b>2,443</b>

Tabla 3.10.- Propiedades tabique interior.

### 3.4.2.- Suelos y techos

Los suelos y techos separan espacios acondicionados entre las distintas plantas, excepto el suelo de la planta baja y el techo de la segunda planta. De todas formas, para simplificar los cálculos, se va a considerar el mismo cerramiento para todo.

Estos cerramientos están compuestos por los siguientes materiales:

- Piedra artificial.
- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido con densidad entre 1000 y 1250 kg/m<sup>3</sup>.
- Hormigón armado con densidad entre 2300 y 2500 kg/m<sup>3</sup>.
- Forjado unidireccional entrevigado cerámico.
- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido con densidad entre 1000 y 1250 kg/m<sup>3</sup>.

Se puede ver un esquema del cerramiento en la siguiente imagen.

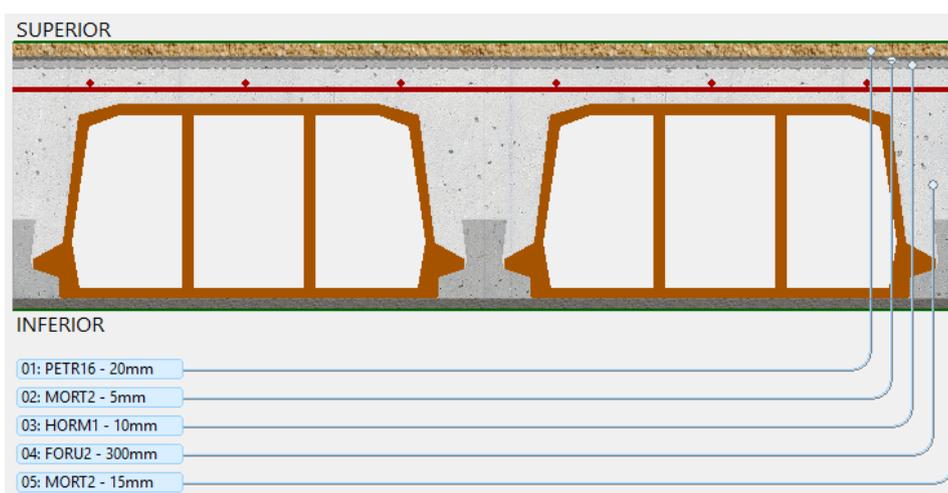


Figura 3.3.- Cerramiento de suelos y techos.

Las propiedades de los suelos y techos se pueden ver en la siguiente tabla.

Descripción	Masa (kg/m <sup>2</sup> )	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> K/W)	Transmitancia térmica (W/m <sup>2</sup> K)
Piedra artificial	34	0,0154	-
Mortero de cemento	5,6	0,0091	-
Hormigón armado	24	0,0043	-
Forjado unidireccional	333	0,32	-
Mortero de cemento	16,9	0,0273	-
<b>Total</b>	<b>413,5</b>	<b>0,3761</b>	<b>1,706</b>

Tabla 3.11.- Propiedades suelos y techos.

### 3.4.3.- Muros exteriores

Los muros exteriores separan los espacios acondicionados del exterior. En este edificio existen dos tipos de muros: muros estándar y muros cortina.

Los muros estándar están compuestos, de exterior a interior, por los siguientes materiales:

- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido con densidad entre 1450 y 1600 kg/m<sup>3</sup>.
- Tabicón de ladrillo hueco triple.
- Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido con densidad entre 1450 y 1600 kg/m<sup>3</sup>.
- Aislamiento EPS poliestireno expandido.
- Cámara de aire sin ventilar vertical.
- Tabicón de ladrillo hueco doble.
- Enlucido de yeso.

En la siguiente imagen se muestra un esquema del muro estándar, con sus espesores.

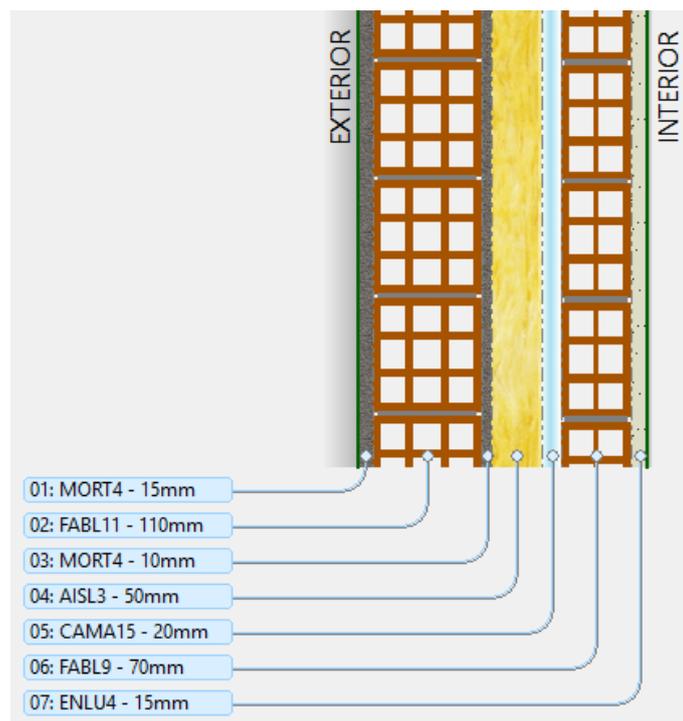


Figura 3.4.- Muro estándar.

Las propiedades del muro estándar se pueden ver en la Tabla 3.12.

Descripción	Masa (kg/m <sup>2</sup> )	Resistencia térmica (m <sup>2</sup> K/W)	Transmitancia térmica (W/m <sup>2</sup> K)
Mortero de cemento	22,9	0,0188	-
Tabicón de LH triple	101,2	0,253	-
Mortero de cemento	15,3	0,0125	-
Aislamiento EPS	1,5	1,333	-
Cámara de aire	0	0,1176	-
Tabicón de LH doble	65,1	0,1867	-
Enlucido de yeso	13,5	0,0375	-
<b>Total</b>	<b>219,4</b>	<b>1,9594</b>	<b>0,47</b>

Tabla 3.12.- Propiedades muros estándar.

Por otro lado, los muros cortina son módulos fijos de doble acristalamiento con control solar y marco de aluminio con rotura de puente térmico mayor de 12 mm. Asimismo, se dispondrán de lamas horizontales para tener una mayor protección solar en las horas más críticas.

Las propiedades térmicas de estos muros son:

- Transmitancia térmica: 1,79 W/m<sup>2</sup>·K
- Factor solar: 0,64
- Permeabilidad al aire: 27 m<sup>3</sup>/h·m<sup>2</sup>

Se puede ver en la siguiente imagen un edificio construido mediante muros cortina, muy recomendados en los ambientes poco cálidos y con gran radiación solar, como Asturias.



Figura 3.5.- Muro cortina [3].



## 4.- VENTILACIÓN

Se procede al diseño de la instalación de ventilación de todas las zonas descritas en el apartado 3.2, excepto el sótano, realizando todos los cálculos necesarios, diseñando y optimizando la instalación y escogiendo los equipos para el correcto funcionamiento.

Primero se calcularán los caudales de ventilación en cada zona impuestos según norma, para más tarde, realizar los cálculos de pérdidas de carga y velocidades que definirán las dimensiones de los conductos, las rejillas de impulsión y extracción y, finalmente, los ventiladores necesarios.

### 4.1.- Cálculo de caudales de aire primario

La ventilación de locales, tanto habitables como no habitables, la define el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [4] y el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DBSI) [5].

El RITE define los siguientes conceptos para el cálculo de los caudales de ventilación:

- Calidad del aire exterior: en función del entorno donde se toma el aire a introducir al local. Existen cinco clasificaciones (ODA-1, ODA-2, ODA-3, ODA-4 y ODA-5).
- Calidad del aire interior: en función de la calidad deseada en los locales a ventilar. Existen cuatro clasificaciones de calidad alta a baja (IDA 1, IDA 2, IDA 3 e IDA 4).
- Método de cálculo: definido el IDA, existen cuatro métodos de cálculo de los caudales de ventilación. En este trabajo se utilizará la “Tasa de ventilación por persona” y la “Tasa de ventilación por unidad de superficie”.

En los locales de pública concurrencia, tales como pasillos y vestíbulos, se utilizará el método de la “Tasa de ventilación por unidad de superficie” y en las demás zonas, se utilizará el método “Tasa de ventilación por persona”, calculando el número de personas, o bien por la ocupación por unidad de superficie, o bien realizando una estimación de las personas que puedan llegar a estar en una zona simultáneamente.

#### 4.1.1.- Zonas de restauración y ocio

En estas zonas se utilizará el método de “Tasa de ventilación por persona”, calculando el número de personas mediante el Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DBSI) [5] Sección SI 3, que especifica las densidades de ocupación ( $m^2$ /persona) en función del uso previsto de las zonas. Con esta ocupación y la superficie, se calcularán las personas en cada zona, y con ello, los caudales de ventilación.



La ocupación especificada por el DBSI cambia en función de las distintas zonas (cocina, cafetería, etc.). Entonces el proceso de cálculo será el siguiente:

1. Obtener la ocupación (m<sup>2</sup>/persona) del DBSI.
2. Calcular el número de personas con la superficie y la ocupación:

$$N^{\circ} \text{ personas} = \frac{\text{Superficie}}{\text{Ocupación}}$$

3. Ajustar el número de personas a un valor más real (N<sup>o</sup> pers<sub>ajus</sub>).
4. Calcular el caudal de ventilación en función de las personas y el IDA:

$$\text{Caudal} = N^{\circ} \text{ pers}_{ajus} \cdot \text{Tasa vent. persona}$$

Según el RITE [4], las zonas de restauración y ocio (locales comunes de edificios hoteleros) corresponde a un IDA 2. Se puede ver en la siguiente imagen la tasa de ventilación que corresponde a estas zonas (12,5 L/s):

Categoría	Tasa de ventilación por persona (L/s)	Método olfativo (CR 1752) (dp)	Concentración CO <sub>2</sub> (sobre aire EXT) (ppm)	Tasa de ventilación por unidad de superficie (L/[s·m <sup>2</sup> ])
IDA 1	20	0,8	350	No aplicable
IDA 2	12,5	1,2	500	0,83
IDA 3	8	2,0	800	0,55
IDA 4	5	3,0	1.200	0,28

Figura 4.1.- Valores para el cálculo de caudales [4].

Se toma como ejemplo de cálculo la cafetería para una mejor comprensión:

1. Ocupación en cafeterías según DBSI: 1,5 m<sup>2</sup>/persona
2.  $N^{\circ} \text{ personas} = \frac{232,18}{1,5} \approx 155 \text{ personas}$
3.  $N^{\circ} \text{ pers}_{ajus} = 135 \text{ personas}$
4.  $\text{Caudal} = 135 \cdot 12,5 \cdot 3,6 = 6.075 \text{ m}^3/\text{h}$

Entonces, se muestran en la Tabla 4.1 los cálculos de ocupación y caudales para las zonas de restauración y ocio.

Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	Ocupación (m <sup>2</sup> /pers)	N <sup>o</sup> personas	N <sup>o</sup> pers-a	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
Cafetería	232,18	1,5	155	100	4.500
Cafetería-restaurante	529,52	1,5	354	135	6.075
Sala de estar	541,83	2	271	135	6.075
Comedor-buffet	510,91	1,5	341	135	6.075
Cocina	168,59	-	-	-	300
<b>Total</b>	<b>1.983,03</b>	-	-	-	<b>23.025</b>

Tabla 4.1.- Ventilación en zonas de restauración y ocio.



En los espacios donde el número de personas es muy elevado (cafetería, restaurante, sala de estar, comedor y espacio para eventos), se ha reducido el número de personas a 135, puesto que es prácticamente imposible que se junten tantas personas a la vez en un mismo espacio.

Además, se tendrá en cuenta que en estos espacios no siempre habrá gente, por lo que la ventilación se realizará de forma intermitente, detectando cuando debe estar funcionando mediante un control de concentración de CO<sub>2</sub>. Esto se explicará con más detalle en apartados posteriores.

### 4.1.2.- Aseos y vestuarios públicos

En los aseos se realizará parte de la extracción de los pasillos, vestíbulos y demás zonas que lo permitan. Esto se debe a la necesidad de tener una depresión en los aseos para que los gases y olores no se trasladen a las demás zonas.

En el caso de los vestuarios, sí que se realizará una impulsión de aire exterior con su correspondiente extracción, para mantener una temperatura adecuada. Los vestuarios públicos se clasifican dentro de una categoría IDA 2 y deben disponer de una ocupación de 2 m<sup>2</sup>/persona. Por tanto, los seis vestuarios de la planta baja deberán disponer de una impulsión de aire primario de 225 m<sup>3</sup>/h cada uno.

### 4.1.3.- Zonas de administración

Las zonas de administración se van a considerar como oficinas para obtener la ocupación según el DBSI. La clasificación es IDA 2.

En la siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos.

Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	Ocupación (m <sup>2</sup> /pers)	Nº personas	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
Recepción-administración	115,2	10	17	765
Oficinas	105,25	10	16	720
<b>Total</b>	<b>220,45</b>	-	-	<b>1.485</b>

Tabla 4.2.- Ventilación en zonas de administración.

### 4.1.4.- Zonas de almacenamiento

En las zonas de almacenamiento no es necesario una impulsión de aire fresco, por lo que en algunos de estos espacios se realizará la extracción de pasillos y vestíbulos.

Esto se podrá ver en los planos de ventilación, donde se mostrarán los conductos y las rejillas de impulsión y extracción.



### 4.1.5.- Pasillos y vestíbulos

Como bien se ha dicho anteriormente, en estos espacios se utilizará el método de “Tasa de ventilación por unidad de superficie”. Con una clasificación IDA 2, se puede ver en la Figura 4.1 que la tasa de ventilación por unidad de superficie es de 0,83 L/(s·m<sup>2</sup>).

Se toma como ejemplo de cálculo los vestíbulos de la planta baja:

$$Caudal = 0,83 \cdot 3,6 \cdot 294,62 = 880,3 \text{ m}^3/\text{h}$$

En la Tabla 4.3 se resumen los cálculos de los pasillos y vestíbulos. Destacar que cuando se realice la instalación de ventilación y se elijan los caudales, estos pueden no coincidir exactamente con los mostrados, puesto que en algunos vestíbulos poco transitados se considerará que con los caudales de impulsión de otros pasillos o vestíbulos cercanos será suficiente para una buena ventilación.

Planta	Tipo espacio	Superficie (m <sup>2</sup> )	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
Baja	Vestíbulos	294,62	880,3
	Pasillos	207,81	620,9
Primera	Pasillos	236,68	707,2
Segunda	Pasillos	236,68	707,2
<b>Total</b>		<b>975,79</b>	<b>2.915,6</b>

Tabla 4.3.- Ventilación en pasillos y vestíbulos.

### 4.1.6.- Habitaciones y baños

La ventilación de las habitaciones se realizará con el número de personas que residen en cada una. Por los baños se realizará la extracción, por lo que los caudales serán los mismos que en las habitaciones, para tener un sistema equilibrado.

Según RITE, las habitaciones de edificios hoteleros corresponden con una clasificación IDA 3, por lo que mirando la Figura 4.1 se obtiene una tasa de ventilación por persona de 8 L/s (28,8 m<sup>3</sup>/h·pers).

El máximo caudal por habitación será en las habitaciones grandes de tres personas, con un valor de 86,4 m<sup>3</sup>/h.

No obstante, debido al sistema de climatización que se va a instalar, el caudal de aire en las habitaciones deberá ser bastante mayor para que la unidad interior pueda suministrar las cargas de refrigeración y calefacción necesarias. En este caso, se ha decidido impulsar un caudal de 180 m<sup>3</sup>/h en las habitaciones de 2 ocupantes y 360 m<sup>3</sup>/h en las habitaciones de 3 ocupantes, por ser el doble de grandes y tener una gran superficie de muro cortina.

Así, se encuentran resumidos los caudales de aire impulsados en cada planta en la Tabla 4.4.



Planta	Tipo habitación	Nº habitaciones	Caudal (m <sup>3</sup> /h)
Primera	2 ocupantes	64	11.520
	3 ocupantes	2	720
Segunda	2 ocupantes	64	11.520
	3 ocupantes	2	720
<b>Total</b>		<b>132</b>	<b>24.480</b>

Tabla 4.4.- Ventilación habitaciones.

## 4.2.- Conductos, rejillas y puntos de funcionamiento de los ventiladores

Una vez conocidos los caudales a introducir y/o a extraer de cada espacio, se necesitan calcular los conductos y rejillas necesarios de distribución. Nótese que los caudales calculados

Destacar que los caudales calculados anteriormente se tomarán como referencia al introducirlo en el programa de cálculo. Habrá zonas donde se introducirá otro caudal distinto por cuestiones de diseño, espacio y distribución de las zonas a ventilar.

Para el diseño de los conductos se debe tener en cuenta lo siguiente:

- No deben tener una sección muy pequeña para evitar grandes velocidades del fluido, que aumentarían el ruido y las pérdidas de carga.
- Tampoco deben tener una sección extremadamente grande, con el fin de ahorrar costes y espacio.
- Se debe tener en cuenta el espacio, sobre todo en altura, ocupado por los conductos.
- Cuanto más cuadrada sea la sección del conducto, menores serán las pérdidas de carga.
- Se utilizarán conductos Climaver plus, fabricados por paneles rígidos de lana de vidrio y revestidos por el exterior con lámina de aluminio reforzada con el fin de evitar condensaciones cuando se transporte aire a baja temperatura.

Parece que todos estos puntos son incongruentes entre sí, ya que la sección no debe ser ni muy pequeña ni muy grande y también debe ser lo más cuadrada posible, pero limitando la altura por cuestiones de espacio disponible. Entonces habrá que buscar un término medio que trate de equilibrar los puntos a favor y en contra.

Al ser este proceso de cálculo muy engorroso, se va a realizar con un programa de cálculo de ventilación llamado “DAwin. Distribución de aire” de la plataforma “iMventa Ingenieros” [6].



En este programa, se van introduciendo las rejillas de impulsión y de retorno con sus respectivos caudales de impulsión y de extracción. Después se unen estas rejillas con líneas, que representan los conductos por donde va a ir el fluido, a los ventiladores de impulsión y extracción.

Una vez construida la red de ventilación, se le indica al programa que realice el cálculo y éste muestra una pequeña ventana con los caudales de impulsión y retorno totales y la presión estática necesaria del ventilador.

### 4.2.1.- Método de cálculo

Las fórmulas de cálculo que se han utilizado son las expuestas en el manual ASHRAE HANDBOOK FUNDAMENTALS 1997 editado por la American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. y en el Documento Técnico de Instalaciones en la Edificación DTIE 5.01 editado por ATECYR, de las cuales se reproducen las más importantes:

#### 1- Pérdidas de presión por fricción:

$$\Delta P_f = f \cdot \frac{L}{Dh} \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2} \text{ y utilizando la ecuación de Blasius } f = 0,173 \cdot \alpha \cdot Re^{-0,18} \cdot Dh^{-0,04}$$

se obtiene la ecuación para el aire húmedo:

$$\Delta P_f = \alpha \cdot 14,1 \cdot 10^{-3} \cdot L \cdot \frac{v^{1,82}}{Dh^{1,22}}$$

Esta ecuación es válida para temperaturas comprendidas entre 15,0 °C y 40,0 °C, presiones inferiores a la correspondiente a una altitud de 1.000,00 m. Y humedades relativas comprendidas entre 0% y 90%.

Siendo:

- $\Delta P_f$ : Pérdidas de presión por fricción en Pa.
- $f$ : Factor de fricción (adimensional).
- $\varepsilon$ : Rugosidad absoluta del material en mm.
- $Dh$ : Diámetro hidráulico en m.
- $v$ : Velocidad en m/s.
- $Re$ : Número de Reynolds (adimensional).
- $L$ : Longitud total en m.
- $\alpha$ : Factor que depende del material utilizado (adimensional).

#### 2- Pérdidas de presión por singularidades:

$$\Delta P_s = Co \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}$$

Siendo:

- $\Delta P_s$ : Pérdidas de presión por singularidades en Pa.



- $C_o$ : Coeficiente de pérdida dinámica (adimensional).  
 $v$ : Velocidad en m/s.  
 $\rho$ : Densidad del aire húmedo  $\text{kg/m}^3$ .

Los coeficientes  $C_o$  de pérdida de carga dinámica se tienen tabulados para los distintos tipos de accesorios normalmente utilizados en las redes de conductos.

### 3- Pérdidas de presión total, estática y dinámica:

La pérdida de presión total en un sistema se obtiene como la suma de las pérdidas por fricción a lo largo de los conductos, más las pérdidas en las singularidades situadas en el camino más desfavorable, incluyendo en este grupo todas las transformaciones, los filtros, compuertas, plenum, etc. y la boca final.

$$\Delta P_t = \sum \Delta P_f + \sum \Delta P_s$$

Siendo:

- $\Delta P_t$ : Pérdidas de presión totales en Pa.  
 $\Delta P_f$ : Pérdidas de presión por fricción en Pa.  
 $\Delta P_s$ : Pérdidas de presión por singularidades en Pa.

En cualquier punto de la instalación es posible obtener la presión estática como diferencia entre la presión total y la presión dinámica:

$$P_{st} = P_t - \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

Siendo:

- $P_{st}$ : Presión estática.  
 $P_t$ : Presión total.  
 $v$ : Velocidad en m/s.  
 $\rho$ : Densidad del aire húmedo  $\text{kg/m}^3$ .

### 4- Métodos de dimensionamiento:

El circuito de impulsión se ha calculado usando el método de Rozamiento constante. Para el dimensionado del circuito de retorno se ha utilizado el método de Rozamiento constante.

#### Método de Rozamiento Constante

Consiste en calcular los conductos de forma que la pérdida de carga por unidad de longitud en todos los tramos del sistema sea idéntica. El área de la sección de cada conducto está relacionada únicamente con el caudal de aire que transporta, por tanto, a igual porcentaje de caudal sobre el total, igual área de conductos.



La presión estática necesaria en el ventilador se calcula teniendo en cuenta la pérdida de carga en el tramo de mayor resistencia y la ganancia de presión debida a la reducción de la velocidad desde el ventilador hasta el final de este tramo.

## **4.2.2.- Resultados**

Se ha decidido realizar un sistema independiente para cada planta y para cada sala de gran ocupación, utilizando sistemas de ventilación separados y ubicados en la cubierta del edificio.

Por último, se podrá ver en el anexo de “Planos” la distribución de todos los elementos que componen la ventilación del edificio.

A continuación, se muestran los pasos realizados en cada planta. Se ha comenzado por la primera y segunda planta, dejando para el final la planta baja, por ser bastante distinta a las demás.

### **4.2.2.1.- Primera planta**

La primera planta dispone de 66 habitaciones con sus respectivos baños, de un pasillo que comunica todas las habitaciones de esta planta y de dos oficinas situados en los extremos.

Se separará la planta en dos redes de ventilación, debido al gran caudal que se debe aportar. Cada red impulsará y extraerá caudal a cada mitad de la planta. Así se obtendrán menores secciones de conducto y menores pérdidas de carga.

En cuanto a las habitaciones y baños, se ha decidido impulsar el aire por la habitación y extraerlo por los baños, disponiendo así de un sistema equilibrado donde exista una pequeña depresión en el baño que no permita pasar los malos olores hacia la habitación. Se debe destacar que las rejillas de impulsión de las habitaciones se han colocado a efectos de cálculo de los conductos, puesto que el caudal de impulsión se va a introducir directamente a las unidades interiores del sistema de climatización. Esto se explicará de una forma más detallada en el apartado de climatización 5.

Por otro lado, por el pasillo se realizará la misma operación que en las habitaciones y por los oficinas se extraerá el caudal impulsado. Se pondrán 4 rejillas de impulsión a lo largo del pasillo (a efectos de cálculo, como en las habitaciones) y 1 rejilla de extracción en cada oficina, repartiendo uniformemente el caudal.

Se muestra en la Figura 4.2 una pequeña parte del sistema de la planta segunda, donde se pueden ver las rejillas de impulsión (rectangulares), de extracción (circulares, solo efecto visual) y los conductos (líneas). Se puede ver que el conducto general se localiza en el pasillo, para poder distribuir y extraer el aire mediante los ramales a las habitaciones y baños, respectivamente.

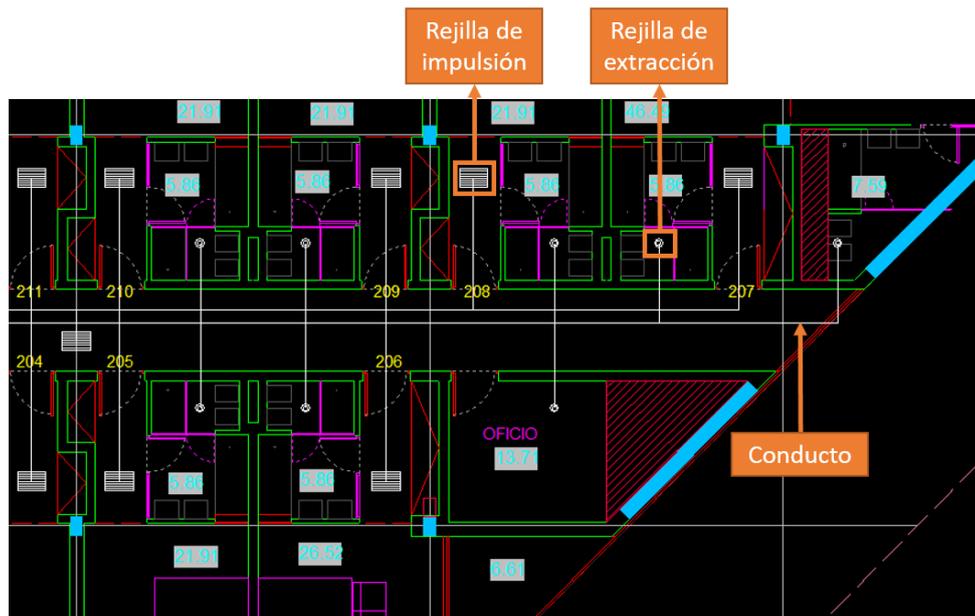


Figura 4.2.- Rejillas de impulsión, extracción y conductos segunda planta.

Como bien se ha dicho anteriormente, la sección debe ser lo más cuadrada posible, por lo que se forzarán las dimensiones manualmente, respetando la altura máxima. En la Tabla 3.9 se había dicho que la altura entre forjados de la segunda planta era de 3,8 m. Como el programa realiza los cálculos con las secciones interiores del conducto, se va a limitar la altura del conducto a un valor de 400 mm.

Las primeras ventanas que aparecen son las mostradas en la Figura 4.3 y en la Figura 4.4. En estas se pueden ver el punto de funcionamiento del ventilador, es decir, el caudal y la presión que debe dar para que el sistema funcione correctamente.

Nótese que se obtienen valores muy parecidos, por lo que a la hora de seleccionar los equipos se considerarán los mismos valores.

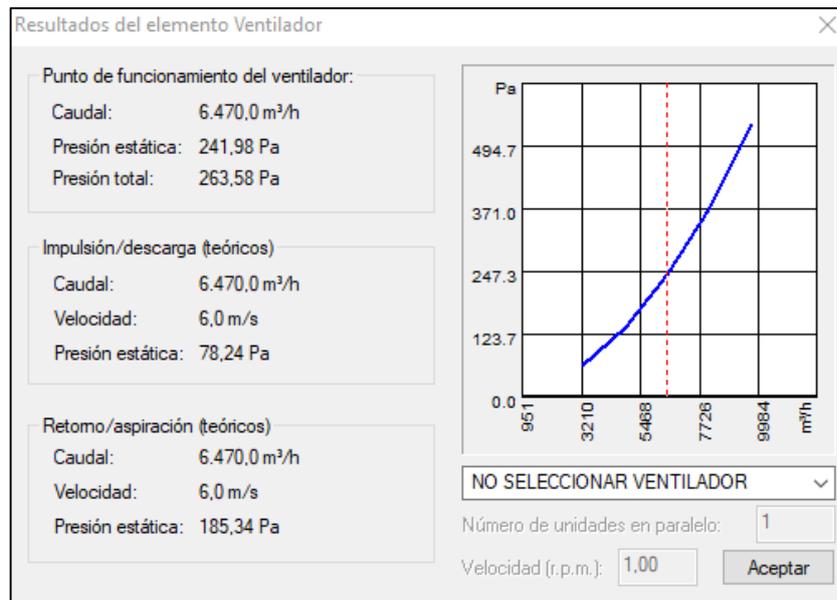


Figura 4.3.- Resultados red 1 primera planta.

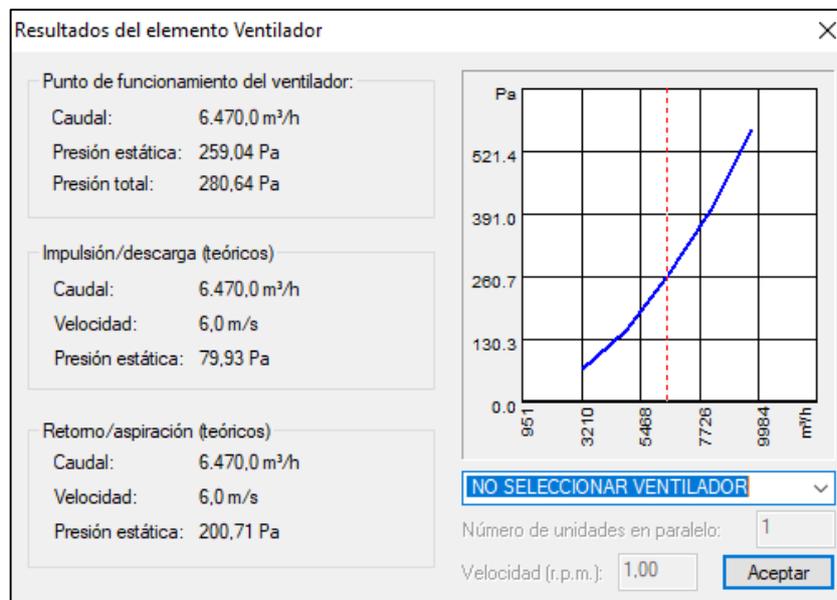


Figura 4.4.- Resultados red 2 primera planta.

En la Tabla 4.5 se incluye el listado de elementos necesarios, excluyendo las rejillas de impulsión de las habitaciones y del pasillo por lo comentado anteriormente.

Descripción	Unidad	Medición
R.R. 20-45-H 400x200	ud	2
R.R. 20-45-H 300x200	ud	2
R.R. 20-45-H 300x100	ud	64
Conducto R-Fibra-Una Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	980

Tabla 4.5.- Listado de elementos primera planta.

### 4.2.2.2.- Segunda planta

La segunda planta es exactamente igual que la primera, exceptuando la diferencia de alturas entre una y otra, por lo que habrá más longitud de conducto.

Como se puede ver la Figura 4.5 y Figura 4.6 los valores de presión son prácticamente los mismos, por lo que se elegirán los mismos equipos exteriores.

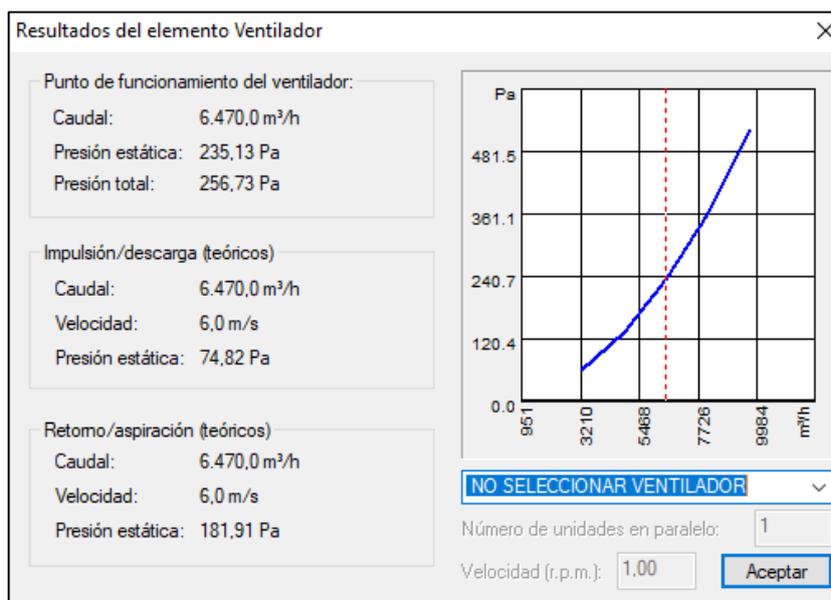


Figura 4.5.- Resultados red 1 segunda planta.

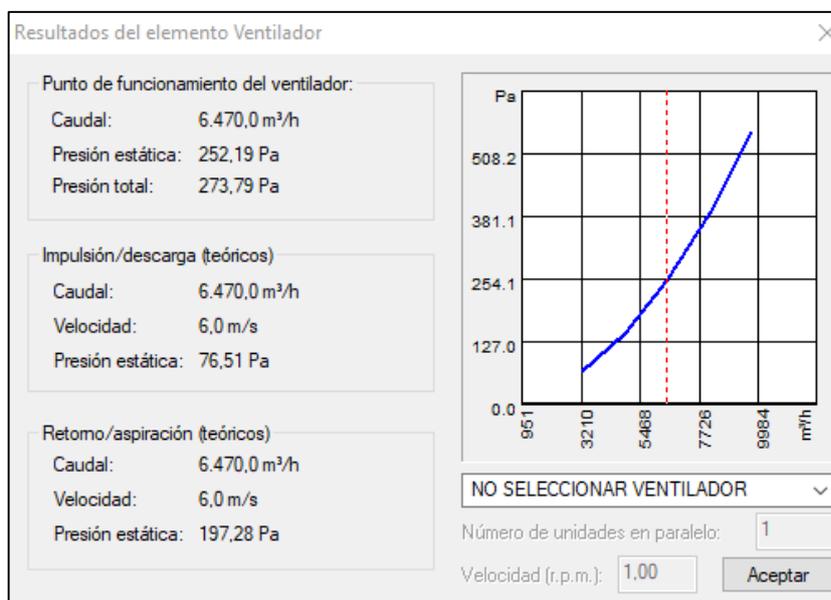


Figura 4.6.- Resultados red 2 segunda planta.

Por último, se muestra el listado de elementos de la segunda planta en la Tabla 4.6.



Descripción	Unidad	Medición
R.R. 20-45-H 400x200	ud	2
R.R. 20-45-H 300x200	ud	2
R.R. 20-45-H 300x100	ud	64
Conducto R-Fibra-Une Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	920

Tabla 4.6.- Listado de elementos segunda planta.

#### 4.2.2.3.- Planta baja

En la planta baja, al existir zonas con usos bastantes distintos y que están físicamente separados por cerramientos, se procederá mediante redes de ventilación aisladas unas de otras:

- Red de ventilación 1: esta red es la de uso general, abarcando las zonas de oficinas, aseos, vestuarios, pasillos, recepciones y vestíbulos.
- Red de ventilación 2: se utilizará una red de ventilación independiente para la cafetería-restaurant, la cocina y unos aseos (por la proximidad entre estas zonas), realizando la ventilación por concentración de CO<sub>2</sub>.
- Red de ventilación 3: otra red de ventilación se utilizará el comedor-buffet. También se realizará un control por CO<sub>2</sub>.
- Red de ventilación 4: la sala de estar dispondrá de otra red con su respectivo control de CO<sub>2</sub>.
- Red de ventilación 5: por último, la cafetería situada al lado de la entrada se ventilará por medio de otra red de ventilación con otro control por CO<sub>2</sub>.

Destacar que en las zonas de gran ocupación (red de ventilación 2, 3, 4 y 5), donde se han decidido utilizar climatizadores (ver apartado 5), habrá que realizar entre 3 y 5 renovaciones/hora para poder aportar las cargas de refrigeración y calefacción. Teniendo en cuenta la superficie y la altura de estos espacios, se tienen caudales de renovación menores que el aire primario que se debe introducir. Por tanto, como máximo, se introduce un caudal que será el del aire primario calculado anteriormente, por lo que los conductos, las rejillas y los ventiladores se dimensionarán con ese caudal de aire primario.

#### Red de ventilación 1

Como bien se ha dicho anteriormente, en esta red de uso general se incluyen las zonas de oficinas. Cerca de las oficinas se encuentran los aseos, por lo que se realizará la impulsión de aire exterior por las oficinas y se extraerá por los aseos cercanos de las oficinas.

En cuanto a los pasillos y vestíbulos, se realizará la impulsión por los mismos y la extracción por los aseos de uso público, de igual forma que en casos anteriores.



No será así en los vestuarios. En estos se introducirá también un caudal de impulsión, que se extraerá en la misma zona. Esto se hace así para mantener una temperatura y humedad adecuada, sobre todo en invierno.

También se debe comentar que se han colocado las rejillas de impulsión en las zonas de oficinas, administración y vestuarios, al igual que en las habitaciones de las plantas anteriores, solo a efecto de cálculo.

Se muestran a continuación dos figuras con unos pequeños ejemplos de lo comentado anteriormente, donde se pueden ver los caudales en  $\text{m}^3/\text{h}$ .

En la Figura 4.7 se muestra la impulsión por las oficinas y por la recepción de administración y la extracción por los aseos y el maletero. Se puede comprobar que se impulsa y se extrae el mismo caudal ( $540 \text{ m}^3/\text{h}$ ).

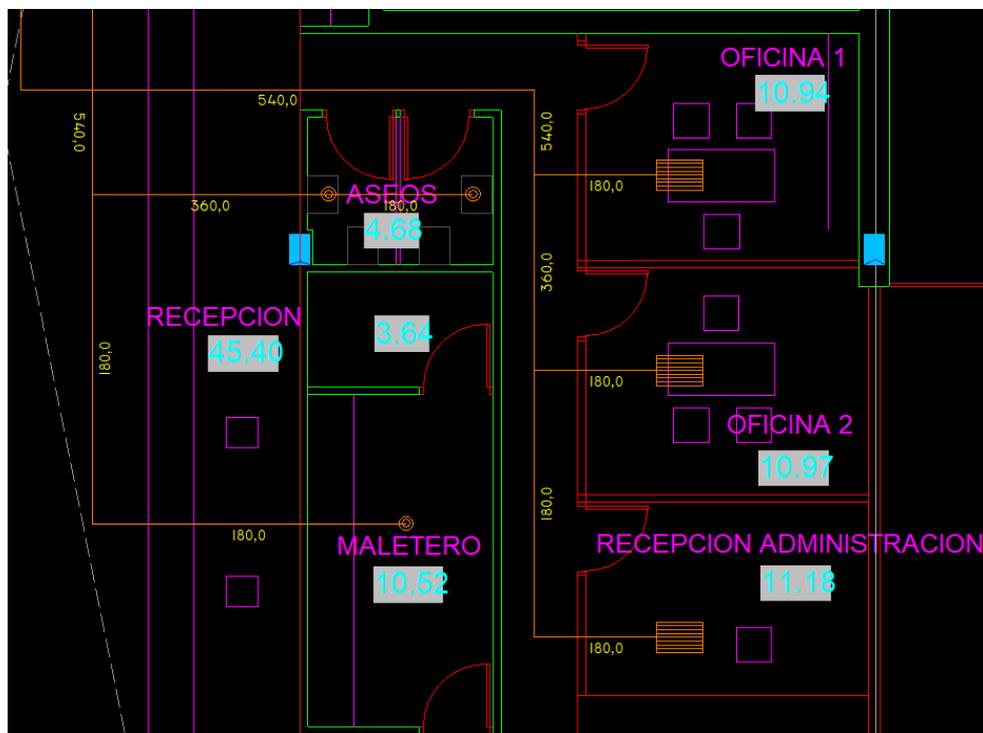


Figura 4.7.- Zonas de oficinas y aseos.

Después de realizar una serie de cambios para limitar la altura interior del conducto a un máximo de 400 mm (ver altura entre forjados de planta baja en Tabla 3.9) e intentar que el conducto tenga una sección lo más cuadrada posible, se obtienen los siguientes resultados de cálculo.

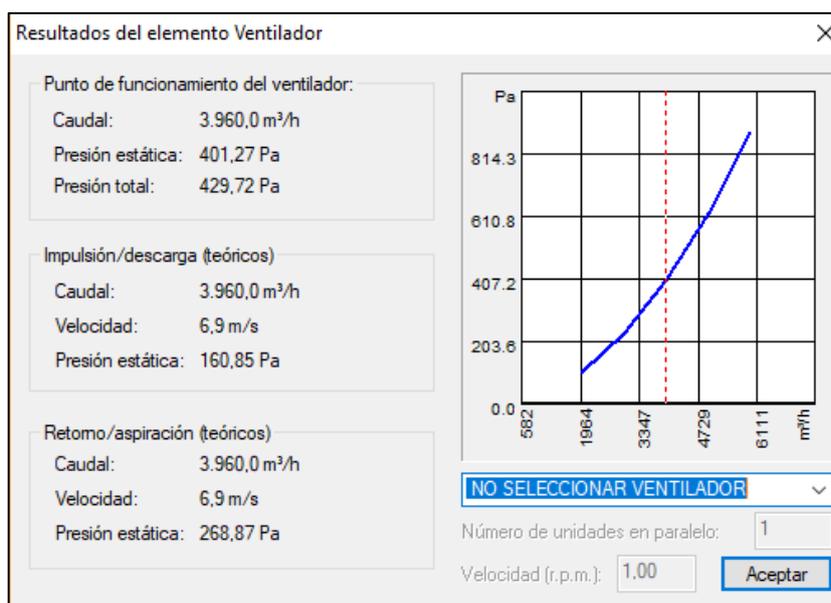


Figura 4.8.- Resultados red de ventilación 1 planta baja.

Las rejillas y la superficie de conducto necesarios se encuentran resumidos en la siguiente tabla.

Descripción	Unidad	Medición
R.R. 20-45-H 200x200	ud	18
R.R. 20-45-H 200x100	ud	14
Conducto R-Fibra-Una Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	560

Tabla 4.7.- Listado de elementos red de ventilación 1 planta baja.

### Red de ventilación 2

En esta red se procederá de la siguiente manera:

- Se impulsará un caudal de aire de 6000 m<sup>3</sup>/h en la cafetería-restaurante (ver Tabla 3.1) y se extraerá parte de ese caudal (5400 m<sup>3</sup>/h) en esta misma zona.
- Otra parte del caudal impulsado en la cafetería-restaurante, se extraerá por los aseos cercanos a esta zona (400 m<sup>3</sup>/h).
- En la cocina se impulsará un caudal total de 300 m<sup>3</sup>/h y se extraerá ese caudal más el restante de lo comentado anteriormente (300 + 200 m<sup>3</sup>/h).

Los resultados son los mostrados en la Figura 4.9 y en la Tabla 4.8.

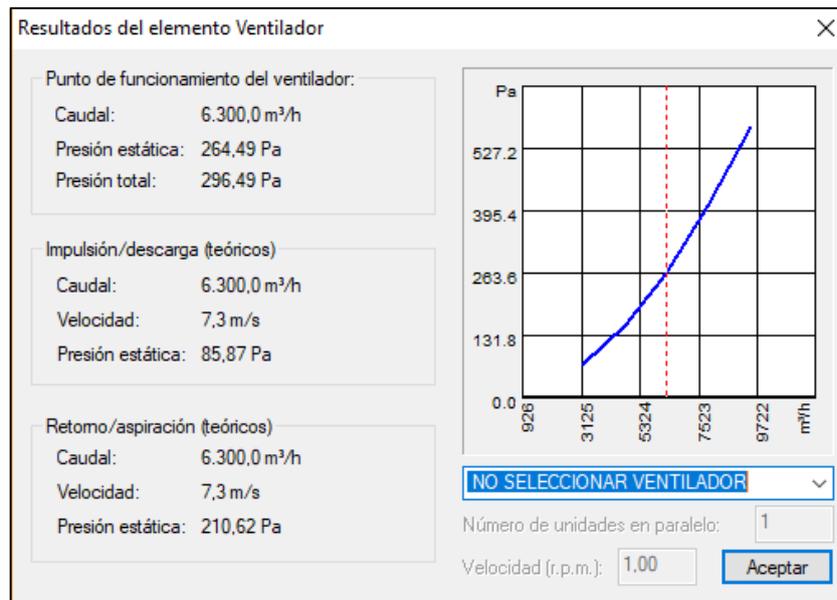


Figura 4.9.- Resultados red de ventilación 2 planta baja.

Descripción	Unidad	Medición
R.R. 20-45-H 300x300	ud	10
R.R. 20-45-H 200x200	ud	1
R.R. 20-45-H 300x100	ud	2
R.R. 20-45-H 200x100	ud	4
R.I. 20DH 600x100	ud	15
R.I. 20DH 200x100	ud	3
Conducto R-Fibra-Une Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	340

Tabla 4.8.- Listado de elementos red de ventilación 2 planta baja.

### **Red de ventilación 3**

Se incluye en esta tercera red el comedor-buffet. Se impulsa y se extrae el caudal mostrado en la Tabla 4.1, de aproximadamente 6.000 m<sup>3</sup>/h.

Se utilizará un control de concentración de CO<sub>2</sub>, tratando de impulsar aire primario solamente cuando sea necesario.

Se muestra en la Figura 4.10 el resultado del cálculo y en la Tabla 4.9 el listado de elementos de esta red de ventilación.

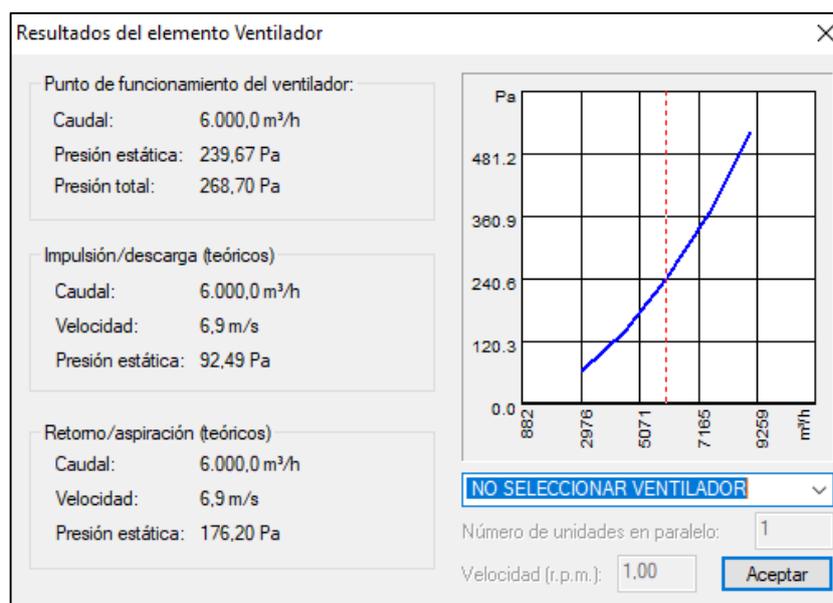


Figura 4.10.- Resultados red de ventilación 3 planta baja.

Descripción	Unidad	Medición
R.R. 20-45-H-O 600x300	ud	6
R.I. 20DH 600x100	ud	12
Conducto R-Fibra-Une Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	400

Tabla 4.9.- Listado de elementos red de ventilación 3 planta baja.

#### **Red de ventilación 4**

De una forma parecida a la red anterior, se calcula la red de ventilación de la sala de estar.

Se muestran los resultados en la Figura 4.11 y en la Tabla 4.10.- Listado de elementos red de ventilación 4 planta baja. Tabla 4.10.

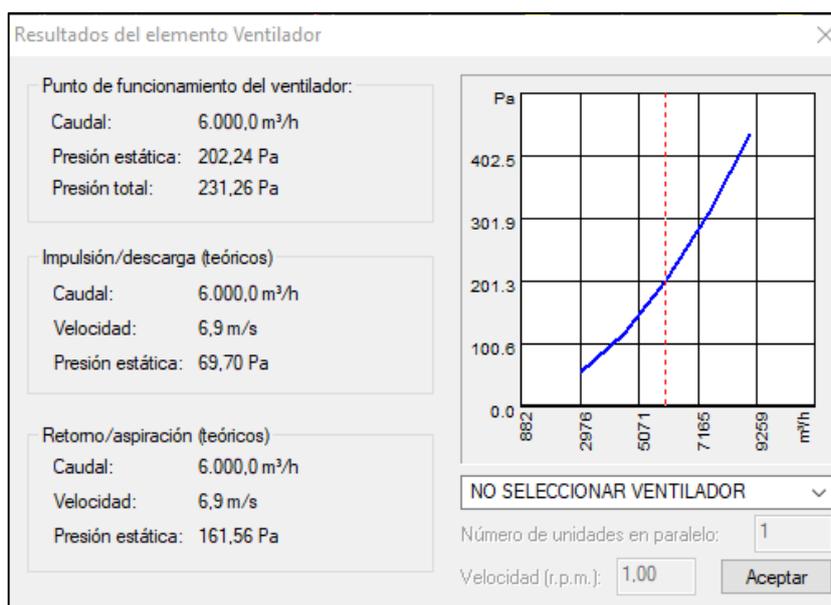


Figura 4.11.- Resultados red de ventilación 4 planta baja.

Descripción	Unidad	Medición
R.R. 20-45-H-O 600x300	ud	6
R.I. 20DH 600x100	ud	12
Conducto R-Fibra-Una Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	310

Tabla 4.10.- Listado de elementos red de ventilación 4 planta baja.

### **Red de ventilación 5**

Por último, esta red se utilizará para ventilar la cafetería cercana a la puerta de entrada del hotel, por medio de un control de concentración de CO<sub>2</sub>.

El caudal impulsado y extraído se puede ver en la Tabla 3.1.

Los conductos generales se llevan por el techo de los pasillos hasta la fachada norte del edificio, por donde se subirán hasta la cubierta. Por ello, se ha tenido que ir cambiando la altura y anchura del conducto para poder tener espacio junto con los conductos de las otras redes de ventilación.

Al final, se muestra el resultado del cálculo en la Figura 4.12 y el listado de elementos en la Tabla 4.11.

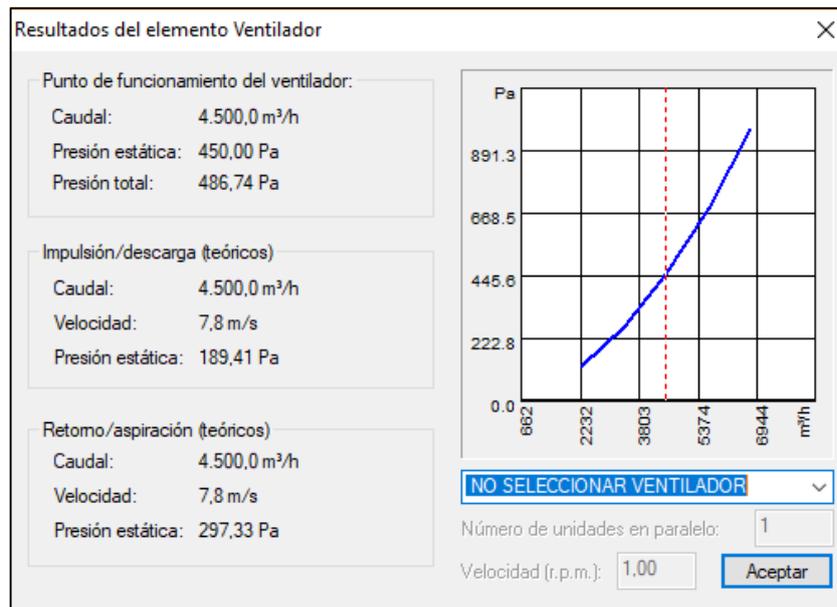


Figura 4.12.- Resultados red de ventilación 5 planta baja.

Descripción	Unidad	Medición
R.R. 20-45-H-O 600x300	ud	5
R.I. 20DH 600x100	ud	10
Conducto R-Fibra-Una Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	490

Tabla 4.11.- Listado de elementos red de ventilación 5 planta baja.

Se puede ver que la presión que debe dar el ventilador es bastante mayor que en los apartados anteriores, puesto que la velocidad en los conductos es mayor debido a la restricción comentada del espacio disponible.

### 4.3.- Equipos de ventilación

Con los cálculos realizados anteriormente, se han obtenido una serie de caudales y presiones que deben aportar los ventiladores para cumplir con las exigencias de ventilación, mostrados en los resultados de cada red de ventilación.

Además, el RITE impone una recuperación de calor en la extracción del aire. En este caso, se ha optado por una recuperación de calor de aproximadamente el 70 %, por lo que habrá que buscar recuperadores de calor con el caudal y la recuperación de calor deseada.

Estos dos requisitos de caudal-presión y recuperación de calor se consiguen con Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs) o climatizadores, que incluirán los ventiladores necesarios, las baterías de frío y calor para atemperar el aire de impulsión, el pertinente recuperador de calor y una sección de humectación.

Todos estos requisitos se utilizarán para elegir las UTAs necesarias en cada red de ventilación descrita en el apartado anterior.



No se incluirán en este apartado los espacios de ocio y restauración (planta baja red de ventilación 2, 3 y 4), debido a que en estos espacios se realizará conjunta la climatización y ventilación por medio de climatizadores. Esto se explicará de una forma más detallada en el apartado correspondiente a la climatización, apartado 5.

### 4.3.1.- Características generales

Las características generales necesarias para la elección de las UTAs son la zona donde se ubica el edificio, la temperatura de impulsión del aire primario en verano, la temperatura de impulsión del aire en invierno, la utilización de un recuperador de calor rotativo y una sección de humectación para un mayor confort.

Estas características se muestran en la siguiente tabla, a modo de resumen.

Característica	Valor
Ubicación	Navia, Asturias
Temperatura de impulsión verano (°C)	15
Temperatura de impulsión invierno (°C)	24
Recuperador de calor rotativo	
Sección de humectación	

Tabla 4.12.- Características generales UTAs.

Las temperaturas de impulsión las marcan las unidades terminales, como se verá más adelante.

### 4.3.2.- Características particulares

Cada red de ventilación tendrá asociadas unas características particulares, que serán el caudal de impulsión y retorno y la presión de impulsión y retorno disponibles.

Estos caudales y presiones se han mostrado en las imágenes correspondientes a los resultados de cálculo de cada red de ventilación. Se muestran a modo de resumen en la Tabla 4.13.

Nótese que se ha realizado una aproximación, siempre al alza, de estas características particulares, puesto que es mejor tener un pequeño sobredimensionamiento que no poder dar las exigencias requeridas.

Además, en las zonas donde se van a instalar las unidades interiores, se han sumado 200 Pa. El por qué se explicará en el apartado de climatización (ver apartado 5.2.1).



Red de ventilación	Unidades	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Presión impulsión (Pa)	Presión retorno (Pa)
Planta baja R1	1	4.000	400	300
Primera/Segunda planta	4	6.500	300	250

Tabla 4.13.- Características particulares UTAs.

### 4.3.3.- Características de las UTAs elegidas

En el apartado de la instalación de tubería de agua (ver apartado 5.3) serán necesarios los caudales de agua para poder obtener los diámetros de las tuberías.

Por tanto, se muestra en la siguiente tabla los caudales de agua fría y caliente de las UTAs que se han elegido.

Red de ventilación	Caudal de agua fría (L/h)	Caudal de agua caliente (L/h)
Planta baja R1	1.892	1.032
Primera/Segunda planta	2.924	1.720

Tabla 4.14.- Caudales de agua UTAs.

## 4.4.- Control

El control del caudal de aire en cada zona dependerá de la necesidad de ventilar por la concentración de CO<sub>2</sub> (ocupación de personas) y de las cargas de refrigeración o calefacción (unidades interiores).

Por ello, toda la parte de control de ventilación se explicará conjuntamente con la de climatización en el apartado 5.4.2.

## 4.5.- Mediciones ventilación

Se resume en este apartado todo lo necesario para la ventilación del edificio, excluyendo los sistemas eléctricos y electrónicos (aparatajes eléctricos, sistemas de control, etc.) para facilitar la realización del presupuesto final.

Tampoco se incluyen los climatizadores de las zonas de ocio y restauración, que se escogerán en el apartado de climatización.



<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Medición</b>
Conducto R-Fibra-Une Fibra Climaver Plus	m <sup>2</sup>	4.000
R.R. 20-45-H 200x100	ud	18
R.R. 20-45-H 300x100	ud	130
R.R. 20-45-H 200x200	ud	19
R.R. 20-45-H 300x200	ud	4
R.R. 20-45-H 400x200	ud	4
R.R. 20-45-H 300x300	ud	10
R.R. 20-45-H-O 600x300	ud	17
R.I. 20DH 200x100	ud	3
R.I. 20DH 600x100	ud	49
UTA PB R1	ud	1
UTA Primera/segunda planta	ud	4

Tabla 4.15.- Mediciones ventilación.



## **5.- CLIMATIZACIÓN DE HABITACIONES Y SALAS DE GRAN OCUPACIÓN**

En este apartado se van a calcular y diseñar las instalaciones de climatización de las habitaciones y salas de gran ocupación, es decir, todas las zonas que disponen de condiciones de temperatura y humedad normales (24 °C en verano y 22 °C en invierno, según RITE [4]). De estas zonas se excluyen las zonas de spa y piscina interior, que requerirán de instalaciones de climatización con características especiales para un mejor control de temperatura y humedad.

La climatización consiste en conseguir unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas. La temperatura se ajusta aportando las cargas de refrigeración y calefacción necesarias y, por ello, lo primero que se realizará será el cálculo de las cargas térmicas.

Una vez calculadas las cargas térmicas, se diseñará la instalación de climatización con todo lo necesario para el correcto funcionamiento, indicando, por ejemplo, como se realizará la climatización, qué potencias térmicas deberán tener los equipos y cómo será la distribución y ubicación de tuberías, equipos interiores y equipos exteriores.

Con las potencias térmicas de cada zona y del total, se podrán elegir los equipos interiores, en función de las características de la zona, y los equipos exteriores que alimentarán a los interiores.

Por último, al igual que en los apartados anteriores, se resumirán los elementos necesarios para esta instalación.

### **5.1.- Cálculo de cargas térmicas**

El cálculo de las cargas térmicas dependerá del tipo de cerramiento y orientación, de la ubicación del edificio, de la ventilación y de la recuperación de calor del aire extraído y de otros parámetros como puede ser la ocupación, la iluminación, los equipos electrónicos, etc.

Se explicará a continuación el método de cálculo utilizado, teniendo en cuenta la ubicación, las temperaturas interiores y exteriores, los cerramientos, las cargas internas, la ventilación, etc. Todo ello dará como resultado las cargas de refrigeración y calefacción máximas por zona que las unidades terminales deberán aportar.

#### **5.1.1.- Método de cálculo de cargas térmicas**

Se sigue el método de las Series Temporales Radiantes (RTSM), desarrollado por ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers, Inc.) y publicado por primera vez en Handbook of fundamentals en 2001.



### 1.1.- Ganancias térmicas instantáneas

El primer paso consiste en el cálculo para cada mes y cada hora de la ganancia de calor instantánea debida a cada uno de los siguientes elementos:

#### 1.1.1.- Ganancia solar cristal

Insolación a través de acristalamientos al exterior.

$$Q_{GAN,t} = n \times Fps \times [E_D \times A_{sol} \times FS(\theta) + (E_d + E_r) \times A \times FS_d]$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia instantánea de calor sensible (vatios)
- $A$  = Área total de la superficie acristalada (m<sup>2</sup>)
- $A_{sol}$  = Área de la superficie acristalada con radiación solar directa (m<sup>2</sup>)
- $FS(\theta)$  = Factor solar para ángulo de incidencia  $\theta$  de la radiación solar
- $FS_d$  = Factor solar para radiación difusa
- $Fps$  = Factor de protección solar por elementos adicionales de sombra
- $n$  = Nº de unidades de ventanas del mismo tipo
- $E_D$  = Radiación directa sobre superficie inclinada (vatios/m<sup>2</sup>)
- $E_d$  = Radiación difusa (vatios/m<sup>2</sup>)
- $E_r$  = Radiación reflejada (vatios/m<sup>2</sup>)

#### 1.1.2.- Transmisión paredes y techos

Cerramientos opacos al exterior, excepto los que no reciben los rayos solares.

La ganancia instantánea para cada hora se calcula suponiendo que la transferencia de calor se realiza en modo transitorio, de forma periódica y unidimensional, utilizando los Factores de respuesta periódicos normalizados (CTSFS):

$$Q_{GAN,t} = \sum_{n=0}^{23} c_j \cdot UA \cdot (t_{sa,t-n\Delta} - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el ambiente a través de la superficie interior del techo o pared soleado (w)
- $A$  = Área de la superficie interior (m<sup>2</sup>)
- $U$  = Transmitancia térmica del cerramiento (W/m<sup>2</sup>·K)



$T_{sa,t-n\Delta}$	=	Temperatura sol aire en el instante t-n $\Delta$
$\Delta$	=	Incremento de tiempos igual a 1 hora.
$t_{ai}$	=	Temperatura del espacio interior supuesta constante
$c_n$	=	Factor de respuesta para la hora n

Los coeficientes CTSFs de cada tipo constructivo se obtienen por el método del volumen finito implícito unidimensional (FVM) en función de las distintas capas de materiales que lo componen.

La temperatura sol-aire sirve para corregir el efecto de los rayos solares sobre la superficie exterior del cerramiento:

$$t_{sa} = t_{ec} + \alpha \times \frac{I_t}{h_o} - \varepsilon \times \frac{\Delta R}{h_o} \times \cos(90^\circ - \beta)$$

Donde:

$T_{sa}$	=	Temperatura sol-aire para un mes y una hora dadas (°C)
$T_{ec}$	=	Temperatura seca exterior corregida según mes y hora (°C)
$I_t$	=	Radiación solar incidente en la superficie (w/m <sup>2</sup> )
$h_o$	=	Coefficiente de termotransferencia de la superficie (w/m <sup>2</sup> °C)
$\alpha$	=	Absorbencia de la superficie a la radiación solar (depende del color)
$\beta$	=	Ángulo de inclinación del cerramiento respecto de la vertical (horizontales 90°)
$\varepsilon$	=	Emitancia hemisférica de la superficie.
$\Delta R$	=	Diferencia de radiación superficie/cuerpo negro (w/m <sup>2</sup> )

### 1.1.3.- Transmisión excepto paredes y techos

#### 1.1.3.1.- Cerramientos al interior

Ganancias instantáneas por transmisión en cerramientos opacos interiores y que no están expuestos a los rayos solares.

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_l - t_{ai})$$

Donde:

$Q_{GAN,t}$	=	Ganancia de calor sensible en el instante t (w)
$K$	=	Coefficiente de transmisión del cerramiento (w/m <sup>2</sup> ·°C)



- $A$  = Área de la superficie interior ( $m^2$ )  
 $t_l$  = Temperatura del local contiguo ( $^{\circ}C$ )  
 $t_{ai}$  = Temperatura del espacio interior supuesta constante ( $^{\circ}C$ )

### 1.1.3.2.- Acristalamientos al exterior

Ganancias instantáneas por transmisión en superficies acristaladas al exterior.

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_{ec} - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)  
 $K$  = Coeficiente de transmisión del cerramiento ( $w/m^2 \cdot ^{\circ}C$ )  
 $A$  = Área de la superficie interior ( $m^2$ )  
 $t_{ec}$  = Temperatura exterior corregida ( $^{\circ}C$ )  
 $t_{ai}$  = Temperatura del espacio interior supuesta constante ( $^{\circ}C$ )

### 1.1.3.3.- Puertas al exterior

Un caso especial son las puertas al exterior, en las que hay que distinguir según su orientación:

$$Q_{GAN,t} = K \times A \times (t_l - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)  
 $K$  = Coeficiente de transmisión del cerramiento ( $w/m^2 \cdot ^{\circ}C$ )  
 $A$  = Área de la superficie interior ( $m^2$ )  
 $t_{ai}$  = Temperatura del espacio interior supuesta constante ( $^{\circ}C$ )  
 $t_l$  = Para orientación Norte: Temperatura exterior corregida ( $^{\circ}C$ ). Excepto orientación Norte: Temperatura sol-aire para el instante t ( $^{\circ}C$ )

### 1.1.4.-Calor interno

#### 1.1.4.1.- Ocupación (personas)

Calor generado por las personas que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número de personas y del tipo de actividad que están desarrollando.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0'01 \times Fd_t$$



Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)  
 $Q_s$  = Ganancia sensible por persona (w). Depende del tipo de actividad  
 $n$  = Número de ocupantes  
 $Fd_t$  = Porcentaje de ocupación para el instante t (%)

Se considera que 67% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

$$Q_{GAN,t} = Q_l \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor latente en el instante t (w)  
 $Q_l$  = Ganancia latente por persona (w). Depende del tipo de actividad  
 $n$  = Número de ocupantes  
 $Fd_t$  = Porcentaje de ocupación para el instante t (%)

#### 1.1.4.2.- Alumbrado

Calor generado por los aparatos de alumbrado que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)  
 $Q_s$  = Potencia por luminaria (w). Para fluorescente se multiplica por 1'25.  
 $n$  = Número de luminarias.  
 $Fd_t$  = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

#### 1.1.4.3.- Aparatos eléctricos

Calor generado por los aparatos exclusivamente eléctricos que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)  
 $Q_s$  = Ganancia sensible por aparato (w). Depende del tipo.  
 $n$  = Número de aparatos.  
 $Fd_t$  = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)



Se considera que el 60% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

#### 1.1.4.4.- Aparatos térmicos

Calor generado por los aparatos térmicos que se encuentran dentro de cada local. Este calor es función principalmente del número y tipo de aparatos.

$$Q_{GAN,t} = Q_s \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)
- $Q_s$  = Ganancia sensible por aparato (w). Depende del tipo.
- $n$  = Número de aparatos.
- $Fd_t$  = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

Se considera que el 60% del calor sensible se disipa por radiación y el resto por convección.

$$Q_{GANI,t} = Q_l \times n \times 0'01 \times Fd_t$$

Donde:

- $Q_{GANI,t}$  = Ganancia de calor latente en el instante t (w)
- $Q_l$  = Ganancia latente por aparato (w). Depende del tipo
- $n$  = Número de aparatos
- $Fd_t$  = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

#### 1.1.5.- Aire exterior

Ganancias instantáneas de calor debido al aire exterior de ventilación. Estas ganancias pasan directamente a ser cargas de refrigeración.

$$Q_{GAN,t} = 0'34 \times f_a \times V_{ae,s} \times 0'01 \times Fd_t \times (t_{ec} - t_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)
- $f_a$  = Coeficiente corrector por altitud geográfica.
- $V_{ae}$  = Caudal de aire exterior (m<sup>3</sup>/h).
- $t_{ec}$  = Temperatura seca exterior corregida (°C).
- $t_{ai}$  = Temperatura del espacio interior supuesta constante (°C)
- $Fd_t$  = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

Se considera que el 100% del calor sensible aparece por convección.



$$Q_{GAN,t} = 0'83 \times f_a \times V_{ae_s} \times 0'01 \times Fd_t \times (X_{ec} - X_{ai})$$

Donde:

- $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor sensible en el instante t (w)  
 $f_a$  = Coeficiente corrector por altitud geográfica.  
 $V_{ae}$  = Caudal de aire exterior (m<sup>3</sup>/h).  
 $X_{ec}$  = Humedad específica exterior corregida (gr agua/kg aire).  
 $X_{ai}$  = Humedad específica del espacio interior (gr agua/kg aire)  
 $Fd_t$  = Porcentaje de funcionamiento para el instante t (%)

## 1.2.- Cargas de refrigeración

La carga de refrigeración depende de la magnitud y naturaleza de la ganancia térmica instantánea, así como del tipo de construcción del local, de su contenido, tipo de iluminación y de su nivel de circulación de aire.

Las ganancias instantáneas de calor latente, así como las partes correspondientes de calor sensible que aparecen por convección pasan directamente a ser cargas de refrigeración.

Las ganancias debidas a la radiación y transmisión se transforman en cargas de refrigeración por medio del método de las series radiantes temporales (RTSM):

$$Q_{REF,t} = r_0 \times Q_{GAN,t} + r_1 \times Q_{GAN,t-\Delta} + r_2 \times Q_{GAN,t-\Delta 2} + \dots + r_{23} \times Q_{GAN,t-\Delta 23}$$

- $Q_{REF,t}$  = Carga de refrigeración para el instante t (w)  
 $Q_{GAN,t}$  = Ganancia de calor en el instante t (w)  
 $\Delta$  = Incremento de tiempos igual a 1 hora.  
 $r_0, r_1 \dots r_{23}$  = Factores RTF.

Se utilizan dos juegos de factores RTF, uno para las ganancias solares y otro para las no solares. Estos coeficientes se obtienen en función de la geometría de cada zona y de la composición de los cerramientos que la delimitan.

## 5.1.2.- Resultados

Con todo lo citado arriba, ya se puede realizar el cálculo realizando un balance térmico, mostrando las ganancias de calor sensible (ganancia solar cristal, transmisión paredes y techo, calor interno y aire exterior) y las ganancias de calor latente (calor interno y aire exterior), así como otros parámetros más específicos.

De todas formas, para realizar el diseño de la instalación de climatización solo se necesitan las cargas térmicas de refrigeración y calefacción.



A continuación, se exponen los resultados obtenidos, separados por plantas y zonas, con comentarios tratando de justificarlos.

### 5.1.2.1.- Planta baja

En la planta baja se deben climatizar las zonas de administración y oficinas, los vestíbulos y pasillos, las zonas de restauración (cafeterías, comedor, cocina, etc.) y los vestuarios. Cabe recordar que en este apartado no se incluyen las zonas de spa.

En la siguiente tabla se pueden ver las cargas de refrigeración y calefacción en cada zona y la suma total de ambas.

<b>Zona</b>	<b>Carga de refrigeración (kW)</b>	<b>Carga de calefacción (kW)</b>
Administración/Oficinas	19,65	11,49
Vestíbulos/Pasillos	4,67	2,95
Cafetería	31,69	21,25
Sala de estar	26,11	24,29
Comedor-buffet	39,99	25,59
Cafetería-restaurante	42,04	29,56
Cocina	5,95	4,80
<b>Total</b>	<b>170,09</b>	<b>119,93</b>

Tabla 5.1.- Cargas de refrigeración y calefacción planta baja.

Destacar que, las cargas de refrigeración y calefacción de la cafetería, sala de estar, comedor-buffet, cafetería-restaurante y cocina, irán unidas con la ventilación del apartado 4.1.1.- para la elección de los climatizadores. Esto se explicará de una forma más detallada en siguientes apartados.

### 5.1.2.2.- Primera planta

En esta planta se encuentran las habitaciones, con sus baños, y el pasillo que comunica las habitaciones.

Se resumen los resultados de las cargas térmicas en la siguiente tabla.

<b>Zona</b>	<b>Carga de refrigeración (kW)</b>	<b>Carga de calefacción (kW)</b>
Habitaciones	66,93	57,04
Vestíbulos/Pasillos	5,95	2,00
<b>Total</b>	<b>72,88</b>	<b>59,04</b>

Tabla 5.2.- Cargas de refrigeración y calefacción primera planta.



Como curiosidad, se explica a continuación un ejemplo del cambio en las cargas debido a la orientación de las habitaciones.

En todas las plantas, existen unas habitaciones orientadas al norte y otras al sur. Al ser los cerramientos exteriores muros cortina, de no ser por las lamas horizontales incluidas, esta orientación tendrá una gran importancia en la ganancia solar de los espacios. En cualquier lugar, sigue habiendo pequeñas diferencias, tal y como se puede ver en la Tabla 5.3, donde se muestran las cargas térmicas para la habitación 140 -orientada al norte- y la 145 -orientada al sur-, ambas con la misma superficie.

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Orientación	Carga de refrigeración (W)	Carga de calefacción (W)
Habitación 140	21,91	Norte	973	853
Habitación 145	21,91	Sur	992	717

Tabla 5.3.- Influencia de la orientación en las cargas térmicas.

Como se puede observar, la habitación orientada al norte requiere de una menor carga de refrigeración, pero de una mayor carga de calefacción, ambos efectos debidos a la incidencia solar.

### 5.1.2.3.- Segunda planta

La segunda planta es igual que la primera, exceptuando el contacto con el exterior de los techos de todos los espacios.

Esta diferencia no tendrá gran influencia en las cargas de refrigeración, no siendo así en las de calefacción, que aumentarán en gran medida.

Se presentan los resultados en la siguiente tabla.

Zona	Carga de refrigeración (kW)	Carga de calefacción (kW)
Habitaciones	66,93	87,78
Vestíbulos/Pasillos	5,95	5,84
<b>Total</b>	<b>71,88</b>	<b>94,62</b>

Tabla 5.4.- Cargas de refrigeración y climatización segunda planta.

Se comprueba que la carga de calefacción ha aumentado en torno a 35 kW. Se podría disminuir esta diferencia mejorando el cerramiento del techo exterior, aumentando por ejemplo el espesor del aislamiento.



## 5.2.- Unidades interiores y exteriores

Las cargas de refrigeración y calefacción mostradas en el apartado anterior deberán ser aportadas por los equipos de climatización para mantener unas condiciones de habitabilidad aceptables.

Para ello, se instalarán unidades interiores y unidades exteriores que suministren la energía necesaria a las unidades interiores o bien aporten las cargas directamente, como es el caso de los climatizadores.

Como unidades interiores se utilizarán inductores en las habitaciones, pasillos, zonas de administración y oficinas y vestuarios.

Las unidades exteriores utilizadas serán:

- Bombas de calor: para suministrar la energía necesaria de refrigeración y calefacción a los inductores, climatizadores y UTAs.
- Climatizadores: para aportar las cargas térmicas, a través de la ventilación, en las zonas de restauración, sala de estar y cafeterías.
- UTAs: son las mencionadas en el apartado 4.3. Se vuelven a mencionar aquí por su directa relación con los inductores.

A continuación se irá explicando cómo se han elegido tanto las unidades interiores como las exteriores, a excepción de las bombas de calor, que se elegirán cuando se tengan las cargas de las zonas de spa y la demanda de agua caliente sanitaria, pues se utilizarán conjuntamente para una mayor eficiencia energética.

### 5.2.1.- Inductores

Los inductores o unidades inductivas son equipos terminales para los sistemas aire-agua. Su funcionamiento se basa en el efecto Venturi –disminución de la presión por aumento de la velocidad al pasar por una sección menor-, por el cual un caudal de aire atemperado succiona parte del aire del local a climatizar para mezclarse y lograr la compensación de las cargas térmicas. Normalmente, estos equipos incorporan una o dos baterías para realizar un mejor ajuste de la temperatura y poder compensar mayores cargas térmicas [7].

Se muestra en la Figura 5.1 un inductor real del fabricante SCHAKO. Este tipo de unidades en concreto, con otros tamaños, serán las instaladas en las habitaciones.



Figura 5.1.- Inductor [8].

Se han elegido los inductores, con respecto a otras unidades como pueden ser fan-coils, por las siguientes ventajas:

- Menor mantenimiento y mayor duración del equipo por no disponer de ventilador.
- Menor ruido y suministro eléctrico por no disponer de ventilador.
- Mejor control de la temperatura y humedad interior por combinar ventilación y climatización.
- Reparto uniforme del aire por todo el local, como se puede ver en la Figura 5.2.

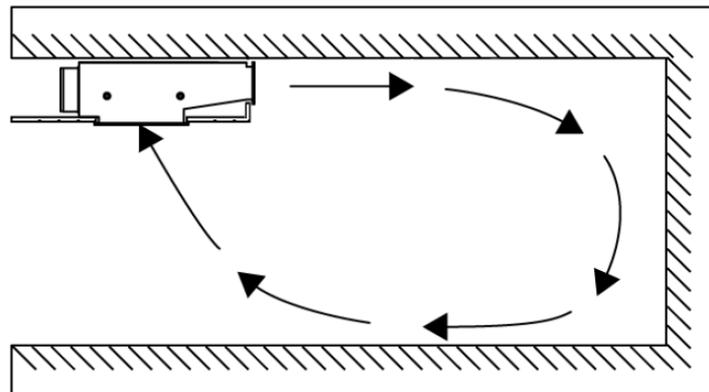


Figura 5.2.- Reparto del aire por el local [8].

Todo esto aumentará el confort de los huéspedes y permitirá, conjuntamente con el adecuado control, un gran ahorro energético.



Para lo que atañe a este proyecto, se utilizará una instalación de inductores con las siguientes características:

- Será una instalación de agua a 4 tubos, capaz de suministrar frío en unas zonas y calor en otras.
- Los fluidos que transportan el frío o el calor desde la unidad exterior a los inductores será el agua y el aire atemperado.
- El agua será calentado o enfriado por las bombas de calor.
- El aire será atemperado por las unidades de tratamiento de aire, las cuales serán alimentadas calorífica y frigoríficamente por las bombas de calor.
- La capacidad de refrigeración y calefacción de los inductores se controlará mediante la regulación del caudal de agua. El aire se regulará también, pero con propósitos de ventilación, aunque también tenga relación en las cargas térmicas.
- Los inductores se colocarán en el falso techo, en ubicaciones distintas dependiendo de la zona a climatizar.

El funcionamiento de los inductores, representado esquemáticamente en la Figura 5.3, es el siguiente: se impulsará el aire primario (flecha verde) a través de los conductos. Éste atravesará el inductor (líneas verdes), que tendrá una tobera en la que se producirá un aumento de la velocidad del aire. Esto hará que se genere una depresión, tomando aire del interior del local (flecha naranja). Se enfriará o calentará este aire, según necesidades, mediante baterías alimentadas por un sistema a 4 tubos (flechas azules y rojas). Por último, el aire primario y el del local atemperado, se mezclarán y se impulsarán de nuevo al local, cumpliendo con las necesidades de ventilación y climatización.

Se deduce de esta explicación que la carga total aportada por el inductor dependerá de la temperatura del agua introducido a las baterías y de la temperatura del aire primario, por lo que definir estas condiciones será imprescindible a la hora de seleccionar estas unidades.

Destacar también que, aunque los inductores de otros locales no sean del mismo modelo que los de las habitaciones, su funcionamiento es exactamente el mismo.

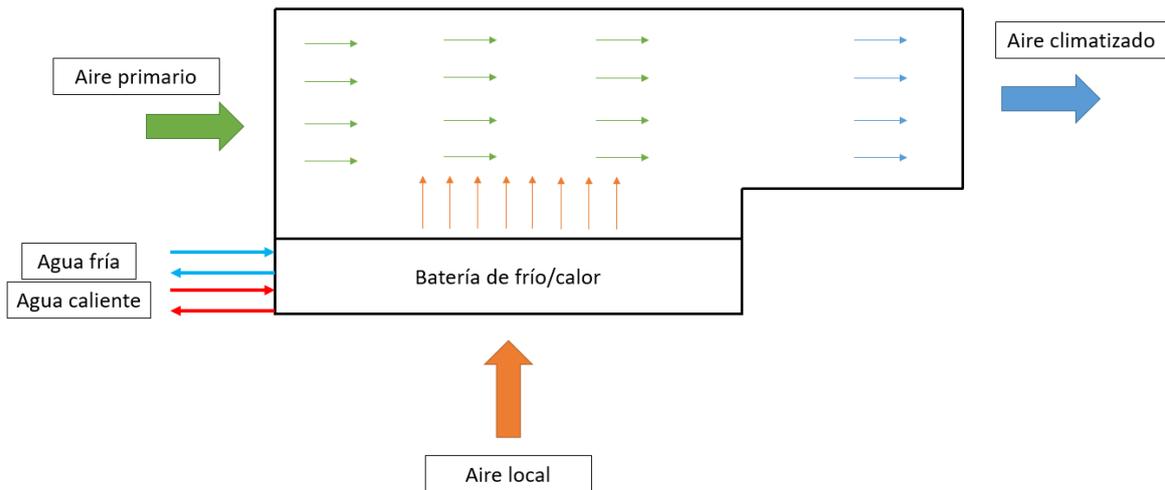


Figura 5.3.- Funcionamiento de los inductores.

Entonces se elegirán dos modelos de inductores, uno para las habitaciones y otro para los pasillos, oficinas y vestuarios:

- En las habitaciones se utilizarán inductores del modelo DISA-H, en concreto el DISA-H-HT, para instalaciones a 4 tubos. Estas unidades están especialmente diseñadas para cubrir las demandas térmicas en instalaciones con zonas individualizadas.
- En los pasillos, oficinas y vestuarios se utilizarán inductores del modelo DISA-601-HT (4 tubos), indicados para montaje horizontal en techos de poca altura.

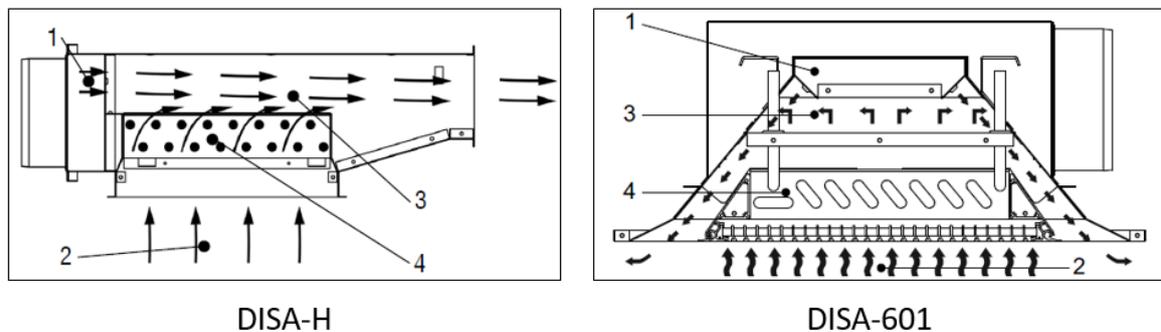


Figura 5.4.- Representación esquemática inductores [8].

Con todo lo comentado hasta ahora, para cada inductor habrá que elegir el modelo, el tamaño, el caudal de aire primario y la temperatura de impulsión de este aire en modo refrigeración y en modo calefacción.

### 5.2.1.1.- Habitaciones: modelo DISA-H-HT

Se puede ver en el gráfico mostrado en Figura 5.5 las cargas de refrigeración (marcado en azul) y de calefacción (marcado en rojo) de todas las habitaciones de la segunda planta.

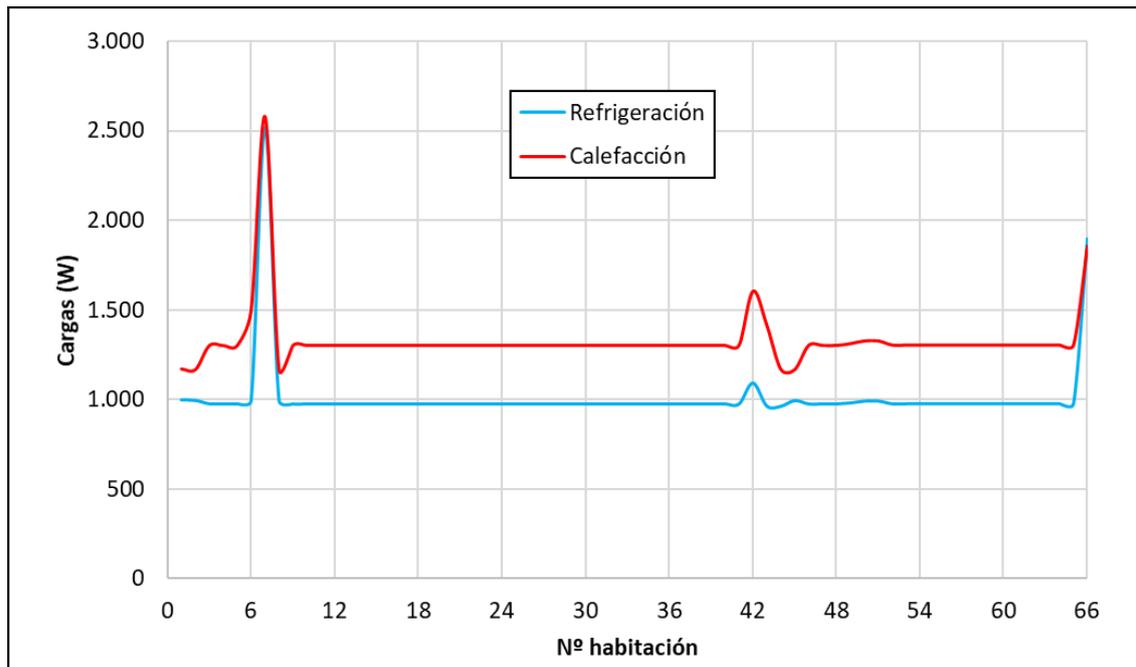


Figura 5.5. Cargas de refrigeración y calefacción por habitación.

Se comprueba que la mayoría de habitaciones necesitan una demanda máxima de 1 kW de refrigeración y de 1,2 kW de calefacción. Las habitaciones con mayor demanda son las dobles, por lo que en estas se instalarán dos inductores.

Por tanto, se tomará como base para la elección de los inductores las siguientes condiciones:

- Caudal de aire atemperado: 180 m<sup>3</sup>/h.
- Temperatura de aire atemperado:
  - ✓ Frío: 15 °C
  - ✓ Calor: 24 °C
- Cargas a compensar:
  - ✓ Refrigeración: 1 kW
  - ✓ Calefacción: 1,2 kW

Con estas consideraciones y algunas otras como el diámetro y el número de bocas de aire de impulsión, se tendrán que instalar inductores como los de la Figura 5.6. En esta figura se pueden ver las características de los inductores.





Zona	Modelo inductor	Unidades
Habitaciones	DISA-H-HT-E-1500	128
Habitaciones dobles		8
<b>Total</b>		<b>136</b>

Tabla 5.5.- Número de inductores en habitaciones.

### 5.2.1.2.- Pasillos, oficinas y vestuarios: modelo DISA-601-HT

En los pasillos se ha decidido instalar cuatro inductores a lo largo del espacio. En la primera planta se necesita una carga de refrigeración y de calefacción de aproximadamente 7 kW y 4 kW, respectivamente. En la segunda planta, al estar el techo en contacto con el exterior, la carga de refrigeración sigue siendo de 7 kW, pero la de calefacción aumenta a unos 6 kW. En la planta baja las necesidades son de 5 kW en refrigeración y de 4 kW en calefacción.

Las cargas son mayores en la segunda planta, que estará más cerca de los equipos de ventilación y climatización exterior, por lo que las temperaturas del aire serán mayores. Por ello, se instalarán el mismo número y modelo de equipos en los pasillos.

En el caso de las oficinas y zonas de administración, las cargas de refrigeración son de aproximadamente 1,8 kW y las de calefacción en torno a 1 kW, por lo que en cada oficina habrá un solo inductor.

Por último, en cada vestuario se instalarán dos inductores para atender 3 kW de refrigeración y 2 kW de calefacción.

Al dividir las cargas en cada zona por el número de inductores instalados en esas zonas, se obtienen capacidades de refrigeración y de calefacción de aproximadamente 1,4 kW. Por tanto, todas estas zonas llevarán el mismo tipo de inductor (ver Figura 5.7), pudiendo regular la capacidad con el citado control de temperatura.

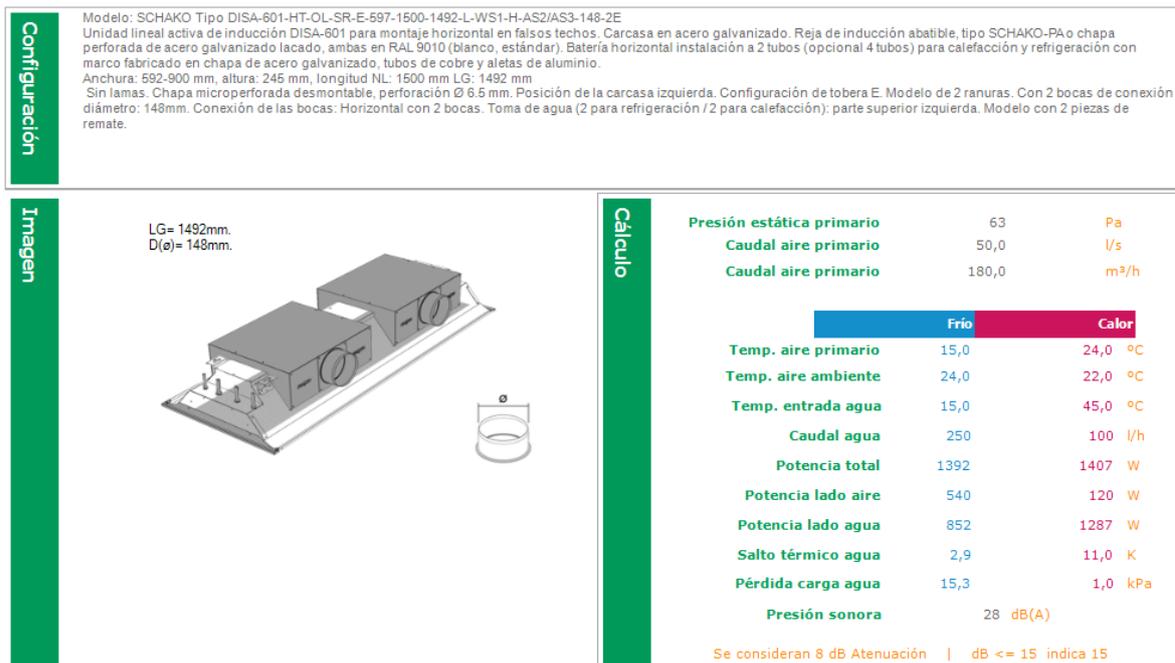


Figura 5.7.- Configuración inductores pasillos, oficinas y vestuarios [9].

Y las características a tener en cuenta son:

- Modelo: DISA-601-HT-OL-SR-E-1500-1492-L-WS1-H-AS2/AS3-148-2E
- Tamaño inductor: 1500 mm
- Diámetro toberas: 2x148 mm
- Presión estática: 63 Pa (sumada en el apartado 4.3.2)
- Caudal de agua:
  - ✓ Frío: 250 L/h
  - ✓ Calor: 100 L/h
- Potencia total:
  - ✓ Frío: 1392 W
  - ✓ Calor: 1407 W
- Presión sonora: 28 dB

Por último, se resumen en la siguiente tabla el número de inductores en pasillos, oficinas/zonas de administración y vestuarios.

Zona	Modelo inductor	Unidades
Pasillos		12
Oficinas/Administración	DISA-601-HT-OL-SR-E-1500	10
Vestuarios		8
<b>Total</b>		<b>30</b>

Tabla 5.6.- Número inductores en pasillos, oficinas y vestuarios.



## 5.2.2.- Climatizadores

Para elegir los climatizadores de las salas de ocio y restauración es necesario conocer los caudales de ventilación calculados en el apartado 4.2.2.3. de las redes de ventilación 2, 3, 4 y 5.

Además, se deben tener en cuenta la temperatura de impulsión en verano e invierno, ubicación y otros parámetros que permitirán la correcta selección del equipo.

Debido a que en estas zonas se aportarán las cargas de refrigeración y calefacción directamente mediante los climatizadores, también serán necesarias las cargas térmicas calculadas anteriormente, con el fin de conocer las dimensiones y el diseño de las baterías de frío y calor de estos equipos.

Por tanto, se resumen en la Tabla 5.7 las cargas de refrigeración y calefacción, los caudales de ventilación y las presiones de impulsión y retorno.

Red de ventilación	Ud.	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Presión impulsión (Pa)	Presión retorno (Pa)	P. Refri. (kW)	P. Calef. (kW)
P. baja R2	1	6.300	100	250	48	35
P. baja R3	1	6.000	150	200	41	26
P. baja R4	1	6.000	100	200	27	25
P. baja R5	1	4.500	200	350	32	22

Tabla 5.7.- Características particulares climatizadores.

Entonces, con estas características se pueden elegir los climatizadores que cumplan con el caudal, las presiones y las potencias, permitiendo elegir el recuperador de calor, el tamaño de las baterías de frío y de calor y los ventiladores de impulsión y extracción.

### 5.2.2.1.- Caudal de agua de los climatizadores

Para el siguiente apartado correspondiente a la instalación de tuberías es necesario conocer el caudal de agua fría y caliente que las secciones de baterías de los climatizadores necesitan para cumplir con las demandas de refrigeración y calefacción.

Estos caudales dependerán de las potencias de refrigeración y calefacción mostradas en la Tabla 5.7 y de otros parámetros.

Se pueden ver los caudales en la siguiente tabla.



Red de ventilación	Caudal de agua fría (L/h)	Caudal de agua caliente (L/h)
P. baja R2	8.254	5.909
P. baja R3	6.878	4.401
P. baja R4	4.491	4.177
P. baja R5	5.451	3.655

Tabla 5.8.- Caudales de agua de los climatizadores.

## 5.3.- Instalación de tuberías

Se realizará en este apartado el cálculo y diseño de la instalación de tuberías que transportarán el agua desde las bombas de calor hasta los inductores, climatizadores y UTAs.

El objetivo será obtener los diámetros de los distintos tramos en función del caudal necesario en cada inductor para obtener los metros lineales de tubería y los caudales de agua fría y caliente con la respectiva pérdida de carga, que permitan dimensiones las bombas de recirculación.

Se tendrán en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se realizará una instalación a 4 tubos, por lo que habrá tuberías para el agua fría y para el agua caliente.
- Se utilizarán tuberías de polipropileno (PPR), por las siguientes ventajas [10]:
  - ✓ Buen aislamiento térmico.
  - ✓ Gran resistencia a altas temperaturas.
  - ✓ Buen comportamiento con altas presiones.
  - ✓ Muy elásticas.
  - ✓ Rugosidad baja, lo que disminuye la pérdida de carga.

Las tuberías, tanto de transporte de agua fría como de caliente, irán recubiertas con aislante térmico según RITE [4].

Se incluirán válvulas de corte y de equilibrado para tener en cuenta su pérdida de carga.

- Los caudales de los inductores de las habitaciones son:
  - ✓ Para refrigeración: 250 L/h
  - ✓ Para calefacción: 150 L/h
- Los caudales de los inductores de la planta baja son:
  - ✓ Para refrigeración: 250 L/h
  - ✓ Para calefacción: 100 L/h
- Los caudales de las UTAs y climatizadores son los mostrados en la Tabla 4.14 y en la Tabla 5.8, respectivamente.



## 5.3.1.- Método de cálculo bombas y tuberías

### 1. CÁLCULO DE LA BOMBA DE CIRCULACIÓN

El caudal que debe suministrar la bomba de circulación viene dado por la expresión:

$$Q = \frac{860 \cdot P}{1000 \cdot \Delta t \cdot C_e \cdot \gamma}$$

Donde:

$C_e$	=	Calor específico del agua = 1,0 Kcal/h·Kg·°C
$\gamma$	=	Peso específico del agua = 1,0 Kg/dm <sup>3</sup>
$\Delta t$	=	Salto térmico en °C
$P$	=	Potencia térmica en vatios

Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Prandtl-Colebrook y se limita la pérdida de carga por unidad de longitud de tubería a 40,0 mmca/m.

Las pérdidas de carga en las baterías y válvulas se calculan por medio de los gráficos del fabricante.

### 2. MÉTODO DE CÁLCULO PARA TUBERÍAS

El principio de cálculo es el siguiente:

1- Determinación del caudal de cada tramo, de final a origen, en función de los emisores o receptores a los que alimenta:

$$Q = \frac{860 \cdot P}{1000 \cdot \Delta t \cdot C_e \cdot \gamma}$$

Donde:

$C_e$	=	Calor específico del agua = 1,0 Kcal/h·Kg·°C
$\gamma$	=	Peso específico del agua = 1,0 Kg/dm <sup>3</sup>
$\Delta t$	=	Salto térmico en °C
$P$	=	Potencia térmica en vatios

Se tienen en cuenta los siguientes modos de funcionamiento:

- Refrigeración salto térmico -5,0 °C y potencias individuales simultáneas.
- Calefacción salto térmico 5,0 °C y potencias individuales máximas.

2- Para el cálculo de las pérdidas de carga en las tuberías se ha tenido en cuenta la fórmula de Prandtl-Colebrook.

$$V = -2 \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J} \cdot \log_{10} \left( \frac{k_a}{371 \cdot D} + \frac{2'51 \cdot v}{D \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot D \cdot J}} \right)$$



Donde:

$J$	= Pérdida de carga, en m.c.a./m;
$D$	= Diámetro interior de la tubería, en m;
$V$	= Velocidad media del agua, en m/s;
$Q_r$	= Caudal por la rama en m <sup>3</sup> /s;
$k_a$	= Rugosidad uniforme equivalente, en m.;
$\nu$	= Viscosidad cinemática del fluido, ( $1,31 \times 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /s para agua a 10°C);
$g$	= Aceleración de la gravedad, 9,8 m/s <sup>2</sup> ;

3- Determinación de los diámetros de tubería en base a admitir una pérdida de carga máxima por unidad de longitud de tubería igual a 40,0 mm.c.a./m.

4- Se tienen en cuenta las longitudes equivalentes a tubería recta de igual diámetro en los accesorios (tes, codos...) y válvulas conectados entre tuberías, para calcular las pérdidas de carga que producen.

5- Cálculo de la pérdida de carga a provocar en cada válvula de equilibrado para obtener la distribución de caudales supuesta inicial.

### 5.3.2.- Resultados

El cálculo de tuberías se va a realizar con el programa de cálculo “ICwin, Climatización por agua” de la plataforma “iMventa Ingenieros” [6].

En los “Datos generales del proyecto” de este programa, se introduce el tipo de tubería, PPR-CT INSTALL, y el tipo de instalación que se pretende diseñar, “Climatización por agua”.

Después habrá que ir incluyendo todas las unidades interiores, las válvulas de corte y de equilibrado y una unidad exterior solamente para que el programa pueda realizar el cálculo, ya que esta última se escogerá manualmente en apartados posteriores. También se realizará el cálculo de las tuberías que llevarán el agua a los climatizadores y UTAs ubicados en la cubierta.

El programa también mostrará el caudal y la pérdida de carga del circuito, que será válido para escoger las bombas de recirculación.

Se puede ver una parte de la instalación donde se muestran las unidades interiores, las válvulas y las tuberías.

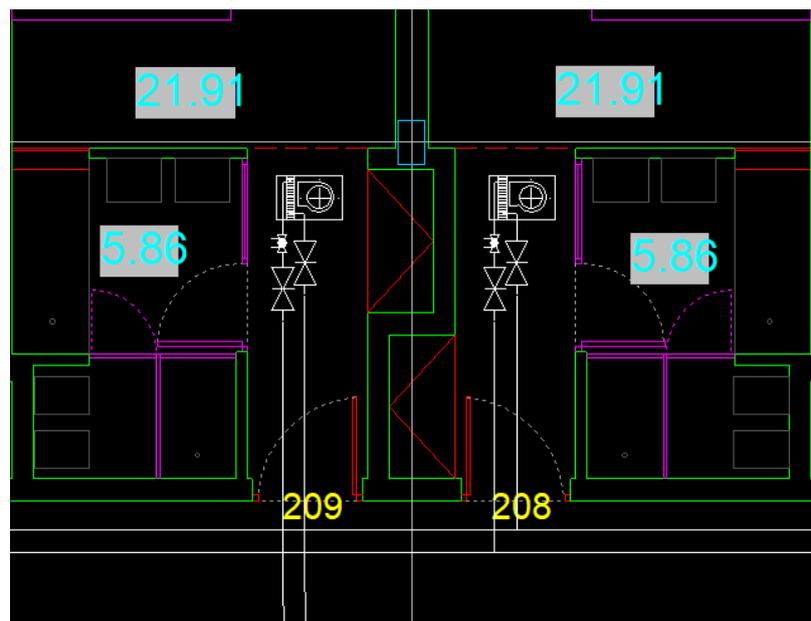


Figura 5.8.- Parte de la distribución de tuberías y unidades interiores.

Destacar que, como se va a ver más adelante, las bombas de calor irán colocadas en la parte baja del edificio, por lo que se deberá tener en cuenta para el diseño de las tuberías y el cálculo de las pérdidas de carga.

Se van a realizar dos cálculos separados, uno de refrigeración y otro de calefacción.

### 5.3.2.1.- Cálculo de refrigeración

Al finalizar el cálculo, se obtienen, por una parte, los diámetros de las tuberías que evitarán que exista una excesiva pérdida de carga y, por otra, el aislamiento de estas para cumplir con la normativa según RITE [4].

Por tanto, se muestran en la Tabla 5.9 la suma total de tuberías para la planta baja, primera, segunda y la cubierta, que es donde se ubican los climatizadores y UTAs.



Descripción	Longitud (m)
Tubería PPR-CT INSTALL Ø110	110
Tubería PPR-CT INSTALL Ø90	130
Tubería PPR-CT INSTALL Ø75	180
Tubería PPR-CT INSTALL Ø63	140
Tubería PPR-CT INSTALL Ø50	185
Tubería PPR-CT INSTALL Ø40	135
Tubería PPR-CT INSTALL Ø32	65
Tubería PPR-CT INSTALL Ø25	90
Tubería PPR-CT INSTALL Ø20	830
Aislamiento Ø110 e/según RITE	110
Aislamiento Ø90 e/según RITE	130
Aislamiento Ø75 e/según RITE	180
Aislamiento Ø63 e/según RITE	140
Aislamiento Ø50 e/según RITE	185
Aislamiento Ø40 e/según RITE	135
Aislamiento Ø32 e/según RITE	65
Aislamiento Ø25 e/según RITE	90
Aislamiento Ø20 e/según RITE	830

Tabla 5.9.- Tuberías y aislamientos de refrigeración.

Los aislamientos según RITE [4], para temperatura de frío mayor de 10°C y de calor entre 40 y 60°C, son los mostrados en la siguiente tabla.

Tipo fluido	Diámetro exterior (mm)	Espesor (mm)
Frío	$D \leq 35$	25
	$35 < D \leq 60$	30
	$60 < D \leq 90$	30
	$90 < D \leq 140$	40
Calor	$D \leq 35$	25
	$35 < D \leq 60$	30
	$60 < D \leq 90$	30

Tabla 5.10.- Espesores aislamiento según RITE [4].



Por otro lado, se muestra en la Tabla 5.11 los caudales y las pérdidas de carga que deben aportar las bombas de recirculación, calculado según lo comentado anteriormente.

<b>Planta</b>	<b>Caudal (L/h)</b>	<b>Pérdida de carga (mca)</b>
Baja	5.500	9
Primera	18.000	13
Segunda	18.000	14
Cubierta	39.000	12

Tabla 5.11.- Caudales y pérdidas de carga en modo refrigeración.

### 5.3.2.2.- Cálculo de calefacción

Las tuberías obtenidas en este cálculo serán de diámetros menores, por necesitar menor caudal tanto en los inductores como en los climatizadores y UTAs.

<b>Descripción</b>	<b>Longitud (m)</b>
Tubería PPR-CT INSTALL Ø90	115
Tubería PPR-CT INSTALL Ø75	70
Tubería PPR-CT INSTALL Ø63	270
Tubería PPR-CT INSTALL Ø50	140
Tubería PPR-CT INSTALL Ø40	200
Tubería PPR-CT INSTALL Ø32	70
Tubería PPR-CT INSTALL Ø25	30
Tubería PPR-CT INSTALL Ø20	970
Aislamiento Ø90 e/según RITE	115
Aislamiento Ø75 e/según RITE	70
Aislamiento Ø63 e/según RITE	270
Aislamiento Ø50 e/según RITE	140
Aislamiento Ø40 e/según RITE	200
Aislamiento Ø32 e/según RITE	70
Aislamiento Ø25 e/según RITE	30
Aislamiento Ø20 e/según RITE	970

Tabla 5.12.- Tuberías y aislamiento para calefacción.

Por último, se pueden ver los caudales y las pérdidas de carga en modo calefacción en la siguiente tabla.



Planta	Caudal (L/h)	Pérdida de carga (mca)
Baja	2.200	7,5
Primera	10.600	12
Segunda	10.600	13
Cubierta	26.000	12

Tabla 5.13.- Caudales y pérdidas de carga en modo calefacción.

## 5.4.- Regulación y elementos auxiliares

Se tratará en este apartado sobre la regulación y el control de la climatización y ventilación para el correcto funcionamiento de las instalaciones y sobre los accesorios necesarios para poder llevarlo a cabo.

En cuanto a la regulación o control de la instalación, se hablará de dos términos:

- Control de temperatura: se tratará de mantener las condiciones adecuadas de temperatura en las zonas a climatizar.
- Control de CO<sub>2</sub>: cuando exista ocupación de personas se reducirá la concentración de CO<sub>2</sub> mediante la impulsión de aire primario.

La regulación de temperatura y CO<sub>2</sub> será distinta en las zonas donde se ubican los inductores y las zonas de climatizadores.

Lo que sí tendrán en común serán las distintas hipótesis en cuanto a la necesidad de aportar cargas de ventilación y de climatización. Habrá cuatro hipótesis:

- Que se necesiten suplir las cargas de ventilación y climatización, es decir, cuando la concentración de CO<sub>2</sub> sea elevada y la temperatura no sea la adecuada.
- Que solo se necesiten cargas de ventilación, es decir, cuando la concentración de CO<sub>2</sub> sea elevada y la temperatura sea la adecuada.
- Que solo se necesiten cargas de climatización, es decir, cuando la concentración de CO<sub>2</sub> sea la adecuada pero la temperatura no.
- Que no se necesite ningún tipo de carga, es decir, cuando la concentración de CO<sub>2</sub> y la temperatura son las adecuadas.

Se considerará que la concentración de CO<sub>2</sub> sea la adecuada cuando se encuentre entre 300 y 800 ppm (partes por millón).

Por otro lado, la temperatura adecuada será la indicada en apartados anteriores, entre 22 y 24°C para invierno y verano, respectivamente.

## 5.4.1.- Regulación de inductores

En las zonas donde se ubican los inductores se realizará la regulación de la siguiente forma:

- Temperatura: se regulará mediante la variación del caudal de agua.
- Concentración CO<sub>2</sub>: se regulará mediante la variación del caudal de aire.

El problema de esta regulación es que la potencia térmica aportada por los inductores depende del caudal de agua y de aire.

### 5.4.1.1.- Caudal de agua variable

En cuanto a la regulación del caudal de agua, se utilizará un sistema de circuito cerrado con válvulas TA-COMPACT-P<sup>1</sup> en cada inductor y al final de la red, se incluirá una válvula de presión diferencial que permita la recirculación del agua. Además, se dispondrá de válvulas de corte en la distribución general y en cada derivación a los inductores.

Un esquema simplificado del funcionamiento del caudal de agua variable es el mostrado en la Figura 5.9.

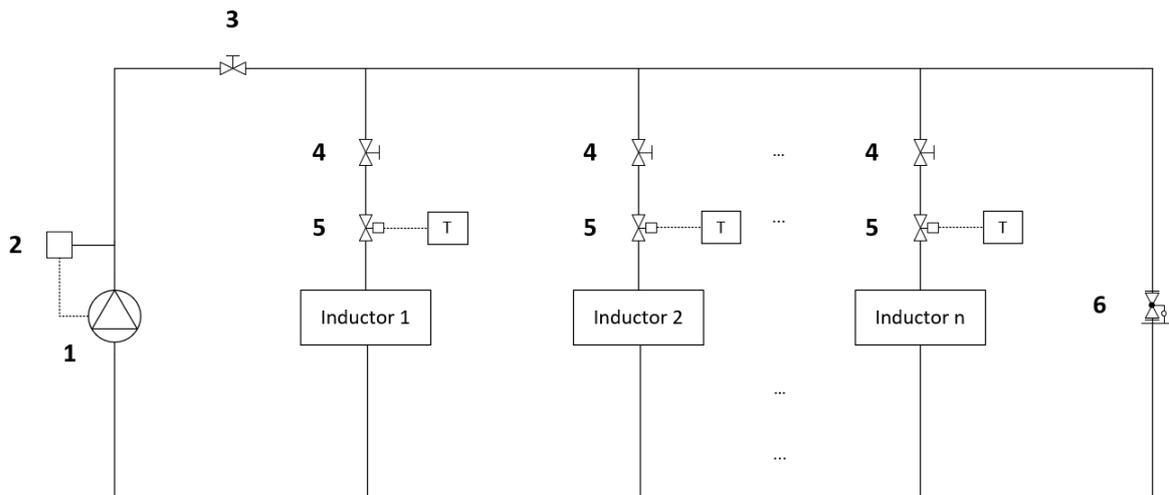


Figura 5.9.- Esquema simplificado caudal de agua variable.

La bomba de caudal variable (1) alimenta el circuito regulando su velocidad por medio de la sonda de presión (2). La válvula de corte general (3) y las válvulas de corte de cada inductor (4) permitirán cerrar el circuito general y particular, respectivamente, en caso de avería. Las válvulas TA-COMPACT-P (5) permiten regular el caudal de agua que va a cada inductor, controladas por el termostato de cada zona. Por último, la válvula de presión diferencial (6) posibilitará la recirculación de caudal de agua en el circuito cuando no haya la suficiente demanda térmica en las zonas, asegurando un caudal mínimo aportado por la bomba.

<sup>1</sup> Las válvulas TA-COMPACT-P son válvulas de equilibrado y control independientes de la presión diferencial. Permiten ajustar con precisión el caudal, evitando sobrecaudales.

Las válvulas de corte generales serán del tipo mariposa y las de cada inductor serán del tipo bola roscada, con los diámetros correspondientes a cada tubería.

Las válvulas TA-COMPACT-P serán de diámetro nominal 20 mm, con un caudal máximo de funcionamiento de 1150 L/h. Se puede ver una de estas válvulas en la siguiente imagen.



Figura 5.10.- Válvula TA-COMPACT-P [11].

Las válvulas de presión diferencial están formadas por una válvula de equilibrado STAF y un estabilizador de presión STAP, con diámetros nominales de 20 mm. La válvula STAF realiza un reglaje preciso del caudal y la STAP estabiliza la presión. Se muestran ambas en la Figura 5.11.

Válvula STAF



Válvula STAP



Figura 5.11.- Válvula STAF y STAP para la recirculación [11].

El conjunto de estas dos válvulas permite disponer de un caudal mínimo, en este caso del 20 % del caudal total aportado por cada bomba, para la correcta recirculación del agua en el caso de que la suma total demandada por los inductores sea menor que ese 20 %. Este caudal mínimo permite la refrigeración de la bomba, evitando así que se dañe.

Por último, las bombas de caudal variable incorporan motores con regulación de velocidad, controladas por las sondas de presión. Se colocarán dos bombas en paralelo por



el posible fallo de una de ellas y se seleccionarán según los caudales y las pérdidas de carga mostradas en la Tabla 5.11 y en la Tabla 5.13.

Para la selección se utiliza una herramienta de KSB donde se introduce la aplicación (calefacción o refrigeración), el tipo de bomba (bombas en línea), la regulación por velocidad variable y finalmente el caudal y la presión. El propio programa imprime las hojas de características, que se podrán ver en los anexos de documentación de equipos.

Entonces, se muestran en la siguiente tabla las bombas seleccionadas en cada planta. Recordar que se utilizarán bombas distintas para el circuito de refrigeración y para el de calefacción.

Planta	Tipo circuito	Modelo	Unidades
Baja	Frío	KSB – ETLL 032-032-105	2
	Calor	KSB – ETLL 032-032-160	2
Primera	Frío	KSB – ETLL 050-050-125	2
	Calor	KSB – ETLL 032-032-125	2
Segunda	Frío	KSB – ETLL 050-050-125	2
	Calor	KSB – ETLL 032-032-125	2
Cubierta	Frío	KSB – ETLL 080-080-200	2
	Calor	KSB – ETLL 065-065-125	2

Tabla 5.14.- Bombas seleccionadas para los circuitos de recirculación.

#### 5.4.1.2.- Caudal de aire variable

Como se ha comentado anteriormente, la regulación del caudal de aire repercute en la potencia térmica suministrada por el inductor. Entonces, se variarán los caudales entre los siguientes rangos en función de las hipótesis antes comentadas:

- Cuando no se requiera climatización: 60 m<sup>3</sup>/h
- Cuando se requiera climatización: entre 60 y 180 m<sup>3</sup>/h

Para variar el caudal se utilizará un sistema parecido al del agua. Se muestra en la Figura 5.12 un esquema simplificado.

El climatizador (1) es el encargado de impulsar y extraer el aire por medio de los conductos. El ventilador de impulsión - con motor de velocidad variable - se controla por medio de la sonda de presión (2), cambiando su velocidad en función del cambio de presión. En cada zona se disponen de dispositivos de regulación (3) que permiten establecer los caudales antes comentados en función de las exigencias marcadas por el termostato y el sistema de detección de CO<sub>2</sub>. Por último, mediante el ventilador de extracción se extrae un caudal constante a través las rejillas de extracción (4).

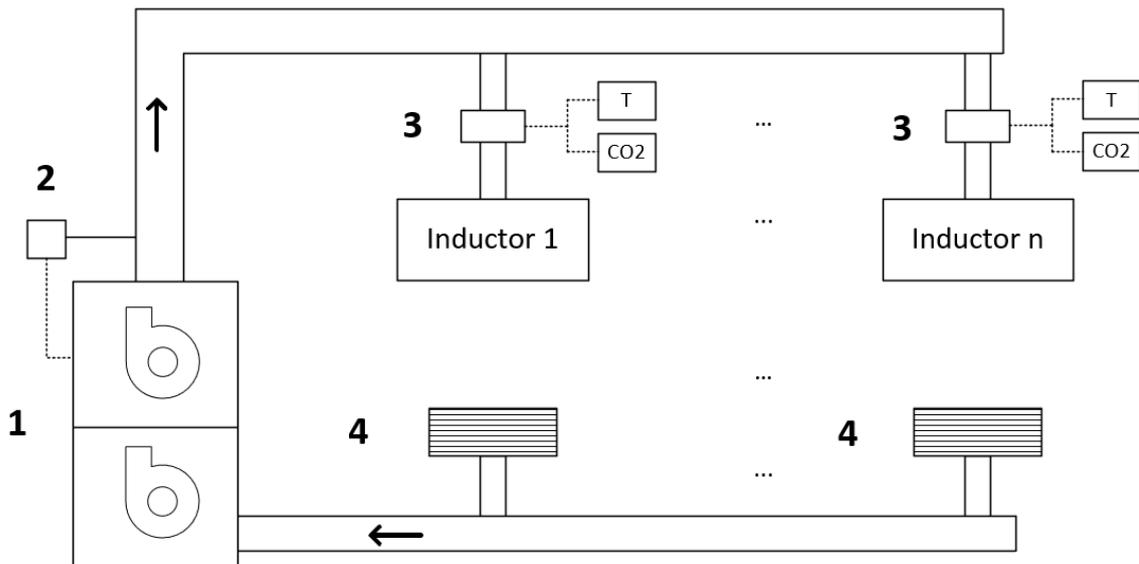


Figura 5.12.- Esquema simplificado regulación caudal de aire.

Por su parte, los dispositivos de regulación de cada inductor son reguladores de caudal VRA-Smart, colocado aguas arriba del inductor. Este dispositivo, mostrado en la Figura 5.13, permite mantener constante el flujo volumétrico en el conducto o regularlo a través de un control forzado. Por medio de las varillas de medición, permite una lectura muy exacta del flujo volumétrico de aire, consiguiendo unas condiciones de confort muy elevadas.

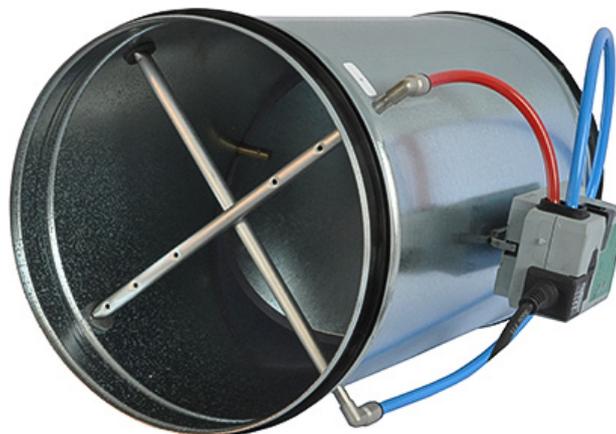


Figura 5.13.- Regulador de caudal VRA-Smart [12].

## 5.4.2.- Regulación de climatizadores

En las zonas donde se realiza la climatización y la ventilación por un sistema aire-aire a través de los climatizadores el control será más sencillo que en los casos anteriores.

El caudal de aire impulsado a las zonas se regula directamente con el sistema de control que comunica la sonda de CO<sub>2</sub> y de temperatura con el climatizador, variando el caudal en función de las necesidades.

Para controlar la potencia aportada de frío o de calor se realizará mediante la regulación del caudal de agua introducida a cada climatizador. El funcionamiento será el siguiente:

- El grupo de bombas calculadas en el apartado anterior, para la cubierta, impulsarán el agua a los climatizadores.
- Se incluirán válvulas de equilibrado STAD en el retorno de cada climatizador, con el fin de igualar las pérdidas de presión para que llegue el caudal preciso.
- Por medio de válvulas de tres vías en cada climatizador o UTA, acompañadas de válvulas de asiento para controlar mejor el proceso, se recirculará parte del caudal para controlar la temperatura y mantener un caudal mínimo recirculado en el circuito.

Un esquema simplificado se muestra en la siguiente figura.

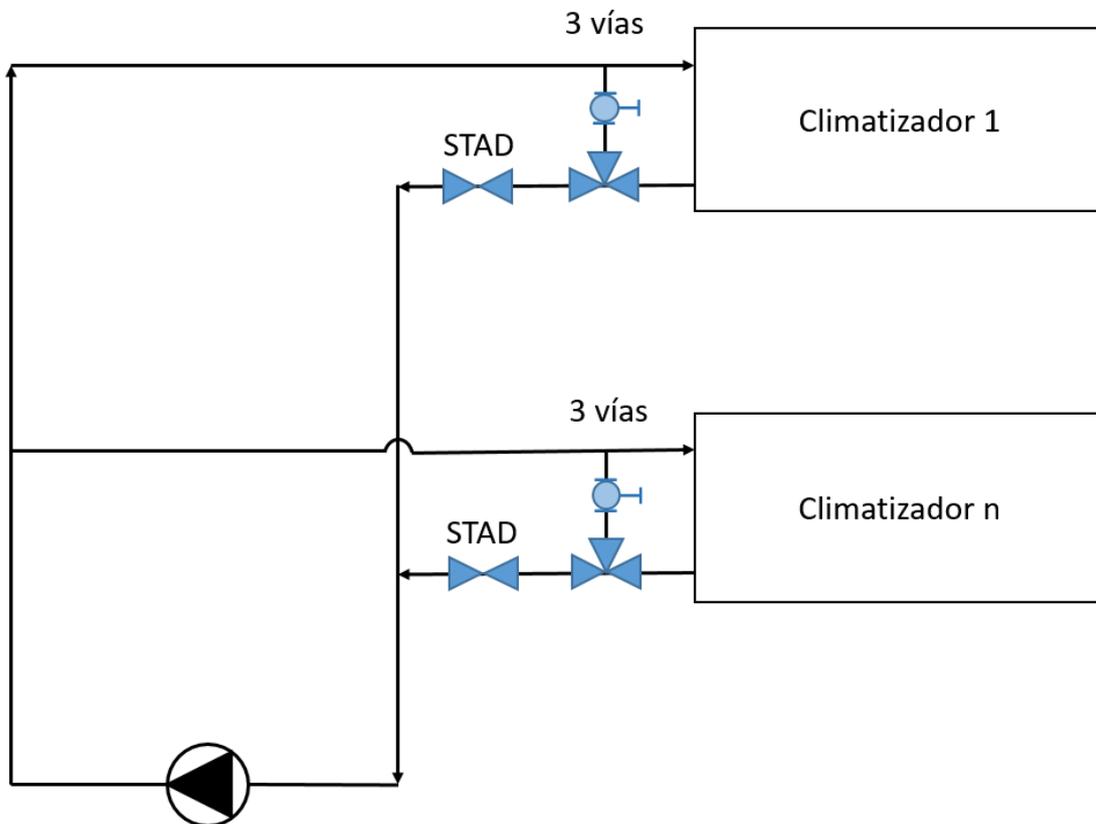


Figura 5.14.- Esquema simplificado regulación caudal de agua climatizadores y UTAs.

## 5.5.- Mediciones climatización

Por último, se resumen en la Tabla 5.15 los elementos necesarios de lo comentado en este apartado.



Descripción	Unidad	Medición
Inductor DISA-H-HT-E-1500	ud	136
Inductor DISA-601-HT-OL-SR-E-1500	ud	30
Climatizador PB R2	ud	1
Climatizador PB R3	ud	1
Climatizador PB R4	ud	1
Climatizador PB R5	ud	1
Tubería PPR-CT INSTALL Ø110	m	110
Tubería PPR-CT INSTALL Ø90	m	245
Tubería PPR-CT INSTALL Ø75	m	250
Tubería PPR-CT INSTALL Ø63	m	410
Tubería PPR-CT INSTALL Ø50	m	325
Tubería PPR-CT INSTALL Ø40	m	335
Tubería PPR-CT INSTALL Ø32	m	135
Tubería PPR-CT INSTALL Ø25	m	120
Tubería PPR-CT INSTALL Ø20	m	1800
Aislamiento Ø110 e/según RITE	m	110
Aislamiento Ø90 e/según RITE	m	245
Aislamiento Ø75 e/según RITE	m	250
Aislamiento Ø63 e/según RITE	m	410
Aislamiento Ø50 e/según RITE	m	325
Aislamiento Ø40 e/según RITE	m	335
Aislamiento Ø32 e/según RITE	m	135
Aislamiento Ø25 e/según RITE	m	120
Aislamiento Ø20 e/según RITE	m	1800
Válvula de bola roscada 3/4"	ud	332
Válvula TA-COMPACT-P DN20	ud	332
Válvula STAP DN20	ud	6
Válvula STAF DN20	ud	6
Válvula STAD-40	ud	5
Válvula STAD-50	ud	4

Instalaciones de ventilación, climatización, ACS, deshumectación y tratamiento térmico piscina y circuito hidrotermal de un hotel



KSB – ETLL 032-032-105	ud	2
KSB – ETLL 032-032-125	ud	6
KSB – ETLL 050-050-125	ud	4
KSB – ETLL 065-065-125	ud	2
KSB – ETLL 080-080-200	ud	2
Regulador de caudal VRA-Smart DN125	ud	166

Tabla 5.15.- Mediciones climatización.

## 6.- CLIMATIZACIÓN ZONAS DE SPA Y PISCINA INTERIOR

Se considera en este apartado la climatización y ventilación de la piscina interior y su playa, del jacuzzi, de las cabinas de masaje y de la sala de relajación. También se tendrá en cuenta el calentamiento de los vasos de agua de la piscina y del jacuzzi.

Se comenzará con una breve descripción de estas zonas, definiendo las condiciones interiores.

Después se explicará el método de cálculo llevado a cabo, con los datos y parámetros que se han definido. Se incluirán tablas resumen con los resultados obtenidos.

Se realizará el diseño de la instalación de climatización y ventilación que permitirá mantener la zona con la adecuada humedad y temperatura.

Por último, al igual que en los demás apartados, se dará el listado de elementos necesarios para poder realizar el presupuesto.

### 6.1.- Descripción de zonas

Se pueden ver las superficies de las zonas del circuito hidrotermal en el apartado 3.2.3 y un esquema de la disposición de estos espacios en la siguiente figura, donde se muestran las orientaciones de los cerramientos exteriores, importante para el cálculo de las cargas térmicas.

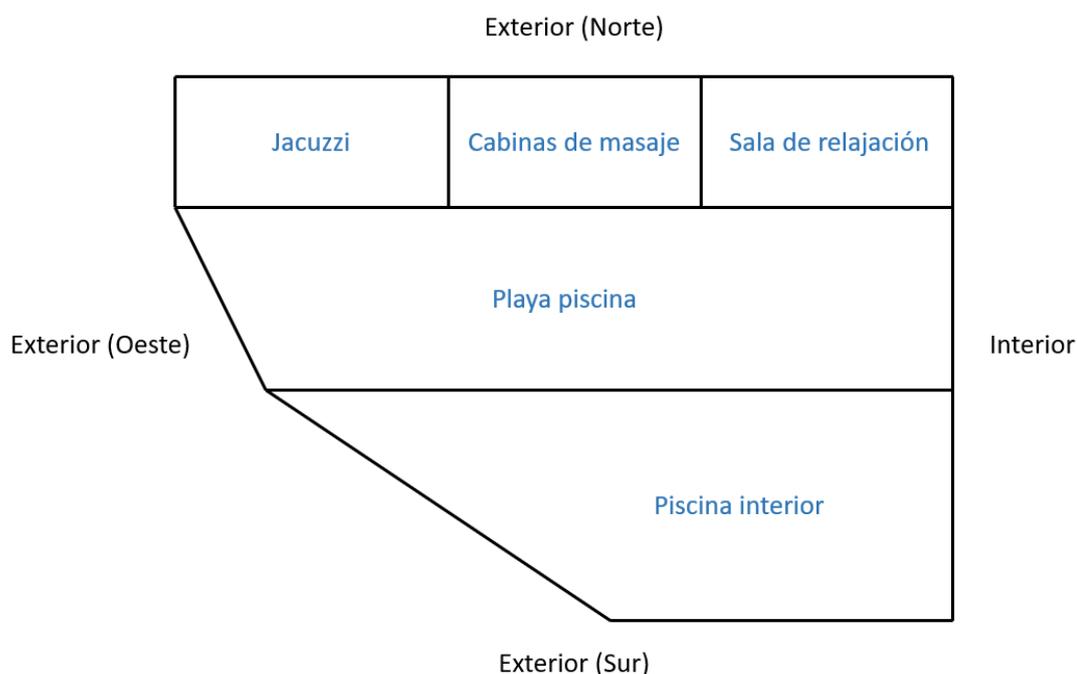


Figura 6.1.- Distribución zonas de spa y piscina.



Se considerará una temperatura ambiente de 28 °C y una humedad relativa del 65% en todas las zonas.

### **6.1.1.- Piscina interior**

La piscina dispone de una superficie de aproximadamente 169 m<sup>2</sup>, que se considerará en su totalidad superficie de vaso.

La altura del vaso es de 1,4 m, con lo que se obtiene un volumen de agua de aproximadamente 237 m<sup>3</sup> a una temperatura de 26 °C. Se tendrá inyección de agua y aire en el vaso, correspondiente a zonas de chorros de agua y aire y cuando la piscina esté cerrada al público, se cubrirá con una manta térmica con el fin de disminuir las pérdidas por la evaporación del agua.

Finalmente, se ha realizado el siguiente estudio de ocupación diaria:

- 4 horas con 0,2 bañistas/m<sup>2</sup>·h
- 5 horas con 0,15 bañistas/m<sup>2</sup>·h
- 6 horas con 0,1 bañistas/m<sup>2</sup>·h
- 9 horas con 0,2 bañistas/m<sup>2</sup>·h

### **6.1.2.- Jacuzzi**

El jacuzzi dispone de una superficie de 50,5 m<sup>2</sup> y una superficie de vaso de 30 m<sup>2</sup>. Al tener 1 m de altura, se tiene un volumen de agua de 30 m<sup>3</sup>, también a 26 °C.

Por otro lado, se inyectará aire al vaso, se cubrirá con manta térmica cuando permanezca cerrado y se tendrá la misma ocupación diaria que en la piscina interior.

### **6.1.3.- Playa de piscina, cabinas de masaje y sala de relajación**

En estas tres zonas no existen vasos de agua, pero la temperatura y humedad serán las mismas que en las anteriores, por estar comunicadas.

Se consideran unos 40 espectadores distribuidos por estas tres zonas.

## **6.2.- Método de cálculo**

Se estudiarán las cargas debidas al agua del vaso, a los cerramientos exteriores y a la ventilación.

La potencia térmica necesaria para calentar el agua de la piscina dependerá de una serie de fenómenos que se explicarán a continuación.



Las pérdidas y ganancias por los cerramientos exteriores se deben a los mismos fenómenos que los explicados en el apartado 5.1.1.

## 6.2.1.- Pérdidas en el vaso de agua

Las pérdidas en el vaso de agua dependen de los siguientes fenómenos:

- Evaporación del agua desde la superficie del agua, desde el suelo mojado de la playa y desde el cuerpo de las personas mojadas.
- Radiación de la superficie de agua hacia los cerramientos: depende de la temperatura del vaso de agua y del ambiente.
- Convección de la superficie del vaso de agua: depende de la temperatura del vaso de agua y del ambiente.
- Conducción a través de las paredes del vaso: depende de la temperatura del vaso de agua, de los cerramientos del vaso de agua y de la temperatura de la pared.
- Renovación del agua del vaso: depende del volumen de agua renovado.

También será importante la masa de agua evaporada, puesto que definirá la capacidad de deshumectación del sistema de tratamiento de aire.

Se explica a continuación como se ha realizado el cálculo de estos parámetros.

### 6.2.1.1.- Masa de agua evaporada

Se utiliza la fórmula de Bernier:

$$M_e = S \cdot [(16 + 133 \cdot n) \cdot (W_e - G_a \cdot W_{as})] + 0,1 \cdot N$$

Donde:

- $M_e$  = masa de agua evaporada (kg/h)  
 $S$  = superficie de vasos de agua (m<sup>2</sup>)  
 $W_e$  = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua  
 $W_{as}$  = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura ambiente  
 $G_a$  = grado de saturación  
 $n$  = nº de nadadores por m<sup>2</sup> de superficie de lámina de agua  
 $N$  = nº total de espectadores

### 6.2.1.2.- Pérdidas por evaporación del agua del vaso

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_e = S \cdot (16 + 133 \cdot n) \cdot (W_e - G_a \cdot W_{as}) \cdot C_{vap}$$

Donde:



- $Q_e$  = pérdida por evaporación (W)  
 $C_{vap}$  = calor de vaporización del agua a temperatura ambiente (Wh/kg)

### 6.2.1.3.- Pérdidas por radiación

Las pérdidas por radiación se calculan con la fórmula de Stefan Boltzmann:

$$Q_{rad} = S \cdot \varepsilon_a \cdot \sigma \cdot (T_a^4 - T_{va}^4)$$

Donde:

- $Q_{rad}$  = pérdidas por radiación (W)  
 $\varepsilon_a$  = emisividad del agua  
 $\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann  
 $T_{va}$  = temperatura del vaso de agua (K)  
 $T_a$  = temperatura ambiente (K)

### 6.2.1.4.- Pérdidas por convección

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{conv} = S \cdot 0,6246 \cdot (T_{va} - T_a)^{4/3}$$

Donde:

- $Q_{conv}$  = pérdidas por convección (W)

### 6.2.1.5.- Pérdidas por transmisión

Se utiliza la ecuación de Fourier:

$$Q_{tra} = S_{cer} \cdot C_t \cdot (T_{va} - T_{par})$$

Donde:

- $Q_{tra}$  = pérdidas por transmisión (W)  
 $S_{cer}$  = superficie de cerramiento del vaso (m<sup>2</sup>)  
 $C_t$  = coeficiente de transmisión de las paredes del vaso (m<sup>2</sup>)  
 $T_{par}$  = temperatura de las paredes del vaso (°C)

### 6.2.1.6.- Pérdidas por renovación del agua del vaso

Se utiliza la siguiente fórmula:

$$Q_{ren} = V_{ren} \cdot \rho_{va} \cdot C_{pa} \cdot (T_{va} - T_{red})$$

Donde:

- $Q_{ren}$  = pérdidas por renovación del agua del vaso (°C)  
 $V_{ren}$  = volumen de agua renovado diario [5% volumen vaso] (m<sup>3</sup>/24 h)



$\rho_{va}$	=	densidad del agua del vaso ( $\text{kg/m}^3$ )
$C_{pa}$	=	calor específico del agua ( $\text{Wh/kg}\cdot^\circ\text{C}$ )
$T_{red}$	=	temperatura del agua de red ( $^\circ\text{C}$ )

## 6.2.2.- Pérdidas por cerramientos exteriores

Se calculan de la misma forma que en el apartado 5.1.1. La diferencia son las condiciones interiores ( $28^\circ\text{C}$  y 65% humedad relativa) y el caudal de aire introducido, explicado a continuación.

## 6.2.3.- Ventilación

Las piscinas se clasifican según RITE [4] en un IDA 2. Además, se indica que en piscinas climatizadas se requiere un caudal mínimo de aire exterior igual a  $2,5\text{ L/s}$  por  $\text{m}^2$  de superficie de vaso de agua y de playa, al que se debe añadir el caudal necesario para controlar la humedad relativa.

También se indica en el RITE que las piscinas se deben mantener en depresión respecto a los locales contiguos entre 20 y 40 Pa. Por ello, se extraerá un mayor caudal que el impulsado.

Por otro lado, se recomienda realizar entre 3 y 8 renovaciones hora del volumen del local para que no haya lugares donde se concentre la humedad. En este caso se ha decidido realizar 4 renovaciones hora.

## 6.3.- Resultados

### 6.3.1.- Pérdidas en el vaso de agua

Se resumen en la siguiente tabla las pérdidas en el vaso de agua calculadas y separadas en los fenómenos vistos anteriormente. También se incluye la masa de agua evaporada.

Tipo	Valor
P. evaporación (W)	67.721
P. radiación (W)	916
P. convección (W)	-313
P. renovación (W)	5.477
P. transmisión (W)	5.795
<b>P. total (kW)</b>	<b>78,68</b>
<b>Masa agua evaporada (kg/h)</b>	<b>93,62</b>

Tabla 6.1.- Pérdidas en el vaso de agua.



Se comprueba que las pérdidas por radiación y convección son valores pequeños, que se podrían haber despreciado.

Otro parámetro importante es la potencia frigorífica necesaria que se debe aportar para realizar la deshumectación. Para calcular esta potencia se parte de los siguientes datos:

- Flujo másico de aire tratado:  $10.000 \text{ m}^3/\text{h} = 10.000 \cdot 1,15 = 11.500 \text{ kg/h}$
- Capacidad deshumectación:  $93,62 \text{ kg/h}$
- Entrada de aire a batería (A):  $28^\circ\text{C}$  y  $65\% \text{ HR} \rightarrow W_A = 15,5 \text{ g agua/kg aire}$   
 $h_A = 68 \text{ kJ/kg aire}$
- Salida de aire teórica de la batería (B):  $2^\circ\text{C}$  y  $100\% \text{ HR}$

Con los primeros datos se obtiene la humedad real del aire a la salida de la batería (C):

$$W_C = 15,5 - \frac{93,62 \cdot 1000}{11.500} = 7,36 \text{ g agua/kg aire}$$

Con la ayuda de un diagrama psicrométrico se une el punto A y B con una línea recta. Después se traza la horizontal con la humedad del punto C que corte con la línea A-B. De ahí se obtienen las condiciones del aire de salida de la batería:

- Salida de aire real de batería:  $9^\circ\text{C}$  y  $100\% \text{ HR} \rightarrow h_C = 25,5 \text{ kJ/kg aire}$

Y finalmente se obtiene la potencia frigorífica ( $P_F$ ):

$$P_F = \frac{11.500}{3.600} \cdot (68 - 25,5) = \mathbf{135,8 \text{ kW}}$$

De igual forma, se calcula la potencia necesaria para volver a calentar el aire deshumectado a la temperatura de impulsión, dando el siguiente valor aproximado:

$$P_C = \mathbf{62 \text{ kW}}$$

Por tanto, se debe aportar una potencia de frío de  $135,8 \text{ kW}$  para eliminar  $93,62 \text{ kg/h}$  de masa de agua, una potencia de calor de  $78,7 \text{ kW}$  para mantener los vasos de agua a la temperatura requerida y una potencia de calor de  $62 \text{ kW}$  para volver a calentar el aire.

### 6.3.2.- Pérdidas por cerramientos exteriores

Se muestran en la siguiente tabla las cargas máximas de calefacción en las zonas estudiadas, debidas a las pérdidas a través de los cerramientos exteriores.



<b>Zona</b>	<b>Carga de calefacción (kW)</b>
Piscina interior	21,23
Playa de piscina	17,7
Jacuzzi	8,24
Cabinas de masaje	2,6
Sala de relajación	6,3
<b>Total</b>	<b>56,07</b>

Tabla 6.2.- Pérdidas por cerramientos exteriores.

Siempre se aportarán cargas de calefacción por ser sitios donde se necesita una temperatura ambiente alta, para el confort de los usuarios y para disminuir la evaporación del agua del vaso.

A esta potencia de 56,07 kW habrá que sumar la potencia calculada antes de 62 kW para dimensionar la batería de calor.

### 6.3.3.- Ventilación

Con lo que se ha comentado anteriormente, se ha decidido aportar un aire total distribuido por todas las zonas de 10.000 m<sup>3</sup>/h, donde 3.500 m<sup>3</sup>/h serán de aire primario, con su pertinente tratamiento.

Como se debe mantener la depresión comentada, se extraerá un caudal de 11.000 m<sup>3</sup>/h.

## 6.4.- Funcionamiento de la instalación

La instalación de climatización, ventilación y deshumidificación de las zonas de spa dispondrá de los siguientes elementos, ordenados de unidades terminales a unidades exteriores:

- Rejillas de impulsión y extracción: encargadas de impulsar y extraer el aire del recinto.
- Conductos: encargados de transportar el aire desde las unidades exteriores hasta las rejillas y viceversa.
- Climatizador: encargado de realizar la recuperación de calor y mezcla con aire el exterior del aire extraído, la deshumectación y el aporte térmico al aire impulsado a la piscina.
- Bomba de calor: encargada de aportar la potencia necesaria para el calentamiento del agua de la piscina y para los climatizadores.



### **6.4.1.- Rejillas de impulsión y extracción**

Al igual que en las zonas de gran ocupación como restaurantes, cafeterías o salones, en las zonas de spa se impulsará y se extraerá el aire necesario por medio de rejillas de impulsión y extracción.

Se distribuirán de manera más o menos uniforme por los espacios, de forma que la climatización y ventilación sea lo mejor posible.

El tamaño de las rejillas se elegirá en función del caudal impulsado y extraído, para que las pérdidas de carga y el ruido por la velocidad del fluido no sean excesivos.

### **6.4.2.- Conductos**

Se seguirán las mismas condiciones de diseño que en la ventilación de las zonas de uso gran ocupación de la planta baja (ver apartado 4.2).

Los conductos irán por el techo desde las rejillas de impulsión y extracción hasta la ubicación del climatizador, en la cubierta.

### **6.4.3.- Climatizador**

En las piscinas climatizadas se suelen utilizar para el tratamiento del aire unas unidades exteriores llamadas deshumectadoras. Estas máquinas realizan conjuntamente una serie de operaciones:

- Extracción del aire húmedo del interior.
- Recuperación de calor del aire extraído y mezcla con el aire primario.
- Filtrado y eliminación de parte de la humedad del aire mezclado.
- Precalentamiento del agua del vaso con el calor extraído en la deshumectación del aire.
- Calentamiento del agua de vaso con aporte exterior.
- Impulsión del aire atemperado al interior del local.

El problema de estas deshumectadoras es que aportan directamente el frío y el calor, por lo que los rendimientos no son excesivamente buenos.

En este caso, se va a utilizar para tratar el aire de la piscina un climatizador al igual que en las salas de gran ocupación, donde se aporta el frío para realizar la deshumectación y el calor para atemperar el aire impulsado y compensar las cargas térmicas.

Un esquema simplificado del funcionamiento de este climatizador se muestra en la Figura 6.2.

El aire húmedo extraído de la piscina entra en el recuperador de calor. El aire primario, previo calentamiento mediante la recuperación de calor, se mezcla con el aire extraído.

Este aire mezclado pasa por un filtro hacia la batería de frío, donde se elimina la humedad, a razón del valor mostrado en la Tabla 6.1. En la batería de calor se atempera el aire que se va a impulsar de nuevo al interior de la piscina. El frío y calor a estas baterías se aporta mediante una bomba de calor multiciclo, explicada en el apartado 8.1.

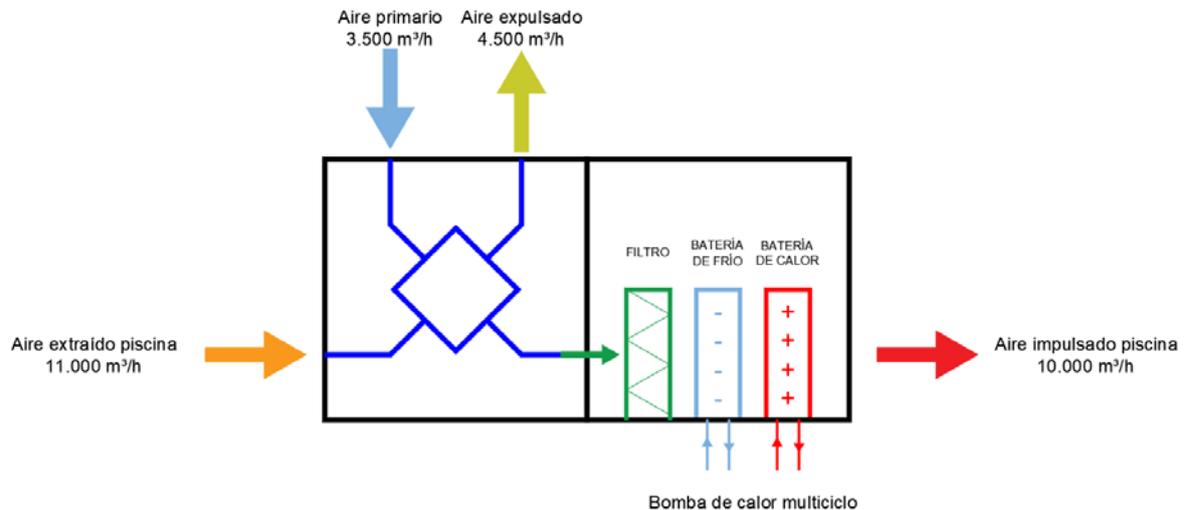


Figura 6.2.- Esquema simplificado funcionamiento climatizadores.

Por último, la bomba de calor multiciclo realiza el calentamiento de los vasos de agua de la piscina y del jacuzzi.

## 6.4.4.- Bombas de calor

Las bombas de calor tendrán las siguientes funciones:

- Aportar el frío y calor necesario para el correcto tratamiento del aire mezclado.
- Aportar el calor necesario para calentar el agua del vaso.

Como se van a utilizar bombas de calor multiciclo para la climatización de la piscina y aprovechar la energía residual para otros fines, estas se seleccionarán en el apartado de generación de frío y calor, teniendo en cuenta el resto de cargas de refrigeración y calefacción.

## 6.5.- Diseño de la instalación

Esta instalación dispone de elementos muy similares a las instalaciones con gran ocupación explicadas en los apartados de ventilación y climatización correspondientes.

Los conductos y rejillas se calculan de la misma forma, pero con los nuevos caudales.

Las bombas de recirculación se calculan siguiendo los mismos pasos, con los caudales de agua transportada desde la bomba de calor hasta el climatizador.



### 6.5.1.- Conductos y rejillas

Se distribuyen las rejillas de impulsión y extracción de aire por las distintas zonas, de forma que la climatización y la ventilación se repartan de manera uniforme.

Realizando los mismos cálculos que en el apartado de ventilación (limitando la velocidad del aire, la altura del conducto...) se obtienen las rejillas y el conducto mostrado en la siguiente tabla.

Descripción	Unidades	Medición
R.R. 20-45-H 400x300	ud	16
R.I. 20DH 500x150	ud	16
Conducto R-Fibra-Una Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	390

Tabla 6.3.- Listado elementos conductos y rejillas zonas de spa.

Además, el ventilador de impulsión y de extracción deben dar una presión de 150 Pa.

### 6.5.2.- Climatizador

El climatizador se elige en función de los siguientes parámetros:

- Potencia batería de frío: 135,6 kW
- Potencia batería calor: 118 kW
- Presión disponible del ventilador de extracción e impulsión: 150 Pa
- Debe disponer de sección de recuperación de calor

Con esto se obtienen los caudales de agua fría y caliente que se deberán suministrar al climatizador para su correcto funcionamiento:

- Caudal de agua fría: 23.323 L/h
- Caudal de agua caliente: 20.296 L/h

Al igual que en los otros climatizadores, se necesitan válvulas de 3 vías y válvulas STAD para la regulación de los caudales de agua, además de válvulas de corte.

### 6.5.3.- Bombas de recirculación

Las bombas elegidas, junto con el caudal y la pérdida de carga calculada (sumada la pérdida en tuberías y en baterías), se muestra en la Tabla 6.4.

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Altura (mca)	Modelo	Unidades
23,3	10	KSB – ETLY-065-065-200	2
20,3	8	KSB – ETLL-040-040-090	2

Tabla 6.4.- Bombas recirculación climatizador zona spa.



### 6.5.4.- Tuberías y aislamiento

Por último, se muestra en la siguiente tabla la medición de tubería y aislamiento, según espesores RITE.

Nótese que aunque el climatizador esté ubicado en la cubierta, se realiza una distribución separada con respecto a los otros equipos.

Descripción	Unidad	Medición
Tubería PPR-CT INSTALL Ø90	m	140
Aislamiento Ø90 e/según RITE	m	140

Tabla 6.5.- Tubería y aislamiento zonas spa.

## 6.6.- Mediciones climatización y ventilación zonas de spa

Se resumen en la siguiente tabla los elementos comentados en este apartado.

Descripción	Unidad	Medición
R.R. 20-45-H 400x300	ud	16
R.I. 20DH 500x150	ud	16
Conducto R-Fibra-Una Fibra Climaver Plus (más 10% recortes)	m <sup>2</sup>	390
Climatizador zona spa	ud	1
Válvula STAD DN90	ud	2
Válvula de mariposa DN90	ud	4
KSB – ETLY-065-065-200	1	2
KSB – ETLL-040-040-090	1	2
Tubería PPR-CT INSTALL Ø90	m	140
Aislamiento Ø90 e/según RITE	m	140

Tabla 6.6.- Mediciones climatización y ventilación zonas de spa.



## 7.- AGUA CALIENTE SANITARIA

Se trata en este apartado de realizar el diseño de la instalación del Agua Caliente Sanitaria (ACS), desde el cálculo de caudales hasta la distribución de los mismos a todos los aparatos que los demanden y los sistemas de acumulación y generación de calor.

El suministro de ACS de una instalación es un proceso delicado por una serie de factores. Se citan a continuación algunos de ellos:

- Simultaneidad: si no se considera la simultaneidad, se tendrá una instalación sobredimensionada, con grandes gastos energéticos y en las tuberías de la instalación.
- Acumulación: realizar una acumulación del agua caliente sanitaria puede suponer un gran ahorro energético a la vez que se evita un sobredimensionamiento del sistema de calentamiento. Saber dimensionar de una forma adecuada los depósitos de acumulación será una tarea muy importante.
- Legionelosis: es un tipo de enfermedad muy frecuente en las instalaciones de ACS si no se disponen de las medidas necesarias.

Por suerte, estos factores están ampliamente estudiados y se especifican de forma detallada en el Código Técnico de la Edificación de Salubridad, apartado HS4 (Suministro de agua) [13]. También existe una guía técnica del IDEA para el agua caliente sanitaria central [14] que es de gran ayuda para este tipo de instalaciones.

En cuanto a la legionelosis hay que tener en cuenta lo siguiente:

- El agua se debe acumular a una temperatura de al menos 60 °C.
- Se debe asegurar una temperatura de consumo en los puntos más alejados de 50 °C.
- La instalación permitirá que el agua alcance los 70 °C. Este proceso de elevar la temperatura se debe hacer solamente para la desinfección térmica, en contadas ocasiones, normalmente cada un cierto tiempo establecido.

Por tanto, se desarrollan a continuación los cálculos y las consideraciones realizadas en este proyecto.

### 7.1.- Cálculos de ACS

Se realiza el cálculo en este sub-apartado de los caudales y el consumo de ACS y una aproximación de la potencia de producción de ACS con acumulación.



## 7.1.1.- Cálculo de caudales de ACS

Para realizar el cálculo de caudales de ACS es necesario disponer de los siguientes datos:

- Número y tipo de aparatos que necesiten agua caliente sanitaria.
- Tipo de instalación: hotel de 4 estrellas.

El número y tipo de aparatos existentes en el hotel, ordenados por plantas, se muestran en la Tabla 7.1.

Planta	Zona	Aparatos	
Baja	Vestuarios	14 duchas	20 lavamanos
	Aseos	26 lavamanos	
	Cocina	2 lavavajillas industriales	4 fregaderos no domésticos
		2 lavavajillas industriales	3 fregaderos no domésticos
Primera	Baños	67 bañeras < 1,4 m	67 lavamanos
Segunda	Baños	67 bañeras < 1,4 m	67 lavamanos

Tabla 7.1.- Número y tipo de aparatos sanitarios.

Con estos aparatos y los caudales instantáneos mínimos de ACS ( $Q_{u-ins}$ ) marcados en la tabla 2.1 del CTE-HS4 [13], se puede calcular el caudal total como la suma de las multiplicaciones de cada caudal instantáneo mínimo para cada aparato por el número de aparatos de ese tipo. Se muestran los valores y el cálculo de los caudales parciales ( $Q_{ins}$ ) y el caudal total ( $Q_T$ ) en la siguiente tabla.

Aparato [1]	Unidades [2]	$Q_{u-ins}$ (L/s) [3]	$Q_{ins}$ (L/s) [4]=[2]·[3]
Lavamanos	180	0,03	5,4
Ducha	14	0,1	1,4
Bañera < 1,4 m	134	0,15	20,1
Lavavajillas industrial	4	0,2	0,8
Fregadero no doméstico	7	0,2	1,4
<b><math>Q_T</math> (L/s)</b>			<b>29,1</b>

Tabla 7.2.- Cálculo de caudales parciales y caudal total.

Con este caudal total ( $>20$  L/s) y el tipo de edificio (hotel), se obtiene el caudal simultáneo de cálculo ( $Q_C$ ) con la siguiente fórmula:

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



Donde A, B y C son coeficientes especificados en la norma UNE 149.201/07 [15]. Se muestran los valores en el siguiente cálculo:

$$Q_C = 1,08 \cdot 29,1^{0,5} - 1,83 = 4 \text{ L/s}$$

### 7.1.2.- Cálculo de consumo de ACS

Para el cálculo del consumo de ACS se utiliza la tabla 3.1 del CTE-HE4 [2] en donde se muestran los litros/día a 60 °C consumidos por persona y día (caso de hoteles). Para hoteles de 4 estrellas se tiene un consumo de 55 L/persona·día.

Teniendo en cuenta que el hotel dispondrá de aproximadamente 170 personas, se obtiene el siguiente consumo diario ( $D_{ACS}$ ):

$$D_{ACS} = 55 \cdot 170 = 9.350 \text{ L/día}$$

Dividiendo este valor entre el caudal instantáneo calculado anteriormente, da como resultado el tiempo de consumo punta sostenido ( $t_{DP}$ ):

$$t_{DP} = \frac{9.350 \text{ L/día}}{4 \text{ L/s}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 39 \text{ min}$$

Esto quiere decir, teóricamente, que solamente serán necesarios los 4 L/s durante 39,1 minutos al día, por lo que utilizar una producción de ACS instantánea (sin acumulación) llevará a un sistema sobredimensionado y poco eficiente.

Por curiosidad, se calcula a continuación la potencia necesaria para calentar instantáneamente ( $P_{ins}$ ) el agua desde la temperatura de red ( $T_{red}$ ) – obtenida de la norma UNE 94.002/95, temperatura mínima de red para Oviedo – hasta la temperatura de consumo a 60°C.

$$P_{ins} = Q_C \cdot C_{p_{agua}} \cdot (T_{ACS} - T_{red}) = 4 \cdot 4,184 \cdot (60 - 9) = 854 \text{ kW}$$

### 7.1.3.- Producción de ACS con acumulación

La producción de ACS con acumulación se basa en mantener un volumen de agua a la temperatura de acumulación, normalmente de 60 °C, para cubrir el caudal demandado a la hora punta.

Esto permite disminuir bastante la potencia del sistema de generación de calor, pudiendo calentar el agua en tiempos mayores, normalmente entre 1 y 2 horas, y no instantáneamente.

El problema para realizar estos cálculos es conocer exactamente el caudal punta y su duración, para lo cual no existen datos oficiales. Para solucionarlo, en hoteles se suele tomar como consumo punta el 50% del consumo diario y disponer de un depósito con capacidad entre el 30 y 100% de ese valor. En este caso se ha optado por acumular el 50% del consumo punta.



Por otro lado, se considera que el tiempo de recuperación del agua del depósito (tiempo en calentar desde la temperatura de red hasta la de acumulación) es de unos 60 minutos.

Se resumen en la siguiente tabla los datos de partida.

Variable	Símbolo	Valor	Explicación
Consumo punta (L)	$D_{ACS-P}$	4.675	Es el 50% del consumo diario
Volumen acumulación (L)	$V_{acu}$	2.388	50 % del consumo punta
Volumen real acumulación (L)	$V_{acu-R}$	2.500	Marcado por el fabricante de depósitos LAPESA [16]
Diámetro depósito (m)	$\phi_{dep}$	1,66	Datos de LAPESA [16]
Longitud depósito (m)	$L_{dep}$	2,015	
Rendimiento producción ACS	$\eta_{ACS}$	90%	Rendimiento estimado producción de ACS
Temperatura de red (°C)	$T_{red}$	9	Temperatura mínima para Oviedo
Temperatura ACS (°C)	$T_{ACS}$	60	
Temperatura de acumulación (°C)	$T_{acu}$	65	Marcado por la legiolenosis
Temperatura choque térmico (°C)	$T_{cterm}$	70	
Temperatura máxima sistema de generación (°C)	$T_{max-BC}$	45	Temperatura máxima bomba de calor (ver apartado 8.1.3.)
Tiempo de recuperación (min)	$t_{rec}$	60	Tiempo que el sistema tarda en calentar el volumen de acumulación

Tabla 7.3.- Datos para el cálculo del sistema de calentamiento del ACS.

Se muestran a continuación los cálculos realizados, donde las fórmulas utilizadas se han obtenido de la guía IDAE [14]. Primero se calcula el factor de forma del depósito:

$$F_{dep} = 0,63 + 0,14 \cdot \frac{L_{dep}}{\phi_{dep}} = 0,63 + 0,14 \cdot \frac{2,015}{1,66} = 0,79$$

La energía que debe aportar la bomba de calor para calentar el agua desde la temperatura de red hasta los 45°C se calcula de la siguiente forma:

$$E_{BC} = V_{acu-R} \cdot (T_{max-BC} - T_{red}) \cdot \frac{1,16 \cdot F_{dep}}{1000 \cdot \eta_{ACS}} = 2500 \cdot (45 - 9) \cdot \frac{1,16 \cdot 0,79}{1000 \cdot 0,9}$$

$$E_{BC} = 92,79 \text{ kWh}$$

Y la potencia para determinar la potencia de la bomba se calcula con la energía y el tiempo de recuperación:



$$P_{BC} = \frac{E_{BC}}{t_{rec}} = \frac{131,5}{60 \text{ min} \cdot \frac{1 \text{ h}}{60 \text{ min}}} = 92,79 \text{ kW}$$

Para calentar el agua desde 45°C hasta los 65°C de acumulación, se realizará con una bomba de calor de alta temperatura (ver apartado 8.1.3). La potencia necesaria se calcula de la misma forma, cambiando las temperaturas de red y máximas por los 45°C y 65°C, respectivamente.

$$P_{BC-AT} = 47 \text{ kW}$$

Cuando se requiera elevar la temperatura a 70°C, se utilizará un sistema auxiliar por medio de una resistencia eléctrica. No supondrá un gran gasto, puesto el choque térmico se realizará cada cierto tiempo y solamente será necesario subir la temperatura en torno a 5 °C.

## 7.2.- Instalación de ACS

Se explicará en este apartado como se ha realizado la distribución del ACS a cada punto de consumo y el cómo y por qué se han elegido los diámetros y aislamientos de las tuberías y las bombas de elevación.

### 7.2.1.- Distribución del ACS

El ACS se genera en el sótano del edificio, donde se encontrarán los sistemas de generación de frío y de calor.

Del sótano se subirán las montantes por 4 patinillos, ubicados en distintas posiciones. De cada montante se realizará la distribución a cada planta y de ahí a cada zona y aparato sanitario que requiera agua caliente sanitaria.

Las tuberías utilizadas en los montantes, en las distribuciones y en las derivaciones serán del fabricante ABN, del modelo INSTALL CT FASER RD [17].

Los aparatos sanitarios que alimentará cada montante se pueden ver en los diagramas isométricos mostrados en los planos.

De todas formas, se va a proceder al cálculo de los diámetros de cada montante a continuación y se va a indicar el número y tipo de aparato sanitario que es suministrado por cada montante.

El proceso de cálculo es el siguiente:

- Paso 1: se busca, dentro de cada montante, el punto más alejado al que se suministra el ACS.
- Paso 2: desde ese punto, se recorre la tubería y se va aplicando la simultaneidad con la misma fórmula del apartado 7.1.1. En los montantes nunca se supera un caudal total de 20 L/s, por lo que los coeficientes A, B y C son siempre 0,698, 0,5, y -0,12, respectivamente.



- Paso 3: se van eligiendo diámetros para que la velocidad del fluido, con el caudal de cálculo de cada tramo, se encuentre entre 0,5 y 3,5 m/s, marcado por norma [13].
- Paso 4: con los datos proporcionados por el fabricante de las tuberías, se calcula la pérdida de carga por rozamiento y se suman las pérdidas singulares y la altura manométrica, con lo que se obtiene la altura total que debe aportar la bomba de circulación.

### **7.2.2.- Montante 1**

El punto más alejado del montante 1 es la habitación 242. De esa habitación sale la derivación de la bañera y del lavamanos. A partir de ahí se van calculando los caudales simultáneos con las demás derivaciones del resto de habitaciones, hasta que se baja a la primera planta. En la primera planta se suman los caudales de la misma, con la simultaneidad, y se baja hasta la planta baja, donde se vuelven a sumar los caudales aportados a esta planta por el montante 1. Se puede ver en la Figura 7.1 un diagrama isométrico que representa la distribución del montante 1.

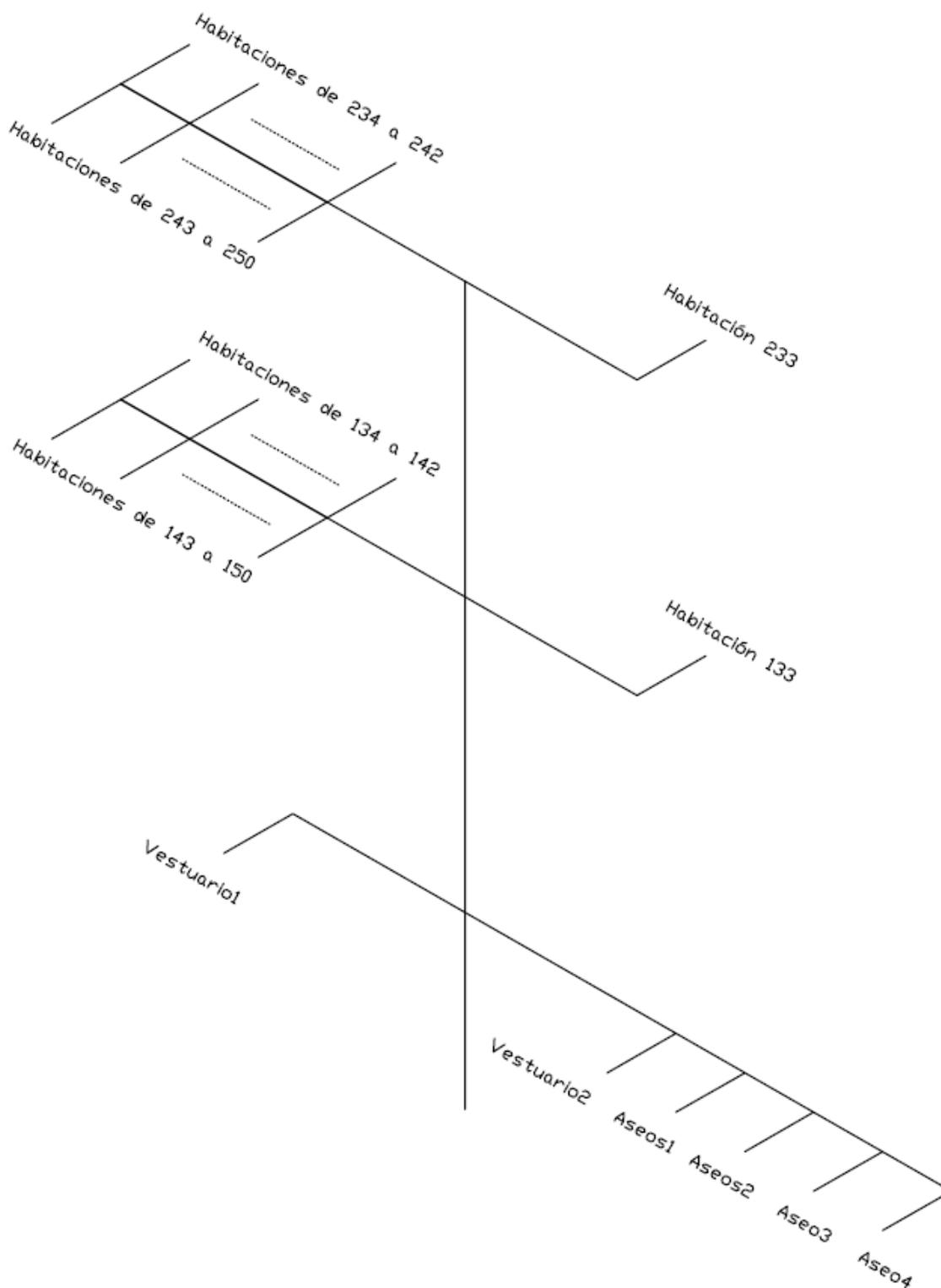


Figura 7.1.- Diagrama isométrico del montante 1.

Destacar que en cada ramal existente se dispondrán de válvulas de corte con los diámetros respectivos.



Se muestra en la siguiente tabla como se ha procedido con el cálculo de los diámetros de las tuberías y de la pérdida de carga del montante 1, que se irá explicando paso a paso a continuación.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Plantas	Tramos	Qt (L/s)	Qc (L/s)	D. ext (mm)	Espesor (mm)	D. int (mm)	V (m/s)	R (mbar/m)	R (mca/m)	Longitud (m)	R (mca)	H (mca)
Planta segunda	Derivación bañera	0,15	0,150	20	2,8	14,4	0,92	8,84	0,088	1,5	0,13	
	Derivación lavamanos	0,03	0,030	20	2,8	14,4	0,18	0,40	0,004	5	0,02	
	1	0,18	0,176	20	2,8	14,4	1,08	11,61	0,116	4	0,46	
	3	0,54	0,393	20	2,8	14,4	2,41	47,26	0,473	3,5	1,65	
	5	0,9	0,542	25	3,5	18	2,13	28,48	0,285	4,5	1,28	
	7	1,26	0,664	25	3,5	18	2,61	41,04	0,410	3,5	1,44	
	9	1,62	0,768	32	4,4	23,2	1,82	15,53	0,155	4,5	0,70	
	11	1,98	0,862	32	4,4	23,2	2,04	19,09	0,191	3,5	0,67	
	13	2,34	0,948	32	4,4	23,2	2,24	22,65	0,227	4,5	1,02	
	15	2,7	1,027	32	4,4	23,2	2,43	26,21	0,262	3,5	0,92	
	17	3,06	1,101	32	4,4	23,2	2,60	29,77	0,298	2	0,60	
18	3,24	1,136	40	3,7	32,6	1,36	6,12	0,061	2	0,12		
Sube a P2	18	3,24	1,136	40	3,7	32,6	1,36	6,12	0,061	4	0,24	4
Sube a P1	36	6,48	1,657	40	3,7	32,6	1,98	11,94	0,119	4	0,48	4
Sube a Pbaja	36B + 18 LAV. + 6 DUCHAS	7,62	1,807	40	3,7	32,6	2,16	13,96	0,140	3	0,42	3
<b>SUMA</b>											<b>9,25</b>	<b>11</b>

Tabla 7.4.- Cálculo de diámetros y pérdidas de carga del montante 1.



En la primera y segunda columna se muestran los tramos principales que se han considerado para el cálculo. En la planta segunda se ha de suministrar agua a 36 baños, al igual que en la primera planta. En la planta baja se suministra a 18 lavamanos y 6 duchas. Entonces, para subir desde la planta baja hasta la segunda planta existen los tramos con distintos caudales de la segunda columna.

En la columna 3 se muestra el caudal total, calculado multiplicando el caudal requerido de cada aparato por el número de esos aparatos y en la columna 4 los caudales simultáneos calculados como se ha explicado en el paso 2 del apartado 7.2.1.

En las columnas 5, 6 y 7 se pueden ver los diámetros elegidos y en la columna y en la columna 8 la velocidad del fluido en la tubería con el caudal simultáneo. Nótese que todas las velocidades se encuentran entre los límites marcados por norma (0,5 a 3,5 m/s), excepto en el lavamanos, pues se ha elegido el menor diámetro de tubería posible.

En la columna 9 y 10 se muestran las pérdidas de carga por metro dadas por el fabricante para los diámetros y caudales de cada tramo. Con la columna 11 se calcula la pérdida de carga por tramo (columna 12) y se suma. Por último, en la columna 13 se suma la altura entre plantas de los tramos verticales.

Estos dos valores de 9,25 mca y 11 mca se suman para obtener la altura total que debe dar la bomba del circuito de circulación primario.

Por último, los espesores mínimos de aislamiento para el ACS los marca el RITE 2007 [4] en función del diámetro exterior. Para diámetros exteriores menores de 35 mm se requiere un espesor de aislamiento de 40 mm y para diámetros entre 35 y 60 mm un espesor de 45 mm.

### **7.2.3.- Montante 2**

El punto más alejado del montante 2 es la habitación 232 (o 251). Realizando los mismos cálculos se obtiene una pérdida de carga de 9,5 mca y 11 mca de altura.

### **7.2.4.- Montante 3**

El punto más alejado del montante 3 es la habitación 223 (o 260). Realizando los mismos cálculos se obtiene una pérdida de carga de 8,8 mca y 11 mca de altura.

### **7.2.5.- Montante 4**

El punto más alejado del montante 4 es el segundo baño de la habitación 207. Realizando los mismos cálculos se obtiene una pérdida de carga de 8,9 mca y 11 mca de altura.

## **7.3.- Bombas de circulación y recirculación**

Para suministrar el agua desde la sala de generación de calor hasta los puntos de consumo se utilizan las bombas de circulación, una para cada montante.



Por otro lado, las bombas de recirculación se utilizan en los puntos más alejados de cada planta para evitar que el volumen acumulado de agua fría en las tuberías intermedias se tenga que “tirar” para poder disponer del ACS requerido.

### 7.3.1.- Bombas de circulación

Se utilizará un grupo de dos bombas en paralelo para cada montante. Los caudales y altura que las bombas deben vencer se muestran en la siguiente tabla.

La pérdida de carga total (P. Total) se ha obtenido como la suma de las siguientes pérdidas:

- Pérdida de carga por rozamiento (R): calculada en los apartados anteriores.
- Pérdidas de carga singulares (S): debidas a las válvulas de corte, filtros, codos, Ts, etc. Se calculan como el 30% de las pérdidas de carga por rozamiento, recomendado así por el CTE.
- Altura manométrica (H): para subir desde la sala de generación de calor hasta el punto más alejado.

Montante	R (mca)	S (mca)	H (mca)	P. Total (mca)	Q (m <sup>3</sup> /h)
Montante 1	9,25	2,78	11	23,0	6,50
Montante 2	9,50	2,85	11	23,4	6,54
Montante 3	8,81	2,64	11	22,5	6,27
Montante 4	8,91	2,67	11	22,6	6,05

Tabla 7.5.- Altura y caudal de las bombas de circulación.

Al ser alturas y caudales muy parecidos, se escogerán las mismas bombas para todos los montantes, con un caudal de 6,5 m<sup>3</sup>/h y una altura de 24 mca.

Modelo bomba	Unidades
KSB ETL 032-032-160	8

Tabla 7.6.- Bombas de circulación.

### 7.3.2.- Bombas de recirculación

El caudal de recirculación se calculará de manera que en el grifo más alejado la diferencia de temperatura no supere los 3 °C desde la salida del acumulador, utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_{recir\_PC} = \frac{Pérdida\ de\ calor\ (W)}{3\ ^\circ C \cdot 1,16\ (Wh/^\circ C \cdot L)} = \frac{Pérdida\ de\ calor\ (W)}{3,48}$$

Además, se debe tener en cuenta que no se recirculará menos de 250 L/h por montante y menos del 10% del caudal de diseño.



Por otro lado, las pérdidas de calor en tuberías se muestran en la guía técnica del IDAE en función del diámetro exterior de la tubería, del salto térmico y del espesor del aislamiento. Estas condiciones son:

- Diámetros exteriores: 20, 25, 32 y 40 mm.
- Salto térmico:  $50-20 = 30$  °C
- Espesor: 45 mm para diámetros de 20, 25 y 32 y 45 mm para diámetro 40.

Las pérdidas de calor totales son de 1.200 W, por lo que:

$$Q_{recir_{PC}} = \frac{1.200}{3,48} = 344,8 \text{ L/h}$$

Por otro lado, al ser 4 montantes se debe recircular:  $4 \cdot 250 \text{ L/h} = 1.000 \text{ L/h}$ . Y el 10 % del caudal de diseño es:  $4 \text{ L/s} \cdot 3.600 \cdot 0,1 = 1.440 \text{ L/h}$

Por tanto, se deben recircular en total 1.440 L/h, por ser el mayor de los tres. Además, se tendrán los siguientes caudales y diámetros – establecidos en el HS4 – para cada tramo:

- Tramo principal:
  - ✓ Caudal: 1.440 L/h
  - ✓ Diámetro nominal: 32 mm
- Tramo de distribución de cada montante:
  - ✓ Caudal:  $1.440/4 = 360 \text{ L/h}$
  - ✓ Diámetro nominal: 25 mm
- Derivación a cada planta:
  - ✓ Caudal:  $360/3 = 120 \text{ L/h}$
  - ✓ Diámetro nominal: 20 mm

Un esquema simplificado de dos montantes del circuito de recirculación se presenta a continuación. En rojo se ve la distribución del circuito primario de ACS y en verde la recirculación con los diámetros antes comentados.

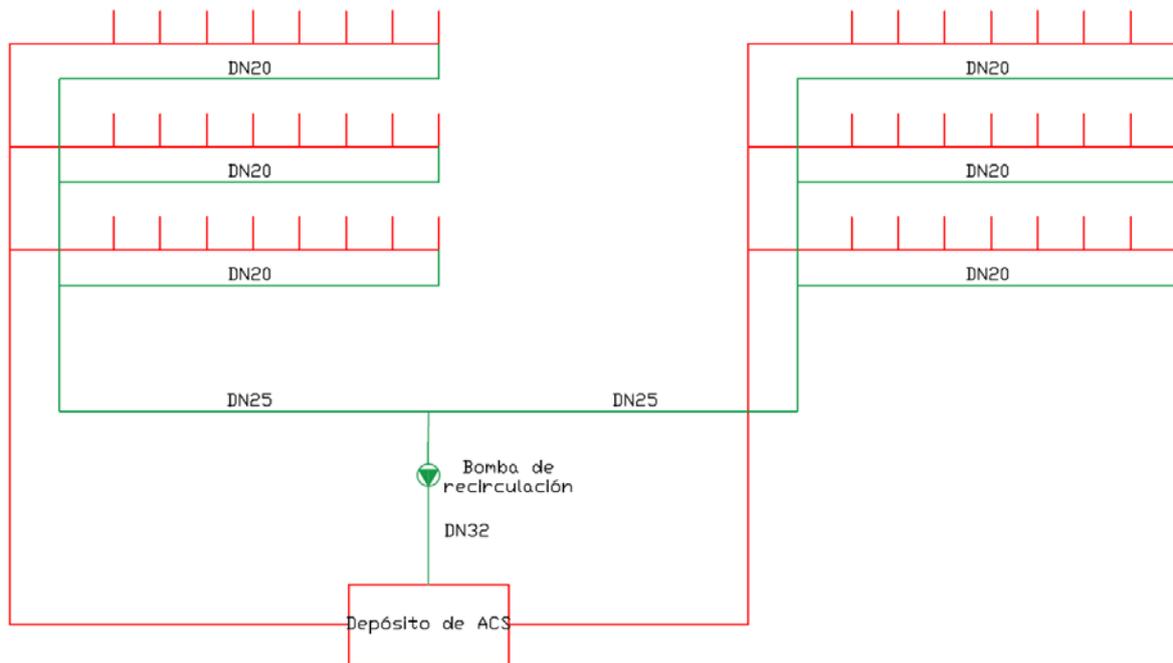


Figura 7.2.- Esquema simplificado de recirculación en dos montantes.

Entonces, el circuito de recirculación es un circuito cerrado donde la bomba solo debe vencer las pérdidas por rozamiento. Realizando los mismos cálculos que en la Tabla 7.4, pero con otros diámetros, caudales y longitudes, se tendrá la siguiente pérdida de carga y caudal que debe aportar la bomba. También se muestra el modelo de bomba elegida.

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Altura (mca)	Modelo	Unidades
1,44	1,5	KSB-ETL 032-032-160	2

Tabla 7.7.- Bombas de recirculación.

## 7.1.- Elementos auxiliares

Como ya se ha comentado, el circuito de ACS incluirá además accesorios que permitan el correcto funcionamiento del sistema.

Se dispondrán de los siguientes elementos, colocados donde se indican:

- Válvulas de corte: se colocarán en cada subida principal de los montantes, tanto en el circuito primario como en el de recirculación y en cada aparato. Por ello, se tendrán válvulas de corte de distintos tamaños.
- Válvulas antirretorno: se colocarán en la subida principal de los montantes del circuito primario y en el de recirculación.
- Válvulas termostáticas: en duchas y bañeras se colocarán válvulas termostáticas para realizar la mezcla con el agua fría y controlar la temperatura.



## 7.2.- Mediciones ACS

Se resumen a continuación las mediciones de tuberías y aislamientos, bombas, válvulas de corte, de antirretorno y termostáticas.

Descripción	Unidad	Medición
Tubería PPR Ø40	m	174
Tubería PPR Ø32	m	184
Tubería PPR Ø25	m	104
Tubería PPR Ø20	m	152
Aislamiento Ø40 e/45mm	m	174
Aislamiento Ø32 e/40mm	m	184
Aislamiento Ø25 e/40mm	m	104
Aislamiento Ø20 e/40mm	m	152
Bomba KSB ETL 032-032-160	ud	10
Válvula de bola roscada Ø40	ud	4
Válvula de bola roscada Ø25	ud	4
Válvula de bola roscada Ø20	ud	339
Válvula antirretorno Ø40	ud	8
Válvula termostática Ø20	ud	148

Tabla 7.8.- Mediciones ACS.



## 8.- SISTEMAS DE GENERACIÓN DE FRÍO Y DE CALOR

Para la generación de frío y de calor se utilizarán bombas de calor. Se utilizarán tres tipos de bombas de calor en función de las condiciones de funcionamiento y de aplicación:

- Para la climatización del hotel se utilizarán bombas de calor condensando al agua de mar.
- Para el proceso de climatización del spa y calentamiento del vaso de agua de la piscina se utilizará una bomba multiciclo.
- Para el pre-calentamiento del ACS se utilizará el calor residual de la bomba multiciclo.
- Para el calentamiento final del ACS se utilizará una bomba de calor de alta temperatura.

Se resumen a continuación las cargas de refrigeración, calefacción y ACS que se han ido calculando a lo largo del documento. Se han aplicado una serie de simultaneidades con el fin de no realizar un sobredimensionamiento excesivo, pues las cargas calculadas son las máximas y hay que tener en cuenta que el hotel no siempre estará en máxima ocupación.

Uso	Carga	Simultaneidad	Valor (kW)
Climatización hotel	Frío	85%	329
	Calor	85%	263
Zona spa	Frío	90%	122
	Calor	90%	170
ACS	9 a 45°C	100%	93
	45 a 65°C	100%	46

Tabla 8.1.- Resumen cargas frío y calor.

### 8.1.- Bombas de calor

#### 8.1.1.- Bombas de calor agua de mar-agua

Para la generación de frío y de calor de la climatización de las habitaciones y zonas comunes, sin contar la zona de spa, se utilizarán dos bombas de calor que cedan la energía al mar, condensando o evaporando en función del modo de funcionamiento.

Estas bombas solamente funcionarán en frío o en calor, pudiendo combinarse para poder trabajar las dos en el mismo modo o que una trabaje en modo frío y otra en modo calor. Esto permite no sobredimensionar la instalación y poder dar frío o calor simultáneamente.

Se han elegido este tipo de bombas por la cercanía de la instalación del mar. La ventaja con respecto a otras bombas de calor, como pueden ser las que intercambian energía con el aire, es un mayor rendimiento estacional, debido a la poca variación de la temperatura del agua de mar con respecto al aire.

Teniendo potencias de aproximadamente 330 kW en frío y 260 kW en calor, se han elegido dos bombas de calor reversibles agua-agua con fluido R410A del fabricante DAIKIN, modelo EWHQ-G-SS190 [18], como la mostrada en la siguiente imagen.



Figura 8.1.- Bomba de calor agua de mar-agua [18].

Estas máquinas disponen de valores de COP y EER de aproximadamente 3,9 y de valores estacionales ESEER y SEER de casi 5, con potencias de refrigeración y calefacción de 160 kW y 201 kW, respectivamente.

El funcionamiento de esta parte, representado en la Figura 8.2, será el siguiente:

- Por medio de bombas hidráulicas se elevará agua marina hasta unos intercambiadores de calor. Tanto las bombas hidráulicas como los intercambiadores de calor deben estar fabricados con protecciones especiales para evitar la corrosión del agua marina.
- El intercambio de energía entre las bombas de calor y el mar se realiza mediante unas bombas de circulación y el intercambiador antes comentado.
- De cada bomba de calor sale y entra una tubería, que mediante válvulas de tres vías envían el calor o el frío, dependiendo del modo de funcionamiento, a los colectores de frío y de calor.



- De estos colectores se envía el agua de refrigeración y de calefacción mediante las bombas de circulación calculadas en apartados anteriores a los siguientes circuitos:
  - ✓ A los climatizadores de las zonas de gran ocupación.
  - ✓ A las UTAs que atemperan el aire impulsado a los inductores
  - ✓ A los inductores de las habitaciones, pasillos, oficinas y vestuarios.
  - ✓ Y a los colectores de la bomba de calor mult ciclo, por si en alguna ocasión se produce un fallo.
- Además, el sistema dispone de válvulas de corte, termostatos, presostatos, purgadores, vasos de expansión y otros elementos para el correcto funcionamiento.

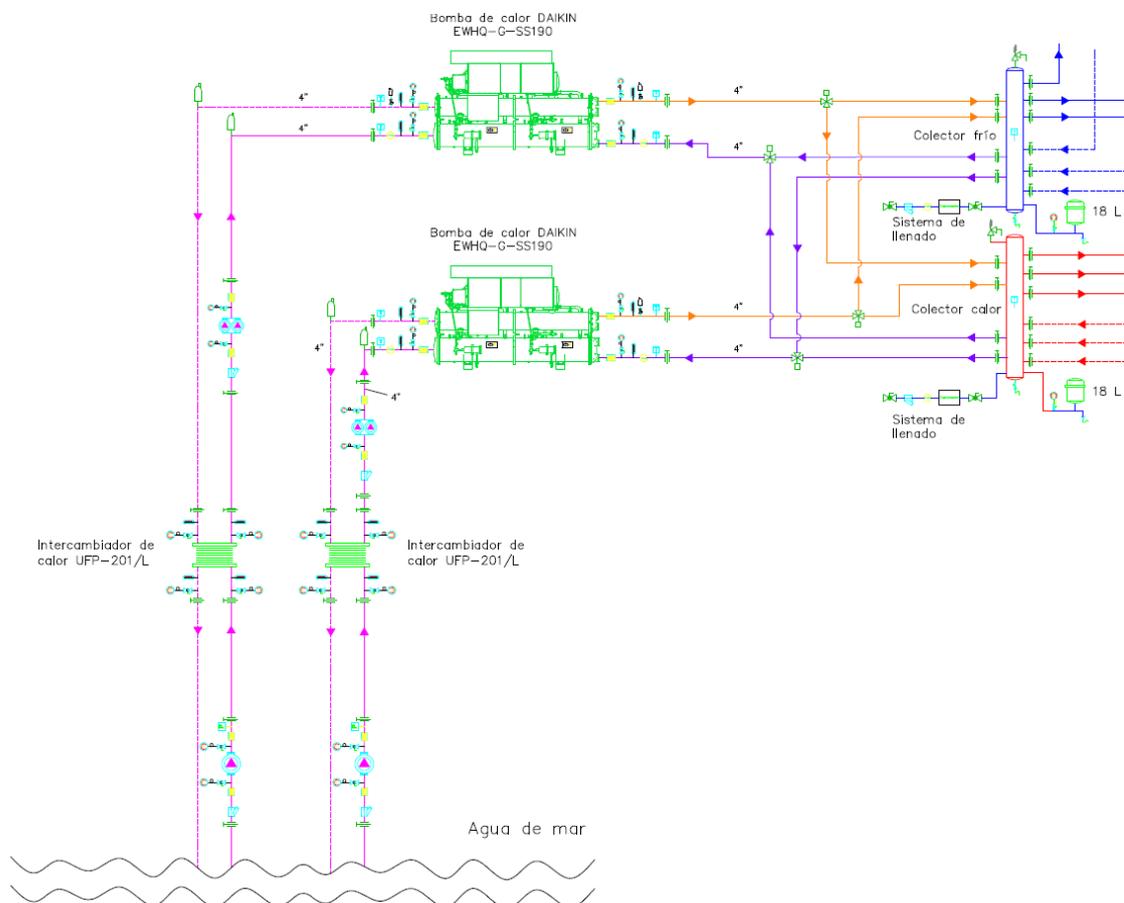


Figura 8.2. Funcionamiento parte bomba de calor agua-agua.

### 8.1.2.- Bomba de calor mult ciclo

Una bomba de calor mult ciclo o 4 ciclos funciona en modo refrigeración y calor a la vez, realizando los intercambios de energía entre los focos de frío y calor.

La gran ventaja de estas máquinas, si se requieren cargas de refrigeración y calor simultáneamente, es el alto rendimiento que pueden dar, normalmente llamado TER<sup>2</sup>. Pueden llegar a valores de  $TER = 9$ , por lo que son sistemas muy rentables y que permiten no incorporar sistemas de energía solar térmica para el calentamiento del vaso de agua o del ACS, tal como impone el CTE.

Por ello, se han elegido para la climatización de las zonas de spa, donde se requiere de frío y calor simultáneo y las cargas son muy parecidas.

Además, si cuando se necesite más potencia en frío que en calor, este calor sobrante se puede aprovechar para el precalentamiento del ACS.

De todas formas, en los casos donde parte de esa energía sobre, ya sea de frío o de calor, la bomba de calor multiciclo la cede al ambiente exterior por medio de ventiladores.

Entonces, con las cargas de la zona de spa de la Tabla 8.1 se ha elegido la bomba de calor Y-Pack EXP de bajo consumo, modelo TXAETY 2130, del fabricante RHOSS [19], que se muestra en la siguiente imagen.



Figura 8.3.- Bomba de calor multiciclo [19].

Por otra parte, se resumen en la Tabla 8.2 las características técnicas más importantes de esta bomba de calor.

Se comprueba el alto rendimiento incluso trabajando solamente en frío o en calor y el valor de casi 8 cuando se trabaja en los dos modos.

<sup>2</sup> TER: coeficiente que relaciona la potencia aportada de frío y calor sobre la potencia eléctrica consumida.

Descripción	Unidades	Valor
Potencia frigorífica	kW	135
Potencia térmica	kW	174
E.E.R.	-	3,11
C.O.P.	-	3,28
T.E.R.	-	7,89

Tabla 8.2.- Características técnicas bomba de calor multiciclo.

El funcionamiento de esta parte de generación de frío y de calor, mostrado en la Figura 8.4, será el siguiente:

- La bomba de calor multiciclo generará al mismo tiempo, cuando se requiera, calor y frío. De la misma forma que en la bomba de calor anterior, este frío y calor se almacena en colectores con sus respectivos vasos de expansión.
- De estos colectores, por medio de bombas de circulación, se enviará el agua a los siguientes circuitos:
  - ✓ A las baterías de frío y de calor del climatizador de las zonas de spa, que realizará la deshumectación y la climatización de estas zonas.
  - ✓ Al calentamiento del vaso de agua de la piscina y jacuzzi.
  - ✓ Al precalentamiento del ACS, desde la temperatura de red hasta los 45°C.
- Además, parte las bombas de calor agua-agua se conectan al circuito de la bomba de calor multiciclo, por el posible fallo de la misma.
- Del mismo modo que anteriormente, los circuitos disponen de una serie de elementos que aseguren el funcionamiento y seguridad de la instalación.

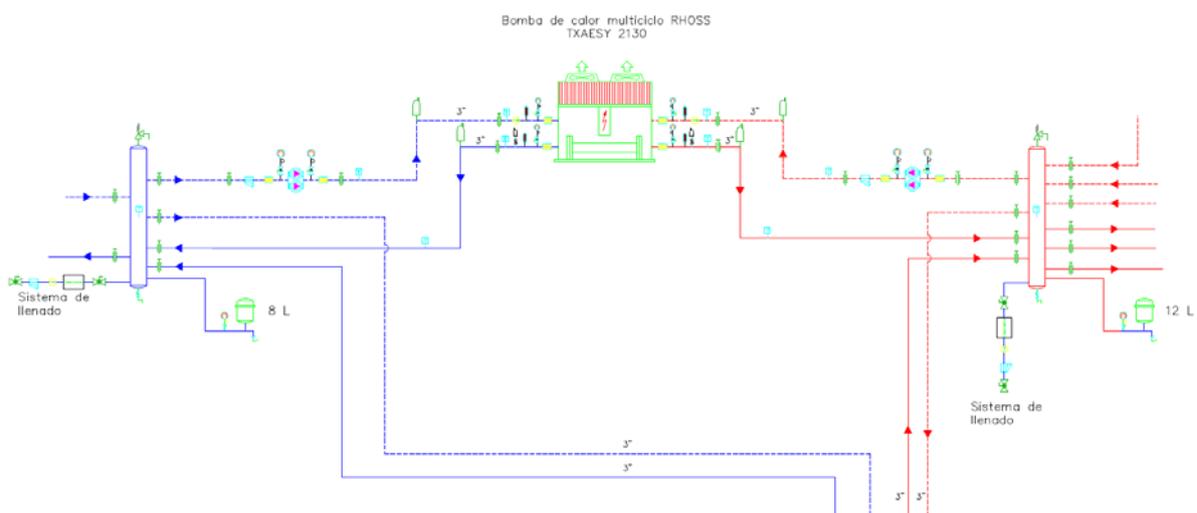


Figura 8.4.- Funcionamiento parte bomba multiciclo.



### 8.1.3.- Bomba de calor de alta temperatura

La bomba de calor de alta temperatura se utiliza para el calentamiento del ACS desde la temperatura máxima aportada por las bombas de calor multiciclo hasta la temperatura de acumulación de 65°C.

Estas bombas deben poder calentar el agua hasta unos 65°C mínimo, por lo que se elige la bomba de calor de alta temperatura del fabricante CARRIER, modelo 61 AF055 [20], con las características siguientes:

- Capacidad nominal con temperatura de salida de 65°C: 53,3 kW
- COP con temperatura de salida de 65°C: 2,68
- Intercambio de energía con el aire exterior.



Figura 8.5.- Bomba de calor de alta temperatura CARRIER 61 AF [20].

Entonces el funcionamiento, mostrado en la Figura 8.6, será el siguiente:

- Se tendrá agua a 45°C proveniente de las bombas de calor multiciclo en un colector.
- Por medio de un intercambiador de calor entre este colector y el agua de red se calienta hasta aproximadamente 45°C. En realidad es algo menos.
- Esta agua a 45°C se introduce al depósito de ACS, el cual dispone de un serpentín por donde discurre el agua proveniente de la bomba de calor de alta temperatura, por lo que el agua acumulada se calienta hasta la temperatura deseada.
- También se introduce al depósito parte del agua recirculada, realizando así la mezcla.

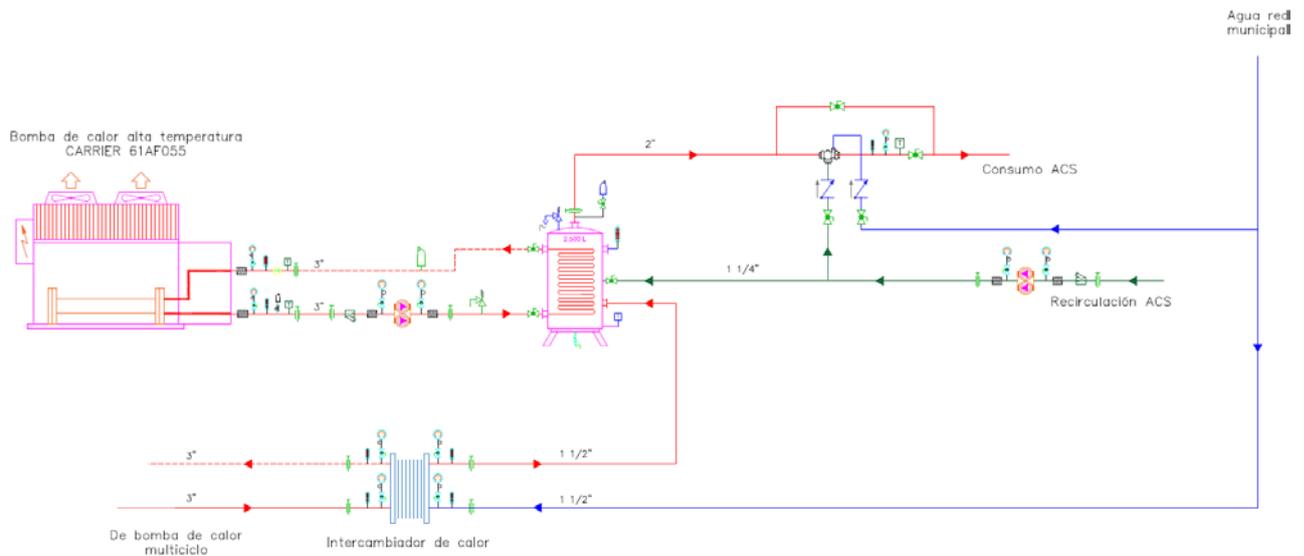


Figura 8.6.- Funcionamiento parte bomba de calor de alta temperatura.

## 8.2.- Otros elementos

Como se ha visto, para el correcto funcionamiento de la generación de frío y de calor, así como el adecuada regulación y control con el fin de ser lo más eficiente posible y el intercambio de energía entre distintos focos es necesario una serie de elementos:

- Colectores: almacenar el frío y el calor para evitar arranques y paradas con alta frecuencia y mejorar el rendimiento global de la instalación.
- Vasos de expansión: disminuir el efecto de los cambios en el volumen del agua cuando se enfría y se calienta.
- Intercambiadores de calor: realizar el intercambio de energía entre los distintos focos de la instalación.
- Bombas de elevación y circulación: para transportar el fluido caloportador (agua) entre los intercambiadores, depósitos y colectores.
- Válvulas: válvulas de corte, de regulación, de 3 vías, antirretorno, de seguridad, etc.
- Otros elementos, como filtros y dispositivos de medida.

### 8.2.1.- Colectores

Los colectores se eligen en función del mayor diámetro de tubería que llega al mismo.

Según normas y hecho basados en la experiencia, se suele indicar que dispongan de un diámetro entre 3 y 4 veces ese diámetro máximo de tubería. La longitud, que no se suele representar, se elige en función de las tuberías que se van a conectar al colector, manteniendo una distancia mínima entre ambas.



Entonces en esta instalación se disponen de dos colectores de frío y dos de calor, unos para la parte de las bombas de calor agua-agua y otros para la bomba de calor multiciclo.

Los dos colectores de las bombas de calor agua-agua son de 12" – diámetro máximo de tubería 4" -, mientras que los dos colectores de las bombas de calor multiciclo son de 10" – diámetro máximo de tubería 3".

### **8.2.2.- Vasos de expansión**

Los vasos de expansión se eligen en función de la variación de temperatura del agua, del volumen de agua de los circuitos y de otras consideraciones como son las presiones de trabajo, presiones máximas admisibles y tipo de vaso de expansión.

Las variaciones de temperatura se suponen, tanto como para los circuitos de calor como de frío, en torno a 7-10°C.

El volumen se calcula con las longitudes de tubería, los diámetros de las mismas y el almacenamiento en colectores, inductores, climatizadores, etc.

La presión de trabajo es de aproximadamente 2,5 bar y la presión máxima de 6 bar.

Por último, se ha elegido el vaso de expansión del fabricante SEDICAL modelo NG.

En función de estos parámetros comentados se han elegido los siguientes vasos de expansión:

- Para el circuito de frío de la bomba de calor multiciclo: NG-8/6, con un volumen de 8 L.
- Para el circuito de calor de la bomba de calor multiciclo: NG-12/6, con un volumen de 12 L.
- Para los circuitos de frío y de calor de la bomba de calor agua-agua: 2 unidades de NG-18/6 (uno para frío y otro para calor), con un volumen de 18 L.

### **8.2.3.- Intercambiadores de calor**

En este proyecto se disponen de tres intercambiadores de calor, dos para realizar el intercambio de energía con el agua de mar y otro para realizar el calentamiento del agua caliente sanitaria.

#### **8.2.3.1.- Intercambiadores de calor agua de mar-agua**

Este tipo de intercambiadores se eligen de la siguiente manera:

- Deben realizar el intercambio de energía de manera que se tengan los saltos de temperaturas impuestos por el fabricante, de 30 a 35°C cuando se condensa y de 5 a 10°C cuando se evapora.
- No deben devolver demasiado caliente o fría el agua de mar, ya que no se permiten saltos mayores de 2°C.



- Deben disponer de placas de titanio para evitar la corrosión producida por el mar.

Con estas consideraciones, el caudal máximo de agua de la bomba de calor – 33 m<sup>3</sup>/h (ver documentación de equipos) – y con la ayuda del programa de SEDICAL de selección de intercambiadores de calor, se ha elegido el siguiente intercambiador de calor UFP-201/28L-IS-PN6 de SEDICAL con las características que se muestran:

Descripción	Valor
Material placas	Titanio de 0,5 mm
Área intercambio	12 m <sup>2</sup>
Pérdida de carga en lado bomba de calor	0,9 mca
Caudal en lado bomba de calor	33 m <sup>3</sup> /h
Pérdida de carga en lado agua de mar	4,5 mca
Caudal en lado agua de mar	84 m <sup>3</sup> /h

Tabla 8.3.- Características intercambiador de calor agua de mar-agua.

### 8.2.3.2.- Intercambiador de calor parte ACS

El agua fría entrará al intercambiador a razón de unos 7.000 L/h – un caudal algo menor que el de cálculo del ACS (apartado 7.1.1) – y a temperaturas entre 9 y 16°C, en función de la época del año. De este saldrá aproximadamente a 40°C.

En el lado caliente, el agua proveniente de la bomba de calor multiciclo entrará a 45°C y saldrá con un salto térmico de unos 10°C.

Para no sobredimensionar excesivamente el intercambiador, se ha partido de los siguientes datos para su selección:

- Temperaturas lado frío: entrada 13°C y salida 40°C.
- Caudal lado frío: 7.000 L/h.
- Temperaturas lado caliente: entrada 45°C y salida 35°C.

Y de igual manera que en el intercambiador del agua de mar, se elige el intercambiador de calor modelo UFP-105/L del fabricante SEDICAL.

### 8.2.4.- Bombas de elevación y circulación

Las bombas hidráulicas que faltan por calcular son las de elevación del agua de mar y las que transportarán el agua desde el intercambiador de calor del agua de mar hasta las bombas de calor agua-agua.

En la Tabla 8.3 se muestran las pérdidas de carga y el caudal en el lado de la bomba de calor y en el lado del agua de mar. A estas pérdidas habrá que añadir las pérdidas por



rozamiento en tuberías, las pérdidas por elementos singulares y en el caso de las bombas de elevación la diferencia de altura entre el intercambiador y el agua de mar.

Se muestran a continuación una serie de valores aproximados, pues no se conocen exactamente las longitudes de tubería ni la diferencia de alturas.

- Tuberías de elevación del agua de mar:
  - ✓ Diámetro: 5"
  - ✓ Longitud aproximada: 200 m
  - ✓ Material: PPR
  - ✓ Pérdida de carga por unidad de longitud: 30 mmca/m
  - ✓ Incremento por pérdidas singulares: 30%
  - ✓ Diferencia de altura: 20 m
- Tuberías desde intercambiador de calor hasta bomba de calor agua-agua:
  - ✓ Diámetro: 4"
  - ✓ Longitud aproximada: 50 m
  - ✓ Material: PPR
  - ✓ Pérdida de carga por unidad de longitud: 25 mmca/m
  - ✓ Incremento por pérdidas singulares: 30%
  - ✓ Diferencia de altura: no importa, trabaja en circuito cerrado

Entonces las alturas y los caudales que deben aportar las bombas se resumen en la siguiente tabla. También se incluyen las bombas seleccionadas, de la misma manera que en apartados anteriores.

Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Altura (mca)	Modelo	Unidades
84	40	KSB UPA 200B-80/2b	2
33	1,8	KSB ETL 065-065-160	4

Tabla 8.4.- Bombas de elevación y circulación.

Destacar que las bombas de elevación del agua de mar están fabricadas con acero inoxidable para evitar la corrosión.

## 8.2.5.- Válvulas y otros accesorios

Las válvulas más importantes incluidas en el sistema de producción, con los diámetros mostrados en el esquema de principio, son las siguientes:

- Válvulas de mariposa: colocadas antes y después de las bombas hidráulicas, de las bombas de calor, de los colectores y de los intercambiadores de calor para diámetros mayores de 3".
- Válvulas de seguridad: colocadas en todos los circuitos para evitar una presión excesiva.
- Válvulas divisoras de 3 vías.



También se disponen de otros elementos como purgadores de aire, sondas de temperatura y presión, filtros antes de las bombas, sistemas de llenado y vaciado, manómetros...

## 8.3.- Justificación del no uso de energía solar térmica

El Código Técnico de la Edificación exige en el documento básico HE ahorro de energía, sección HE 4 un porcentaje mínimo de contribución solar para el agua caliente sanitaria y para la climatización de piscinas cubiertas.

Este porcentaje depende, hasta el momento, de la zona climática. Navia pertenece a la zona climática I, por lo que un 30% de la demanda de ACS y de la climatización de piscinas cubiertas debe aportarse mediante energía solar térmica.

En este caso no se ha decidido incluir un sistema de energía solar térmica por las siguientes razones:

- Son sistemas dependientes de la radiación solar. En invierno, cuando la demanda térmica es mayor, la radiación solar es baja, por lo que debe existir un sistema de apoyo. En verano, se necesitan sistemas de disipación de energía para el mantenimiento.
- El sistema utilizado mediante bombas de calor de alta eficiencia puede funcionar durante todo el año sin realizar paradas y con altos rendimientos.

Entonces, con el fin de cumplir la normativa, se debe realizar una justificación en base a una serie de cálculos.

Para realizar esta justificación mediante bombas de calor se recurre a la Directiva 2009/28/CE [21], que reconoce como energía renovable, en determinadas ocasiones, la energía aportada por las bombas de calor.

Para que la energía aportada por la bomba de calor sea considerada como energía renovable, se establece un valor llamado SPF que si es mayor de 2,5 no será necesaria la energía solar térmica en la instalación.

El cálculo de este parámetro se puede realizar con la ayuda de un documento elaborado por el IDAE “Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios” [22], de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$SPF = COP \cdot FP \cdot FC$$

Donde FP y FC son factores de corrección que dependen de la fuente energética, de la zona climática y de la temperatura de condensación de la bomba de calor.

De todas formas, en el anexo I de ese documento, se dan los COP mínimos para la justificación del no uso de energías renovables.



### **8.3.1.- Justificación del ACS**

Considerando que la mayor parte de la energía aportada al ACS será por las bombas de calor que ceden energía al agua de mar (energía hidrotérmica) y por las bombas de calor multiciclo (energía hidrotérmica), se debe disponer de un COP mínimo de 4,92 para la zona climática C.

El COP de las bombas de calor que ceden energía al agua de mar es de ... y el de las bombas de calor multiciclo de 7,89, por lo que se cumple la condición de no ser necesario el aporte de energía solar térmica.

### **8.3.2.- Justificación de la climatización de las zonas de spa**

La climatización de las zonas de spa se realiza en su totalidad con las bombas de calor multiciclo.

Según el anexo I del documento comentado, para calefacción a 45°C con energía hidrotérmica y en la zona climática C se debe tener un COP mínimo de 3,51, por lo que también se cumple esta condición.



## 9.- CONCLUSIONES

En el presente documento se ha realizado el diseño completo de las instalaciones de climatización, ventilación, tratamiento térmico de zonas de spa y Agua Caliente Sanitaria cumpliendo las normas vigentes y tratando de ser lo más eficiente posible energéticamente.

En primer lugar, se ha realizado una descripción del edificio a tratar, analizando la ubicación, los cerramientos y las zonas y usos, con sus superficies, de todos los espacios requeridos.

Con todo esto, se han calculado los caudales de ventilación por zonas, plantas y el total del edificio, con el fin de diseñar la red de conductos y las rejillas de extracción e impulsión de determinadas zonas.

Después se ha procedido con la climatización de habitaciones y salas de gran ocupación, tratando de elegir las mejores unidades interiores con el fin del confort de los huéspedes, pero sin olvidar la condición de reducir el consumo energético.

Seguidamente se ha realizado el estudio de las zonas de spa y piscina interior, calculando las cargas y actuando en consecuencia para la elección de equipos eficientes que puedan recuperar la energía del proceso de deshumectación y aprovecharla para otros fines.

También se han diseñado las instalaciones de ACS, calculando caudales, red de tuberías y potencias de generación, cumpliendo la normativa antilegionela y otras consideraciones.

Finalmente, se han elegido los sistemas de generación de frío y calor y se ha explicado su funcionamiento conjunto y el porqué de esta elección.



## 10.- BIBLIOGRAFÍA

- [1] Google Maps. “Puerto de Vega, Navia, Asturias”. Disponible en:  
<https://www.google.com/maps/place/Puerto+de+Vega,+Asturias/@43.5644341,-6.6494559,17z/data=!4m5!3m4!1s0xd3158dd97ad30e5:0x2604f58383b25002!8m2!3d43.5649736!4d-6.647783> (visitada el 10 de marzo del 2019)
- [2] Código Técnico de Edificación (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo), sección HE (Ahorro de energía). Disponible en:  
<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-ahorro-energia.html>
- [3] Grupo ams. “Muro cortina”. Disponible en:  
<http://grupo-ams.es/especialidades/cubiertas-y-fachadas/instaladores-de-muro-cortina/>  
(visitada el 15 de marzo del 2019)
- [4] Reglamento de Instalaciones Térmicas (Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio). Disponible en:  
<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>
- [5] Código Técnico de Edificación (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo), sección SI (Seguridad de caso de incendio). Disponible en:  
<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-seguridad-caso-incendio.html>
- [6] iMventa Ingenieros. “Aplicaciones”. Disponible en:  
<https://www.imventa.com/aplicaciones> (visitada el 8 de abril del 2019)
- [7] e-ficiencia. “Inductores. Ventajas e inconvenientes”. Disponible en:  
<https://e-ficiencia.com/inductores-ventajas-e-inconvenientes/> (visitada el 26 de abril del 2019)
- [8] Schako. Unidades inductivas. Disponible en:  
<https://schako.com/es/productos/?c=446-sistemas-de-aire-agua> (visitada el 26 de abril del 2019)
- [9] Schako. Programa de diseño. Disponible en:  
<https://schako.com/es/servicio/programa-de-diseno/> (visitada el 1 de mayo del 2019)
- [10] Aristegui maquinaria. “Usos y ventajas de las tuberías de PP-R o polipropileno random”. Disponible en:  
<https://www.aristegui.info/usos-y-ventajas-de-las-tuberias-de-pp-r-o-polipropileno-random/>  
(visitada el 12 de mayo del 2019)
- [11] IMI Hydronic Engineering. “Equilibrado y control”. Disponible en:  
<https://www2.imi-hydronic.com/es/productos-y-soluciones/ta-balancing-and-control/>  
(visitada el 23 de mayo del 2019)



- [12] Schako. “Regulador de caudal”. Disponible en:  
<https://schako.com/es/productos/?c=494-cispositivos-de-regulacion> (visitada el 25 de mayo del 2019)
- [13] Código Técnico de Edificación (Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo), sección HS (Salubridad). Disponible en:  
<https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-salubridad.html> (visitada el 3 de junio del 2019)
- [14] IDAE (Instituto para la Diversificación de y Ahorro de la Energía). “Guía técnica Agua Caliente Sanitaria Central”. Disponible en:  
<https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-agua-caliente-sanitaria-central> (visitada el 4 de junio del 2019)
- [15] Norma UNE 149201/07. Dimensionamiento de instalaciones interiores.
- [16] Lapesa. “Master inox, en acero inoxidable de 1.500 hasta 6.000 litros”. Disponible en:  
<http://www.lapesa.com/es/agua-caliente-sanitaria/master-inox.html> (visitada el 10 de junio del 2019)
- [17] ABN Pipe Systems. “ABN//INSTAL CT FASER RD”. Disponible en:  
<https://www.abnpipesystems.com/productos/instal-ct-faser-rd-sistema-de-presion/> (visitada el 12 de junio del 2019)
- [18] DAIKIN. “Bomba de calor tipo scroll múltiple condensada por agua reversible en el lado de refrigerante, eficiencia estándar, sonido estándar”. Disponible en:  
[https://www.daikin.es/es\\_es/productos/EWHQ-G-SS.html](https://www.daikin.es/es_es/productos/EWHQ-G-SS.html) (visitada el 23 de junio del 2019)
- [19] RHOSS. “Climatización, Bombas de calor”. Disponible en:  
<https://rross.com/es/produce/climatizacion-es> (visitada el 20 de junio del 2019)
- [20] CARRIER. “61 AF, Bomba de calor aire-agua de alta temperatura”. Disponible en:  
[http://www.carrier.es/products/Chiller\\_HeatPumps/61AF022-105.php](http://www.carrier.es/products/Chiller_HeatPumps/61AF022-105.php) (visitada el 22 de junio del 2019)
- [21] Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de abril del 2009 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE
- [22] IDAE (Instituto para la Diversificación de y Ahorro de la Energía). “Prestaciones medias estacionales de las bombas de calor para producción de calor en edificios”. Disponible en:  
[https://www.fempa.es/usuario/documentos/20161207131039\\_prestaciones-medias-estacionales-bombas-de-calor\\_IDAE.pdf](https://www.fempa.es/usuario/documentos/20161207131039_prestaciones-medias-estacionales-bombas-de-calor_IDAE.pdf) (visitada el 26 de junio del 2019)