



**Escuela Superior  
de Ingeniería y Tecnología**  
Universidad de La Laguna

UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA**

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

**INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS  
EN UN HOTEL DE CUATRO ESTRELLAS EN EL  
MUNICIPIO DE ADEJE PARA EL  
APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE LA  
CUBIERTA DE APARCAMIENTO**

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

REALIZADO POR: **ADRIÁN RODRÍGUEZ MARTÍN**

TUTOR: **JOSÉ FLORENCIO NEGRÍN ORÁN**

La Laguna, JULIO DE 2023

## **AGRADECIMIENTOS**

Dedico este Trabajo de Fin de Grado a mi familia más cercana, con especial mención a mis padres. Gracias por permitirme estudiar lo que me apasiona y por darme los recursos necesarios para desarrollar mi carrera universitaria adecuadamente. Además, por el apoyo incondicional a lo largo de estos duros años en los cuales he invertido todo mi tiempo y esfuerzo en formarme. Del mismo modo, quiero agradecer a mi pareja por el cariño y el amor durante este largo viaje. Sin ustedes, nada habría sido igual.

**INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS EN  
UN HOTEL DE CUATRO ESTRELLAS EN EL MUNICIPIO  
DE ADEJE PARA EL APROVECHAMIENTO  
ENERGÉTICO DE LA CUBIERTA DE APARCAMIENTO**



**MEMORIA DEL PROYECTO**

**ÍNDICE GENERAL**

<b>ABSTRACT .....</b>	<b>1</b>
<b>0 HOJA DE IDENTIFICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>1 OBJETO .....</b>	<b>4</b>
<b>2 ALCANCE .....</b>	<b>6</b>
<b>3 ANTECEDENTES.....</b>	<b>8</b>
<b>4 NORMAS Y REFERENCIAS.....</b>	<b>9</b>
4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas .....	9
4.2 Programas de cálculo .....	10
4.3 Bibliografía .....	11
<b>5 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS .....</b>	<b>14</b>
<b>6 REQUISITOS DE DISEÑO .....</b>	<b>15</b>
<b>7 ESTUDIO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS.....</b>	<b>16</b>
7.1 Aspectos previos.....	16
7.2 Paneles fotovoltaicos de alta concentración (HCPV) .....	17
7.2.1 Fabricantes de HCPV con refrigeración activa y recuperación de calor ....	19
7.3 Paneles planos básicos (fotovoltaica y solar térmica) .....	20
7.3.1 Paneles fotovoltaicos planos .....	22
7.3.2 Colectores solares térmicos planos .....	22
7.4 Paneles planos híbridos.....	23
7.5 Comparación de tecnologías .....	26
7.6 Elección y justificación .....	27
<b>8 OPTIMIZACIÓN DE LA CUBIERTA .....</b>	<b>30</b>
8.1 Hipótesis de diseño.....	30
8.2 Disposición y distribución de los paneles sobre la cubierta.....	30
8.2.1 Cálculo de la superficie de la cubierta .....	30
8.2.2 Orientación e inclinación.....	32
8.2.3 Estudio de sombras y distancia entre filas de paneles.....	36
8.2.4 Número de paneles.....	40
8.2.5 Disposición final .....	42
<b>9 ESTUDIO ENERGÉTICO .....</b>	<b>45</b>

9.1	Introducción al software de Abora Solar .....	45
9.2	Hipótesis de cálculo .....	49
9.3	Requisitos térmicos y eléctricos del hotel .....	49
9.3.1	Requisitos térmicos.....	50
9.3.2	Requisitos eléctricos .....	52
9.4	Resultados y discusión .....	53
9.5	Impacto medioambiental y económico.....	59
9.5.1	Impacto medioambiental.....	60
9.5.2	Impacto económico.....	64
9.5.3	Análisis de la viabilidad real de la instalación de paneles híbridos .....	68
9.6	Estudio energético de alternativas.....	71
9.6.1	Solar fotovoltaica .....	72
9.7	Comparación de alternativas .....	74
9.8	Innovación en la instalación.....	77
9.8.1	Fundamentos teóricos .....	77
9.8.2	Aplicación en el proyecto .....	82
<b>10</b>	<b>DISEÑO DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA .....</b>	<b>86</b>
10.1	Hipótesis de trabajo .....	86
10.2	Diseño del campo de captadores .....	86
10.2.1	Fundamentos teóricos .....	86
10.2.2	Distribución del campo de captadores.....	90
10.3	Cálculo de diámetros de tubería .....	92
10.3.1	Fundamentos teóricos .....	92
10.3.2	Procedimiento de cálculo.....	93
10.3.3	Elección de diámetros comerciales .....	95
10.4	Cálculo de pérdidas de carga .....	98
10.4.1	Fundamentos teóricos .....	98
10.4.2	Elección de elementos comerciales.....	102
10.4.3	Resultados de pérdidas de carga .....	103
10.5	Aislamiento de tuberías .....	104
10.5.1	Hipótesis de cálculo .....	104
10.5.2	Fundamentos teóricos .....	105
10.5.3	Análisis de resultados .....	109
10.6	Elección de la bomba.....	111
10.6.1	Fundamentos teóricos .....	111
10.6.2	Comparación entre alternativas .....	114
10.6.3	Elección final y justificación .....	119
10.7	Elección de componentes adicionales.....	121
10.7.1	Válvulas .....	121
10.7.2	Vaso de expansión .....	123

---

<b>11</b>	<b>RESUMEN DE RESULTADOS FINALES.....</b>	<b>125</b>
<b>12</b>	<b>ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS.....</b>	<b>130</b>
	<b>ANEXO Nº 1: CÁLCULOS TÉRMICOS.....</b>	<b>132</b>
1.1	Caudales y diámetros de tubería.....	133
1.2	Pérdidas de carga en la instalación.....	138
1.3	Aislamiento térmico de tuberías.....	145
1.4	Vaso de expansión.....	157
	<b>ANEXO Nº 2: ESTUDIO DE SOMBRAS EN LOS PANELES.....</b>	<b>158</b>
	<b>ANEXO Nº 3: ABORA HYBRID.....</b>	<b>163</b>
	<b>ANEXO Nº 4: DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE FABRICANTES Y PROVEEDORES.....</b>	<b>176</b>
1	<b>CATÁLOGO DE TUBERÍAS DE COBRE DE SITASA.....</b>	<b>177</b>
2	<b>GUÍA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA DE PRESSMAN.....</b>	<b>182</b>
3	<b>CATÁLOGO DE K-FLEX.....</b>	<b>191</b>
4	<b>CATÁLOGO DE MÁQUINAS DE ADSORCIÓN DE FAHRENHEIT.....</b>	<b>221</b>
5	<b>INFORMACIÓN TÉCNICA DE BOMBAS HIDRÁULICAS GRUNDFOS.....</b>	<b>236</b>
6	<b>FICHA TÉCNICA DE VALVULERÍA DE GENEBRE.....</b>	<b>248</b>
7	<b>DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE PANELES DE ABORA SOLAR.....</b>	<b>263</b>
	<b>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>325</b>
1	<b>OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.....</b>	<b>326</b>
2	<b>CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD.....</b>	<b>326</b>
3	<b>RECURSOS CONSIDERADOS.....</b>	<b>326</b>

---

3.1	Materiales .....	326
3.2	Energía y fluidos .....	327
3.3	Mano de obra .....	327
3.4	Herramientas .....	327
3.4.1	Eléctricas portátiles .....	327
3.4.2	Herramientas combustibles .....	327
3.4.3	Herramientas de mano .....	327
3.4.4	Herramientas de tracción .....	328
3.5	Maquinaria .....	328
3.6	Medios auxiliares .....	328
<b>4</b>	<b>IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE RIESGOS.....</b>	<b>328</b>
<b>5</b>	<b>PLANIFICACIÓN DE LA ACCIÓN PREVENTIVA.....</b>	<b>330</b>
	<b>PLIEGO DE CONDICIONES.....</b>	<b>334</b>
<b>1</b>	<b>OBJETO .....</b>	<b>335</b>
<b>2</b>	<b>CAMPO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>335</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DE APLICACIÓN.....</b>	<b>338</b>
<b>4</b>	<b>CONDICIONES A SATISFACER POR LAS INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN .....</b>	<b>343</b>
4.1	Condiciones de bienestar e higiene.....	343
4.2	Condiciones de eficiencia energética .....	344
4.3	Condiciones de seguridad .....	345
4.4	Condiciones de ahorro de agua.....	346
4.5	Protección contra heladas .....	346
4.6	Protección frente a sobrecalentamientos .....	346
4.7	Protección contra quemaduras y altas temperaturas .....	347
4.8	Comprobación de la limitación de la demanda de energía para régimen de calefacción y de refrigeración .....	347
4.9	Comprobación del valor de la transmitancia térmica máxima en los cerramientos y particiones de la envolvente térmica U de los edificios....	348
4.10	Condiciones administrativas en cuanto a la necesidad de redacción de proyecto o memoria técnica sustitutiva.....	348

<b>5</b>	<b>CARACTERÍSTICAS, COMPONENTES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES DE LA INSTALACIÓN .....</b>	<b>349</b>
5.1	Instalación de Agua Caliente Sanitaria (ACS) .....	349
5.1.1	Clasificación general de las instalaciones de ACS .....	350
5.1.2	Componentes genéricos de la instalación para la producción de ACS ....	350
5.1.3	Instalación solar térmica a baja temperatura para la producción de ACS .....	354
5.1.4	Instalación de calefacción .....	362
5.1.5	Instalación de aire acondicionado.....	370
5.1.6	Instalación de ventilación .....	379
5.2	Condiciones específicas de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir los generadores de calor y frío y de sus instalaciones auxiliares y anexas .....	384
5.2.1	Generador de calor .....	384
5.2.2	Generador de frío.....	385
5.2.3	Salas de máquinas .....	387
5.3	Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones térmicas.....	388
5.3.1	Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones de calefacción .....	390
5.3.2	Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones de aire acondicionado.....	391
5.3.3	Controles que realizar en la recepción, sobre la documentación y de los distintivos de calidad de materiales y equipos.....	392
<b>6</b>	<b>DE LA EJECUCIÓN O MONTAJE DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA....</b>	<b>396</b>
6.1	Condiciones generales .....	396
6.2	Comprobaciones iniciales .....	397
6.3	Control durante la ejecución de la instalación .....	398
6.4	Montaje de los elementos .....	398
6.4.1	Condiciones acústicas a satisfacer y contemplar en el montaje de los elementos .....	398
6.4.2	Instalación de calefacción.....	399
6.4.3	Instalaciones de aire acondicionado.....	408
6.4.4	Instalación solar térmica a baja temperatura para ACS .....	412
6.5	Instalación de ventilación.....	432
6.6	Señalización.....	434
<b>7</b>	<b>ACABADOS, CONTROL Y ACEPTACIÓN, MEDICIÓN Y ABONO .....</b>	<b>434</b>
7.1	Acabados .....	435
7.2	Control y aceptación .....	435

7.2.1	Controles funcionales en los sistemas de climatización y ventilación .....	436
7.3	Medición y abono .....	439
7.4	Control de la instalación terminada.....	439
<b>8</b>	<b>RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS Y ENSAYOS.....</b>	<b>440</b>
8.1	Reconocimiento de las obras.....	440
8.2	Pruebas y ensayos .....	440
8.2.1	Pruebas generales en sistemas de climatización y ventilación .....	441
8.2.2	Prueba de estanqueidad de las redes de tuberías (instalaciones interiores) .....	444
8.2.3	Pruebas de las redes de conductos de aire .....	448
8.2.4	Prueba de estanqueidad de las chimeneas.....	450
8.2.5	Pruebas finales .....	450
8.2.6	Pruebas particulares de las instalaciones de ACS .....	450
8.2.7	Pruebas de eficiencia energética.....	451
<b>9</b>	<b>CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO .....</b>	<b>452</b>
9.1	Plan de vigilancia .....	454
9.2	Plan de mantenimiento .....	456
9.3	Programa de gestión energética.....	459
9.4	Limpieza y programa de desinfección .....	460
9.5	Limpieza y desinfección en caso de brote de Legionela .....	464
9.6	Registros asociados a las instalaciones de ACS.....	465
9.7	Prevención de riesgos laborales.....	465
9.8	Interrupción del servicio .....	467
9.9	Nueva puesta en servicio.....	467
9.10	Certificado de mantenimiento .....	467
9.11	Mantenimiento de la instalación de ventilación .....	468
9.12	Reparación. Reposición.....	469
<b>10</b>	<b>INSPECCIONES .....</b>	<b>469</b>
10.1	Inspecciones iniciales .....	470
10.2	Inspecciones periódicas de eficiencia energética.....	470
10.2.1	Alcance de las inspecciones de eficiencia energética.....	471
10.2.2	Periodicidad de las inspecciones.....	472
10.3	Calificación de las instalaciones en función del resultado de la inspección de eficiencia energética y emisión del certificado de inspección .....	473

---

10.4	De los plazos de entrega y de validez de los certificados de inspección OCA .....	474
10.5	Tipos de defectos detectados en las inspecciones de las instalaciones térmicas y de las obligaciones del titular y de la empresa instaladora .....	475
<b>11</b>	<b>CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO.....</b>	<b>476</b>
11.1	De la responsabilidad de las partes en el cumplimiento reglamentario....	476
11.2	Del titular de la instalación térmica y sus obligaciones.....	476
11.3	De la dirección facultativa .....	477
11.4	De la empresa instaladora autorizada o contratista .....	477
11.5	De la empresa mantenedora autorizada.....	478
11.6	De los organismos de control autorizado .....	479
11.7	Condiciones de índole administrativo .....	480
11.7.1	Antes del inicio de las obras .....	480
11.7.2	De la puesta en servicio de la instalación.....	480
11.8	Certificado de dirección y finalización de obra .....	481
11.9	Certificado de la instalación .....	481
11.10	Certificado de mantenimiento .....	482
11.11	Manual de uso y mantenimiento .....	483
11.12	Libro de órdenes .....	483
11.13	Incompatibilidades .....	484
11.14	Instalaciones ejecutadas por más de una empresa instaladora.....	484
11.15	Subcontratación .....	484
11.16	Libro del edificio .....	485
	<b>ESTADO DE MEDICIONES Y PRESUPUESTO .....</b>	<b>486</b>
	<b>PLANOS.....</b>	<b>495</b>

## ABSTRACT

The project consists of the optimization of a parking lot roof in Club Atlantis Hotel, located in Adeje, southern Tenerife, Canary Islands. Due to several complaints from guests about the material damage their cars had suffered because of the Sun, complex's owner decided to carry out the construction of a shield for solar radiation.

That fact posed an opportunity to install some kind of collectors to produce energy for the hotel. Initially, the main idea was to try an innovative technology like HCPV (High Concentration Photovoltaics) panels. However, after assessing all the possibilities, it was reached a conclusion about which technology was the most suitable to implement. Thus, solar hybrid panels were chosen as the best option for the project.

Solar hybrid panels are able to produce electricity with its photovoltaic cells and warm up a working fluid with its heat recovery as well. Apart from that feature, they also improve photovoltaics efficiency by stabilizing cells temperature, which is a disadvantage of conventional photovoltaics panels.

Bearing in mind all the previously mentioned facts, the installation can be designed. Concretely, it is made up of 458 solar hybrid panels mounted on a total roof area of 1480 m<sup>2</sup>. The annual energy production rises to 896859 kWh/year of thermal energy and 279698 kWh/year of electricity, entailing a humongous saving in energy consumption and cost.

Furthermore, the possibility of installing an adsorption chiller to take advantage of the excess of thermal energy during hotter months was considered. Thermal excess could be used for cooling instead of dissipating it, so the project would be totally efficient.

Therefore, apart from analysing innovative aspects, the descriptive memory of the project calculates everything needed to accomplish it, from thermal panels' association to piping, pumping or load losses calculations. In fact, detailed explanations can be found in calculations annexes and along the descriptive memory.

Moreover, it is also studied the economic impact of the installation with an estimations of the costs and an evaluation of the savings. Likewise, a quick review of the depreciation, return of investment and even a possible finance is taken into account.

Finally, a brief analysis of the environmental impact of the implementation of the panels was done, focusing on CO<sub>2</sub> emissions avoided.

## 0 HOJA DE IDENTIFICACIÓN

### PROYECTO

**Título:** Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento.

**Emplazamiento:** Avenida de Colón, Paseo Marítimo, S/N, 38660, Costa Adeje, Santa Cruz de Tenerife, España.

**Referencia catastral:** 9672101CS2097S.

### PETICIONARIO

**Nombre de la entidad:** Hotel Club Atlantis.

**Dirección:** Avenida de Colón, 0, 38660 Costa Adeje, Santa Cruz de Tenerife, España.

### AUTOR

**Nombre:** Adrián Rodríguez Martín

## 1 OBJETO

El objetivo del proyecto es aprovechar la nueva construcción de una cubierta de aparcamiento de coches para la producción energética mediante fuentes renovables en el hotel Club Atlantis situado en el municipio de Adeje, en la isla de Tenerife. Concretamente, la zona de estacionamiento se encuentra junto al paseo marítimo de Puerto Colón, separado del hotel por una carretera.

La propuesta surgió inicialmente por numerosas quejas, no solo de clientes del hotel que debían dejar sus coches aparcados en el aparcamiento privado del recinto hotelero, sino también de los propietarios particulares que poseen algún apartamento situado dentro del complejo vacacional, los cuales necesitan dejar sus vehículos estacionados durante meses. De igual manera, muchos de los propietarios de apartamentos basan su subsistencia económica en explotar sus propiedades como vivienda vacacional y, debido a este problema, no pueden ofrecer un aparcamiento de calidad a sus inquilinos.

Como consecuencia a las altas temperaturas durante todo el año y, en concreto, a la alta irradiación en meses de verano, muchos coches de los usuarios del recinto sufrían desperfectos provocados por la ininterrumpida exposición al sol durante sus estancias.

Este problema desencadenó disputas legales con las aseguradoras de los dueños de vehículos particulares y con empresas de alquiler de coches, los cuales culpaban al recinto de los daños ocasionados, eximiéndose de toda responsabilidad.

Es por esto que el propietario del hotel, intentando mejorar sus instalaciones, decidió encargar el proyecto de la construcción de una cubierta para mantener los vehículos a la sombra. Una vez concebida la idea de la cubierta, se llegó a la conclusión de que se disponía de una gran superficie infrautilizada, más allá de la protección solar como función principal.

Por este motivo, se planteó al dueño del hotel realizar un estudio de las diferentes maneras de aprovechar esa cubierta con instalaciones de producción de energía renovable. Con esto, se dota a la cubierta y a los alojamientos de un valor añadido, permitiendo un ahorro económico sustancial en las facturas energéticas, además de la mejora del bienestar de los clientes del recinto hotelero y de su imagen corporativa al apostar por energías limpias.

En el estudio, se plantean inicialmente varias tecnologías diferentes: paneles fotovoltaicos de concentración (que a su vez funcionan como cubiertas sin necesidad de la construcción de una estructura), colectores fotovoltaicos planos, paneles solares térmicos planos y paneles híbridos solares-fotovoltaicos.

## 2 ALCANCE

El proyecto se centra en el estudio de las diferentes tecnologías de producción de energía renovable citadas en el apartado 1 "Objeto", así como aportar una solución eligiendo una de ellas:

Esto comprende:

- El estudio de las ventajas y desventajas de las diferentes tecnologías con la respectiva justificación de la elección de la más idónea para el proyecto.
- El estudio y justificación de la disposición optimizada de los paneles en la cubierta: orientación de paneles, inclinación, distribución en el espacio, cálculo de sombras, etc.
- El desarrollo de los cálculos necesarios para dimensionar la instalación según la normativa vigente: diseño de la instalación térmica, selección de componentes, aislamiento térmico, conexasión con las instalaciones existentes, etc.
- Justificación económica del proyecto mediante la realización de mediciones y presupuesto de ejecución material.
- Realización de los suficientes planos de la instalación para su debida ejecución.

Sin embargo, quedan fuera del alcance de este proyecto los siguientes apartados, ya que serían materia suficiente para otros estudios independientes:

- El diseño y proyección de la cubierta del aparcamiento, también conocida como marquesina.
- El diseño y cálculo estructural de la bancada encargada de soportar los paneles sobre la cubierta.
- El diseño y los cálculos justificativos de la instalación eléctrica en corriente continua asociada a este proyecto (se plantea una solución con los inversores y la asociación de paneles) y la justificación de la nueva instalación eléctrica en corriente alterna al Cuadro General de Baja Tensión existente en la instalación.

- Los detalles constructivos propios de obra civil, como pueden ser las excavaciones para nuevas instalaciones, las zanjas, el paso de tuberías desde la cubierta hasta la sala de máquinas del hotel, etc.
- El cálculo y la justificación de la instalación térmica existente, al estar ya en funcionamiento previo al inicio de este proyecto. Simplemente, se analizará la conexión con la nueva instalación térmica.
- El estudio de impacto ambiental de la nueva instalación térmica en la fauna, flora, entorno medioambiental, etc.

### **3 ANTECEDENTES**

El proyecto tiene lugar en el hotel Club Atlantis situado en el municipio de Adeje, al sur de la isla de Tenerife. El recinto posee instalaciones ya existentes de producción energética mediante energías renovables. Concretamente, dispone de paneles fotovoltaicos planos ocupando toda la cubierta aprovechable del edificio hotelero.

La instalación fotovoltaica tiene una modalidad de autoconsumo con venta de excedente, es decir, que durante las horas de mayor captación solar es capaz de alimentar las bombas de calor, la climatización y cualquier otro receptor eléctrico presente en el hotel. Además, en caso de haber un excedente, se inyecta en la red general con el pago de la energía correspondiente por parte de la compañía eléctrica. Sin embargo, en horas de producción fotovoltaica insuficiente, como puede ser la noche, el recinto absorbe energía de la red para poder satisfacer toda la demanda.

Del mismo modo, se encuentra una instalación de climatización basada en máquinas enfriadoras y bombas de calor, además de disipación térmica mediante aerodisipadores. No dispone de producción térmica directa mediante energías limpias (como pudiera ser la instalación de colectores solares térmicos) para climatizar las piscinas.

En conclusión, el nuevo proyecto se acoplará a las instalaciones ya existentes, favoreciéndose de la infraestructura desarrollada para abaratar costes y sirviendo de un apoyo extra de producción energética sin modificar excesivamente lo ya presente.

Previa a estas instalaciones de producción eléctrica y climatización, el hotel realizaba todas estas funciones con calderas de gasoil, las cuales siguen estando operativas a modo de apoyo en caso de necesitarlas.

Cabe destacar que se pretende aportar a las instalaciones más superficie de colocación de elementos captadores con la construcción de la cubierta, más allá de realizar su función intrínseca de aportar sombra. Con esto, se mejorará la capacidad de producción energética del recinto hotelero y, por tanto, se alcanzará una mayor optimización y aprovechamiento del espacio disponible.

## 4 NORMAS Y REFERENCIAS

### 4.1 Disposiciones legales y normas aplicadas

- Licencia urbanística de obra mayor, Ayuntamiento de Adeje.
- Normativa urbanística del ayuntamiento de Adeje para actuar en la vía pública.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT).

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-18099>

- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE).

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820>

Además, las normas UNE indicadas en el RITE como de obligado cumplimiento:

- UNE-EN ISO 12241:2010. Aislamiento térmico para equipos de edificación e instalaciones industriales. Método de cálculo. (ISO 12241:2008).

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0046295>

- UNE 100155:2004. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0032318>

- Real Decreto 450/2022, de 14 de junio, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo (CTE)

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2022-9848> .

- UNE 157001. Criterios generales para la elaboración de proyectos industriales.

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0052985>

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

<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=norma-une-en-1057-2007-a1-2010-n0046024>

- Directiva 2009/125/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se instaura un marco para el establecimiento de requisitos de diseño ecológico aplicables a los productos relacionados con la energía.

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2009-82047>

---

## **4.2 Programas de cálculo**

---

- Abora Hybrid.
- Microsoft Excel.
- System Advisor Model (SAM).
- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System).
- Arquímedes (CYPE 2022). Versión Campus.
- AutoCAD 2023.
- Seleccionador de bombas hidráulicas de Grundfos.

### 4.3 Bibliografía

- [1] Ju, X., Xu, C., Liao, Z., Du, X., Wei, G., Wang, Z., & Yang, Y. (2017). A review of concentrated photovoltaic-thermal (CPVT) hybrid solar systems with waste heat recovery (WHR). *Science Bulletin (Beijing)*, 62(20), 1388-1426.
- [2] Elqady, H., Abo-Zahhad, E., Radwan, A., El-Shazly, A., & Elkady, M. (2021). Thermal and electrical performances of actively cooled concentrator photovoltaic system. *Applied Thermal Engineering*, 196, 117295.
- [3] Reddy, K., Lokeswaran, S., Agarwal, P., & Mallick, T. (2014). Numerical Investigation of Micro-channel based Active Module Cooling for Solar CPV System. *Energy Procedia*, 54, 400-416.
- [4] Sharma, S., Sellami, N., Tahir, A., Mallick, T., & Bhakar, R. (2021). Performance improvement of a CPV system: Experimental investigation into passive cooling with phase change materials. *Energies (Basel)*, 14(12), 3550.
- [5] Xiao, M., Tang, L., Zhang, X., Lun, I., & Yuan, Y. (2018). A review on recent development of cooling technologies for concentrated photovoltaics (CPV) systems. *Energies (Basel)*, 11(12), 3416.
- [6] Hajji, M., Labrim, H., Benaissa, M., Faddouli, A., Hartiti, B., & Ez-Zahraouy, H. (2021). Efficient cooling system for an indirectly coupled CPV-CTE hybrid system. *International Journal of Energy Research*, 45(13), 18903-18918.
- [7] Leonardo Micheli, Giuseppe Femia, Martina Liani, Ruggero Poli, Yoav Banin, Giovanni Lanzara, Sarah Kurtz; Analysis of initial performance of Solergy's HCPV/T system at Rome-Fiumicino International Airport. *AIP Conference Proceedings* 6 September 2017; 1881 (1): 020008.
- [8] Kalogirou, S. (2014). *Solar energy engineering: Processes and systems [Recurso electrónico]* (2nd ed.). Amsterdam [etc.]: Elsevier.
- [9] Zabalza Bribian, I., Aranda Uson, Alfonso, & Digitalia, Inc. (2009). *Energía solar térmica*. Prensas de la Universidad de Zaragoza.
- [10] Zondag, H. (2008). Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 12(4), 891-959.

- [11] Zondag, H., De Vries, D., Van Helden, W., Van Zolingen, R., & Van Steenhoven, A. (2003). The yield of different combined PV-thermal collector designs. *Solar Energy*, 74(3), 253-269.
- [12] Adeeb, J., Farhan, A., & Al-Salaymeh, A. (2019). Temperature effect on performance of different solar cell technologies. *Journal of Ecological Engineering*, 20(5), 249-254.
- [13] Abora Solar, Advanced Solar Technology (2023). [Recurso electrónico] <https://abora-solar.com/panel-solar-hibrido/>
- [14] Tobajas Vázquez, M. (2018). *Energía solar fotovoltaica* [Recurso electrónico]. Barcelona: Cano Pina.
- [15] European Commission (2023). *Photovoltaic Geographical Information System*. [Recurso electrónico] [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/es/](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/)
- [16] Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. *Guía solar térmica* (2020). [Recurso electrónico] <https://www.idae.es/publicaciones/guia-tecnica-de-energia-solar-termica>
- [17] Crippa, M., Guizzardi, D., Banja, M., Solazzo, E., Muntean, M., Schaaf, E.,...Vignati, E. (2022). CO2 emissions of all world countries. 31182.
- [18] Agüera Soriano, J. (2002). *Mecánica de fluidos incompresibles y turbomáquinas hidráulicas*. [Recurso electrónico] (5ª ed. actualizada... ed.). Madrid]: Ciencia 3.
- [19] Pressman. *Pérdida de carga en tuberías* [Recurso electrónico].
- [20] Shapiro, H., & Moran, Michael J. (2004). *Fundamentos de termodinámica técnica*. [Recurso electrónico] (2ª ed. (correspondiente a la 4ª ed. original).. ed.). Barcelona [etc]: Reverté.
- [21] Kanoglu, M., Boles, Michael A, & Çengel, Yunus A. (2019). *Termodinámica*. [Recurso electrónico] (9ª ed.). México [etc.]: McGraw-Hill.
- Sitios web de fabricantes y distribuidores:
    - Selección de equipos y bombas. Grundfos. <https://product-selection.grundfos.com/es>
    - Válvulas de esfera. Genebre. <https://www.genebre.es/216-valvulas-de-esfera>

- *Catálogo de productos de Ibaiondo. Ibaiondo.*  
<https://www.ibaiondo.com/productos/>

## 5 DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

- REBT: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
- CTE: Código Técnico de la Edificación.
- LCPV: Low Concentration Photovoltaics.
- MCPV: Medium Concentration Photovoltaics.
- HCPV: High Concentration Photovoltaics.
- SAM: System Advisor Model.
- PVGIS: Photovoltaic Geographical Information System.
- UV: ultravioletas.
- m: metros.
- mm: milímetros.
- V: voltios.
- A: amperios.
- W: vatios.
- kWh: kilovatios hora.
- kW: kilovatios.
- °C: grados Celsius o grados centígrados.
- K: grados Kelvin.
- l/min: litro por minuto.
- m.c.a.: metros columna de agua.
- INE: Instituto Nacional de Estadística.
- PP-R: Polipropileno Copolímero Random.
- SITASA: Suministros Industriales del Tajo S.A.

## **6 REQUISITOS DE DISEÑO**

Los criterios de diseño adoptados en el proyecto se han tomado de la información técnica incluida en el Pliego de Condiciones y se pueden consultar detalladamente en dicho documento. Igualmente, las referencias presentes en la bibliografía también han sido una fuente relevante para la elección de algunos criterios durante el proceso de toma de decisiones.

Del mismo modo, en los diferentes apartados de la memoria descriptiva se reflejan los requisitos de diseño adoptados en cada caso, con su respectiva justificación.

## **7 ESTUDIO DE LAS DIFERENTES TECNOLOGÍAS**

A la hora de iniciar el estudio energético para el aprovechamiento de la cubierta del aparcamiento, las opciones eran muy variadas. Desde paneles fotovoltaicos o solares térmicos planos, los cuales han monopolizado el mercado de la captación solar desde hace décadas, hasta opciones totalmente atípicas como la concentración solar o la hibridación de paneles. A continuación, se detallan los motivos que han llevado a utilizar un tipo de tecnología y descartar los otros.

### **7.1 Aspectos previos**

Inicialmente, la idea era plantear la instalación de paneles fotovoltaicos de concentración con refrigeración para recuperación de energía térmica y mejora de rendimiento de las células fotovoltaicas, ya que se trataba de una opción muy innovadora y con muy poca presencia alrededor del mundo. Estos paneles, teóricamente, son capaces de producir energía eléctrica con células fotovoltaicas de gran eficiencia gracias a la concentración de rayos solares, al mismo tiempo que las refrigeran activamente mediante algún proceso de intercambio de calor. La opción más común entre los productos consultados era la refrigeración mediante agua que circula a través de aletas de refrigeración soldadas a la célula fotovoltaica.

Sin embargo, tras una extensa investigación sobre la tecnología y la consulta a una gran cantidad de fabricantes tanto nacionales como internacionales, se llegó a la conclusión de que era una opción inviable y que las empresas han desechado por algún motivo, seguramente debido a la complejidad de la refrigeración y la poca rentabilidad que eso conlleva. Las compañías que habían desarrollado este tipo de producto, o lo habían descatalogado al ver la dificultad de implantación, o estaban en fases tempranas de prototipado por lo que no facilitaban información de ningún tipo.

Por este motivo, se optó por buscar alternativas. Apareció así una opción muy interesante, los paneles híbridos planos, los cuales sí han tenido un impacto favorable en la industria y se han implementado en multitud de instalaciones.

En los siguientes apartados, se explicarán en detalle las características de cada alternativa tecnológica, así como una comparación exhaustiva entre ellas.

## 7.2 Paneles fotovoltaicos de alta concentración (HCPV)

La concentración fotovoltaica o CPV (del inglés "Concentration Photovoltaics") es un tipo de tecnología de captación de radiación solar para producción de electricidad. Se define a la concentración solar como la relación entre el área de apertura del panel (área por la cual puede entrar la radiación solar) y el área del absorbedor (área que ocupa el material encargado de transformar la radiación solar en energía útil). Su principal novedad es la utilización de elementos ópticos (lentes o espejos) para concentrar la radiación solar sobre una pequeña célula fotovoltaica, reduciendo drásticamente la superficie de material semiconductor necesaria para que se produzca el efecto fotovoltaico. Esta es su principal ventaja, el ahorro económico de material, debido al altísimo coste de los semiconductores utilizados en este tipo de componentes. Además, las células fotovoltaicas de concentración deben soportar gran densidad de radiación, por lo que son diferentes a las células fotovoltaicas de paneles planos. Se suelen fabricar con varias capas de materiales semiconductores que son capaces de absorber radiación de un rango más amplio del espectro solar que las células de silicio convencionales. Se las denomina células multiunión.

En contraposición, el principal inconveniente de este tipo de paneles es que necesitan que la luz solar alcance la célula fotovoltaica perpendicularmente, con un ángulo de desviación muy pequeño. Por lo tanto, es imprescindible el uso de dispositivos de seguimiento solar. Además, según el nivel de concentración del captador, las temperaturas que se alcanzan en la célula fotovoltaica pueden ser altísimas y es necesaria la refrigeración (ya sea de manera pasiva o activa), añadiendo un grado de complejidad a la construcción del dispositivo captador.

Este tipo de tecnología se puede clasificar según el sistema de concentración que utilizan:

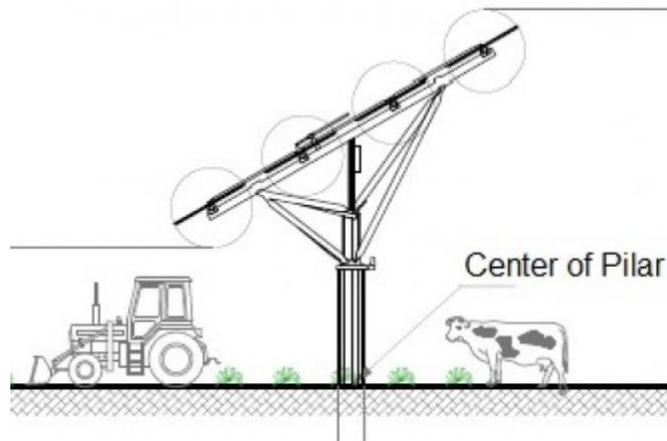
- **Sistemas refractarios:** son aquellos que utilizan lentes para concentrar la radiación solar. Un ejemplo común es la lente Fresnel.
- **Sistemas reflectivos:** utilizan un espejo para reflejar la radiación solar en un punto focal. Por ejemplo, los paneles disco parabólicos.
- **Sistemas mixtos:** hacen uso tanto de espejos como de lentes para realizar la concentración.

En cuanto a la cantidad de concentración solar que son capaces de producir (medida en soles), se clasifican en tres tipos [1]:

- Fotovoltaica de baja concentración (LCPV): sistemas con una concentración entre 2 y 100 soles. No suelen necesitar refrigeración ya que la temperatura de la célula fotovoltaica no alcanza valores suficientemente altos como provocar daños.
- Fotovoltaica de media concentración (MCPV): son capaces de concentrar la radiación solar entre 100 y 300 soles. Normalmente, necesitan la implantación de sistemas de refrigeración pasiva, como implantar aletas de refrigeración en las células fotovoltaicas para disipar calor al ambiente.
- Fotovoltaica de alta concentración (HCPV): concentran la luz solar a intensidades superiores a 1000 soles. En consiguiente, la refrigeración juega un papel vital en este tipo de paneles debido a que se alcanzan temperaturas críticas que son capaces de poner en peligro la integridad de los materiales que componen el dispositivo.

En definitiva, los HCPV son idóneos para implantar sistemas de refrigeración activa, pudiendo así mejorar la eficiencia fotovoltaica de las células al mismo tiempo que se realiza una recuperación térmica con posterior aprovechamiento, en lugar de disiparla al ambiente y desaprovecharla. Esta posibilidad se ha investigado en numerosos estudios [2-6] para aclarar cuál sería la opción más eficiente de disipación de calor.

Otro aspecto positivo a tener en cuenta es que son estructuras de gran tamaño y altura, por lo que permiten utilizar el espacio bajo ellos dando sombra a una gran superficie y permitiendo la optimización del terreno, como se puede observar en la siguiente imagen de la empresa Solergy Inc:



**Figura 7.2.1.** Ejemplo gráfico del aprovechamiento del terreno que posibilitan los paneles fotovoltaicos de concentración. Fuente: Solergy Inc. Enlace: [http://www.solergyinc.com/en/risorse/newsletter-n-3-profitable-dual-land-usage-with-solergy-cogem-hcpv\\_76c13.html](http://www.solergyinc.com/en/risorse/newsletter-n-3-profitable-dual-land-usage-with-solergy-cogem-hcpv_76c13.html)

Esta potencial capacidad dual de producción energética y de proyectar sombra sin necesidad de construir una cubierta, convirtió a los paneles HCPV en una opción más que interesante para implantar en este proyecto. Existen varias empresas que han desarrollado este tipo de tecnología con el fin de comercializarla. En el apartado siguiente, se exponen algunas de ellas y las especificaciones técnicas principales de sus dispositivos:

### 7.2.1 Fabricantes de HCPV con refrigeración activa y recuperación de calor

- a) Azur Space: empresa con más de cincuenta años de experiencia en el desarrollo de células fotovoltaicas para proyectos especiales y concentración fotovoltaica. Durante un tiempo, desarrollaron un producto llamado ADAM (“Advanced dense array module”) con refrigeración activa de las células fotovoltaicas mediante agua. Sin embargo, actualmente ya no lo producen.

**Tabla 7.2.1.1.** Especificaciones técnicas ADAM.

Especificación técnica	Valor
Potencia térmica generada a 700 soles de concentración	6 kW
Temperatura máxima de entrada del agua de refrigeración a la célula fotovoltaica	60 °C

Caudal nominal de refrigeración	14-18 l/min
Presión máxima admisible	3 bar
Rendimiento fotovoltaico	32 %
Potencia eléctrica pico	320 W

b) Solergy: empresa italiana con décadas de experiencia fabricando paneles fotovoltaicos de alta concentración, asegurando más de cuarenta años de vida útil de su producto. Su dispositivo posee una lente con forma de cono, trabaja con una mezcla de agua y glicol en proporciones 90/10 y se encuentra en fase experimental, pero con buenos resultados en pruebas piloto [7].

**Tabla 7.2.1.2.** Especificaciones técnicas del panel de Solergy.

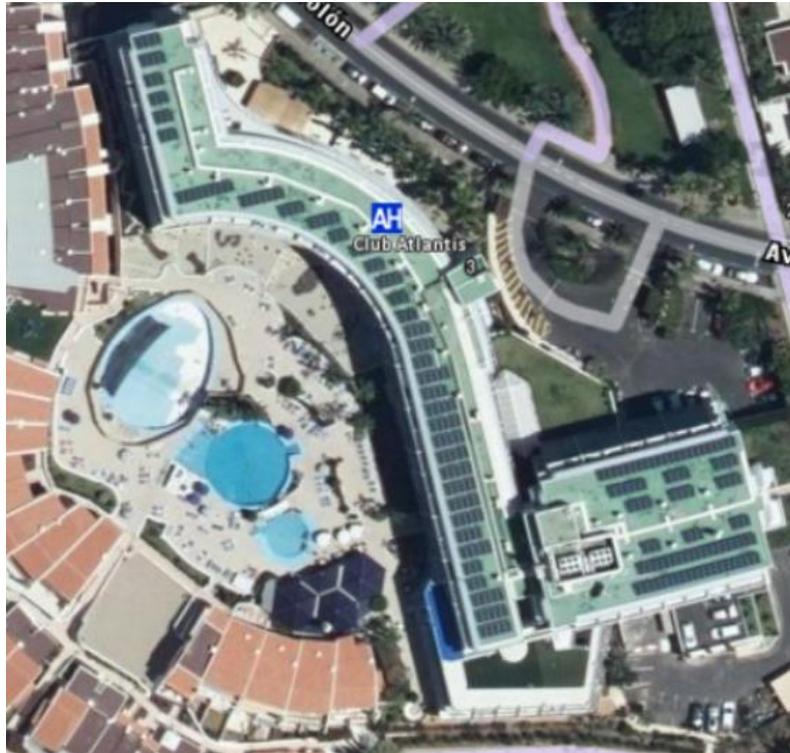
<b>Especificación técnica</b>	<b>Valor</b>
Eficiencia térmica + eléctrica	70%
Caudal nominal de refrigeración	15 l/min
Potencia térmica pico generada a 1000 W/m <sup>2</sup> de irradiancia	14 kW
Concentración solar	490x

Como se puede observar en las especificaciones técnicas de las tablas 7.2.1.1 y 7.2.1.2, son dispositivos en fase experimental: no tienen una eficiencia relativamente muy superior con respecto a paneles fotovoltaicos comerciales y no son capaces de generar potencias térmicas significativas con la recuperación de calor. Además, debido a la escasez de información, se desconoce si instalarnos conlleva realizar una enorme inversión económica.

### **7.3 Paneles planos básicos (fotovoltaica y solar térmica)**

En lo que respecta a la evaluación de cuál es la tecnología más adecuada para implementar en la cubierta, los paneles convencionales, tanto fotovoltaicos como solares térmicos, no

se han tenido en cuenta ya que el hotel ya dispone de este tipo de captadores en la azotea del edificio principal.



**Figura 7.3.1.** Imagen satelital de los paneles solares fotovoltaicos presentes en el Hotel Club Atlantis antes de la realización del presente proyecto. Fuente: Grafcan.

Aunque son una gran opción en cualquier industria, en este caso se ha optado por algo más innovador y que realmente optimice y justifique el aprovechamiento energético de la cubierta, es decir, que realmente suponga un cambio sustancial en cuanto a ahorros energéticos, económicos y medioambientales.

Aun así, a continuación, se presentan los conceptos teóricos básicos para entender ambas tecnologías. Posteriormente en los resultados, se comparará la energía producida por la tecnología escogida para la cubierta con lo que se podría producir con paneles convencionales, a modo de contextualizar y relativizar los resultados finales (Apartado 9.5) y comprender la elección de la tecnología utilizada en el proyecto.

### **7.3.1 Paneles fotovoltaicos planos**

La energía solar fotovoltaica es mundialmente conocida desde hace décadas ya que surgió como una alternativa energética limpia frente a los combustibles fósiles y el impacto sobre el medio ambiente que estos generan.

La tecnología de los paneles fotovoltaicos es simple. Se trata de un material semiconductor con dos regiones bien diferenciadas: una con exceso de electrones (N) y la otra con falta de ellos (P). Por tanto, se desarrolla artificialmente lo que se conoce como semiconductor tipo PN. En este material, al estar expuesto a la radiación solar y estar conectado a una carga, se genera una corriente eléctrica continua gracias a lo que se denomina efecto fotovoltaico [8].

Estos semiconductores o células fotovoltaicas se dividen en varios tipos según la naturaleza del material: monocristalinos, policristalinos, amorfos, de sulfuro de cadmio y sulfuro de cobre, de arsénico de galio... No se entrará en detalle de las características de cada uno de ellos al no ser relevante para el proyecto. Sin embargo, un apunte importante a tener en cuenta es que la morfología de la célula fotovoltaica y de su proceso de fabricación será directamente proporcional a la eficiencia del panel.

### **7.3.2 Colectores solares térmicos planos**

Del mismo modo que la energía solar fotovoltaica surge debido a la necesidad de frenar el calentamiento global, la energía solar térmica nace por el mismo motivo.

Los colectores solares térmicos son dispositivos capaces de captar la energía proveniente del sol y utilizarla para aumentar la temperatura de un fluido que circula por su interior, el cual normalmente suele ser agua. Como dato interesante, esta tecnología fue inventada en el siglo XIX por Clarence M. Kemp [9].

Dependiendo de la temperatura que alcanza el fluido, se pueden clasificar en colectores de baja (menos de 100 °C), media (entre 100 y 400 °C) o alta temperatura (más de 400 °C). Los más utilizados a nivel mundial son los de baja temperatura ya que son los idóneos para servir de apoyo a las instalaciones de agua caliente sanitaria (ACS) de las viviendas. Sin

embargo, existen numerosas aplicaciones industriales para generar vapor de agua como fluido de trabajo para turbinas.

Dentro de los colectores de baja temperatura se encuentran los siguientes tipos [9]:

- a) Colectores de polipropileno sin carcasa: están indicados para el calentamiento de piscinas, que según el RITE deben calentarse mediante fuentes de energía renovable al tratarle de sumideros térmicos. Poseen numerosos tubos por los que circula el agua, que se calienta en torno a 25-35 °C. Como no disponen de cubierta ni aislante, tienen unas pérdidas térmicas elevadísimas, pero su coste es muy bajo.
- b) Colectores de placa plana: son los más utilizados y se basan en un serpentín de cobre soldado a una placa metálica denominada absorbedor. Por el serpentín circula el agua que se va calentando gracias a la energía que acumula el absorbedor y la elevada conductividad térmica del cobre. Todo esto, se encapsula en una cubierta y se aísla para evitar pérdidas. En definitiva, aprovecha el efecto invernadero para calentar el fluido.
- c) Colectores de tubo de vacío: este tipo de colectores posee varios tubos de vidrio de los que se ha extraído todo el aire de su interior produciendo el vacío. Estos tubos disponen de una placa absorbadora en su interior soldada al conducto de cobre por donde circular el agua. Al producirse el vacío, no es necesario aislante ya que se elimina casi en su totalidad las pérdidas térmicas por convección.

## **7.4 Paneles planos híbridos**

Con el fin de instalar en el proyecto algún tipo de tecnología con carácter híbrido, es decir, que fuera capaz de producir tanto energía eléctrica como energía térmica a través del Sol y, tras la imposibilidad de implantar concentración solar, surgió la opción de los paneles solares híbridos.

La tecnología solar híbrida consiste en fusionar los principios de funcionamiento de paneles fotovoltaicos y colectores solares térmicos. Este tipo de paneles son capaces de aprovechar

todo el espectro de luz existente y surgen de la necesidad de producir tanto electricidad como calor allá donde suelen ser instalados [10].

La idea de combinar estos dos tipos de paneles surgió en la década de los setenta con el objetivo de incrementar la eficiencia energética, con la aplicación doméstica como principal mercado. El diseño más estudiado y utilizado para este tipo de tecnología es el conocido como chapa y tubo, que constructivamente consiste en integrar un panel fotovoltaico estándar con una capa de material de alta conducción térmica en la cara inferior, que transmite el calor absorbido a unos tubos por los que pasa el fluido absorbedor [11].

Esta hibridación, además de aumentar la densidad de producción energética de una superficie, es capaz de mejorar la eficiencia de las células fotovoltaicas, ya que evita que alcancen altas temperaturas. Funciona básicamente como un sistema de refrigeración del material semiconductor, que a su vez es capaz de realizar un aprovechamiento de esa energía térmica extraída.

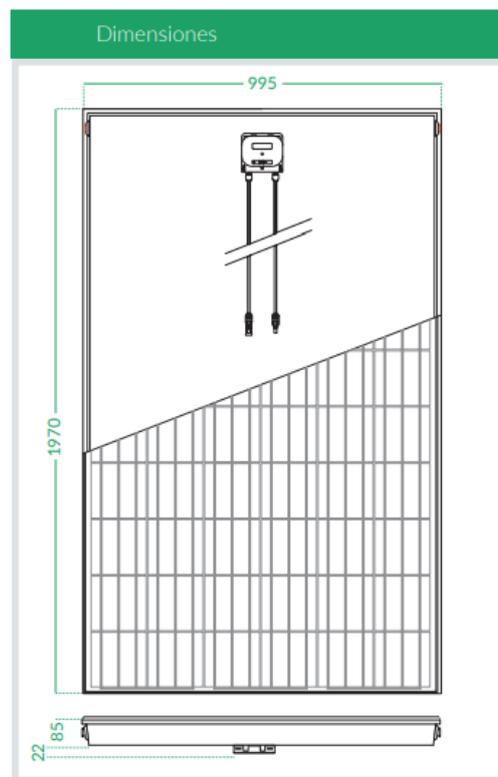
Existe una dependencia entre la temperatura de la célula fotovoltaica y su eficiencia, y se debe a que se produce una ligera disminución de la intensidad de salida del panel y un aumento significativo del voltaje de salida, lo cual finalmente resulta en la disminución de la potencia de salida o potencia producida por el panel [12].

Varios fabricantes en el mundo poseen patentes de este tipo de paneles e incluso los comercializan. Sin embargo, a la hora de escoger un producto en concreto, se tuvo en cuenta la cercanía, disponibilidad de repuestos y soporte técnico de la empresa española Abora Solar, además de la importancia de apostar por productos y tecnologías nacionales.

Abora Solar es una empresa, con sede principal en Zaragoza, que está especializada en el diseño y fabricación de paneles solares híbridos. El producto que se ha tenido en cuenta para el análisis de las tecnologías es el aH72SK cuyas especificaciones técnicas son las recogidas en la siguiente tabla [13]:

**Tabla 7.4.1.** Especificaciones técnicas del panel de aH72SK de Abora Solar.

Especificación técnica	Valor
Eficiencia térmica + eléctrica	89%
Caudal nominal	60 l/h
Presión máx. admisible	10 bar
Rendimiento óptico	70 %
Temperatura de estancamiento	126 °C
Potencia eléctrica nominal	350 W
Eficiencia eléctrica	17,8 %

**Figura 7.4.1.** Croquis descriptivo del panel solar híbrido desarrollado por Abora Solar. Fuente: Abora Solar.

Enlace: <https://abora-solar.com/panel-solar-hibrido/>

## 7.5 Comparación de tecnologías

Una vez definidas y puestas en contexto todas las tecnologías, se procede a su comparación en la siguiente tabla:

**Tabla 7.5.1.** Comparación de tecnologías.

	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
<b>Fotovoltaica convencional</b>	Facilidad de instalación	Eficiencia en torno al 20%, difícilmente mejorable en el futuro
	Amplia gama de productos, mercado extenso	Necesidad de grandes superficies para producir potencias considerables
	Ayudas económicas estatales	Incapacidad de producción híbrida
	Precios asequibles gracias a la amplia gama de productos	Disminución de rendimiento al aumentar la temperatura
<b>Solar térmica convencional</b>	Facilidad de instalación	Normalmente acompañado de equipo auxiliar para meses con poca incidencia solar
	Amplia gama de productos, mercado extenso	Imprescindible instalar en zonas con bastantes horas de sol a lo largo del año
	Ayudas económicas estatales	Incapacidad de producción híbrida
<b>Concentración fotovoltaica</b>	Sin necesidad de construcción de cubierta	Necesidad de grandes superficies debido al movimiento de seguimiento solar
	Alta eficiencia, mayor que la fotovoltaica convencional	Coste elevadísimo, baja rentabilidad
	Capacidad híbrida de producción energética	Escasa o nula variedad, productos en fase experimental
	Tecnología muy innovadora	Falta de personal formado para el mantenimiento específico
<b>Paneles híbridos</b>	Alta densidad de producción energética por unidad de superficie	Mayor coste que tecnologías convencionales
	Disponibilidad nacional, inmediatez a la hora de conseguir repuestos	Menor eficiencia eléctrica con respecto a paneles convencionales

	Fácil instalación	Incapacidad de conseguir altas temperatura de salida para no comprometer la producción fotovoltaica
	Disponibilidad de personal específicamente formado para el mantenimiento	Necesidad de ir acompañado de un sistema auxiliar para satisfacer las demandas térmicas
	Rápida amortización de la inversión	Exceso de producción de energía térmica en verano que debe ser disipada

## 7.6 Elección y justificación

A raíz de los puntos a favor e inconvenientes de las tecnologías expuestos en la tabla 7.5.1, se puede realizar un análisis exhaustivo de cuál sería la mejor opción para instalar en la cubierta del hotel.

En primer lugar, la concentración fotovoltaica con recuperación de calor se descarta debido, principalmente, a la inexistente oferta comercial. Además, la falta de respuesta a las solicitudes de información técnica y asesoramiento por parte de los fabricantes y distribuidores, puede justificar la nula presencia de la tecnología en aplicaciones tanto comerciales como industriales. Todo indica que son numerosas las dificultades para la producción en serie, entre las que se podrían encontrar las siguientes:

- Problemas relacionados con los materiales por las altas temperaturas que se alcanzan en la célula fotovoltaica.
- Alto grado de dificultad para desarrollar un sistema de refrigeración que sea capaz de mantener las células fotovoltaicas en una temperatura estable de operación y que a la vez se consiga un caudal de fluido caliente aprovechable.
- Complejidad de funcionamiento al haber numerosos sistemas implicados al mismo tiempo: producción fotovoltaica, la refrigeración, seguimiento solar, estructura de soporte...

Todo apunta a que se trata de una tecnología interesante si se consiguen avances en el futuro, pero que no consigue resultados lo suficientemente destacables como para asumir una inversión económica de tal calibre hoy en día.

En cuanto a las tecnologías convencionales (paneles fotovoltaicos de placa plana y colectores solares térmicos planos), es evidente que son muy útiles. Solo hay que apreciar cómo se ha extendido su uso a lo largo de todo el planeta. Sin embargo, son tecnologías que necesitan grandes superficies para producir cantidades de energía sustanciales. Como el caso de este proyecto es un hotel de grandes dimensiones, si se quiere conseguir una producción energética que realmente produzca un cambio significativo en el ahorro, estas tecnologías se quedan cortas. Además, el recinto ya posee una instalación fotovoltaica que ocupa toda la cubierta del edificio principal, por lo que no supondría ninguna innovación agregar más paneles del mismo tipo.

Quizá una estrategia coherente sería instalar en la nueva cubierta colectores solares al ya haber una instalación fotovoltaica existente. De este modo, se estarían produciendo ambos tipos de energía al mismo tiempo. Sin embargo, al encontrarse el recinto hotelero en la zona sur de Tenerife, la radiación solar es muy elevada en verano. Justamente, es la época en la cual la necesidad de producción térmica es mínima, por lo que se produciría un exceso energético que se tendría que disipar. Es decir, se estaría desechando energía útil a la vez que consumiendo electricidad para hacer posible la disipación térmica.

Ciertamente, en los meses más calurosos, lo más necesario es la capacidad de producción de frío. La demanda de climatización de espacios llega a su pico anual. Por tanto, sería más adecuado utilizar algún tipo de tecnología que se base principalmente en la producción eléctrica para alimentar los sistemas de climatización, y a la vez que pueda tener cierta capacidad de producción térmica a modo de apoyo. Es por estos motivos que las tecnologías convencionales tampoco son la opción más idónea para el proyecto.

En definitiva, tras todo este análisis, se llega a la conclusión de que la mejor opción posible es la implantación de paneles híbridos. Aunque no tienen la mejor eficiencia eléctrica del mercado, son capaces de mantenerla a altas temperaturas gracias a la acción refrigeradora de la parte térmica del panel. Con esto, se producirá una gran cantidad de energía eléctrica en los meses de mayor radiación, permitiendo alimentar las enfriadoras del hotel o, en

general, satisfacer las altas demandas de climatización en los meses estivales. Por si no fuera poco, también se producirá la energía térmica necesaria para climatizar las piscinas y precalentar el agua caliente sanitaria, porque la temperatura de salida del agua no puede ser muy elevada para no comprometer la eficiencia fotovoltaica. Así mismo, en los meses de mayor demanda térmica que son los de invierno, se producirá energía suficiente para mantener el agua de las piscinas a una temperatura de confort y para servir de apoyo al suministro del ACS necesaria.

En consiguiente, se procederá al diseño de la instalación utilizando los paneles híbridos de la marca española Abora Solar, debido a que se trata de una empresa nacional que dispone de soporte técnico y profesionales específicamente formados para el mantenimiento de su tecnología. De igual forma, la capacidad de conseguir repuestos rápidamente y la fácil comunicación del instalador con el fabricante juegan un papel muy importante en esta elección.

## **8 OPTIMIZACIÓN DE LA CUBIERTA**

### **8.1 Hipótesis de diseño**

A la hora de empezar a diseñar la distribución de la cubierta destinada al aprovechamiento solar, se han tenido en cuenta una serie de criterios que se exponen a continuación:

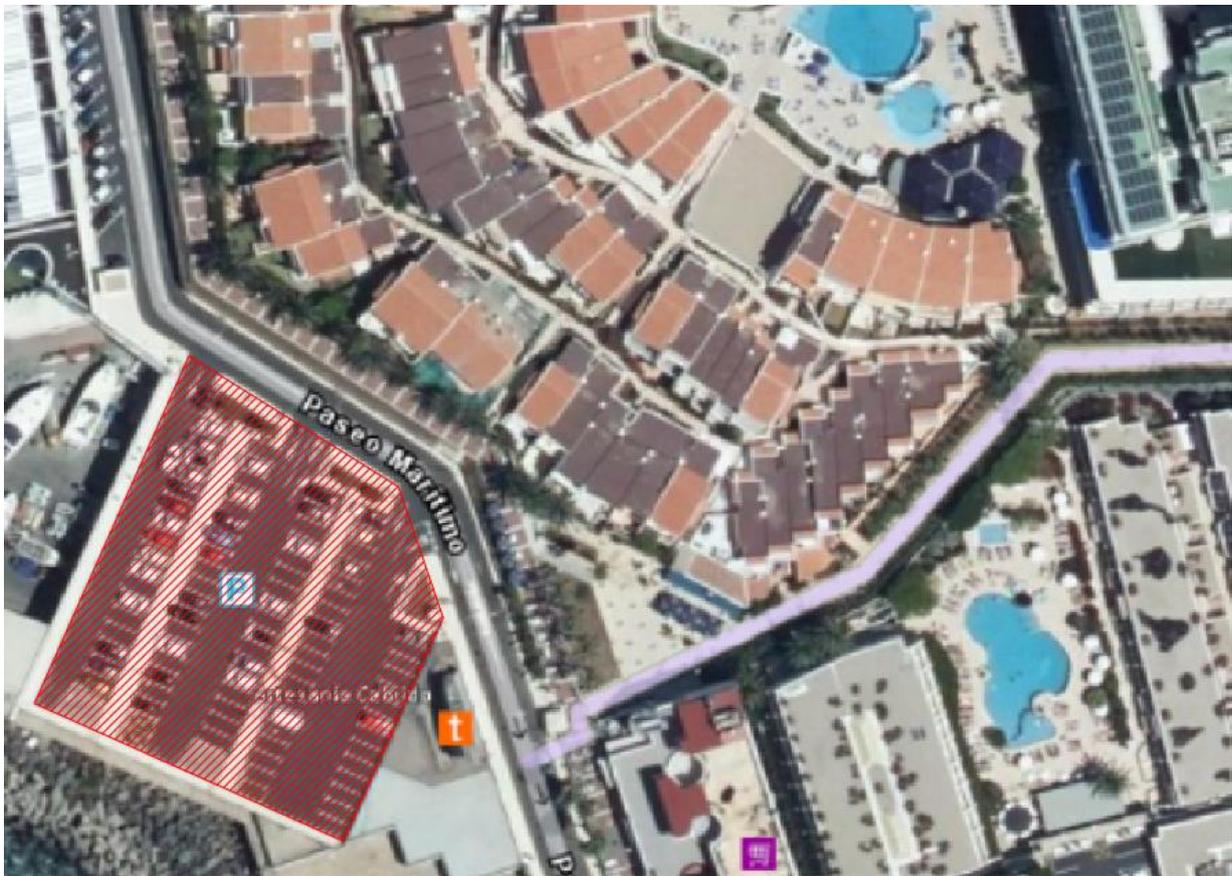
- Se tomarán todos aquellos criterios que aseguren la mayor optimización posible de la superficie de la cubierta.
- Se dimensionará la instalación para producir la máxima energía eléctrica posible a lo largo de todo el año.
- La prioridad de la instalación es la producción fotovoltaica. Por ello, la producción térmica de los paneles híbridos se considera como un subproducto que nace de la disipación de calor de las células fotovoltaicas para mantener unos índices de temperatura estables y no comprometer el rendimiento de las mismas.
- Se considera que los rayos solares son paralelos entre sí a su llegada a la superficie terrestre debido a la gran distancia que separa la Tierra y el Sol y el enorme tamaño del segundo.
- Los criterios adoptados son los referentes al hemisferio norte, zona donde se encuentra el complejo vacacional referente a este proyecto.
- Se supondrá que la parcela donde se situará la cubierta está lo suficientemente despejada de obstáculos en los alrededores que puedan provocar sombras sobre los paneles. Por tanto, se suponen nulas las pérdidas por sombra de objetos cercanos aunque sí se ha realizado el estudio de las sombras que proyectan las propias filas de paneles sobre las adyacentes.

### **8.2 Disposición y distribución de los paneles sobre la cubierta**

#### **8.2.1 Cálculo de la superficie de la cubierta**

El principal motivo para decidir construir la cubierta es dar sombra a los vehículos de los clientes del hotel. Por ello, la cubierta debe abarcar las zonas donde se puedan aparcar coches, es decir, sobre las plazas de aparcamiento.

El aparcamiento en su totalidad tiene una superficie de 2340 metros cuadrados aproximadamente, tal y como se puede observar en la figura 8.2.1.1. Por lo tanto, no se van a cubrir los carriles de tránsito de los coches, al tratarse de zonas que no poseen plazas de estacionamiento, ni tampoco zonas relativas a espacios verdes o que poseen jardineras.



**Figura 8.2.1.1.** Vista satelital de la superficie de aparcamiento. Fuente: Grafcan.

En conclusión, como no se va a techar el área de las vías de circulación que se encuentran dentro del aparcamiento, se define la superficie aproximada de cubierta en el anexo de planos. Concretamente, la cubierta queda totalmente definida en el plano “Disposición de paneles” y en el denominado “Conexión hidráulica de cubierta a hotel”. Como se puede apreciar, consta de tres cubiertas independientes entre sí, que proveen de sombra a todas las plazas de aparcamiento, además de algunas zonas de paso peatonal. Según la disposición de las cubiertas en los planos anteriormente citados, se nombran las cubiertas de izquierda a derecha:

- Cubierta 1: es la de mayor superficie, 47 metros de largo y 14 de ancho, formando una superficie de 658 metros cuadrados.

- Cubierta 2: sus dimensiones son 45 metros de largo y 14 de ancho, que forman una superficie de 630 metros cuadrados.
- Cubierta 3: es la más pequeña de las tres y tiene unas dimensiones de 32 metros de largo y 6 de ancho, formando una superficie de 192 metros cuadrados.

En su totalidad, la superficie de cubierta es de 1480 metros cuadrados. Con la superficie ya definida, se procederá a dimensionar el número de paneles y su disposición según los criterios aplicados en los siguientes apartados.

## **8.2.2 Orientación e inclinación**

El objetivo del proyecto, como se indicó en las hipótesis de diseño, es asegurar la mayor producción de energía eléctrica a lo largo de todo el año. Para ello, se deben tener en cuenta una serie de criterios, los cuales se exponen en los apartados siguientes.

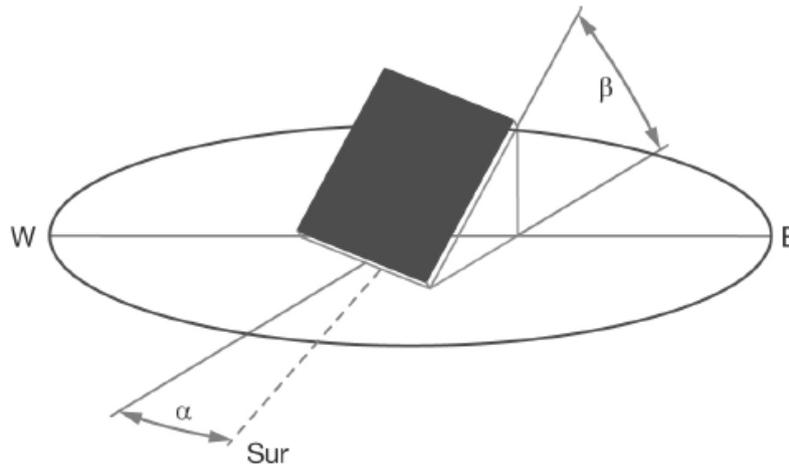
### **8.2.2.1 Conceptos teóricos [14]**

Los paneles captan la mayor cantidad de energía cuando la radiación solar impacta perpendicularmente a la superficie de apertura. Sin embargo, el Sol y la Tierra no se encuentran en la misma posición relativa uno del otro durante todo el año. Para satisfacer esta condición, sería necesario instalar en los paneles seguidores solares de dos ejes. En el caso del proyecto, con el fin de simplificar la instalación y no añadir mecanismos externos que consuman energía, los paneles serán fijos. Del mismo modo, el producto que se va a utilizar de Abora Solar no dispone de seguimiento solar.

Principalmente, para definir la orientación e inclinación de los paneles influyen numerosas variables:

- a) La inclinación se suele denominar  $\beta$ , y se refiere al ángulo que forma el panel con respecto al plano horizontal. Los paneles coplanares a una superficie horizontal tendrán una inclinación de  $0^\circ$ , mientras que los situados perpendicularmente a la horizontal tendrán una inclinación de  $90^\circ$ .
- b) La orientación, también denominada  $\alpha$ , se define con el acimut. El acimut es el ángulo que mide la desviación del panel con respecto al Sur, en el hemisferio Norte,

en sentido horario. Por ejemplo: un captador orientado hacia el Sur tendrá un acimut de  $0^\circ$ , y uno orientado hacia el Este tendrá un acimut de  $-90^\circ$  mientras que en el Oeste será de  $90^\circ$ .



**Figura 8.2.2.1.1.** Esquema de representación de la orientación e inclinación de un colector. Fuente: Estudios Abiertos SEAS, Grupo San Valero.

- c) La latitud de un punto en la superficie terrestre es el ángulo formado entre el plano del ecuador y la línea que une el centro de la Tierra con el punto en la superficie terrestre. Su valor está comprendido entre  $0^\circ$  y  $90^\circ$  y se distinguen los hemisferios indicando una N (Norte) o una S (Sur).
- d) La declinación solar ( $\delta$ ) se define como el ángulo que forma el plano del ecuador terrestre con la línea recta imaginaria que une el centro de la Tierra con el del Sol. Este valor varía a lo largo del año, haciendo que la trayectoria que describe la estrella en la bóveda celeste sea diferente dependiendo del mes. La declinación solar toma valor  $0^\circ$  en los equinoccios de primavera y otoño, es decir, la radiación solar impacta perpendicularmente al ecuador terrestre en estas épocas del año. Es por ello que en el hemisferio norte se puede observar cómo en invierno la trayectoria del Sol es más cercana al horizonte, mientras que en verano el Sol alcanza posiciones mucho más cenitales con respecto a la superficie terrestre.

Como norma de buena práctica, se considera el Sur geográfico como la orientación óptima para la captación máxima en regiones del hemisferio Norte. Además, se establece que la

inclinación óptima debe ser igual a la latitud geográfica del lugar donde se vayan a instalar los paneles. en caso de diseñar la instalación para producción energética durante todo el año. En la siguiente tabla se puede observar cuál es la inclinación óptima según la utilización de la instalación:

**Tabla 8.2.2.1.1.** Inclinación óptima según la utilización.

<b>Utilización de la instalación</b>	<b>Inclinación óptima [°]</b>
<b>Todo el año</b>	Latitud del lugar
<b>Invierno</b>	Latitud del lugar +10°
<b>Verano</b>	Latitud del lugar -10°

### **8.2.2.2 Determinación de la orientación en inclinación de los paneles**

Aunque los criterios expuestos en el apartado anterior sean muy útiles para empezar a realizar cálculos, se suele utilizar software especializado para una mayor precisión.

La unión europea ha desarrollado un programa informático denominado PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) que determina la inclinación y orientación óptima para la generación fotovoltaica. Para el desarrollo de este proyecto, se ha hecho uso de esta herramienta útil altamente extendida en la industria.

En resumen, para la situación geográfica del hotel, se tienen las siguientes coordenadas [15]:

- Latitud: 28,077°
- Longitud: -16,735°

Por lo tanto, según PVGIS, la inclinación y orientación óptimas para producción fotovoltaica a lo largo de todo el año son:

- Orientación: -6°

- Inclinación: 26°

Resultados de la simulación:	
Ángulo de inclinación [°]:	26 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	-6 (opt)
Producción anual FV [kWh]:	1599.47
Irradiación anual [kWh/m <sup>2</sup> ]:	2106.59
Variación interanual [kWh]:	33.95
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-2.66
Efectos espectrales [%]:	NaN
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-8
Pérdidas totales [%]:	-24.07

**Figura 8.2.2.2.1.** Resultados de la simulación en PVGIS. Fuente: PVGIS [15].

Sin embargo, aunque la implantación de la inclinación de 26° es fácil de poner en práctica, la orientación es todo lo contrario. Las cubiertas del aparcamiento tienen un acimut de 24°, ligeramente orientado hacia el Oeste comparándolo con el valor óptimo que deberían tener los paneles. Es por este motivo, que para facilitar la instalación y poder asociarlos de tal manera que ocupen la mayor superficie posible de cubierta (y, por tanto, se pueda instalar el mayor número de paneles posible), se tomará la orientación de la cubierta de 24° como valor de diseño para los colectores.

Evidentemente, alejarse del valor óptimo repercutirá negativamente en la cantidad de radiación solar que incidirá sobre los paneles. En contraposición, una variación de 30° con respecto a la posición ideal no resultará en unas pérdidas tan significativas como para desechar la disposición. Del mismo modo, incluso el IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) indica en su guía técnica de energía solar térmica lo siguiente [16]: “desviaciones de hasta  $\pm 45^\circ$ , respecto del Sur geográfico no afectan significativamente a las prestaciones de la instalación”.

### 8.2.3 Estudio de sombras y distancia entre filas de paneles

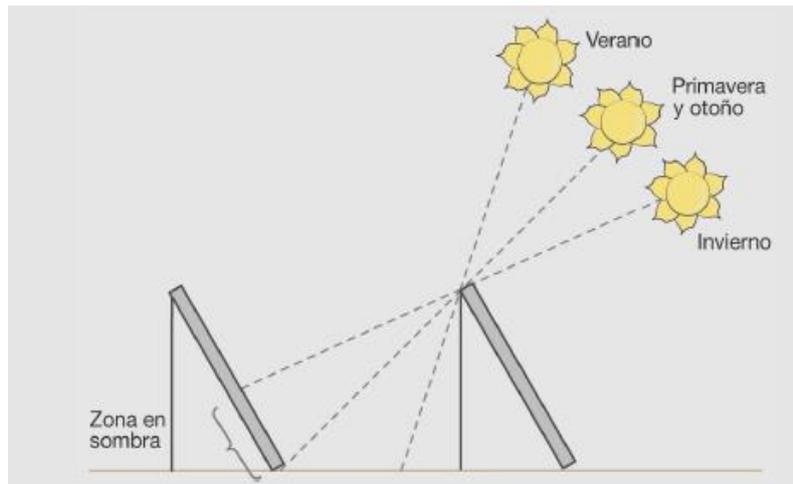
Las sombras proyectadas sobre los paneles juegan un papel crítico en el diseño de la instalación. Su cálculo determina la cantidad de área de apertura que quedará oculta a la radiación solar directa a lo largo de todo el año, teniendo una relación directamente proporcional con la energía producida.

#### 8.2.3.1 Conceptos teóricos

Además del impacto sobre la producción energética, también pueden provocar daños irreversibles en las células fotovoltaicas. Una célula fotovoltaica sombreada consume electricidad en vez de producirla, por lo que puede producir un sobrecalentamiento o, en algunas ocasiones, la calcinación de la célula. Este fenómeno se denomina punto caliente y debe tenerse muy en cuenta en los paneles fotovoltaicos. Una solución que suelen llevar incorporada es los diodos bypass, que cortan el circuito y hacen un puente en la zona sombreada para que no se produzca este fatal suceso.

A la hora de abordar el estudio de sombras se deben tener en cuenta dos fenómenos que pueden formarlas:

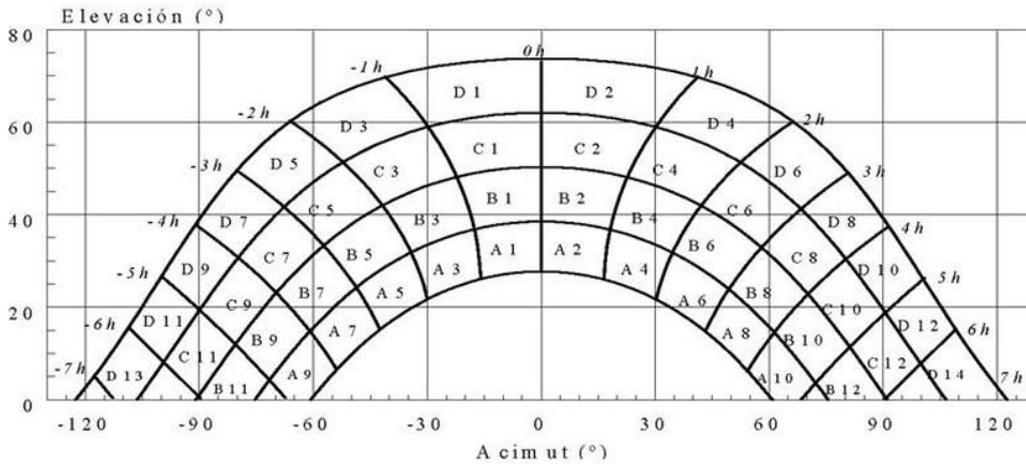
- a) Sombras proyectas entre filas de paneles: es imprescindible calcular la distancia entre filas a partir de la cual la fila delantera empieza a proyectar sombra en la trasera y así sucesivamente. La separación mínima se calcula teniendo en cuenta la posición del Sol del mediodía solar del día más desfavorable del periodo de utilización de la instalación, es decir, del día donde la trayectoria solar es más cercana al horizonte. De este modo, la sombra que proyecta la arista superior de una fila de paneles deberá generar sombra, como máximo, sobre la arista inferior de la fila consecutiva. Esquemáticamente, se expresa mejor en la figura 8.2.3.1.1:



**Figura 8.2.3.1.1.** Distancia entre filas. Fuente: Estudios Abiertos SEAS, Grupo San Valero.

Para el hemisferio Norte, el día más desfavorable donde la trayectoria del Sol es más cercana al horizonte es el 21 de diciembre, en caso de que se diseñe la instalación para funcionar durante todo el año.

- b) Sombras proyectadas por objetos situados alrededor de la instalación: son producidas por edificios o estructuras colindantes a la parcela donde se instalarán los paneles. También, pueden producirlas árboles u otros elementos naturales del entorno. El método de cálculo se basa en comparar el perfil que tienen los objetos que pueden producir sombra con los diagramas de trayectorias solares del lugar en cuestión. Los diagramas solares representan las trayectorias que sigue el Sol en la bóveda celeste dependiendo de la latitud, como se puede observar en la siguiente figura:



**Figura 8.2.3.1.2.** Diagrama de trayectorias solares. Fuente: IDAE.

El diagrama de trayectorias de la figura está pensado para ser utilizado con cualquier latitud. El valor de los coeficientes de cada área (A1,A2,A3...) depende de la latitud. A su vez, debe dibujarse sobre el diagrama la forma que tienen los objetos desde la posición de los paneles.

En el siguiente apartado, se expondrán los resultados del cálculo de las pérdidas por sombra y la distancia entre filas. Sin embargo, para conocer en detalle las fórmulas utilizadas y el procedimiento, consultar el “Anexo de Cálculos Fotovoltaicos”.

**8.2.3.2 Determinación de la distancia entre filas y las pérdidas por sombra**

En primer lugar, para el cálculo de sombras provocadas por objetos cercanos, como se indicó en las hipótesis de trabajo, se han tomado como nulas al tratarse de un solar junto al mar, donde en los alrededores no hay grandes construcciones que puedan proyectar sombras sobre los paneles.

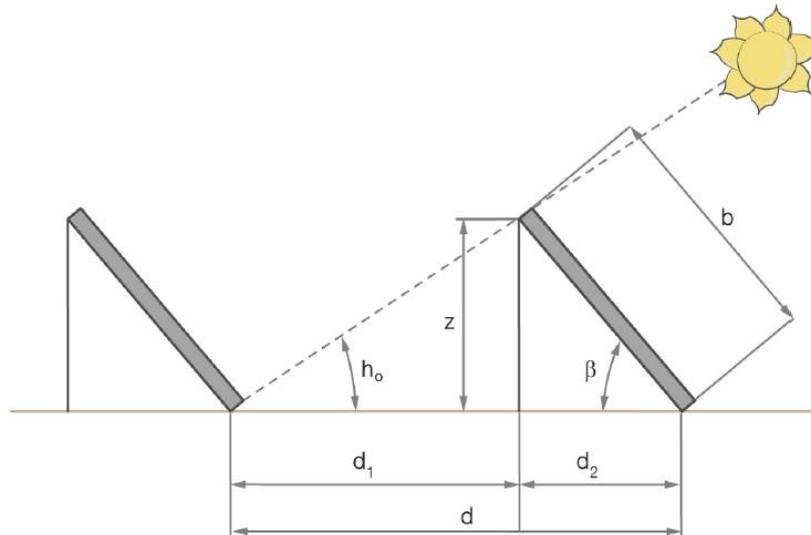
En segundo lugar, para el cálculo de la separación entre filas de paneles, se ha calculado la separación mínima que asegura que las sombras proyectadas sean nulas haciendo uso de las siguientes ecuaciones:

$$h_0 = (90^\circ - \varphi) - 23,5^\circ \tag{1}$$

$$d = b \cdot \left( \frac{\sin \beta}{\tan h_0} + \cos \beta \right) \quad (2)$$

Donde:

- $h_0$  es la altura solar [°]
- $\Phi$  es la latitud del lugar [°]
- Los demás valores vienen expresados en la siguiente figura.



**Figura 8.2.3.2.1.** Esquema de cálculo de la separación entre filas. Fuente: Estudios Abiertos SEAS, Grupo San Valero.

En definitiva, los resultados de separación entre filas de paneles y las pérdidas por sombra son (para más detalle consultar “Anexo de Cálculos Fotovoltaicos”):

- Separación entre filas de paneles: 1090 milímetros.
- Porcentaje de pérdidas por sombra provocadas por objetos colindantes y por filas delanteras. 0%.

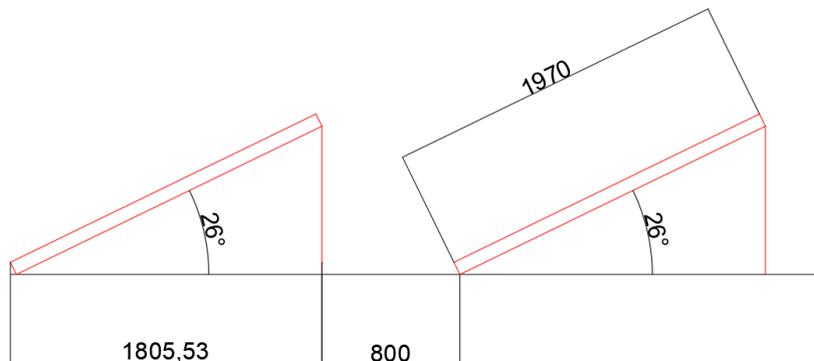
Nota: la determinación de la separación entre filas y el número total de paneles (que se estudiará en el siguiente apartado) han sido cálculos que se han realizado al mismo tiempo

y dependen estrechamente uno de otro. Sin embargo, como son cuestiones diferentes, se han separado en la redacción de esta memoria del proyecto.

#### 8.2.4 Número de paneles

Con el fin de determinar el número de paneles, se ha planteado el estudio de la siguiente manera. Se quiere conseguir que se maximicen dos factores: el número de paneles y la potencia eléctrica producida.

Es por eso que se ha calculado el área que estaría sombreada por la fila de paneles delantera con la altura solar del día más desfavorable del año (21 de diciembre). Se ha fijado la inclinación de los colectores en  $26^\circ$  y se ha variado la distancia entre filas. Con esto, se quiere estudiar si asumiendo cierta cantidad de sombra en los paneles (juntando las filas cada vez más) se podrían instalar muchos más paneles que aumentarían considerablemente la potencia pico instalada. Por lo tanto, se ha parametrizado la distancia entre filas ( $d_1$ ) variando su valor en intervalos de 20 cm partiendo de la separación mínima que asegura sombras nulas, tal y como se puede observar en la siguiente figura:



**Figura 8.2.4.1.** Ejemplo de esquema de colocación de paneles con distancia entre filas de 80 cm.

Fuente: propia, AutoCAD.

Teniendo en cuenta todo esto, para cada valor de separación se obtendrá un número de paneles determinado que cabrá en la superficie de cubierta.

A modo de criterios de montaje, se han considerado ciertos márgenes entre los paneles y el perímetro de la cubierta:

- Por un lado (izquierdo o derecho) de la cubierta, los paneles están separados del borde 10 cm.
- Por el otro lado, se exige que como mínimo haya espacio suficiente para montar las conducciones térmicas y que un operario de mantenimiento pueda caminar sin riesgo de caída para acceder a todas las filas de colectores.
- Por unos de los lados superior o inferior, se separarán los paneles 50 centímetros del borde para permitir el mantenimiento.
- En el lado contrario, se dejará el espacio sobrante de colocar las filas a una determinada distancia.

Una vez contemplados todos estos criterios, se han recabado los siguientes resultados:

**Tabla 8.4.1.** Resultados de la relación entre la separación entre filas y el número de paneles.

<b>NÚMERO DE PANELES CON RESPECTO A LA SOMBRA PROYECTADA ENTRE FILAS</b>					
<b>d1 (mm)</b>	<b>Área sombreada (mm<sup>2</sup>)</b>	<b>% sombra</b>	<b>Nº paneles</b>	<b>Potencia fotovoltaica pico (kW)</b>	<b>Potencia fotovoltaica real (kW)</b>
<b>1090</b>	0	0	458	160,30	160,30
<b>900</b>	128812,70	6,57	489	171,15	159,9
<b>800</b>	203945,15	10,40	515	180,25	161,5
<b>600</b>	331394,70	16,91	546	191,10	158,79
<b>400</b>	469978,30	23,98	603	211,05	160,45

Analizando los resultados de la tabla, se puede observar que a medida que se disminuye la distancia entre filas se pueden instalar más paneles. Aproximadamente y haciendo un promedio, se pueden instalar unos 40 paneles más disminuyendo la separación en 20 centímetros.

Aparentemente, no es un número despreciable, pero solo repercute en 10 kW más de potencia pico instalada, lo cual no es muy relevante. Además, aplicando el porcentaje de sombras que sufren, se ve claramente como la potencia pico instalada real es prácticamente la misma que en el caso de sombras nulas.

Este resultado expone cuantitativamente que no siempre es mejor aumentar la cantidad de paneles instalados sin realizar un estudio al respecto. En el caso de haber acercado más las filas para intentar introducir el mayor número de paneles, se estaría instalando una cantidad de colectores que prácticamente no realizarían ninguna captación útil de energía.

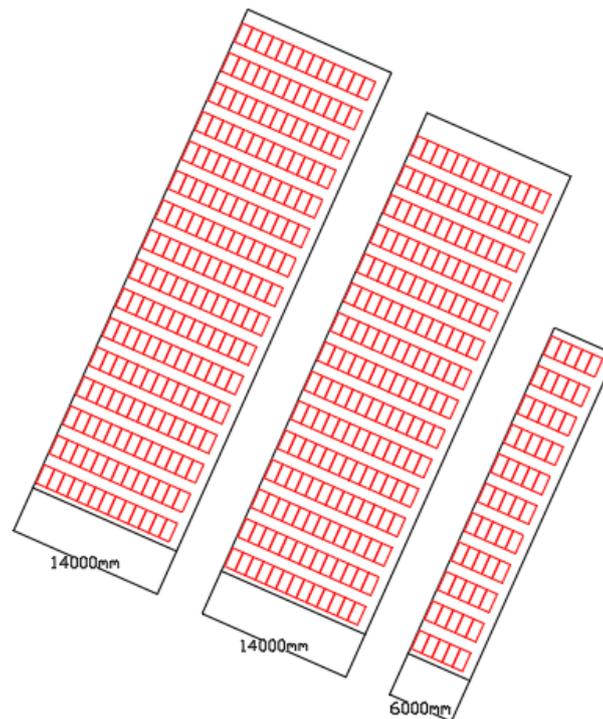
En conclusión, se decidió colocar 458 paneles separados 1090 milímetros entre filas.

### **8.2.5 Disposición final**

Una vez han sido calculados todos los parámetros necesarios para la disposición de los paneles en la cubierta (orientación e inclinación, sombras, distancia entre filas, márgenes de instalación y número de paneles), se distribuyen en las tres cubiertas del aparcamiento de la siguiente manera:

- Cubierta 1: 16 filas de 13 paneles cada una, dando un total de 208 paneles separados 1090 milímetros entre filas.
- Cubierta 2: 15 filas de 13 paneles cada una, separadas 1090 milímetros y dando un total de 195 paneles.
- Cubierta 3: 11 filas de 5 paneles cada una, separadas 1090 milímetros y dando un total de 55 paneles.

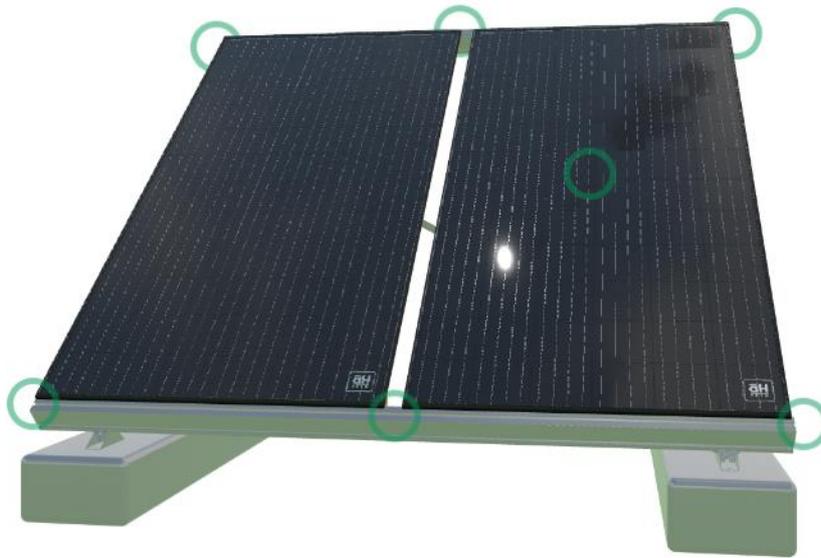
En total, se dispondrán 458 paneles de Abora Solar aH72SK como se puede observar en la siguiente figura.



**Figura 8.2.5.1.** Disposición de los paneles en las cubiertas. Fuente: propia, AutoCAD.

En el apartado de “Planos”, se puede consultar gráficamente con detalle cómo es la distribución final de los paneles sobre las cubiertas, así como todos los datos anteriormente definidos en este apartado 8 “Optimización de la cubierta”.

Nota aclaratoria: cabe destacar que, aunque los paneles han sido dibujados en los planos completamente pegados unos de otros, realmente serán instalados con una separación de 10 centímetros, ya que tienen instalados los racores del conexionado hidráulico a ambos lados. Se adjunta imagen del fabricante:



**Figura 8.2.5.2.** Ejemplo de la separación entre paneles. Fuente: Ahora Solar.

## 9 ESTUDIO ENERGÉTICO

En este apartado se procederá al análisis de la producción energética de los 458 paneles instalados, así como de la demanda energética del hotel Club Atlantis a lo largo del año. Además, se establecerá una comparación con instalaciones equivalentes formadas por tecnologías convencionales (paneles fotovoltaicos de placa plana y colectores solares térmicos planos) con el fin de contextualizar y justificar con datos numéricos la instalación de los colectores híbridos.

### 9.1 Introducción al software de Abora Solar

El software de la empresa Abora Solar se denomina Abora Hybrid y sirve para dimensionar instalaciones con sus paneles híbridos de una manera sencilla e intuitiva, con el objetivo de facilitar el cálculo de instalaciones con este tipo de tecnología. De hecho, no existe una variedad extensa de programas de cálculo para productos híbridos, como sí sucede con las tecnologías más utilizadas actualmente (fotovoltaica convencional o solar térmica).

Al abrir el programa, la interfaz se divide en subapartados representados con iconos a la izquierda de la pantalla, como se muestra en la siguiente figura:

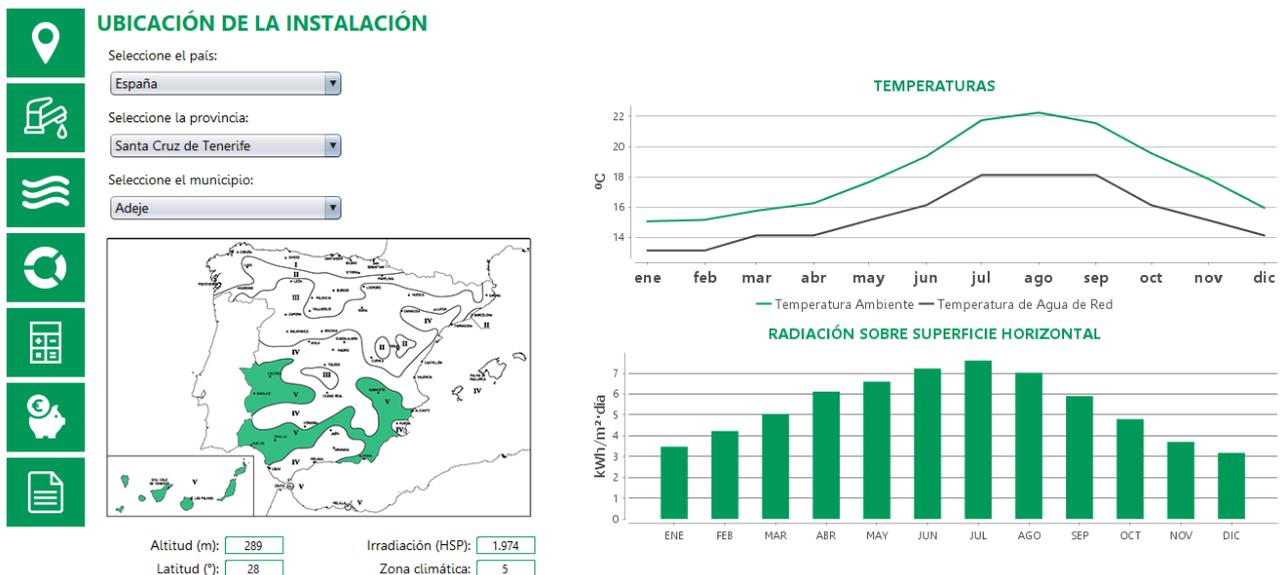


Figura 9.1.1. Interfaz del software Abora Hybrid. Fuente: propia, Abora Hybrid.

Bajo los despegables de la ubicación, aparece el plano de zonas climáticas de España según el Código Técnico de la Edificación.

A la derecha de la pantalla, se muestran datos de las temperaturas medias del ambiente y del agua de la red de la localización que se ha elegido, a lo largo de todo el año. También, la radiación por unidades de superficie de la zona escogida. A su vez, el programa obtiene estos valores de la base de datos de IDAE.

Tras introducir los datos de la localización, en la siguiente pestaña se deben introducir los de la demanda energética del recinto donde se vayan a disponer los paneles. Del mismo modo, es necesario especificar algunos parámetros térmicos de la instalación, como pueden ser el tipo de demanda que se quiere introducir, el tipo de instalación, el sistema auxiliar instalado, etc.

**PARÁMETROS DE INSTALACIÓN**

PARÁMETROS TÉRMICOS		PARÁMETROS ELÉCTRICOS	
Defina el tipo de instalación: <input type="radio"/> Vivienda individual <input type="radio"/> Vivienda colectiva <input checked="" type="radio"/> Edificio terciario	Defina el tipo de demanda: <input type="radio"/> ACS <input type="radio"/> Piscina <input type="radio"/> ACS + calefacción <input checked="" type="radio"/> ACS + piscina <input type="radio"/> ACS + calefacción + piscina  <input type="checkbox"/> ¿Conoce el consumo mensual? <input type="checkbox"/> Incluir el excedente térmico en los cálculos.	Defina el tipo de combustible del sistema auxiliar Electricidad (Aerotermita) Combustible: Electricidad (Aerotermita) Coef. Emisiones CO2 combustible (kg CO2 / kW...): 0,396 Coef. Emisiones CO2 electricidad (kg CO2 / kWh): 0,811 Rendimiento nominal: 4,130 Rendimiento estacional: 2,750 Precio combustible (€/kWh): 0,195 Precio electricidad (€/kWh): 0,195	Defina el tipo de conexión: <input checked="" type="radio"/> Autoconsumo Defina el factor de consumo: 100 % ¿Conoce la demanda eléctrica del edificio? <input type="checkbox"/>

**DEMANDA TÉRMICA**

**DEMANDA ACS EDIFICIO TERCIARIO**

Seleccione el tipo de edificio:  
Hotel \*\*\*\*

Seleccione el número de personas: 538

Temperatura de otros consumos (°C): 60

Consumo a 60°C (litros/día/pers): 55

Otros Consumos (litros/día): 0

**ESQUEMA TÉRMICO**

**ESQUEMA ELÉCTRICO**

Ocupación (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
ACS (kWh)	45.013	40.657	44.053	42.632	43.093	40.774	40.213	40.213	38.915	42.133	41.703	44.053	503.454
Calefacción (kWh)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piscina (kWh)	47.876	33.513	23.938	14.363	0	0	0	0	0	14.363	28.726	43.089	205.868
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>92.889</b>	<b>74.170</b>	<b>67.991</b>	<b>56.995</b>	<b>43.093</b>	<b>40.774</b>	<b>40.213</b>	<b>40.213</b>	<b>38.915</b>	<b>56.496</b>	<b>70.429</b>	<b>87.142</b>	<b>709.322</b>

Figura 9.1.2. Segunda pestaña de la interfaz del software Abora Hybrid. Fuente: propia, Abora Hybrid.

La tercera pestaña es relativa al diseño de la instalación. Se debe escoger el número de paneles a instalar, la inclinación y la orientación, el porcentaje de pérdidas por sombra y algunos otros parámetros relativos a la acumulación de agua caliente sanitaria. Evidentemente, todos estos valores deben haber sido estudiados y calculados con anterioridad a la introducción en el programa. En la siguiente figura, se puede observar la apariencia de la pestaña número tres:

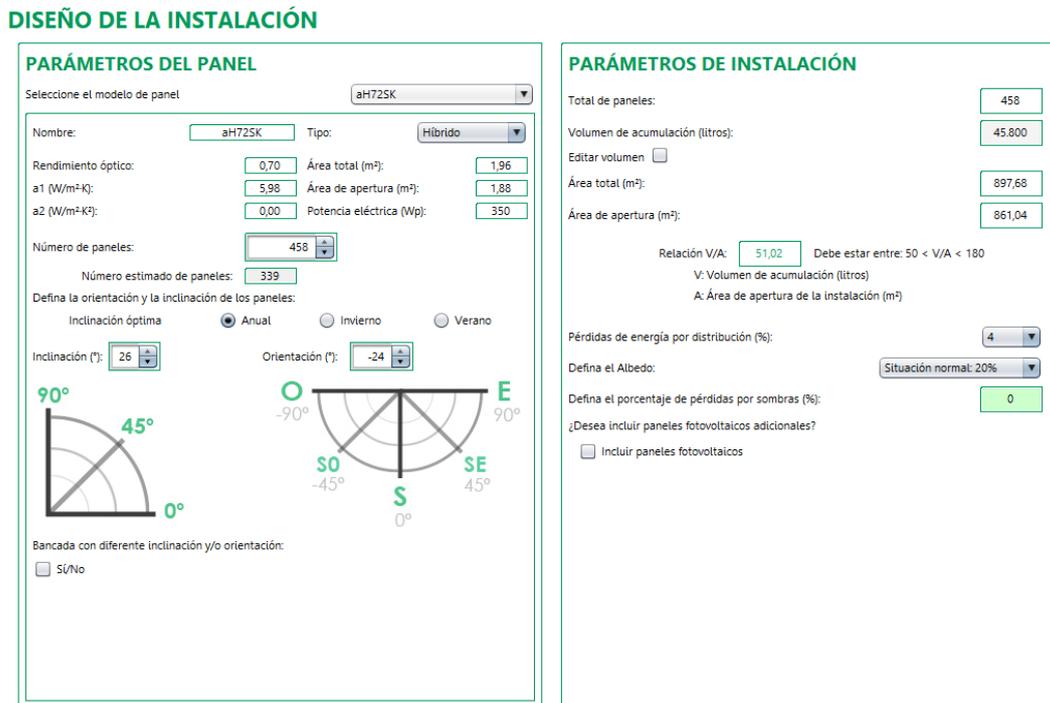


Figura 9.1.3. Tercera pestaña de la interfaz del software Abora Hybrid. Fuente: propia, Abora Hybrid.

El cuarto subapartado del software hace referencia a los resultados de los cálculos. En él, se exponen los datos obtenidos de producción energética, tanto eléctrica como térmica, a lo largo de cada mes del año. Igualmente, aparecen reflejados los datos de ahorros económicos y emisiones de dióxido de carbono evitadas.

**RESULTADOS**

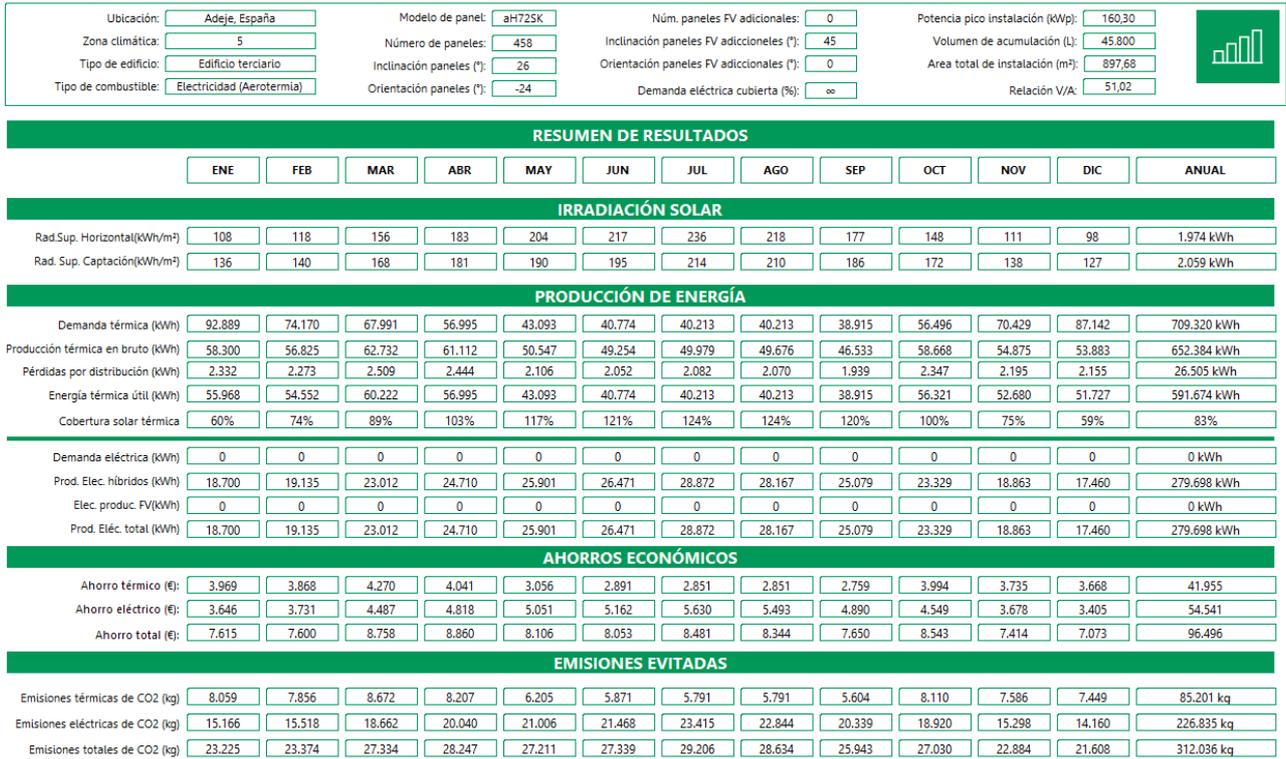


Figura 9.1.4. Pestaña de resultados del software Abora Hybrid. Fuente: propia, Abora Hybrid.

Por último, el programa genera una última ventana de amortización de la instalación, muy útil para poder justificar los proyectos más allá de los posibles argumentos técnicos que pueda haber. Incluso, se puede establecer un método de financiación si es necesario y se muestra una gráfica del flujo de caja acumulado como se puede apreciar en la figura 9.1.4:

**AMORTIZACIÓN DE LA INSTALACIÓN**

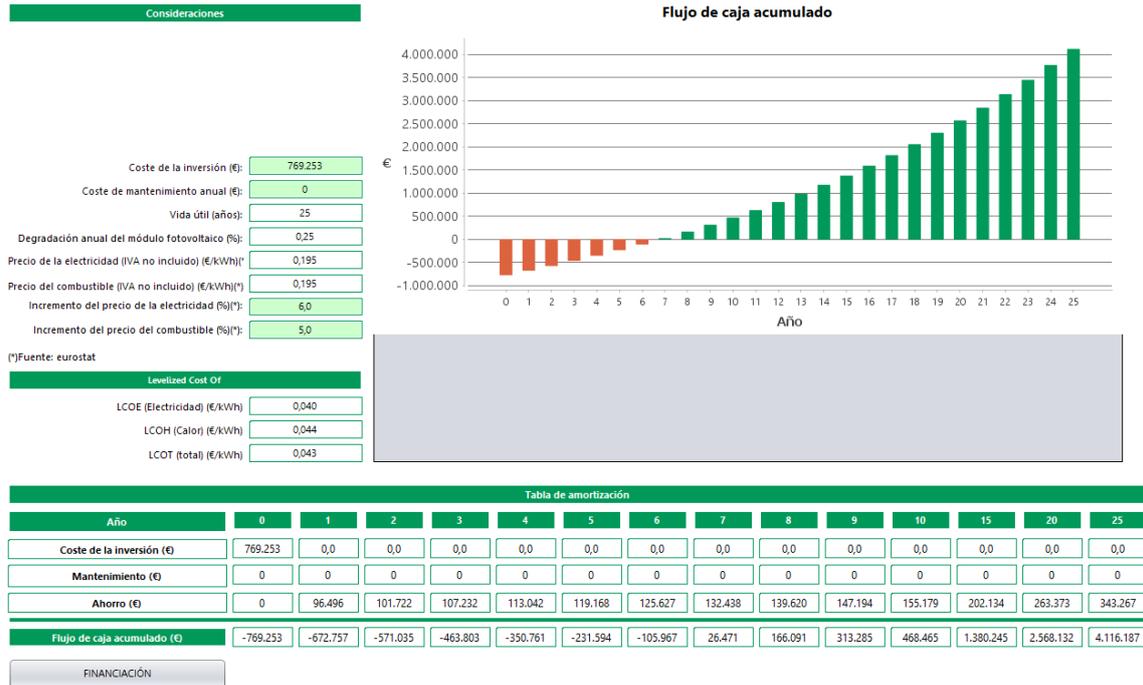


Figura 9.1.5. Última pestaña de la interfaz del software Abora Hybrid. Fuente: propia, Abora Hybrid.

**9.2 Hipótesis de cálculo**

- Como ya se puntualizó en los criterios de diseño de la cubierta, el objetivo de la instalación de los paneles híbridos es maximizar la producción fotovoltaica y la consecuencia de eso es la producción de energía térmica para calentamiento de piscinas y precalentamiento de ACS.
- Se ha supuesto una ocupación del 90% del hotel en todos los meses del año, según los datos de afluencia de clientes en años anteriores.
- Se realizará el cálculo según los criterios del RITE.
- Se supone que el agua corriente del hotel se extrae de un aljibe a 20 °C constantes a lo largo de todo el año.

**9.3 Requisitos térmicos y eléctricos del hotel**

El Hotel Club Atlantis ha cedido los datos necesarios para el estudio de los requisitos energéticos del proyecto. En los siguientes apartados, se exponen detalladamente:

### 9.3.1 Requisitos térmicos

El estudio de las cargas térmicas se centra en la climatización de las piscinas y del precalentamiento de ACS, que es la finalidad del uso de la energía térmica producida por la instalación de los paneles solares híbridos.

Los datos que ha proporcionado el hotel para la realización del proyecto son recopilados en la siguiente tabla:

**Tabla 9.3.1.1.** Datos del Hotel Club Atlantis para el cálculo de demanda térmica.

<b>Dato</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidad</b>
<b>Número de personas</b>	538	personas
<b>Temperatura de acumulación del agua</b>	60	°C
<b>Temperatura de uso del agua</b>	55	°C
<b>Superficie de lámina de agua de las piscinas</b>	133	m <sup>2</sup>
<b>Volumen piscina adultos</b>	150	m <sup>3</sup>
<b>Volumen piscina infantil</b>	16	m <sup>3</sup>
<b>Temperatura de consigna de la piscina</b>	25	°C
<b>Temperatura del cerramiento</b>	18	°C
<b>Humedad relativa exterior</b>	80	%

Además, se dispone de los datos de necesidad térmica del hotel a lo largo de los meses del año, tanto del agua caliente sanitaria como del calentamiento de las piscinas. Se reflejan en las siguientes tablas:

a) Demanda de ACS:

**Tabla 9.3.1.2.** Datos de la necesidad térmica de ACS del Hotel Club Atlantis.

<b>Mes</b>	<b>Días del mes</b>	<b>Consumo energético (kWh/mes)</b>
<b>Enero</b>	31	38398
<b>Febrero</b>	28	34642
<b>Marzo</b>	31	38398
<b>Abril</b>	30	37160
<b>Mayo</b>	31	38398
<b>Junio</b>	30	37160
<b>Julio</b>	31	38398
<b>Agosto</b>	31	38398
<b>Septiembre</b>	30	37160
<b>Octubre</b>	31	38398
<b>Noviembre</b>	30	37160
<b>Diciembre</b>	31	38398
<b>TOTAL (kWh/año)</b>		<b>452108</b>

b) Demanda de piscinas:

**Tabla 9.3.1.3.** Datos de la necesidad térmica para climatización de las piscinas en el Hotel Club Atlantis.

<b>Mes</b>	<b>Días del mes</b>	<b>Demanda energética (kWh/mes)</b>
<b>Enero</b>	31	47876
<b>Febrero</b>	28	33513
<b>Marzo</b>	31	23938
<b>Abril</b>	30	14363
<b>Mayo</b>	31	0
<b>Junio</b>	30	0

<b>Julio</b>	31	0
<b>Agosto</b>	31	0
<b>Septiembre</b>	30	0
<b>Octubre</b>	31	14363
<b>Noviembre</b>	30	28726
<b>Diciembre</b>	31	43089
<b>TOTAL (kWh/año)</b>		<b>205869</b>

En conclusión, los requisitos térmicos totales del Hotel Club Atlantis serán la suma de la necesidad de ACS y de piscinas. Como se puede observar en la tabla 9.3.1.3, los meses más calurosos del año permiten que la piscina alcance la temperatura de consigna sin tener que climatizarla, es por eso que tienen una necesidad térmica de 0 kWh/mes.

A modo aclaratorio, el software de Abora Solar solo pide introducir los datos de la necesidad térmica de piscinas ya que el cálculo de ACS lo hace directamente teniendo en cuenta la normativa del CTE y el RITE.

Del mismo modo, en el apartado de la memoria “9.4 Resultados y discusión” se puede comprobar detalladamente cuáles son las cargas térmicas tenidas en cuenta en el cálculo por el programa Abora Hybrid.

### **9.3.2 Requisitos eléctricos**

En contraposición a los datos térmicos, los datos eléctricos se desconocen totalmente. No se dispone de las facturas eléctricas desglosadas por meses ni tampoco de la producción fotovoltaica que realizan los paneles ya instalados antes del desarrollo de este proyecto, tal y como se indicó en los antecedentes.

Es por ello que se analizarán los resultados de producción eléctrica de los paneles solares híbridos y de los ahorros que eso conlleva, aunque sin poder estimar detalladamente cuál sería el porcentaje de demanda eléctrica que es capaz de asumir la instalación que se está diseñando.

## 9.4 Resultados y discusión

En primer lugar, en la siguiente tabla se recogen los valores de demanda térmica que ha estimado el programa:

**Tabla 8.5.1.** Datos del Hotel Club Atlantis de la necesidad energética total.

<b>Mes</b>	<b>ACS (kWh/mes)</b>	<b>Piscinas (kWh/mes)</b>	<b>Total (kWh/mes)</b>
<b>Enero</b>	45013	47876	92889
<b>Febrero</b>	40657	33513	74170
<b>Marzo</b>	44053	23938	67991
<b>Abril</b>	42632	14363	56995
<b>Mayo</b>	43093	0	43093
<b>Junio</b>	40774	0	40774
<b>Julio</b>	40213	0	40213
<b>Agosto</b>	40213	0	40213
<b>Septiembre</b>	38915	0	38915
<b>Octubre</b>	42133	14363	56496
<b>Noviembre</b>	41703	28726	70429
<b>Diciembre</b>	44053	43089	87142
<b>TOTAL (kWh/año)</b>	<b>503454</b>	<b>205868</b>	<b>709332</b>

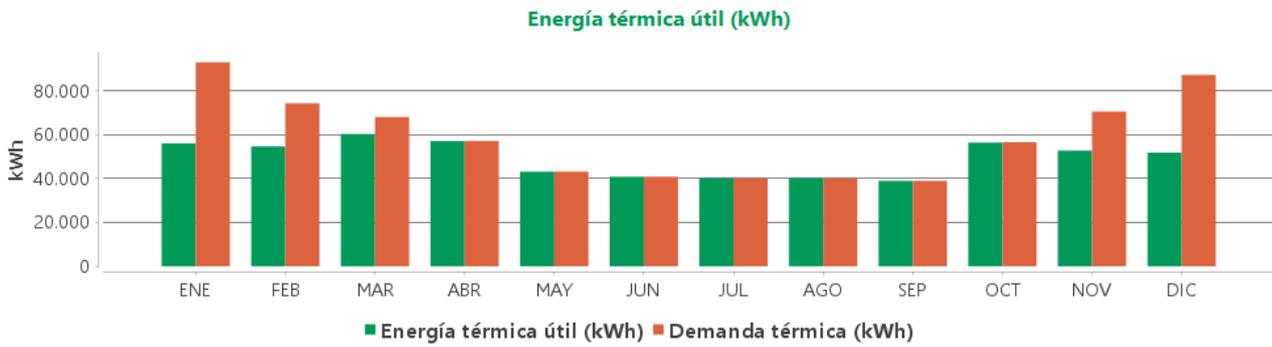
Tras incluir todos los datos necesarios en el programa Abora Hybrid (demanda térmica, datos de posicionamiento de los paneles híbridos, número de paneles, pérdidas asociadas a las sombras), y calcular las demandas energéticas, se resumen los resultados en las siguientes tablas:

a) Resultados térmicos:

**Tabla 8.5.2.** Datos de la producción térmica de los paneles solares híbridos.

<b>Mes</b>	<b>Producción térmica útil (kWh/mes)</b>	<b>Demanda térmica (kWh/mes)</b>	<b>Cobertura solar térmica (%)</b>
<b>Enero</b>	55968	92889	60
<b>Febrero</b>	54552	74170	74
<b>Marzo</b>	60222	67991	89
<b>Abril</b>	56995	56995	103
<b>Mayo</b>	43093	43093	117
<b>Junio</b>	40774	40774	121
<b>Julio</b>	40213	40213	124
<b>Agosto</b>	40213	40213	124
<b>Septiembre</b>	38915	38915	120
<b>Octubre</b>	56321	56496	100
<b>Noviembre</b>	52680	70429	75
<b>Diciembre</b>	51727	87142	59
<b>TOTAL</b>	591674	709320	83 %

Como se aprecia en la tabla anterior, los paneles híbridos son capaces de realizar una cobertura anual del 83 % de toda la energía térmica demandada por el hotel, lo que resulta ser un porcentaje muy alto. Sin embargo, hay que tratar los datos obtenidos con cautela. En concreto, existen algunos meses donde el programa iguala los valores de producción térmica útil con los valores de necesidad térmica. Del mismo modo, estos meses presentan un porcentaje de cobertura de más del 100 %. En la siguiente figura se puede observar gráficamente cómo el programa iguala los valores térmicos en algunos meses:



**Figura 9.4.1.** Gráfico generado por defecto por Abora Hybrid para representar la demanda térmica frente a la producción térmica. Fuente: propia, Abora Hybrid.

Esto se produce debido a que el software Abora Hybrid está pensado para dimensionar instalaciones con los paneles justos para no producir excedente térmico, porque desde su punto de vista es más adecuado diseñar así. Por el contrario, este proyecto tiene como objetivo el aprovechamiento de una cubierta de superficie fijada para generar energía. Más concretamente, producir la mayor energía eléctrica posible con los paneles híbridos, los cuales mantienen una mejor eficiencia fotovoltaica al estar refrigerados gracias a la recuperación de calor. Por tanto, en este caso el límite de paneles lo marca la superficie de la cubierta, tal y como se ha ido diseñando a lo largo del proyecto.

Como consecuencia a colocar muchos más paneles de los que el programa aconseja, los meses con mayores horas de Sol y radiación (de mayo a octubre en Canarias) son capaces de producir mucha más energía térmica que la que realmente necesita el recinto hotelero para operar.

Para conocer realmente cuánta es la energía térmica producida a lo largo de todo el año con los 458 paneles proyectados, se ha impuesto al programa una demanda térmica mensual muy superior a la real, cuyo valor siempre esté por encima del producido con el número de paneles dispuesto. Estos valores reales de producción térmica se reflejan en la siguiente tabla:

**Tabla 8.5.3.** Datos de la producción térmica real de los paneles solares híbridos.

Mes	Producción térmica útil REAL (kWh/mes)	Demanda térmica (kWh/mes)	Cobertura solar térmica (%)
Enero	60759	92889	65

<b>Febrero</b>	62662	74170	84
<b>Marzo</b>	73943	67991	109
<b>Abril</b>	79229	56995	139
<b>Mayo</b>	82437	43093	191
<b>Junio</b>	84269	40774	207
<b>Julio</b>	90815	40213	226
<b>Agosto</b>	89117	40213	222
<b>Septiembre</b>	80294	38915	206
<b>Octubre</b>	75222	56496	133
<b>Noviembre</b>	61498	70429	87
<b>Diciembre</b>	56616	87142	65
<b>TOTAL (kWh/año)</b>	896859	709320	126 %

Tras reflejar los valores reales de producción térmica anual se comprueba que son mucho mayores de lo estipulado inicialmente por el programa. De hecho, solo hay cuatro meses al año donde la producción térmica no se satisfaga al cien por cien con los paneles solares híbridos: enero, febrero, noviembre y diciembre. Los ocho meses restantes del año, tienen un superávit energético. Por lo tanto, las facturas asociadas a estos consumos energéticos serán igual a cero euros (teóricamente) en dichos meses. Realmente, las facturas energéticas asociadas a la producción térmica nunca serán totalmente cero porque los paneles solares híbridos realizan un precalentamiento del ACS a 55 °C y, por el contrario, el agua caliente sanitaria debe ser acumulada a 60°C por motivos de salud según la normativa vigente. De este calentamiento final, se encargan las bombas de calor que obviamente necesitan electricidad para funcionar, y dicha energía eléctrica habrá momentos (por ejemplo en las noches) que no va a ser generada por la parte fotovoltaica de la instalación.

Analizando más en detalle los resultados, se aprecia que durante cuatro meses del año la producción térmica es mayor al doble de la necesidad del hotel: junio, julio, agosto y

septiembre. Esto se debe a que son los meses con mayor radiación y horas de sol del año, además de que son los meses con menor demanda térmica calorífica del hotel.

Toda esta energía sobrante, se tiene que utilizar de alguna manera. La primera opción sería disiparla a la atmósfera con algún equipo específico. La otra opción es utilizarla para otra finalidad en la que sea aprovechable. Este aspecto se analizará profundamente en el apartado “9.8 Innovación en la instalación”.

Una vez conocidos los valores térmicos reales de producción anual, se muestra en la siguiente tabla el excedente energético desglosado por meses:

**Tabla 8.5.4.** Datos del excedente térmico producido por los colectores en el Hotel Club Atlantis.

<b>Mes</b>	<b>Producción térmica real (kWh/mes)</b>	<b>Necesidad térmica (kWh/mes)</b>	<b>Excedente térmico (kWh/mes)</b>
<b>Enero</b>	60759	92889	0
<b>Febrero</b>	62662	74170	0
<b>Marzo</b>	73943	67991	5952
<b>Abril</b>	79229	56995	22234
<b>Mayo</b>	82437	43093	39344
<b>Junio</b>	84269	40774	43495
<b>Julio</b>	90815	40213	50602
<b>Agosto</b>	89117	40213	48904
<b>Septiembre</b>	80294	38915	41379
<b>Octubre</b>	75222	56496	18726
<b>Noviembre</b>	61498	70429	0
<b>Diciembre</b>	56616	87142	0
<b>TOTAL (kWh/año)</b>	896859	709320	<b>270636</b>

En conclusión, la demanda térmica es totalmente cubierta por la producción térmica de los paneles solares híbridos en ocho de los doce meses que componen un año. En los cuatro meses restantes, la cobertura no baja del 65% en los meses de enero y diciembre. Ahora bien, de los meses con cobertura total, surge un excedente de producción térmica que se estudiará posteriormente cómo se podría aprovechar. El excedente llega a ser de 50000 kWh/mes en julio y el total anual es de unos 270000 kWh/año, lo cual representa una energía térmica nada despreciable.

- b) Resultados eléctricos: como se desconocen las demandas eléctricas del hotel, se presentan los resultados eléctricos que ha generado el software en la siguiente tabla, referidos a la producción fotovoltaica de los 458 paneles de la cubierta.

**Tabla 8.5.5.** Datos del Hotel Club Atlantis de la producción eléctrica en los paneles.

<b>Mes</b>	<b>Producción eléctrica de los paneles solares híbridos (kWh/mes)</b>
<b>Enero</b>	18700
<b>Febrero</b>	19135
<b>Marzo</b>	23012
<b>Abril</b>	24710
<b>Mayo</b>	25901
<b>Junio</b>	26471
<b>Julio</b>	28872
<b>Agosto</b>	28167
<b>Septiembre</b>	25079
<b>Octubre</b>	23329
<b>Noviembre</b>	18863
<b>Diciembre</b>	17460
<b>TOTAL (kWh/año)</b>	<b>279698</b>

De los resultados de producción eléctrica obtenidos, se puede observar que el mes con menor producción es el mes de diciembre. Este dato corresponde perfectamente con la realidad: diciembre es el mes del año en el hemisferio Norte con la menor altura solar, es decir, que el Sol realiza la trayectoria más cercana al horizonte. Este fenómeno es provocado por la suma de la nubosidad y pluviosidad de la época, y a los datos más bajos de radiación solar a lo largo del año.

Por el contrario, la mayor producción fotovoltaica se produce en el mes de julio. Esto se debe a que es el mes con mayor altura solar, es decir, que el Sol realiza una trayectoria mucho más cenital con respecto a la superficie terrestre. Además, es de los meses con mayor incidencia de radiación solar, lo que posibilita estos resultados. Es muy beneficioso para el proyecto que los meses de verano sean los que más producción fotovoltaica generan, ya que en esa época las temperaturas son muy altas y el recinto hotelero necesita muchos recursos para producir frío con el que poder climatizar sus dependencias. Por el consiguiente, se producirá un ahorro importante en el consumo eléctrico del hotel.

Cabe destacar que la producción eléctrica total con los paneles híbridos a lo largo del año es de unos 280000 kWh/año. Comparando este resultado con la producción total de energía ((897000+280000) kWh/año), resulta ser un cuarto del total, lo que quiere decir que los colectores híbridos de Abora Solar ah72SK producen 3 kWh de energía térmica y 1 kWh de energía eléctrica por cada 4 kWh de energía solar convertida en energía útil en los paneles.

## **9.5 Impacto medioambiental y económico**

Una parte fundamental de la viabilidad de una instalación, a parte del estudio energético, es el estudio del impacto sobre el medio ambiente y sobre la economía del promotor.

Hoy en día, por muy bien diseñada que esté una instalación, si no cumple los requisitos medioambientales expuestos en la normativa específica, será imposible llevarla a cabo. Del mismo modo, es un aspecto crucial concebir los proyectos de manera que se modifique lo menos posible la naturaleza, así como generar la mínima cantidad de contaminantes imprescindibles para llevar a cabo una actividad. De igual manera, la tendencia de los próximos años será la búsqueda de la descarbonización, con el fin de mitigar la emisión de gases de efecto invernadero y el calentamiento global, tanto en viviendas como en el sector

industrial y en el sector terciario. En estos casos, las energías renovables juegan un papel vital en la actualidad e, indudablemente, en el futuro.

Igualmente, la viabilidad económica de un proyecto es de suma importancia. Todo promotor quiere asegurar que su inversión se pueda rentabilizar en un periodo relativamente corto y que le vaya a aportar beneficios a futuro.

Por estos motivos, en los siguientes apartados se analizarán las emisiones evitadas con la implantación de los paneles híbridos en la cubierta, así como el ahorro económico que supone instalar este tipo de colectores en el Hotel Club Atlantis.

### **9.5.1 Impacto medioambiental**

El programa Abora Hybrid, una vez calculados los resultados, también genera una tabla de las emisiones evitadas, tanto las producidas por la parte térmica como por la eléctrica. Estos datos, se expresan en kilogramos de CO<sub>2</sub> por mes del año y son calculados en función del sistema auxiliar de producción energética que se haya designado a la hora de introducir los datos de la instalación.

Para la parte eléctrica, supone que la fuente de producción de electricidad es combustibles fósiles como en la mayoría de las plantas de producción eléctrica en España, además de que la isla de Tenerife produce la mayor parte de la electricidad en las centrales térmicas de las Caletillas y Granadilla. Por lo tanto, en el caso del proyecto, es una manera coherente de comparar las emisiones evitadas.

El programa, al no haber introducido ningún dato de la demanda eléctrica del hotel, calcula cuánto CO<sub>2</sub> generarían los kWh producidos por el efecto fotovoltaico como si se hubieran generado con electricidad normal de la red. Es decir, toma la energía eléctrica generada por los paneles híbridos y calcula cuantos kilogramos de CO<sub>2</sub> se habrían emitido si esa energía se hubiera generado en una central térmica.

Para la parte térmica, el recinto consta de bombas de calor, las cuales tienen como fuente energética la electricidad de la red que alimenta los compresores. Del mismo modo, esta energía ha sido producida por combustibles fósiles, como se indicó anteriormente. Con esto, y tras introducir los datos de eficiencia de las bombas de calor, calcula cuánto CO<sub>2</sub> se

habría generado si las bombas de calor tuvieran que producir toda la energía térmica que han producido los paneles híbridos. De esta manera, muestra unos datos de ahorro de emisiones adecuados para el caso de este proyecto. En caso de no haber tenido en cuenta la alta eficiencia de las bombas de calor, los datos de emisiones evitadas en la parte térmica no serían representativos de la realidad.

Después de las aclaraciones, se representan los datos de emisiones evitadas en la siguiente tabla:

**Tabla 9.5.1.1.** Tabla de las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas gracias a la implantación de los paneles solar híbridos en el Hotel Club Atlantis.

<b>Mes</b>	<b>Emisiones térmicas de CO<sub>2</sub> (kg)</b>	<b>Emisiones eléctricas de CO<sub>2</sub> (kg)</b>
<b>Enero</b>	8059	15166
<b>Febrero</b>	7856	15518
<b>Marzo</b>	8672	18662
<b>Abril</b>	8207	20040
<b>Mayo</b>	6205	21006
<b>Junio</b>	5871	21468
<b>Julio</b>	5791	23415
<b>Agosto</b>	5791	22844
<b>Septiembre</b>	5604	20339
<b>Octubre</b>	8110	18920
<b>Noviembre</b>	7586	15298
<b>Diciembre</b>	7449	14160
<b>TOTAL (kg CO<sub>2</sub>/año)</b>	<b>85201</b>	<b>226835</b>

Como se puede observar en los resultados de la tabla anterior, se evitan las emisiones de unas 85 toneladas de CO<sub>2</sub> al año en la parte térmica, y unas 226 en la parte eléctrica, sumando un total de más de 311 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales.

Para poner en contexto estos datos, cada persona en España generó de media unas 4,99 toneladas de CO<sub>2</sub> en el año 2021 [17], por lo que con la instalación de los paneles híbridos se estaría compensando el CO<sub>2</sub> que emiten 62 personas en un año debido a su actividad vital (tanto aspectos propiamente fisiológicos como respirar, como aspectos intrínsecos a vivir, es decir, utilizar el coche para ir al trabajo), un dato nada despreciable.

Igualmente, estos valores equivalen al CO<sub>2</sub> que podrían absorber 8211 árboles en un año, o a realizar 1642296 km en un coche promedio del parque automovilístico español. Es decir, que se podrían dar 41 vueltas al mundo conduciendo y se emitiría la misma cantidad de dióxido de carbono a la atmósfera (Consultar “Anexo de Abora Hybrid” para ver gráficamente el desglose de los datos).

A su vez, se puede comprobar que los meses más calurosos y con mayor radiación solar son aquellos en los que las emisiones térmicas evitadas son las menores. Esto es debido a que en esa época del año, la demanda térmica es mínima y, por tanto, el hotel no utilizaría tanta electricidad para realizar funciones térmicas en caso de no existir los paneles. Por el contrario, las emisiones evitadas debido a la producción térmica toman valores máximos en aquellos meses donde se precisa de calefacción por las bajas temperaturas y de agua caliente para climatizar las piscinas.

En cuanto a las emisiones eléctricas evitadas, los meses de verano son aquellos donde se genera más electricidad gracias a los paneles, por lo que el programa (sabiendo cómo calcula las emisiones) registra un pico de ahorro de emisiones en dicha época. En la realidad, un espacio hotelero en el Sur de Tenerife demanda mucha energía eléctrica a lo largo de todo el año, pero especialmente en verano debido a las altas temperaturas y a la necesidad de climatización. Este hecho, reafirma aún más el uso de tecnologías capaces de producir energía a través de fuentes renovables.

Otro aspecto a tener en cuenta es que la cantidad de emisiones de dióxido de carbono evitadas es considerablemente mayor en la parte eléctrica que en la térmica. Este hecho

se puede deber a que la producción térmica anterior a la instalación de los paneles híbridos se realizaba con bombas de calor, las cuales son máquinas muy eficientes en lo que respecta a la producción de calor. En concreto, las presentes en el hotel tienen un COP de 4,13, lo que significa que son capaces de generar 4,13 kW de potencia térmica por cada kW de potencia eléctrica que consumen. Por el contrario, la parte eléctrica se solventaría con electricidad proveniente de la red, provocando que se necesite mucha electricidad para satisfacer las necesidades del recinto hotelero. Además de todo esto, la demanda térmica es alta en pocos meses del año, mientras que la demanda eléctrica no sufre unas variaciones tan grandes. Las piscinas solo deben ser climatizadas en meses de invierno (es el principal sumidero de energía térmica del hotel, sin tener en cuenta la demanda de ACS que suele sostenerse a lo largo de todo el año), mientras que la necesidad de climatizar espacios comunes o habitaciones no sufre altibajos tan pronunciados.

Obviamente, si el estudio de emisiones ahorradas se hubiera realizado previo a la instalación de las bombas de calor, el ahorro de emisiones producidas por la parte térmica sería mucho mayor que las producidas por la parte eléctrica ya que el hotel utilizaba calderas alimentadas con gasoil.

En conclusión, se ha demostrado que para conseguir una descarbonización relevante para el medio ambiente, es decir, que sea capaz de evitar la emisión de contaminantes de efecto invernadero en cantidades altas, la mejor opción es instalar tecnologías híbridas de captación solar. En este caso, se ha comprobado que el proyecto mejorará sustancialmente el impacto medioambiental que provoca la generación energética del Hotel Club Atlantis, lo que brindará al recinto hotelero una mejor calificación energética y opinión pública.

Y no solo la implantación de este tipo de tecnología es favorable para el hotel del proyecto, sino que debería ser una tendencia al alza en Canarias. Teniendo en cuenta que la industria hotelera es la que predomina en el archipiélago y, además, es la que más impacta negativamente en ecosistema de las islas, se podrían conseguir cambios importantes en el modelo de negocio del sector hotelero de Canarias. Aplicando este tipo de tecnologías, se conseguiría una descontaminación importantísima al mismo tiempo que se estaría concienciando de que es compatible generar riqueza sin destruir el medio que nos rodea, o prestar un servicio hotelero excelente sin comprometer el espacio natural canario que es único en el mundo.

### 9.5.2 Impacto económico

Además de lo respectivo a las emisiones de contaminantes evitadas, el programa Abora Hybrid realiza una estimación de ahorros económicos tanto térmicos como eléctricos, basándose en la cantidad de energía eléctrica y/o combustibles fósiles que no se han gastado gracias a la implantación de los paneles híbridos.

En el caso de este proyecto, todos los ahorros económicos se traducen directamente en una disminución de la factura eléctrica mensual, ya que tanto el equipo auxiliar de generación térmica (bombas de calor) como los equipos que demandan energía eléctrica (iluminación, enfriadoras para aire acondicionado, electrodomésticos, maquinaria, etc.), consumen electricidad de la red general.

En la siguiente tabla, se exponen los valores de ahorro económico mensual en euros distinguiendo entre cada tipo de energía:

**Tabla 9.5.2.1.** Tabla de ahorros económicos producidos por la instalación de paneles solares híbridos.

<b>Mes</b>	<b>Ahorro térmico (€/mes)</b>	<b>Ahorro eléctrico (€/mes)</b>
<b>Enero</b>	3969	3646
<b>Febrero</b>	3868	3731
<b>Marzo</b>	4270	4487
<b>Abril</b>	4041	4818
<b>Mayo</b>	3056	5051
<b>Junio</b>	2891	5162
<b>Julio</b>	2851	5630
<b>Agosto</b>	2851	5493
<b>Septiembre</b>	2759	4890
<b>Octubre</b>	3994	4595
<b>Noviembre</b>	3735	3678

<b>Diciembre</b>	3668	3405
<b>TOTAL (€/año)</b>	<b>41995</b>	<b>54541</b>

Los valores de ahorro económico tienen el mismo comportamiento que los datos de emisiones evitadas.

En el caso de la energía térmica, el máximo ahorro se produce en los meses donde la demanda térmica es mayor (meses más fríos), mientras que para la energía eléctrica los valores más altos de ahorro se producen en los meses pico de producción fotovoltaica. Esto se explica de la misma manera que se analizó anteriormente en las emisiones evitadas: al no introducirse los datos de la demanda eléctrica del hotel, el programa Abora Hybrid toma la producción eléctrica que realizan los paneles y asume que esa energía no se tendrá que captar de la red eléctrica y, por tanto, se ahorra.

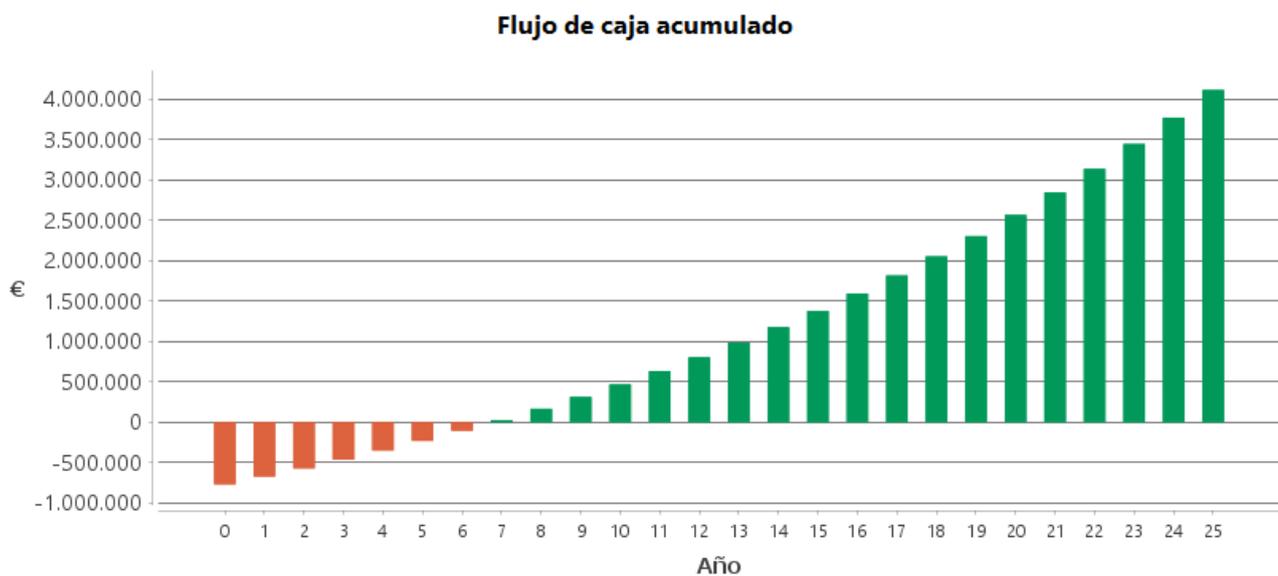
Al año, casi 42000 euros son ahorrados térmicamente, mientras que casi 55000 son ahorrados eléctricamente. Se trata de una proporción 43/57 %, de lo que se puede afirmar que utilizando paneles híbridos el ahorro económico se dispara. Si solo se hubieran instalado los mismos paneles pero de tecnología fotovoltaica simple, se podría ahorrar unos 55000 euros, frente a los casi 97000 euros que se ahorra realmente el promotor apostando por la hibridación. Este es uno de los factores fundamentales por el cual el uso de paneles solares híbridos es muy aconsejable para obtener altas rentabilidades en las inversiones.

En la siguiente figura, se puede observar una estimación del tiempo que tardaría en amortizarse la instalación. Este gráfico lo elabora Abora Hybrid teniendo en cuenta un presupuesto aproximado realizado internamente en el programa a través de precios genéricos, que no están actualizados y adaptados al lugar en el que se va a llevar a cabo el proyecto. Para la realización del presupuesto aproximado, el programa ha tenido en cuenta los siguientes elementos:

- Los paneles solares híbridos.
- Los kit de conexión térmica rápida.
- Bancadas metálicas de los paneles.
- Depósito de acumulación.

- Bomba hidráulica.
- Intercambiador de calor.
- Vaso de expansión.
- Sistema de regulación.
- Válvulas.
- Caudalímetros.
- Tuberías.
- Aislamiento térmico de tuberías.
- Válvulas de equilibrado.
- Aerotermo.
- Inversores.
- Cuadro eléctrico de protección continua.
- Cuadro eléctrico de protección trifásica.
- Costes relativos a la legalización de la instalación.
- Equipo de monitorización.

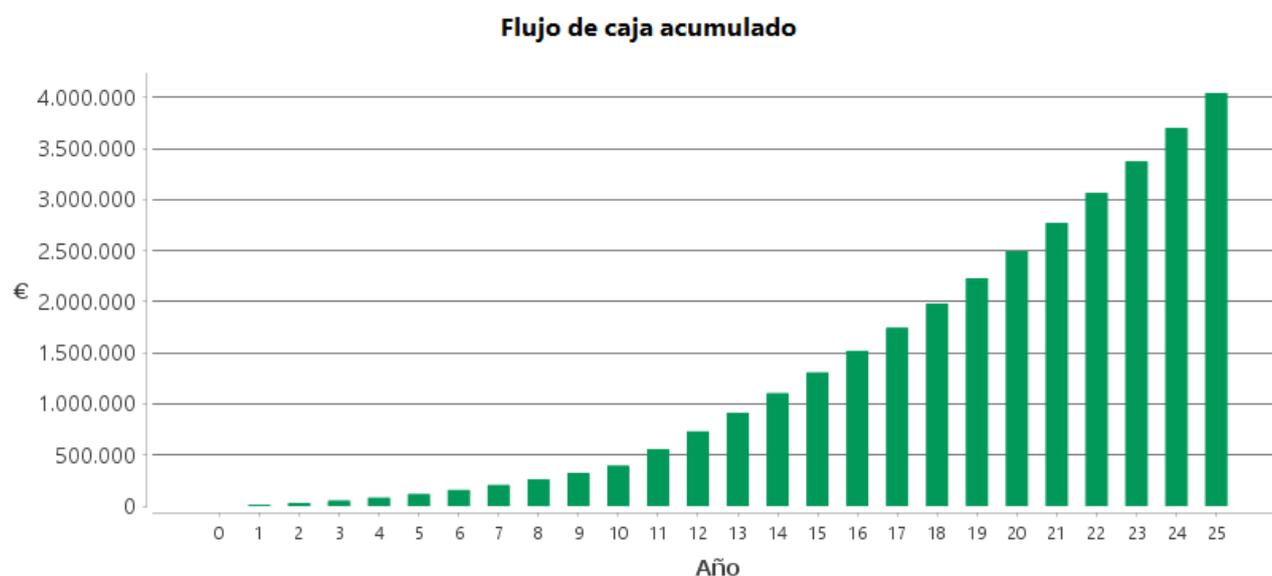
Para conocer el coste de toda la instalación con mayor detalle y con datos más fiables, consultar el presupuesto del proyecto. Sin embargo, los datos de amortización presentados por el programa sí pueden servir para mostrar la gran rentabilidad de este tipo de instalaciones de una manera aproximada:



**Figura 9.5.2.1.** Gráfico del flujo de caja acumulado de la instalación. Fuente: propia, Abora Hybrid.

Atendiendo al gráfico del flujo de caja acumulado, se aprecia que asumiendo una vida útil de 25 años de la instalación, a partir del séptimo año ya se habrá recuperado toda la inversión inicial gracias al ahorro energético. Además, al final de la vida útil de la instalación, se habrán ahorrado más de cuatro millones de euros. Estos datos tan positivos, permiten al promotor invertir su capital de manera inteligente obteniendo unos beneficios a medio-largo plazo muy considerables, y posibilitan reinvertir parte de ellos en nuevas instalaciones.

Por el contrario, los paneles son significativamente más caros que los paneles de tecnologías convencionales, como pueden ser colectores solares térmicos o paneles fotovoltaicos. Sin embargo, atendiendo al análisis energético del proyecto, el aprovechamiento de la energía captada por la hibridación es mucho mayor. Aun así, aplicando una financiación a diez años con un interés fijo del 3,5 %, se reflejan los resultados en la siguiente figura:



**Figura 9.5.2.2.** Gráfico del flujo de caja acumulado de la instalación aplicando financiación. Fuente: propia, Abora Hybrid.

Una vez aplicada la financiación, se empieza a obtener beneficio a partir del primer año, justificando más aún la inversión y reafirmando que los paneles híbridos son capaces de generar rentabilidades altísimas en el sector de las energías renovables. Por lo tanto, son especialmente recomendables para sectores que demanden una cantidad de energía significativa, tanto eléctrica como térmica, por ejemplo la industria hotelera.

### **9.5.3 Análisis de la viabilidad real de la instalación de paneles híbridos**

Los datos aportados por el programa Abora Hybrid son útiles para comprobar, de forma aproximada, si la realización del proyecto con este tipo de tecnología híbrida de captación solar es viable económicamente.

Sin embargo, ¿son realmente representativos de la realidad los valores aportados por el programa? En el listado de elementos que forman parte del presupuesto generado por el programa, se puede observar que aparecen elementos que no son necesarios en el proyecto. Por ejemplo, el intercambiador de calor o válvulas de equilibrado hidráulico. Estos sobrecostes hacen que los datos de viabilidad económica de la instalación no sean del todo similares a las condiciones de este proyecto.

En consecuencia, y con el fin de comprobar con mayor certeza si la instalación diseñada está justificada económicamente, se ha realizado un Presupuesto de Ejecución Material del proyecto independiente del realizado por Abora Hybrid.

Aunque se puede consultar en detalle en el documento de la memoria “Estado de Mediciones y Presupuesto”, para su realización se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- Los paneles solares híbridos de Abora Solar.
- Las bombas hidráulicas.
- Las válvulas hidráulicas proyectadas.
- Los metros de tubería de cobre, a los que se ha añadido un 25% de sobrecoste en concepto de accesorios y piezas especiales.
- Los metros de material de aislamiento térmico.
- El vaso de expansión dimensionado.
- Los contadores de energía térmica: se han proyectado dos contadores aunque solo se instalará uno de ellos para disponer de un repuesto en caso de avería.
- Los inversores de la parte fotovoltaica de la instalación.
- La mano de obra necesaria para la instalación y puesta en marcha de todos los elementos anteriormente mencionados.
- Se aplicará un coste aproximado de mantenimiento anual de 1000 euros.

- La inflación anual esperada para costes de mantenimiento se ha definido en un 2%, según datos del Instituto Nacional de Estadística (INE).
- La inflación anual esperada para el coste de la electricidad se ha definido en un 6% (según datos del INE).

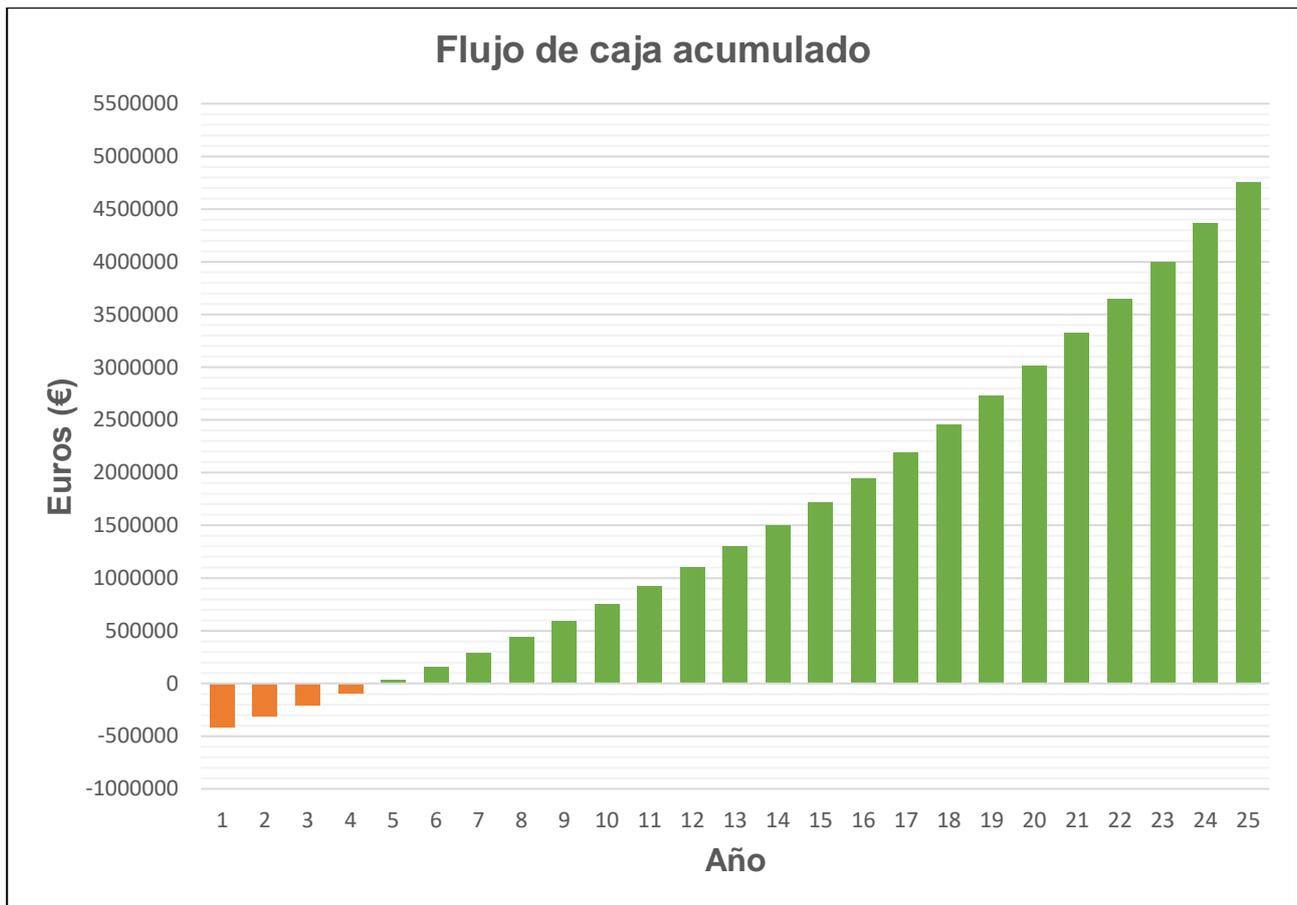
Una vez aclarados los elementos que se han tenido en cuenta en la realización del presupuesto de ejecución material, cabe destacar que no se ha entrado en detalle de partes fundamentales de este tipo de instalaciones, como pueden ser:

- Las bancadas necesarias para montar los paneles híbridos sobre las cubiertas.
- El cableado eléctrico de la parte fotovoltaica de la instalación.
- El desglose detallado de accesorios tanto de la instalación térmica como de la eléctrica, sobre todo de la segunda mencionada.
- Todos aquellos gastos relativos a la obra civil necesaria para la realización del proyecto: excavaciones, zanjas, construcción de las cubiertas, etc.
- Tampoco se ha tenido en cuenta la degradación de la tecnología a lo largo de la vida útil, aunque eso solo afectaría en la cantidad de dinero ahorrado tras los 25 años reduciéndola un pequeño porcentaje.

Por lo tanto, el presupuesto realizado no es representativo de lo que realmente sería el coste real total del proyecto, pero sí tiene en cuenta los elementos más importantes de la instalación de los paneles solares híbridos. Es por ello que su análisis puede dar conclusiones fiables sobre la viabilidad económica de la implantación de este tipo de tecnología.

En definitiva, a fin de comparar los resultados con el análisis económico realizado por el programa Abora Hybrid, se han tenido en cuenta los mismos ahorros económicos mensuales calculados con el programa de cálculo y que han sido recopilados en la tabla 9.5.2.1.

Por tanto, con todos estos aspectos y suponiendo una vida útil de la instalación de 25 años, tal y como indica el fabricante de los colectores, se ha obtenido el siguiente gráfico:



**Figura 9.5.3.1.** Gráfico del flujo de caja acumulado según el coste de la instalación calculado en el presupuesto del proyecto. Fuente: propia, Excel.

Atendiendo a la figura anterior, se puede observar la misma tendencia que en el gráfico elaborado por el programa Abora Hybrid. En este caso, utilizando los datos de coste del presupuesto del proyecto, se refleja que la instalación se amortiza a partir del quinto año a diferencia del anterior gráfico de flujo de caja en donde se producía la amortización completa de la inversión a partir del séptimo año.

Esto se debe, principalmente, a que el programa Abora Hybrid tubo en cuenta otros costes en el cálculo del presupuesto aproximado de la instalación. Si bien el Presupuesto de Ejecución Material del proyecto no es del todo exacto (no se tuvieron en cuenta algunos elementos como se indicó anteriormente), refleja perfectamente la alta rentabilidad de los paneles solares híbridos. Por tanto, de estos dos gráficos de flujo de caja acumulado se puede deducir que este tipo de instalaciones se amortiza a partir del intervalo entre el año 5 y el 7.

De igual manera, se puede observar como a lo largo de la vida útil de la instalación, se podrían llegar a conseguir ahorros energéticos por valor de más de 5200000 € (cinco millones doscientos mil euros). Como ya se indicó en el apartado anterior, este dato permite que los promotores sientan seguridad a la hora de invertir su dinero en instalaciones de este calibre y que puedan reinvertir sus beneficios en nuevos proyectos después de un tiempo relativamente corto tras la inversión inicial. Debido a ello, se promueve la apuesta en energías renovables y la transición energética se acelera, provocando un gran cambio en el medio ambiente.

En conclusión, los resultados reflejan sin lugar a duda que este tipo de instalaciones son rentables a medio plazo, marcando realmente la diferencia en cuanto a ahorro energético y descarbonización, y ratificando la viabilidad económica del proyecto.

## **9.6 Estudio energético de alternativas**

En el estudio de alternativas, se analizarán las producciones energéticas de las tecnologías análogas a los paneles híbridos: los paneles solares planos fotovoltaicos y los colectores solares térmicos planos.

Para poder realizar una comparación posterior entre los resultados energéticos de todas las alternativas, se diseñará un sistema fotovoltaico con productos que tengan especificaciones técnicas similares los paneles híbridos de Abora Solar. Del mismo modo, se utilizarán colectores de dimensiones parecidas y que sean capaces de ocupar toda la cubierta del hotel de la manera óptima. A modo de aclaración, la analogía con la tecnología solar térmica se realizará solo cualitativamente ya que no sería coherente realizar una instalación tan grande con solo paneles solares térmicos en un hotel del Sur de Tenerife.

Del mismo modo, la instalación de paneles fotovoltaicos convencionales se diseñará con el programa System Advisor Model (SAM) utilizando los datos de radiación que brinda la base de datos de PVGIS.

Por tanto, como los cálculos que realiza Abora Hybrid han sido producidos con los datos solares de la base de datos de IDAE, es posible que aparezca una cierta diferencia en los

resultados de ambas simulaciones. Se espera que la variación sea pequeña ya que ambas son fuentes de datos fiables y utilizadas en el diseño de instalaciones constantemente.

### 9.6.1 Solar fotovoltaica

Para el diseño de la instalación con paneles fotovoltaicos simples, se ha escogido un panel de la marca LG, concretamente el modelo LG350S2W-A5 porque tiene características muy similares a la parte fotovoltaica de los paneles híbridos. En la siguiente tabla, se recogen las especificaciones técnicas de ambos para establecer una comparación:

**Tabla 9.6.1.1.** Comparación de especificaciones técnicas entre el panel LG350S2W-A5 y el aH72SK.

<b>Característica</b>	<b>LG350S2W-A5</b>	<b>aH72SK</b>
<b>Eficiencia del módulo</b>	17,41 %	17,80 %
<b>Potencia pico</b>	350 W	350 W
<b>Tipo de célula</b>	Monocristalina	Monocristalina
<b>Tensión de máxima potencia (<math>V_{mpp}</math>)</b>	37,1 V	39,86 V
<b>Corriente de máxima potencia (<math>I_{mpp}</math>)</b>	9,4 A	8,76 A
<b>Tensión de circuito abierto (<math>V_{oc}</math>)</b>	46,3 V	48,61 V
<b>Corriente de cortocircuito (<math>I_{sc}</math>)</b>	10 A	9,16 A
<b>Pérdida de potencia por grado de temperatura</b>	-0,410 %/°C	-0,360 %/°C
<b>Altura</b>	2,024 m	1,97 m
<b>Anchura</b>	1,024 m	0,995 m

Como se puede observar en la tabla anterior, las eficiencias de ambos módulos fotovoltaicos son prácticamente iguales, y la potencia pico y el tipo de células son idénticas. De igual manera, la dimensiones son similares, por lo que se puede realizar una comparación equitativa.

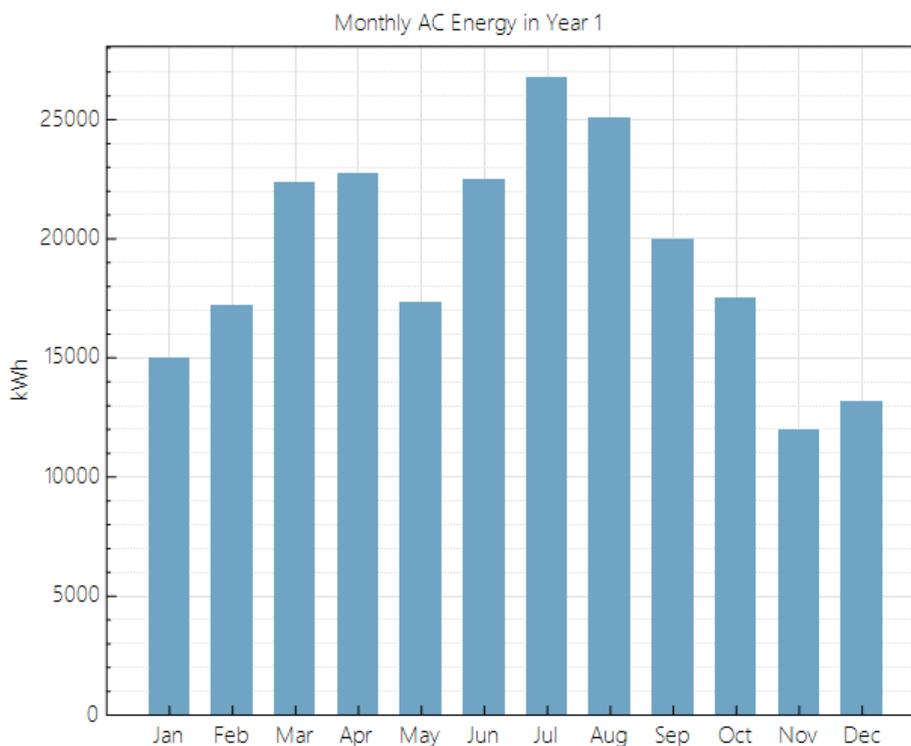


**Figura 9.6.1.1.** Panel fotovoltaico LG350S2W-A5. Fuente: LG.

Tras elegir el panel adecuado, se deben determinar ciertas características para realizar la simulación en SAM correctamente:

- Como inversor se utilizará el mismo modelo que el que recomienda utilizar Abora Solar: Fronius Symo 20.0-3 480.
- Para las dimensiones del panel de LG, la separación entre filas de módulos debe ser de 1,10 metros para que no se produzcan sombras entre ellas (se han utilizado las mismas ecuaciones que durante el proceso de diseño de la instalación de paneles híbridos).
- Conociendo las dimensiones y la separación entre filas, se concluye que cabrían el mismo número de paneles en las cubiertas que para el caso de los paneles híbridos (458). Además, como las potencias eléctricas pico de ambos paneles son idénticas, se están comparando instalaciones con la misma potencia eléctrica pico total.

A continuación, se presentan los resultados de la simulación. La producción eléctrica útil total llega a los 231340 kWh/año, siendo los valores reflejados en la siguiente figura los correspondientes al desglose por mes:



**Figura 9.6.1.2.** Resultados de la producción eléctrica anual de los paneles fotovoltaicos LG350S2W-A5, desglosada por meses. Fuente: propia, SAM.

## 9.7 Comparación de alternativas

En la siguiente tabla, se presentan los resultados más relevantes para realizar la comparación entre las diferentes tecnologías:

**Tabla 9.7.1.** Comparación de especificaciones técnicas entre el panel LG350S2W-A5 y el aH72SK.

Dato	Paneles fotovoltaicos	Paneles híbridos
Producción eléctrica anual (kWh/año)	231340	279698
Producción térmica anual (kWh/año)	0	896859

---

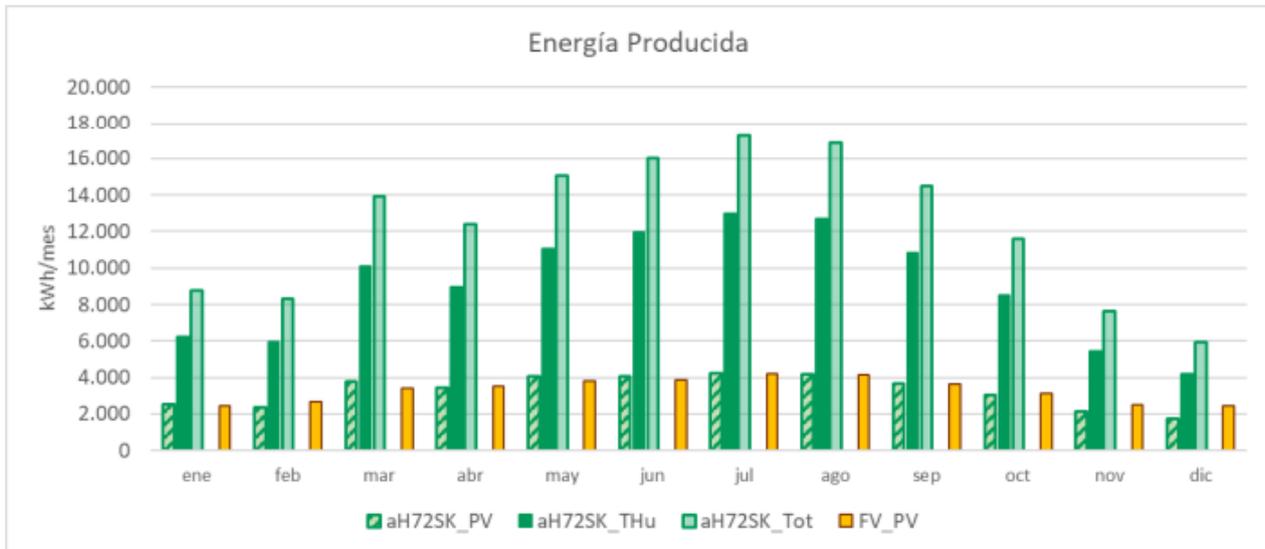
<b>Precio (€/panel)</b>	200 aprox.	649
-------------------------	------------	-----

Como se puede observar en la tabla anterior, la producción fotovoltaica es semejante. Al escogerse productos con prácticamente la misma eficiencia eléctrica, se puede descartar que la diferencia entre la producción de ambas tecnologías se pueda deber a aspectos constructivos. De hecho, estos valores reflejan claramente que el aprovechamiento energético de los paneles híbridos, extrayendo energía térmica de las células fotovoltaicas, permite que la eficiencia fotovoltaica no decrezca tan bruscamente a medida que aumenta la temperatura, característica negativa que es intrínseca del proceso de generación eléctrica mediante el Sol.

En definitiva, el enfriamiento, o mejor dicho, la estabilización de la temperatura de las células fotovoltaicas que provoca la producción híbrida, se ve reflejada directamente en la producción eléctrica. Permite que los colectores sean más eficientes a lo largo de su vida útil y, gracias a este estudio, se ha podido cuantificar: en torno a unos 40000 kWh/año más de producción fotovoltaica.

Del mismo modo, el mayor activo de los paneles híbridos es la producción simultánea de electricidad y calor. Esto los convierte en productos prácticamente insuperables en lo que se refiere a ahorro energético. Como se observa en los resultados de la tabla 9.7.1, mientras que los paneles fotovoltaicos convencionales son capaces de producir unos 230000 kWh/año, la tecnología híbrida produce más de 1100000 kWh anuales, lo que se traduce en 5 veces más de producción energética a lo largo del año.

Para confirmar este análisis, se adjunta una gráfica perteneciente un estudio realizado por Ahora Solar, donde se representa la producción energética en kWh/mes de la tecnología híbrida frente a la producción fotovoltaica estándar.



**Figura 9.7.1.** producción energética en kWh/mes de la tecnología híbrida frente a la producción fotovoltaica estándar. Fuente: Ahora Solar.

La columna verde con líneas diagonales corresponde con la producción eléctrica de los paneles híbridos aH72SK, mientras que la producción eléctrica con paneles fotovoltaicos convencionales se representa en color amarillo. Además, las columnas de color verde oscuro muestran la producción térmica de los paneles híbridos. Por último, las columnas de color verde suave representan la producción energética total de los paneles de Ahora Solar.

Es destacable que la producción fotovoltaica de los paneles híbridos es ligeramente superior, tal y como se indicó en la comparación realizada en este estudio. Pero lo que realmente marca la diferencia es la producción híbrida. Como ya se indicó anteriormente, el ahorro energético provocado por los paneles híbridos es muchísimo mayor que el de las tecnologías más utilizadas como pueden ser los paneles planos fotovoltaicos.

Estos ahorros energéticos desorbitados, no solo se ven reflejados en las facturas de la luz o en el gasto de combustibles fósiles en caso de utilizar calderas para generación de ACS, sino también en la inversión realizada. Aunque los paneles híbridos sean sustancialmente más costosos que las tecnologías convencionales, son mucho más rápidos de amortizar debido a la cantidad de ahorros citados. De media, una instalación de paneles fotovoltaicos se amortiza en unos 6 o 7 años mientras que una instalación con paneles híbridos se amortiza en 5. Aun así, el mayor impacto se observa en el flujo de caja acumulado, tal y como se explicó en el apartado 9.5.2. Es decir, que tras la vida útil de ambas instalaciones,

el ahorro real de la que instaló paneles híbridos es muy superior al que pudieran tener otras tecnologías más extendidas.

Otro aspecto muy importante a tener en cuenta en la descarbonización. Como bien se señaló en el apartado 9.5.1, la mejor manera de producir un ahorro sustancial de las emisiones de contaminantes al medio ambiente es instalando tecnología de paneles híbridos. Son capaces de evitar 4 veces más emisiones que las evitadas por la fotovoltaica convencional [11]. Este aspecto no solo repercute positivamente en el medio ambiente, sino también en la calificación energética de los edificios y en la forma en la sociedad opina sobre una empresa.

En conclusión, se ha podido comprobar, realizando un análisis cuantitativo y cualitativo de ambas tecnologías, que los paneles híbridos son muy superiores en lo que a producción energética, ahorro económico y de emisiones se refiere, comparándolos con tecnologías renovables convencionales. El único punto en donde no es superior a las demás es en el coste del producto. Sin embargo, se ha podido contrastar que a largo plazo la inversión en paneles híbridos es más fructífera gracias a los altos ahorros económicos que provocan.

## **9.8 Innovación en la instalación**

Tal y como se indicó en el apartado de estudio energético, concretamente en el análisis de la producción térmica anual, se comprobó que existe un excedente de producción de energía térmica a lo largo del año. Esta sobreproducción se origina en los meses de mayor radiación solar y mayores temperaturas, desde marzo (donde el excedente es casi despreciable con respecto a otros meses) hasta octubre. El valor máximo de excedente térmico se produce en julio con un valor de 50000 kWh/mes aproximadamente y, a lo largo del año, el acumulado asciende a unos 270000 kWh/año.

### **9.8.1 Fundamentos teóricos**

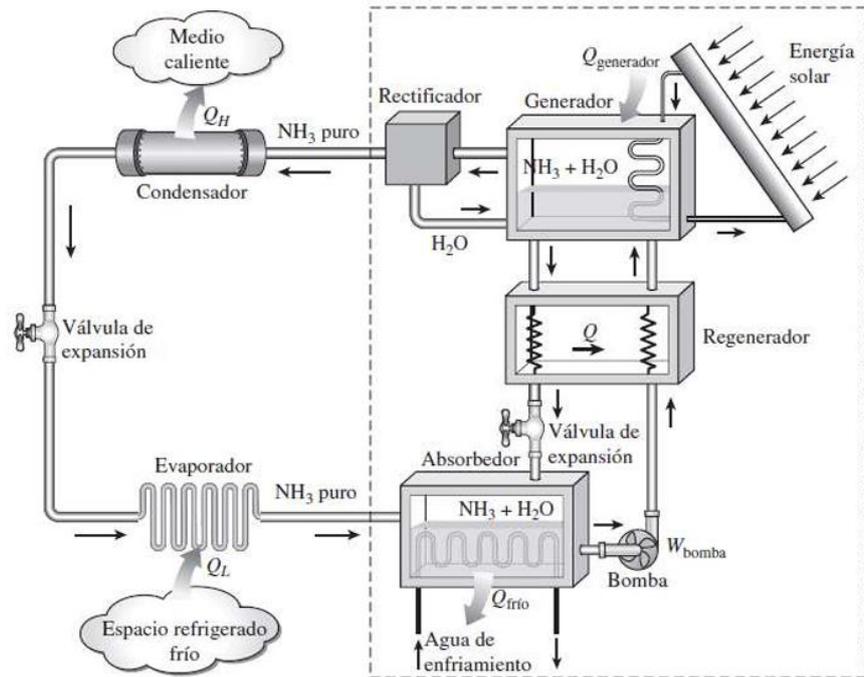
Teniendo los valores presentes, surge la incógnita de qué hacer con toda esa energía. La primera opción, como ya se indicó anteriormente, es disiparla al ambiente mediante algún mecanismo, ya sea un aerodisipador o una torre de refrigeración entre otros ejemplos. Sin embargo, adoptar esta decisión provocaría desechar energía útil, lo que conlleva en una pérdida sustancial de la eficiencia energética de la instalación. Por si no fuera poco, también

se debería gastar energía eléctrica para hacer funcionar el mecanismo disipador (en el caso de los aerodisipadores) o, además, realizar una gran inversión en el caso de construir una torre de refrigeración. Ambas alternativas parecen inviables tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista energético.

En definitiva, lo que sucede durante estos meses es que la producción térmica es excesiva pero también que se trata de la época del año en la cual las temperaturas son muy altas y la necesidad energética de climatización es máxima. Por tanto, el objetivo del excedente térmico debería ser transformarlo en energía para la climatización de las estancias del hotel. Siguiendo este principio de funcionamiento, existen dos tipos de máquinas capaces de generar frío a partir de una fuente de energía térmica:

- a) Máquina de refrigeración por absorción: funcionan gracias a los ciclos de refrigeración por absorción, que se basan en la capacidad de algunas sustancias para absorber, cuando se encuentran en fase líquida, vapores de otras sustancias, formando así una disolución. Por tanto, el enfriamiento se genera al extraer una de las dos sustancias de la mezcla por medio de la aplicación de calor y luego reabsorbiéndola hacia la disolución. En contraposición, este tipo de tecnología solo es rentable económicamente cuando se tiene una fuente de energía térmica gratuita entre 80 y 200 °C [21], como pueden ser energía geotérmica, solar, calor residual de centrales eléctricas, etc. Por este motivo, es totalmente inviable utilizar esta máquina en el proyecto, ya que los paneles híbridos han sido diseñados para precalentar el agua a 55 °C.

En la siguiente figura se muestra un esquema del ciclo de refrigeración por absorción, donde la sustancia absorbente o medio de transporte es el agua y el refrigerante es el amoníaco.

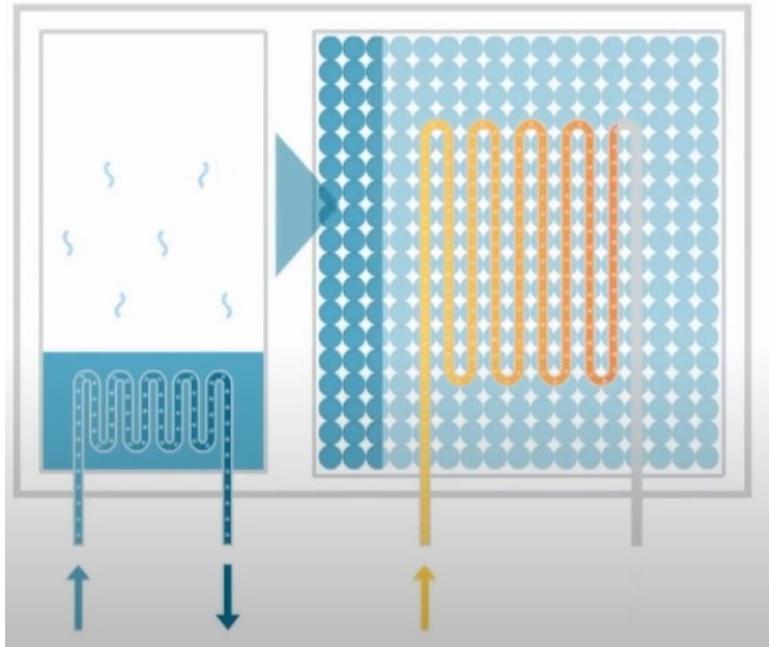


**Figura 9.8.1.1.** Esquema de las partes y procesos que componen al ciclo de refrigeración por absorción de amoníaco-agua. Fuente: [21].

- b) Máquina de refrigeración por adsorción: su principio es similar a las máquinas de absorción pero en este caso el adsorbente o sustancia que capta el refrigerante se encuentra en estado sólido. Normalmente, el material sólido suele ser muy poroso, ya que así puede almacenar una gran cantidad de partículas del refrigerante (adsorbato) como si fuera una esponja.

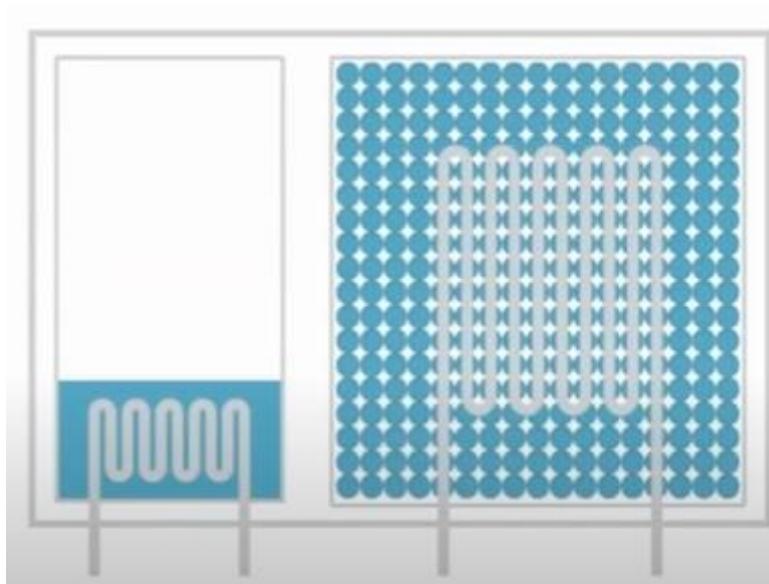
#### Principio de funcionamiento:

- Una máquina de adsorción contiene dos intercambiadores de calor en su interior: el adsorbente y el evaporador. Ambos se encuentran sellados al vacío dentro de la carcasa de la máquina.
- El material de adsorción, que se encuentra en el adsorbente, atrae al agua que cubre el evaporador. La evaporación del agua provoca que el evaporador se enfríe.



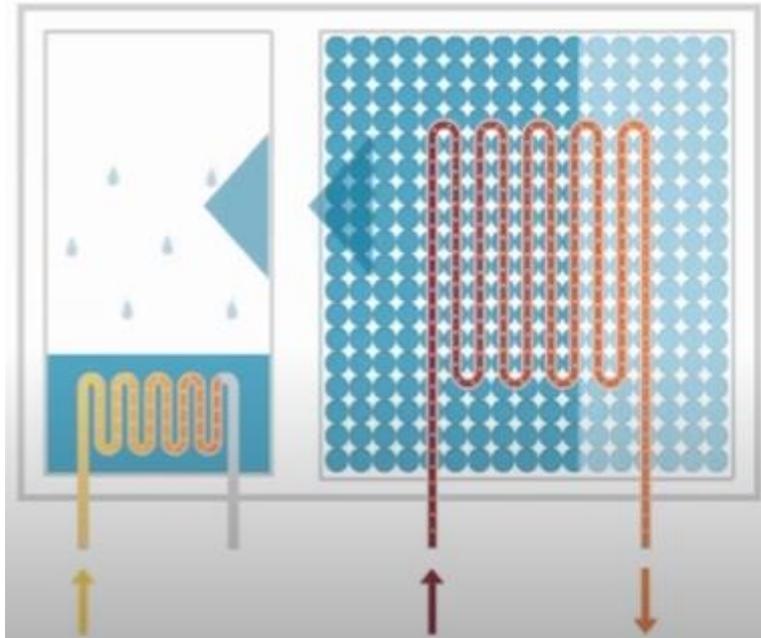
**Figura 9.8.1.2.** Esquema de funcionamiento de la máquina de adsorción (1). Fuente: Fahrenheit.

- El adsorbente capta todo el vapor de agua y, por lo tanto, se calienta.
- Cuando el adsorbente está totalmente saturado de agua, es necesario revertir el proceso.



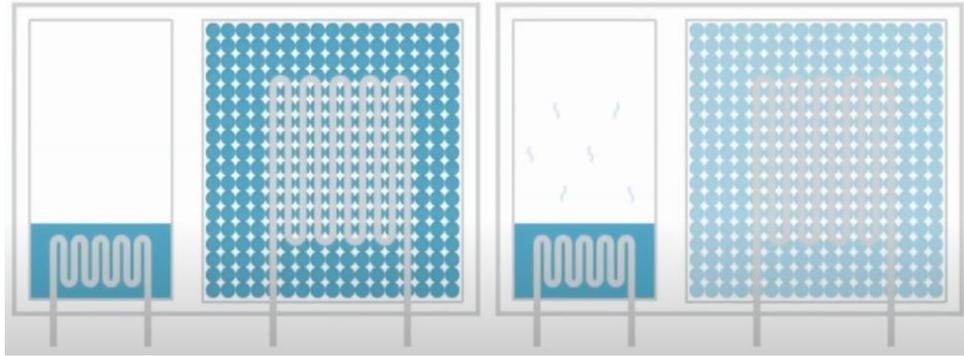
**Figura 9.8.1.3.** Esquema de funcionamiento de la máquina de adsorción (2). Fuente: Fahrenheit.

- Se bombea agua caliente a través del absorbente provocando la desorción, es decir, que el material poroso se desprenda de todo el vapor que previamente captó.
- A medida que el vapor de agua sale del absorbente, se condensa en el lado del evaporador.



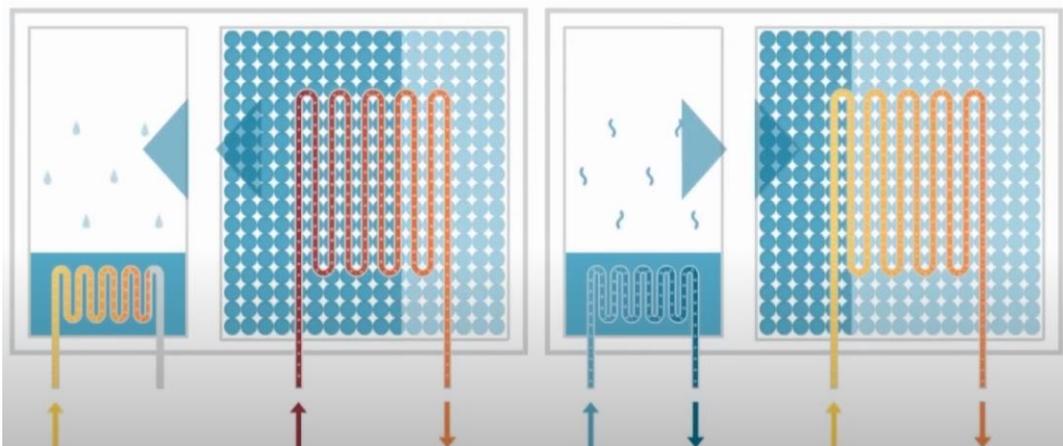
**Figura 9.8.1.4.** Esquema de funcionamiento de la máquina de adsorción (3). Fuente: Fahrenheit.

- Esto produce un enfriamiento del agua caliente que fluye por el adsorbente y, a su vez, el agua que circula por el evaporador se calienta debido a la condensación (absorbe calor del vapor de agua que condensa).
- Cuando el material adsorbente se ha desprendido de todo el vapor de agua, se reinicia el ciclo. Para producir enfriamiento continuamente, se instalan dos módulos idénticos que operan en fases alternas.



**Figura 9.8.1.5.** Esquema de funcionamiento de la máquina de adsorción (4). Fuente: Fahrenheit.

- Como se puede observar en la siguiente figura (parte derecha), la evaporación de agua genera frío en el agua que circula por el serpentín del evaporador. Por otro lado, en la parte izquierda, el absorbente está siendo regenerado mientras el otro módulo genera frío para poder operar en un ciclo continuo.



**Figura 9.8.1.6.** Esquema de funcionamiento de la máquina de adsorción (5). Fuente: Fahrenheit.

## 9.8.2 Aplicación en el proyecto

Tal y como se expuso en los fundamentos teóricos, la opción más adecuada para el proyecto es utilizar el excedente térmico para alimentar una máquina de refrigeración por adsorción que sea capaz de producir frío en los meses de mayor producción térmica y, por tanto, de mayor necesidad de climatización. De esta manera, se estarían climatizando

estancias del hotel ahorrando parte de la energía eléctrica que alimenta las enfriadoras encargadas de realizar esa función.

Para escoger la máquina adecuada, se ha contactado con la empresa alemana Fahrenheit para que realice la selección del producto según el excedente térmico disponible en la mayoría de los meses del año. Esta compañía trabaja en conjunto con Abora Solar para diseñar instalaciones con paneles solar híbridos que a su vez incorporen máquinas de adsorción.

Los datos que se facilitaron a Fahrenheit para dimensionar la máquina de absorción son los que se recogen en la siguiente tabla, además de los datos de excedente térmico a lo largo de los meses:

**Tabla 9.8.2.1.** Datos de diseño para el dimensionado de la máquina de adsorción de Fahrenheit.

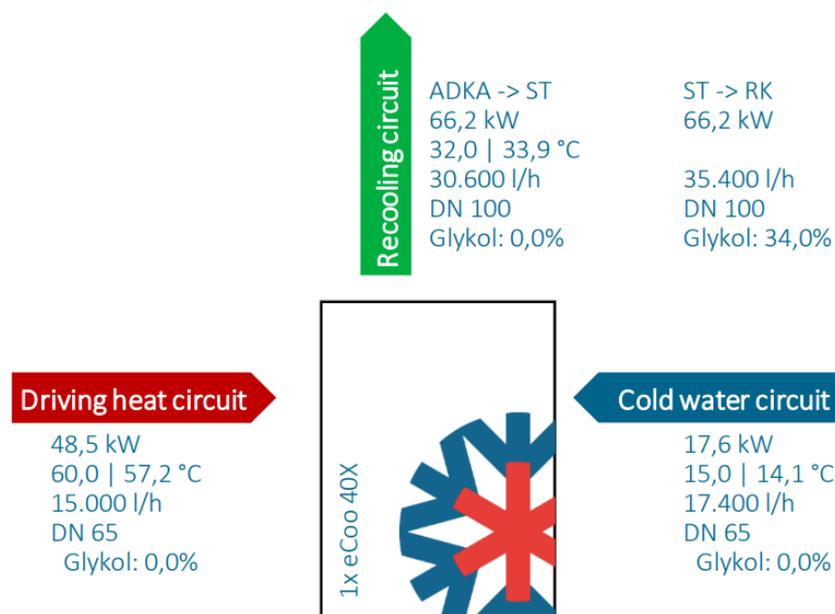
<b>Dato</b>	<b>Valor</b>
Temperatura de salida de la máquina de adsorción (fluido refrigerado)	Entre 7 y 12 °C
Temperatura de la fuente térmica (excedente térmico de los paneles híbridos)	Entre 55 y 60 °C

Una vez enviados los datos de diseño a la empresa de máquinas de adsorción surgieron una serie de inconvenientes:

- Para una temperatura de fuente de energía térmica baja, como en el caso de este proyecto, no se pueden alcanzar temperaturas de fluido refrigerado entre 7 y 12 °C. La máquina, como máximo, podría operar entre 12 y 16 °C. Además, cuanto menor sea la temperatura de consigna del fluido refrigerado, mayor tamaño debe tener la máquina de adsorción.
- Cuanto más baja es la temperatura del foco caliente, más grande debe ser la máquina para poder utilizar todo el excedente térmico.
- Cuanto mayor sea la temperatura ambiente, que en el emplazamiento del proyecto (Adeje) suele ser mayor a 30 °C en los meses de producción con excedente térmico, más grande debe ser la máquina de adsorción.

Teniendo en cuenta estos factores, la máquina tendría que estar considerablemente sobredimensionada para poder aprovechar toda la energía térmica disponible. Además, durante la mayoría de las horas de funcionamiento trabajaría a menor eficiencia debido a que las condiciones ambientales no son las más idóneas. Del mismo modo, en meses donde el excedente no es tan grande, tendría que trabajar en régimen parcial, es decir, la mayoría de la máquina instalada no se estaría utilizando.

Fahrenheit, con todos los datos necesarios y habiendo realiza el dimensionado de la máquina, presenta los siguientes resultados:

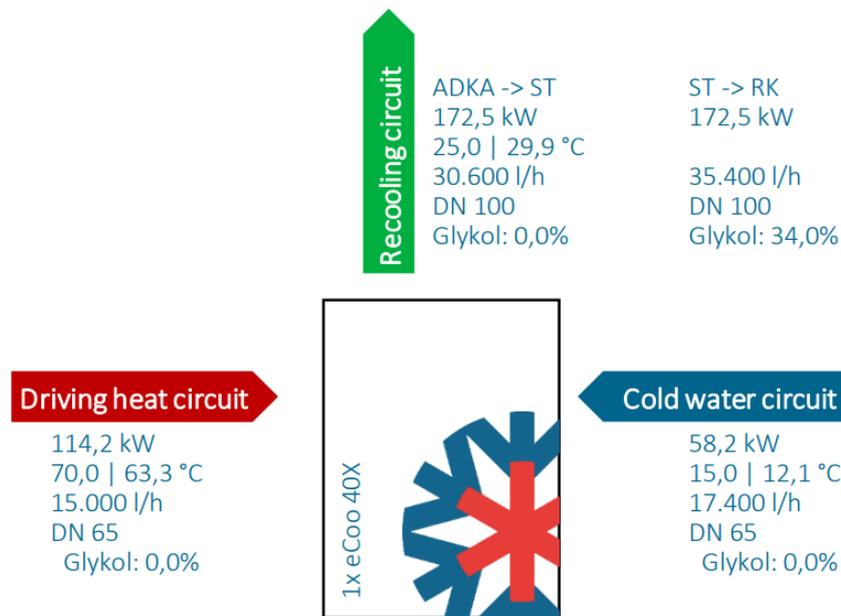


**Figura 9.8.2.1.** Resultados energéticos aportados por Fahrenheit (1). Fuente: Fahrenheit.

Como se puede observar en la imagen anterior, el esquema de flujo térmico determina que para una fuente térmica de 48,5 kW a 60 °C, la máquina de adsorción es capaz de producir 17,6 kW de refrigeración de agua. Eso sí, esta potencia de refrigeración solo es capaz de disminuir la temperatura del agua de 15 °C a 14,1 °C, muy lejos del rango de 7-12 °C al que trabaja el colector de agua fría del hotel. Del mismo modo, durante este proceso sería necesario disipar 66,7 kW al ambiente haciendo uso de alguna máquina de disipación de calor, lo cual conlleva un gasto energético nada despreciable.

En la siguiente figura, se pueden observar los resultados térmicos de la máquina, partiendo de unos datos iniciales diferentes. Analizando los datos, se concluye que si la fuente

energética se introduce a 70 °C, la máquina sería capaz de disminuir la temperatura del agua de 15 °C a 12,1 °C, generando una potencia de refrigeración de casi 60 kW. Sin embargo, sería necesario disipar más de 172 kW al ambiente, lo que resulta ser totalmente desproporcionado y provocaría un gasto eléctrico altísimo para alimentar los equipos disipadores.



**Figura 9.8.2.2.** Resultados energéticos aportados por Fahrenheit (2). Fuente: Fahrenheit

Los ejemplos anteriores han sido calculados para una temperatura de entrada de más 60 °C, pero la instalación se ha diseñado para producir ACS a 55 °C con el fin de no comprometer el rendimiento fotovoltaico de los paneles híbridos. Es uno de los motivos por el cual, actualmente, esta tecnología no está lo suficientemente desarrollada para poder implantarse y que sea viable económicamente. Es innegable que en un futuro es una tecnología a tener en cuenta si se sigue investigando para mejorar su rendimiento y el aprovechamiento de energía a diferentes niveles térmicos, así como disminuir sus costes de producción.

## 10 DISEÑO DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA

### 10.1 Hipótesis de trabajo

Con el fin de diseñar la instalación térmica y realizar los cálculos correspondientes, se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis de trabajo:

- Régimen estacionario.
- Se considera al agua como un fluido incompresible.
- Se considera que la viscosidad cinemática dependerá solamente de la temperatura del fluido ya que su dependencia con respecto a la presión es de un orden mucho menor que la dependencia con respecto a la temperatura. Por lo tanto, se utilizarán los valores de viscosidad cinemática correspondientes al agua a presión atmosférica.
- Cálculos realizados para satisfacer velocidades de circulación de agua entre 0,8 y 2 m/s, los cuales son valores recomendados para el diseño porque aseguran que el valor de las pérdidas de carga no sea excesivo.
- Cálculos del número de Reynolds, del coeficiente de fricción de las conducciones y de los valores de los coeficientes de pérdidas de accesorios (k) realizados según los criterios del fabricante PRESSMAN.

### 10.2 Diseño del campo de captadores

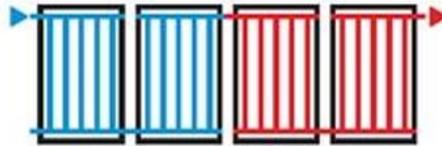
#### 10.2.1 Fundamentos teóricos

Los captadores térmicos o, en el caso de este proyecto, la contribución térmica de los paneles solares híbridos, se deben asociar en baterías de captadores.

Las baterías son un conjunto de captadores que se asocian entre sí formando un único captador más grande, el cual posee un área de captación que es la suma de todos los paneles que forman la batería [16]. Además, los captadores de una batería pueden estar asociados entre sí en serie o en paralelo:

- a) Asociación en serie: la temperatura de salida de un panel es la de entrada del otro. Además, el caudal que circula por todos los paneles asociados en serie es el mismo.

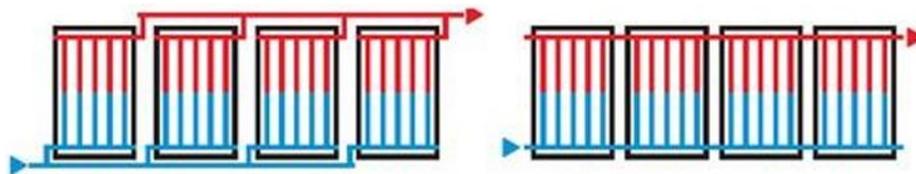
Con las asociaciones en serie, se consigue que la temperatura del agua aumente hasta cotas altas ya que va aumentando a medida que circula por cada panel, pero el caudal queda limitado al ser el mismo en toda la agrupación. Eso sí, a medida que se eleva la temperatura, su capacidad de absorción de calor va disminuyendo, provocando que el último panel de la asociación no sea capaz de aportar mucha energía al fluido.



**Figura 10.2.1.1.** Esquema de colectores asociados en serie. Fuente: IDAE.

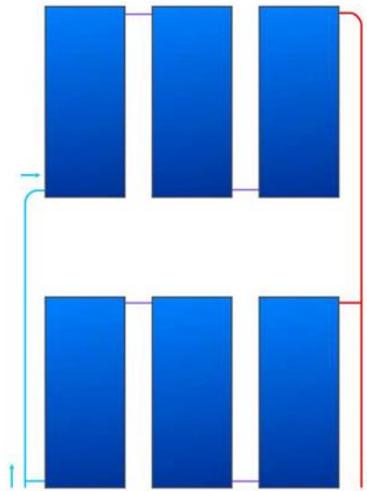
- b) Asociación en paralelo: la temperatura de entrada en la misma para todos los paneles asociados, mientras que el caudal se tiene que dividir entre cada uno de los colectores.

La asociación en paralelo permite obtener caudales de agua caliente mucho mayores que en serie. Sin embargo, la temperatura que puede alcanzar el fluido es limitada debido a que solo realiza el paso por un colector.



**Figura 10.2.1.2.** Esquema de colectores asociados en paralelo. Fuente: IDAE.

De igual manera, las baterías de captadores pueden asociarse entre sí formando diferentes grupos, ya sea en serie a otras baterías o en paralelo. Con esto se consiguen distribuciones mixtas de paneles:



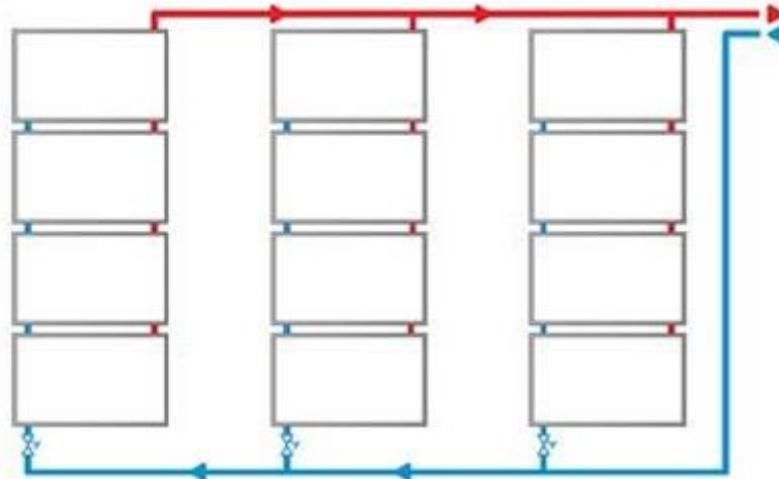
**Figura 10.2.1.3.** Esquema de colectores en asociación mixta. Fuente: Solar Praxis. Enlace: [www.solarpraxis.com](http://www.solarpraxis.com).

Otro aspecto muy importante en el diseño del campo de captadores es el equilibrado hidráulico. Consiste en asegurar que por todos los grupos, baterías y captadores de la instalación circule el caudal de diseño, además de minimizar las pérdidas de carga y las pérdidas térmicas de la instalación en su conjunto. Por esta razón, se debe asegurar que todas las baterías del campo de captadores tengan el mismo número de paneles y estén conectadas de la misma forma y, por tanto, el mismo criterio se debe aplicar a los grupos dentro del campo.

De hecho, el RITE señala explícitamente que se deben equilibrar hidráulicamente los ramales de los captadores solares: “Cuando exista más de un grupo de captadores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se deberá probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto o memoria técnica”.

Si por temas de diseño es inviable que todas las baterías tengan el mismo número de paneles o que la conexión entre ellas varíe dependiendo de la batería, se pueden llevar a cabo dos estrategias:

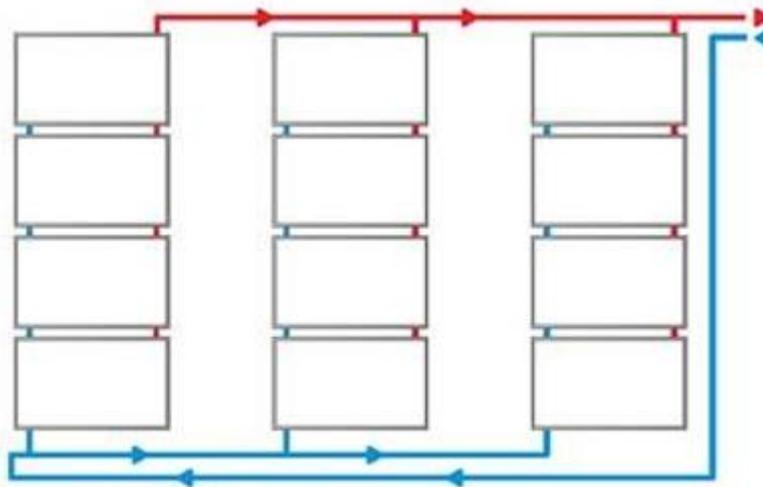
- a) Utilizar válvulas de equilibrado hidráulico que permiten regular el caudal que circula por cada batería con el fin de inducir pérdidas de carga en los diferentes tramos para que la temperatura de salida sea igual en cada una de ellas.



**Figura 10.2.1.4.** Esquema de baterías de paneles conectadas en válvulas de equilibrado hidráulico.

Fuente: IDAE.

- b) Realizar ramales invertidos en el circuito, en la impulsión o en el retorno, con el fin de conseguir recorridos hidráulicos iguales en todos los lazos del campo de captación.



**Figura 10.2.1.5.** Esquema de baterías de paneles conectadas con ramal de impulsión invertido. Fuente:

IDAE.

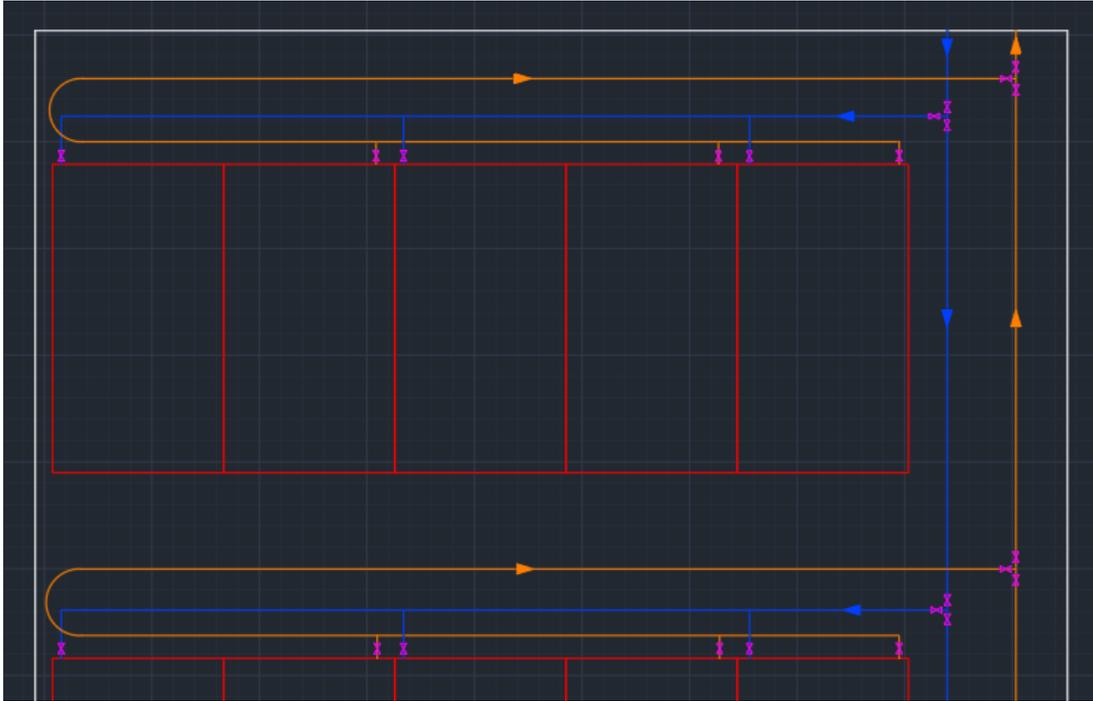
### **10.2.2 Distribución del campo de captadores**

En primer lugar, como se considera que el objetivo primordial de los paneles es la producción fotovoltaica, la asociación térmica entre ellos se centra en introducir el agua a la menor temperatura posible y no extraerla a más de 55 °C para no comprometer el rendimiento fotovoltaico.

Por este motivo, se ha decidido asociar los paneles en serie de dos en dos según los criterios del fabricante y la temperatura objetivo. A su vez, estas asociaciones en serie de dos paneles estarán agrupadas en paralelo unas de otras, construyendo una estructura mixta. De igual manera, cada rama de paneles estará en paralelo con las demás y todas confluirán en la línea general de cada cubierta.

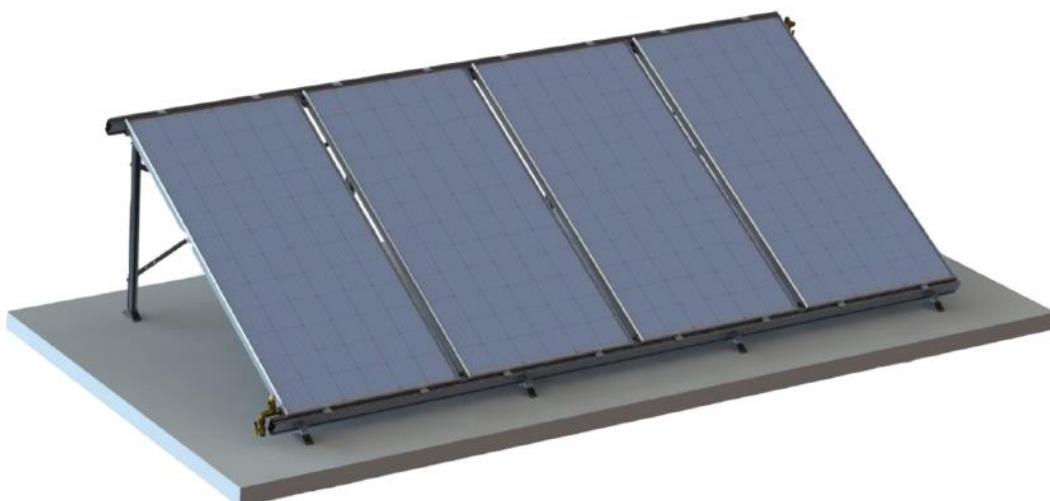
Además, se ha realizado un equilibrado hidráulico en el retorno (también llamado retorno invertido) para igualar los tramos hidráulicos en el campo de captación, tal y como indica el RITE. No se ha optado por instalar válvulas de equilibrado hidráulico al tratarse de elementos de mayor coste con respecto a añadir simplemente más tubería. Del mismo modo, al estar situada la instalación muy cercana a la costa, con los factores ambientales como el ambiente salino, con la consiguiente corrosión, así como la alta exposición a rayos UV (ultravioletas), se concluyó que no era la mejor opción introducir tantos elementos auxiliares como son las válvulas de equilibrado hidráulico, que en un futuro pueden convertirse en puntos de deterioro y de grandes pérdidas de carga si no se realiza un correcto mantenimiento. También, teniendo en cuenta la facilidad de construcción que conlleva añadir un tramo más de tubería, decanta la balanza claramente por realizar el retorno invertido.

En la siguiente figura se puede apreciar el esquema de conexionado hidráulico entre los paneles. Para conocer la disposición más en detalle, se deben consultar los planos relativos a la asociación térmica de paneles.



**Figura 10.2.2.1.** Esquema de asociación térmica de paneles con retorno invertido. Fuente: propia, AutoCAD.

Nota aclaratoria: en los planos de representación y de asociación de los paneles, aparecen dibujados unos pegados a otros. Esto se ha realizado así a modo de simplificación visual y para facilitar la construcción de los planos. Sin embargo, realmente los paneles están separados 10 centímetros entre ellos ya que los racores de conexión hidráulica se encuentran en los laterales, tal y como se puede observar en la siguiente figura del fabricante Abora Solar.



**Figura 10.2.2.2.** Ejemplo de montaje de los paneles. Fuente: Abora Solar.

### 10.3 Cálculo de diámetros de tubería

En el cálculo de los diámetros de las diferentes tuberías térmicas, se deben tener en cuenta varias variables con una estrecha dependencia entre ellas: el caudal, la velocidad de circulación del fluido y, obviamente, la sección de paso que depende a su vez del diámetro.

Los datos iniciales para el análisis de los diámetros de tuberías son:

- Caudal nominal ( $Q_n$ ) que debe circular por los paneles (dato extraído del fabricante Abora Solar):

$$Q_n = 60 \frac{l}{h} = 1,67 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/s$$

- Rango de velocidades de fluido para asegurar unas pérdidas de carga razonables:

$$v = [0,8 - 2] \text{ m/s}$$

Con estos datos de partida, se procede al dimensionado de los diámetros de tubería de la instalación térmica.

#### 10.3.1 Fundamentos teóricos

En primer lugar, se define al caudal como el volumen de un fluido que atraviesa una cierta superficie en un intervalo de tiempo y, a su vez, el volumen de fluido dentro de un cilindro es el área por una distancia ( $dx$ ), resultando la siguiente expresión:

$$Q = \frac{dV}{dt} = A \cdot \frac{dx}{dt} = A \cdot v \quad (3)$$

La fórmula (3) proviene de lo que se conoce como la ecuación de continuidad, la cual es un subproducto de la ley de conservación de la masa. Esta ley describe que si no se producen pérdidas dentro un tubo por el que circula un fluido, la masa del fluido que entra debe ser igual a la que sale en un determinado intervalo de tiempo ( $dt$ ). Definiendo dos puntos aleatorios (1 y 2) para estudiar la ecuación, se obtiene:

$$dm_1 = dm_2 = \rho_1 \cdot A_1 \cdot v_1 \cdot dt = \rho_2 \cdot A_2 \cdot v_2 \cdot dt \quad (4)$$

Además, considerando que el fluido es incompresible y, por tanto, su densidad es constante; que el intervalo de tiempo es el mismo; que se supone régimen laminar y por tanto la fricción del fluido es insignificante, se obtiene la ecuación de continuidad:

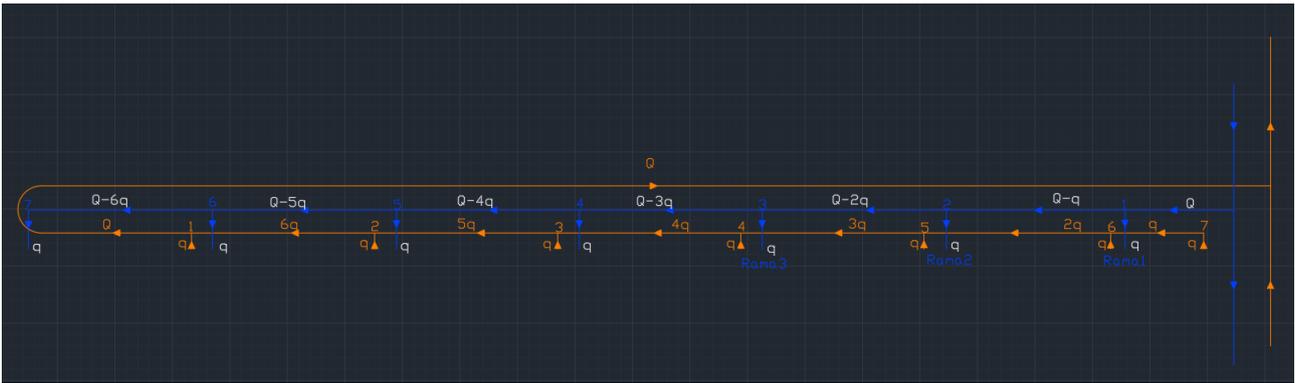
$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (5)$$

### 10.3.2 Procedimiento de cálculo

En primer lugar, se realiza un croquis de las distintas ramas de la disposición térmica de los paneles. Conociendo que:

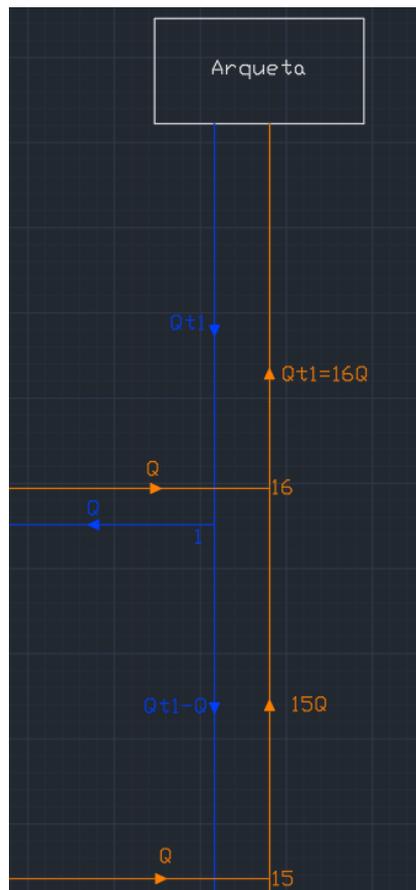
- Por cada panel debe circular un caudal de 60 L/h llamado “q”.
- Los paneles están asociados en serie de dos a dos excepto el último de cada fila que está solo, y el caudal de cada fila se denomina Q.
- Cada cubierta tiene un número de filas determinada que se asocian en paralelo entre ellas.
- El caudal que circula por los paneles en serie es el mismo para cada uno de ellos.
- El caudal Q debe dividirse equitativamente para suministrar un caudal “q” a cada uno de los paneles.

Con todos estos criterios claros y planteado el esquema, se observa que en la tubería de impulsión (azul) el caudal “Q” va disminuyendo mientras que en el retorno, el caudal “q” va aumentando hasta llegar a la línea principal con el valor de “Q”. En la siguiente figura, se expone gráficamente con el ejemplo de la cubierta 1:



**Figura 10.3.2.1.** Criterio utilizado para el cálculo de caudales en cada fila de paneles (Cubierta 1). Fuente: propia, AutoCAD.

El mismo criterio se utiliza con los caudales en las líneas principales de cada cubierta: por cada fila de paneles debe circular un caudal “Q” que se irá sumando hasta conseguir el caudal total de cubierta o “ $Q_{ti}$ ”, siendo i el subíndice correspondiente a cada cubierta (1, 2 o 3). La siguiente figura ejemplifica gráficamente esta nomenclatura utilizada:



**Figura 10.3.2.2.** Criterio utilizado para el cálculo de caudales en la tubería general de cada cubierta (Cubierta 1). Fuente: propia, AutoCAD.

Una vez claro el criterio y la nomenclatura, se calculan los caudales de cada uno de los tramos de la instalación térmica. Para conocer en detalle los valores, consultar el “Anexo de Cálculos de la Instalación Térmica”.

Cabe destacar que las tuberías que suministran caudal a cada cubierta, es decir, por las que circula el “ $Q_{ti}$ ”, confluyen en una arqueta común donde se unen en una tubería de dimensiones mayores. Esta tubería general, recorre la distancia desde el aparcamiento de vehículos hasta la sala de máquina de las piscinas del Hotel Club Atlantis. Una vez llegan a la esta sala de máquinas, sigue su trayecto atravesando el hotel hasta la sala de máquinas donde se encuentra el colector de media temperatura, lugar en el cual se conecta con las instalaciones ya existentes del complejo vacacional.

Con todos los caudales determinados, se calcula la sección de paso del fluido en cada tramo de tubería, suponiendo una velocidad de paso en el intervalo indicado en las hipótesis de trabajo. Para el caso del proyecto, se ha elegido el valor medio del intervalo, que es 1,4 m/s (Fuente: Operaciones Unitarias en Ingeniería Química, 4ª Ed., McGraw-Hill, 1991).

Con esta velocidad y el caudal, es posible calcular la sección de paso inicial. La sección de paso inicial se relaciona con el diámetro interno de tubería con la siguiente ecuación:

$$A_{paso} = \pi \cdot \frac{D_i^2}{4} \quad (6)$$

Cuando ya se ha calculado el diámetro interno inicial de paso, es necesario consultar un catálogo de tuberías de algún fabricante para elegir un diámetro interno comercial, es decir, que se fabrique y sea fácil de conseguir en el mercado. Este último paso se explicará en detalle en el siguiente apartado.

### **10.3.3 Elección de diámetros comerciales**

Con los diámetros interiores de tubería calculados anteriormente, se procede a la elección de sus respectivos diámetros comerciales.

Sin embargo, antes de elegir el fabricante, es necesario decidir cuál será el material utilizado en las tuberías:

- a) En primer lugar, la opción más común en la industria para instalaciones térmicas de energía solar es el uso de tuberías de PP-R (Polipropileno Copolímero Random).
- b) En segundo lugar, otra opción viable y bastante común es utilizar tubería de cobre.

Teniendo las dos opciones de materiales presentes, se descarta el uso de PP-R ya que su temperatura límite de operación suele rondar los 90°C y, según la ficha técnica de los paneles híbridos aH72SK, la temperatura de estancamiento es de 126°C. Dicha temperatura indica que, si no estuviera circulando el agua a través de los paneles y se quedara estática, podría alcanzar esa temperatura en ciertas condiciones extremas de radiación. Por este motivo, se toma como material de las tuberías el cobre de fontanería, el cual tiene una temperatura límite de operación mayor. Del mismo modo, aunque la temperatura de fusión del cobre sea de 1085 °C, las propiedades mecánicas del material se ven afectadas a temperaturas mucho más bajas porque empieza a reblandecerse. Este fenómeno también ocurre con el PP-R, que tiene una temperatura de fusión de 160 °C aproximadamente, pero que a partir de los 90 °C empieza a volverse maleable.

De hecho, al elegir canalizaciones de cobre, es crítico tener en cuenta cuál va a ser el material de aporte del proceso de soldadura de las tuberías. Normalmente, se suele utilizar estaño, cuyo punto de fusión está en torno a los 260 °C pero se vuelve más fluido a temperaturas más bajas. Por este motivo, y como en la instalación se podrían alcanzar temperaturas de 126 °C en situaciones puntuales, se empleará como material de aporte de soldadura el estaño con un porcentaje de plata. Esta aleación, incrementa su punto de operación por encima de la temperatura de estancamiento, permitiendo que la instalación no sufra ningún desperfecto en las conducciones.

Una vez conocido el material y definido el proceso de soldadura, se ha escogido el fabricante, que en este caso es SITASA (Suministros Industriales del Tajo S.A) porque dispone de un catálogo amplio y bien estructurado. En concreto, se utilizará el denominado cobre rojo o tipo M que es el idóneo para fontanería y ACS.

En la siguiente figura del catálogo del fabricante, se puede observar la variedad de comerciales que distribuyen:

Medida nominal	Diámetro exterior	Diámetro interno			Espesor de pared			Peso por tramo de 6.10 mts			Presión máxima		
		M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K
1/4"	0.375"	0.324"	0.314"	0.276"	0.025"	0.030"	0.049"	2.132 lb	2.524 lb	5.385 lb	6,133 lb/pulg <sup>2</sup>	7,200 lb/pulg <sup>2</sup>	8,820 lb/pulg <sup>2</sup>
6.35 mm	9.525 mm	8.255 mm	8.001 mm	7.035 mm	0.635 mm	0.762 mm	1.245 mm	0.968 kg	1.146 kg	2.445 kg	431.15 kg/cm <sup>2</sup>	506.16 kg/cm <sup>2</sup>	620.04 kg/cm <sup>2</sup>
3/8"	0.500"	0.449"	0.429"	0.401"	0.025"	0.035"	0.049"	2.903 lb	3.965 lb	6.890 lb	4,500 lb/pulg <sup>2</sup>	6,300 lb/pulg <sup>2</sup>	7,056 lb/pulg <sup>2</sup>
9.50 mm	12.700 mm	11.43 mm	10.922 mm	10.21 mm	0.635 mm	0.889 mm	1.245 mm	1.318 kg	1.800 kg	3.128 kg	316.35 kg/cm <sup>2</sup>	442.89 kg/cm <sup>2</sup>	496.03 kg/cm <sup>2</sup>
1/2"	0.625"	0.572"	0.544"	0.494"	0.028"	0.040"	0.065"	4.083 lb	5.705 lb	12.813 lb	4,032 lb/pulg <sup>2</sup>	5,760 lb/pulg <sup>2</sup>	6,685 lb/pulg <sup>2</sup>
12.7 mm	15.875 mm	14.453 mm	13.843 mm	12.573 mm	0.711 mm	1.016 mm	1.651 mm	1.854 kg	2.590 kg	5.817 kg	283.45 kg/cm <sup>2</sup>	404.92 kg/cm <sup>2</sup>	469.95 kg/cm <sup>2</sup>
3/4"	0.875"	0.811"	0.784"	0.744"	0.032"	0.045"	0.065"	6.566 lb	9.110 lb	16.799 lb	3,291 lb/pulg <sup>2</sup>	4,632 lb/pulg <sup>2</sup>	5,200 lb/pulg <sup>2</sup>
19 mm	22.225 mm	20.601 mm	19.939 mm	18.923 mm	0.812 mm	1.143 mm	1.651 mm	2.981 kg	4.136 kg	7.627 kg	231.35 kg/cm <sup>2</sup>	325.62 kg/cm <sup>2</sup>	209.00 kg/cm <sup>2</sup>
1"	1.125"	1.054"	1.024"	0.994"	0.035"	0.050"	0.065"	9.310 lb	13.114 lb	20.824 lb	2,800 lb/pulg <sup>2</sup>	4,000 lb/pulg <sup>2</sup>	4,260 lb/pulg <sup>2</sup>
25 mm	28.575 mm	26.797 mm	26.035 mm	25.273 mm	0.889 mm	1.270 mm	1.651 mm	4.227 kg	5.954 kg	9.454 kg	196.84 kg/cm <sup>2</sup>	281.20 kg/cm <sup>2</sup>	299.47 kg/cm <sup>2</sup>
1 1/4"	1.375"	1.290"	1.264"	1.230"	0.042"	0.055"	0.072"	13.656 lb	17.700 lb	27.231 lb	2,749 lb/pulg <sup>2</sup>	3,600 lb/pulg <sup>2</sup>	3,988 lb/pulg <sup>2</sup>
32 mm	34.925 mm	32.791 mm	32.131 mm	31.267 mm	1.067 mm	1.397 mm	1.829 mm	6.200 kg	8.036 kg	12.363 kg	193.25 kg/cm <sup>2</sup>	253.08 kg/cm <sup>2</sup>	280.35 kg/cm <sup>2</sup>
1 1/2"	1.625"	1.526"	1.504"	1.459"	0.049"	0.060"	0.083"	18.821 lb	22.826 lb	41.249 lb	2,713 lb/pulg <sup>2</sup>	3,323 lb/pulg <sup>2</sup>	3,515 lb/pulg <sup>2</sup>
38 mm	41.275 mm	38.785 mm	38.227 mm	37.059 mm	1.245 mm	1.524 mm	2.108 mm	8.545 kg	10.363 kg	18.727 kg	190.72 kg/cm <sup>2</sup>	233.60 kg/cm <sup>2</sup>	247.10 kg/cm <sup>2</sup>
2"	2.125"	2.016"	1.984"		0.058"	0.070"		29.233 lb	35.042 lb		2,470 lb/pulg <sup>2</sup>	2,965 lb/pulg <sup>2</sup>	
51 mm	53.975 mm	51.029 mm	50.419 mm		1.473 mm	1.778 mm		13.272 kg	15.909 kg		173.65 kg/cm <sup>2</sup>	208.43 kg/cm <sup>2</sup>	
2 1/2"	2.625"	2.494"	2.464"		0.065"	0.080"		40.647 lb	49.658 lb		2,228 lb/pulg <sup>2</sup>	2,742 lb/pulg <sup>2</sup>	
64 mm	66.675 mm	63.373 mm	62.611 mm		1.651 mm	2.032 mm		18.454 kg	22.545 kg		156.62 kg/cm <sup>2</sup>	192.76 kg/cm <sup>2</sup>	
3"	3.125"	2.976"	2.944"		0.072"	0.090"		53.663 lb	66.645 lb		2,073 lb/pulg <sup>2</sup>	2,592 lb/pulg <sup>2</sup>	
76 mm	79.375 mm	75.597 mm	74.803 mm		1.889 mm	2.286 mm		24.363 kg	30.257 kg		145.73 kg/cm <sup>2</sup>	182.21 kg/cm <sup>2</sup>	
4"	4.125"	3.934"	3.904"		0.095"	0.110"		93.310 lb	107.729 lb		2,072 lb/pulg <sup>2</sup>	2,400 lb/pulg <sup>2</sup>	
102 mm	104.775 mm	99.949 mm	99.187 mm		2.413 mm	2.794 mm		42.363 kg	48.909 kg		145.65 kg/cm <sup>2</sup>	168.72 kg/cm <sup>2</sup>	

**Figura 10.3.3.1.** Tabla de las dimensiones y características de tubería rígida de cobre. Fuente: SITASA.

Con el catálogo ya escogido, se eligen los diámetros comerciales según los diámetros iniciales calculados en el apartado anterior. Siempre se escoge el comercial inmediatamente superior, para satisfacer el criterio de velocidades impuesto previo al diseño. Una vez se ha escogido el diámetro comercial, se debe recalcular la velocidad media de paso del fluido para comprobar que se encuentra dentro del rango óptimo.

En la instalación, el diámetro comercial mínimo utilizado es el de 3/8" o 9,5 mm de diámetro nominal. El mayor comercial utilizado es el de 2,5" o 64 mm de diámetro nominal.

Para conocer más en detalle los diámetros de cada tramo y su disposición, consultar tanto el "Anexo de Cálculos Térmicos" en el apartado referido a los diámetros, como el plano de "Asociación de paneles".

## 10.4 Cálculo de pérdidas de carga

Tras escoger los diámetros de tubería que compondrán la instalación térmica, el siguiente paso es calcular las pérdidas de carga de la instalación.

Para ello, es necesario estudiar cuál será el tramo más desfavorable de la instalación, es decir, el recorrido que hará el agua donde más longitud de tubería deberá recorrer y donde más accesorios se encontrará a su paso.

Para este proyecto, el tramo más desfavorable corresponde con la última fila de paneles de la cubierta 1, debido a que es la cubierta más larga y es la fila de colectores más alejada de la sala de máquinas del hotel. Además, durante el tramo se encuentra el mayor número de accesorios posible. Es por este motivo que a partir de ahora se dimensionarán las pérdidas de carga teniendo en cuenta este recorrido del agua.

### 10.4.1 Fundamentos teóricos

Las pérdidas de carga consisten en la pérdida de la energía del fluido a medida que circula por una instalación. Cada fluido de trabajo tiene una viscosidad determinada y, al moverse a través de la instalación, se produce una fricción con las paredes interiores de los conductos o con los elementos presentes en dichas conducciones.

Las pérdidas de carga debido a viscosidad y fricción se denominan pérdidas de carga primarias ( $H_{rp}$ ) y se definen según la siguiente ecuación (7) en función de la velocidad media de paso del fluido o el caudal, también conocida como ecuación de Darcy-Weissbach:

$$H_{rp} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g} = 8f \cdot \frac{L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \quad (7)$$

Donde:

- $f$  es el coeficiente de fricción de la conducción (adimensional).
- $L$  es la longitud de la conducción (m).

- D es el diámetro interno de la conducción (m).
- Q es el caudal que circula por la conducción (m<sup>3</sup>/s).
- g es la aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).
- v es la velocidad media de paso del fluido (m/s).

Como se puede observar en la ecuación (7), las pérdidas de carga primarias son directamente proporcionales al cuadrado del caudal, es decir, que aumentan mucho a medida que aumenta el caudal. Sin embargo, también son inversamente proporcionales al diámetro interno de la conducción elevado a la quinta potencia. Por esto, una manera efectiva de reducir considerablemente las pérdidas de carga por fricción es utilizar diámetros grandes de tubería, siempre teniendo en cuenta que esto afectará a la velocidad de circulación del fluido y que cuanto mayor es el diámetro, más caro será el coste de las conducciones.

Del mismo modo, a las pérdidas de carga primarias hay que sumarle otro término denominado pérdidas de carga secundarias o por accesorios ( $H_{rs}$ ). Estas pérdidas de energía son relativas al paso del fluido a través de los diferentes equipos de la instalación, ya sean codos, válvulas antirretorno, válvulas de compuerta, caudalímetros, purgas, etc. Este tipo de pérdidas viene definido por la siguiente ecuación:

$$H_{rs} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (8)$$

Donde:

- k es el coeficiente de pérdidas de cada accesorio (adimensional).
- v es la velocidad media de paso del fluido (m/s).
- g es la aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>).

El coeficiente de fricción (f) de una conducción es un valor adimensional utilizado para describir las pérdidas por fricción en tuberías o conductos. También, se le conoce como factor de fricción de Darcy y depende, a su vez, del número de Reynolds.

El número de Reynolds ( $R_e$ ), es un adimensional que representa la relación entre las fuerzas de inercia y las fuerzas viscosas de un fluido, y que es globalmente utilizado para describir

el tipo de flujo de un fluido bajo las condiciones en las que se encuentra. El tipo de flujo, se puede distinguir entre laminar y turbulento [18]:

- El régimen de un flujo se considera laminar cuando el fluido se mueve por capas sin que las partículas de una se mezclen con las partículas de otra.
- El régimen se considera turbulento cuando el flujo es desordenado y las partículas del fluido se mueven en todas direcciones formando remolinos o turbulencias, de ahí el nombre.
- También, se podría considerar un tercer régimen denominado transitorio, que se produce cuando el movimiento de las partículas del fluido no es claramente ni laminar ni turbulento.



**Figura 10.4.1.1.** Ejemplo gráfico de régimen laminar (izquierda) y régimen turbulento (derecha). Fuente: [18].

Para el cálculo del régimen del flujo y del coeficiente de fricción, se han tenido en cuenta los criterios del fabricante PRESSMAN, el cual define las anteriores magnitudes de la siguiente manera [19]:

- El número de Reynolds ( $R_e$ ) se calcula con la expresión:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (9)$$

Donde:

- $D$  es el diámetro interno de la conducción (m).
- $v$  es la velocidad media de paso del fluido (m/s).
- $\nu$  es la viscosidad cinemática del fluido ( $m^2/s$ ): depende de la temperatura y la presión del agua. Como la variación con respecto a la presión es mucho menor

que con respecto a la temperatura, se tendrán en cuenta los valores de la viscosidad para el agua a presión ambiente.

Según el valor de  $R_e$ , el régimen del fluido puede establecerse siguiendo el siguiente criterio:

- Laminar:  $R_e < 2000$
- Transitorio:  $2000 < R_e < 2500$
- Turbulento:  $R_e > 2500$

Además, PRESSMAN hace una distinción de los tubos según su rugosidad, que depende directamente del material de la tubería:

- Baja rugosidad: indicada para tubos de cobre, acero inoxidable y materiales plásticos.
- Media rugosidad: comprende los tubos de acero negro y galvanizado.

Una vez calculado el número de Reynolds, y conociendo el tipo de rugosidad del material de las tuberías, se determina el coeficiente de fricción:

- Para régimen laminar:

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (10)$$

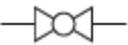
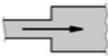
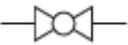
- Para régimen turbulento, se utiliza la denominada ecuación de Colebrook, fórmula que requiere un método de cálculo iterativo. Por ello, en la práctica se utilizan simplificaciones con fórmulas empíricas como la ecuación de Blassius (11), cuya validez ha sido comprobada para tubos de baja rugosidad:

$$f = 0,316 \cdot R_e^{-0,25} \quad (11)$$

### 10.4.2 Elección de elementos comerciales

Con las ecuaciones expuestas en el apartado anterior, se calculan las pérdidas de carga de la instalación. Se han utilizado los criterios de la empresa PRESSMAN para la realización de los cálculos (como ya se indicó en los fundamentos teóricos). En la siguiente tabla, se enumeran los accesorios utilizados y los valores de cada uno de los coeficientes de pérdidas de accesorio (k).

**Tabla 10.4.2.1.** Listado de accesorios instalados con sus k correspondientes.

Tramo	Accesorio	Descripción	$D_i$ (mm)	K accesorio	Nº accesorios instalados
IMPULSIÓN	Válvula de esfera de paso total		Entre 8 y 16	0,2	3
			Entre 18 y 28	0,2	10
			Entre 30 y 54	0,1	20
			Más de 54	0,1	11
	Codo 90º normal		Entre 8 y 16	1,5	1
			Entre 30 y 54	0,5	1
			Más de 54	0,4	5
	T simple		No depende del $D_i$	1	17
	Reducción		No depende del $D_i$	0,5	6
	Ampliación		No depende del $D_i$	1	1
RETORNO	Válvula de esfera de paso total		Entre 8 y 16	0,2	3
			Entre 18 y 28	0,2	10
			Entre 30 y 54	0,1	20

			Más de 54	0,1	11
	Codo 90° normal		Entre 8 y 16	1,5	1
			Entre 30 y 54	0,5	1
			Más de 54	0,4	5
	T simple		No depende del $D_i$	1	21
	Reducción		No depende del $D_i$	0,5	1
	Ampliación		No depende del $D_i$	1	6

### 10.4.3 Resultados de pérdidas de carga

Tras haber expuesto el método de cálculo de las pérdidas de carga y enumerado los accesorios presentes en la instalación, se reflejan los resultados en la siguiente tabla en metros columna de agua (m.c.a):

Tabla 10.4.3.1. Resultado del cálculo de las pérdidas de carga.

Tipo de pérdida de carga	Valor (m.c.a)	Porcentaje
<b>Primarias (<math>H_{rp}</math>)</b>	20,59	
<b>Secundarias (<math>H_{rs}</math>)</b>	6,98	33,91% de las primarias
<b>Subtotal (<math>H_{rp}+H_{rs}</math>)</b>	27,57	
<b>% de mayoración</b>	1,38	5% del subtotal
<b>TOTAL (m.c.a)</b>	<b>28,95</b>	

Analizando los resultados, las pérdidas de carga secundarias corresponden a un tercio de las pérdidas de carga primarias. Normalmente, las pérdidas por accesorios suelen estar entre un 20-25% de las pérdidas por fricción. Sin embargo, al tratarse de una instalación

con muchos tramos de tuberías en diferentes direcciones, es necesario el uso de más accesorios de los normal.

Además, se ha añadido un 5% del subtotal como porcentaje de mayoración para tener en cuenta aspectos de deterioro de la instalación con el paso del tiempo, como pueden ser: incrustaciones en las tuberías por exceso de cal en el agua o ensuciamiento, obstrucciones de algún tipo, fisuras, mantenimiento insuficiente o nulo, averías puntuales, etc.

En el “Anexo de Cálculos Térmicos”, concretamente en el apartado relativo a las pérdidas de carga, se puede consultar con detalle los cálculos realizados para llegar a los resultados obtenidos.

## **10.5 Aislamiento de tuberías**

### **10.5.1 Hipótesis de cálculo**

Los cálculos se realizarán según la normativa que lo regula en España, el RITE. Para llevarlos a cabo, se han seguido las siguientes hipótesis:

- Se supone transmisión de calor en régimen estacionario, es decir, las temperaturas permanecen constantes en el tiempo en cualquier punto del medio a considerar.
- Se supone que la cara interior de la tubería está a la misma temperatura que el fluido que transporta, por tanto, no existe convección interior.
- Se supone contacto estrecho entre el aislante y la tubería, por lo que no existe convección entre capas.
- Transmisión de calor por radiación despreciable debido a que no se trabaja con temperaturas muy elevadas.
- Se supone inicialmente una temperatura de superficie exterior mayor que la del ambiente ( $T_{amb}+2^{\circ}C$ ) y, mediante un proceso de cálculo iterativo, se halla con mayor precisión dicha temperatura exterior.
- Se consideran todas las tuberías de la instalación térmica como si estuvieran expuestas al medio exterior aunque en algunos casos no sea así, ya que es el escenario más desfavorable.

## 10.5.2 Fundamentos teóricos

En el cálculo del espesor de aislamiento de tuberías de este proyecto se estudia la transferencia de energía entre las tuberías de la instalación de los paneles solares híbridos y el ambiente que las rodea. Este fenómeno se denomina transferencia de energía por calor, la cual se produce solamente por una diferencia de temperaturas entre el sistema de estudio y su entorno y se da únicamente en la dirección de mayor a menor temperatura [20].

Existen diferentes modos de transferencia de calor, concretamente tres:

- **Conducción:** es un mecanismo de transferencia de calor que se produce en un medio material, generalmente en fase sólida, sin transporte de materia, aunque también surge en medios gaseosos y líquidos. Esta propagación es resultado de colisiones moleculares, movimientos de electrones o vibraciones de la red cristalina del material. Está definido por la ley de Fourier.
- **Convección:** es un mecanismo de transferencia de calor que se produce entre una superficie sólida y un fluido en movimiento y en contacto a diferentes temperaturas. Puede ser natural, o forzada si la circulación del fluido se produce por la intervención de un mecanismo externo que le obliga a circular de determinada manera, por ejemplo, un ventilador. Está definido por la ley de enfriamiento de Newton.
- **Radiación:** dos medios cualesquiera intercambian energía debido a la emisión e incidencia de radiación electromagnética sobre sus superficies. Dicha radiación electromagnética es emitida por la materia como resultado de cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o las moléculas en su interior. Además, la energía se transporta en forma de ondas. Cualquier superficie que se encuentre a una temperatura mayor al cero absoluto emite radiación. Igualmente, no es necesario medio alguno entre el medio emisor y el receptor para que se produzca el intercambio de energía. Está definido por la ley de Stefan-Boltzmann.

Aparte de los conceptos teóricos sobre la transferencia de calor, el RITE especifica claramente lo siguiente:

“En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4 % de la potencia máxima que transporta”.

“Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se podrá optar por el procedimiento simplificado o por el alternativo. Para instalaciones de más de 70 kW debe utilizarse el método alternativo. En ningún caso el espesor mínimo debe ser menor al especificado en las tablas de la IT 1.2.4.2.1.2.”.

“El método de cálculo se podrá formalizar a través de un programa informático siguiendo los criterios indicados en la norma UNE-EN ISO 12241”

Por lo tanto, tal y como dicta la normativa, se deberán calcular los espesores de aislamiento con el método alternativo según la norma UNE-EN ISO 12241 y, seguidamente, compararlos con los espesores que marcan las tablas de la IT 1.2.4.2.1.2:

“En el procedimiento simplificado los espesores mínimos de aislamientos térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10 °C de 0,040 W/mK deben ser los indicados en las siguientes tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.5”.

A continuación adjunta la tabla específica para el cálculo de espesor de aislamiento de tuberías que transportan ACS:

**Tabla 10.5.2.1.** Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40 a 60	>60 a 100	>100 a 180
<b><math>D \leq 35</math></b>	35	35	40
<b><math>35 &lt; D \leq 60</math></b>	40	40	50
<b><math>60 &lt; D \leq 90</math></b>	40	40	50

<b>90 &lt; D ≤ 140</b>	40	50	60
<b>140 &lt; D</b>	45	50	60

Sin embargo, en la práctica el material utilizado para el aislamiento de las tuberías tendrá una conductividad térmica diferente a 0,04 W/mK a 10 °C. En ese caso, se deberá aplicar la siguiente ecuación para superficies de sección circular:

$$d = \frac{D}{2} \left[ \text{EXP} \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D} \right) - 1 \right] \quad (12)$$

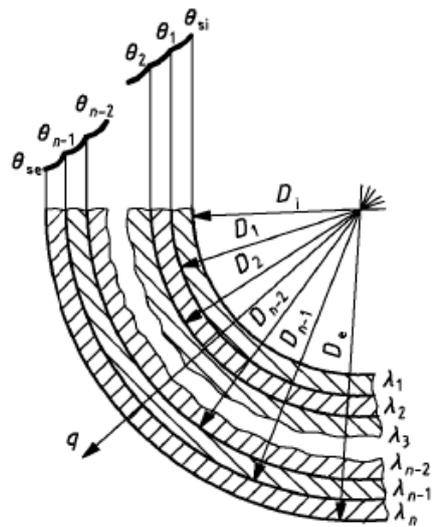
Donde:

- $\lambda_{ref}$  es la conductividad térmica de referencia, es decir, 0,04 W/mK a 10 °C.
- $\lambda$  es la conductividad térmica del material empleados en W/mK a la misma temperatura de referencia.
- $d_{ref}$  es el espesor mínimo de referencia calculado con la tabla 9.5.2.1 en mm.
- D es el diámetro interior del material aislante en mm, que coincide con el diámetro exterior de la tubería.
- Ln es el logaritmo neperiano.
- EXP significa que la función exponencial está elevada a todo lo que contiene el paréntesis.

Para el aislamiento del fabricante K-Flex, se indica una ecuación (13) para calcular la conductividad térmica en W/mK a cualquier temperatura:

$$\lambda(^{\circ}\text{C}) = (36 + 0,087 \cdot T(^{\circ}\text{C}) + 0,00098 \cdot T(^{\circ}\text{C})^2)/1000 \quad (13)$$

En el método alternativo, se considerarán las ecuaciones para el aislamiento en un cilindro multicapa, ya que la sección de la conducción posee tanto la propia pared de cobre como la capa de aislamiento que se dimensionará (Ver figura 9.5.2.1). En el “Anexo de Cálculos Térmicos”, en el apartado correspondiente al aislamiento térmico de tuberías, se puede consultar detalladamente el proceso de cálculo adoptado para definir el espesor de aislamiento de cada tramo de tubería.



**Figura 10.5.2.1.** Distribución de temperaturas en un cilindro hueco multicapa. Fuente: UNE-EN ISO 12241.

### 10.5.3 Análisis de resultados

En primer lugar, se exponen los resultados del método alternativo de la norma en la siguiente tabla, representando qué espesor de aislamiento corresponde con cada diámetro de tubería.

**Tabla 10.5.3.1.** Espesores mínimos de aislamiento con respecto al diámetro de tubería, según método alternativo del RITE.

Diámetro nominal de tubería (mm)	Diámetro exterior (mm)	Diámetro interior (mm)	Espesor de aislamiento (mm)
9,50 [3/8"]	12,70	11,43	25
12,7 [1/2"]	15,875	14,453	25
19 [3/4"]	22,225	20,601	25
25 [1"]	28,575	26,797	25
32 [1 ¼"]	34,925	32,791	32
38 [1 ½"]	41,275	38,785	32
51 [2"]	53,975	51,029	40
64 [2 ½"]	66,675	63,373	40

Los valores del espesor de aislamiento son valores comerciales del catálogo del fabricante K-Flex. Para tuberías de cobre solo disponen de espesores de aislamiento de 25, 32, 40 y 50 mm.

Con los valores de espesor de aislamiento designados en la tabla, se obtienen los siguientes resultados de pérdidas térmicas en la instalación. Cabe recordar que no deben superar el 4% de la potencia térmica máxima que transportan las conducciones.

**Tabla 10.5.3.2.** Resultados de las pérdidas térmicas de la instalación con el método alternativo del RITE.

<b>Pérdidas térmicas totales (kW)</b>	8,665
<b>Potencia térmica total (kW)</b>	262,992
<b>% del total</b>	3,29

La disposición escogida en el cálculo del método alternativo cumple con el requisito de la norma de no superar el 4% de la potencia térmica máxima. Según esta disposición, todas las tuberías de la instalación con diámetro nominal 9,5, 19 o 25 mm deberían llevar un aislante de 25 mm de espesor. Para las tuberías de diámetro nominal 32 y 38 mm, sería suficiente con 32 mm de espesor de aislamiento. Por último, para las conducciones de 51 y 64 mm de diámetro nominal, bastaría con 40 mm de espesor.

En segundo lugar, se deben comparar los resultados obtenidos en el método alternativo con los resultados utilizando las tablas del método simplificado. A continuación, se reflejan los datos obtenidos haciendo uso de las tablas, aplicando la corrección para materiales con una conductividad térmica distinta de 0,04 W/mk a 10°C.

**Tabla 10.5.3.1.** Espesores mínimos de aislamiento con respecto al diámetro de tubería, según el método simplificado del RITE.

<b>Diámetro nominal de tubería en mm</b>	<b>Diámetro exterior (mm)</b>	<b>Diámetro interior (mm)</b>	<b>Espesor de aislamiento (mm)</b>
<b>9,50 [3/8"]</b>	12,70	11,43	32
<b>12,7 [1/2"]</b>	15,875	14,453	32
<b>19 [3/4"]</b>	22,225	20,601	32
<b>25 [1"]</b>	28,575	26,797	32
<b>32 [1 ¼"]</b>	34,925	32,791	32
<b>38 [1 ½"]</b>	41,275	38,785	40
<b>51 [2"]</b>	53,975	51,029	40
<b>64 [2 ½"]</b>	66,675	63,373	40

En definitiva, si los valores de espesor de aislamiento calculados por el método alternativo son menores que los calculados por el método simplificado, se deben utilizar los valores del método simplificado. Por lo tanto, se utilizarán espesores de aislamiento de 32 mm para las tuberías con diámetro nominal de 9,5 mm., 12,7 mm., 19 mm., 25 mm. y 32 mm., mientras que el aislamiento será de 40 mm. para las tuberías de diámetro nominal 38 mm., 51 mm. y 64 mm.

## **10.6 Elección de la bomba**

La elección de los equipos impulsores del fluido de la instalación es un aspecto crucial del diseño. De él, depende que se suministre el caudal nominal a todas las partes de la instalación permitiendo salvar las pérdidas de carga. Normalmente, en instalaciones térmicas similares a la de este proyecto, se suelen utilizar bombas centrífugas. En los siguientes apartados se expone todo lo necesario para una correcta elección de bombas hidráulicas.

### **10.6.1 Fundamentos teóricos**

Las máquinas hidráulicas se dividen en dos grandes grupos atendiendo al principio fundamental de funcionamiento del órgano principal de la máquina: rotodinámicas o turbomáquinas y de desplazamiento positivo o volumétricas.

Dentro de las turbomáquinas hidráulicas, se encuentran las bombas centrífugas, las cuales se utilizan para aportar energía a un fluido con el objetivo de impulsarlo, elevarlo, etc.

Para poder realizar correctamente la elección de una bomba centrífuga, es imprescindible tener conocimientos fundamentales de mecánica de fluidos, entre los que destaca saber aplicar correctamente balances de energía en distintos puntos de la instalación. Mediante la ecuación de Bernoulli (14), se conoce que la energía hidráulica se divide en tres subtipos: energía asociada a la velocidad del fluido (cinética), energía de presión y energía asociada a la cota (potencial). Se suele expresar en términos de altura o carga (m), que no es más que energía por unidad de peso, y con presiones manométricas, es decir, presiones relativas a la presión atmosférica:

$$H = \frac{v^2}{2g} + z + \frac{P}{\gamma} \quad (14)$$

Donde:

- $v$  es la velocidad del fluido (m/s).
- $g$  es la aceleración de la gravedad ( $m/s^2$ ).
- $z$  es la altura del fluido (m).
- $P$  es la presión relativa del fluido (Pa).
- $\gamma$  es el peso específico del fluido ( $N/m^3$ ).

Principalmente, las bombas centrífugas aportan energía en forma de presión a los fluidos. A modo de apunte, este tipo de bombas necesitan ser cebadas antes de su uso. Esto quiere decir que tanto el tramo de aspiración como la bomba deberán llenarse del fluido de trabajo antes de empezar a trabajar, ya que si no la bomba es incapaz de aspirar el fluido del depósito de succión si está vacía. Este aspecto no será relevante en la instalación térmica del proyecto porque se trata de un circuito cerrado completamente lleno de agua.

Un balance de energía consiste en el estudio de la energía que el fluido gana o pierde en un determinado tramo de instalación. Es una herramienta fundamental ya que, aplicando correctamente un balance de energía entre dos puntos de la instalación, se halla la curva resistente de la instalación. Esta curva caracteriza, tanto analíticamente como gráficamente, el comportamiento de la instalación ante las distintas condiciones de trabajo. Aplicando la ecuación de Bernoulli entre dos puntos A y B cualesquiera de la instalación se obtiene la siguiente expresión:

$$H_r = (z_B - z_A) + \left( \frac{P_B}{\gamma} - \frac{P_A}{\gamma} \right) + \left( \frac{v_B^2}{2g} - \frac{v_A^2}{2g} \right) + H_{rp} + H_{rs} \quad (15)$$

Concretamente, aplicando la ecuación anterior entre la entrada y salida de los paneles (por ejemplo) se tiene que:

- Las velocidades son iguales ya que los diámetros y los caudales son los mismos. Por tanto, el término relativo a la energía cinética se anula.

- Las cotas son iguales a la entrada y salida de los paneles. Por tanto, se anula el término debido a la energía potencial.
- La caída de presión en los paneles es muy pequeña, tal y como indica el fabricante Abora Solar en su ficha técnica. Por tanto, se considera la diferencia de presiones entre los puntos A y B totalmente despreciable con respecto a los demás términos de la ecuación.

En definitiva, la curva resistente de la instalación dependerá únicamente de las pérdidas de carga primarias y secundarias.

Por consiguiente, teniendo ya calculada la curva resistente de la instalación es necesario igualarla a la curva característica de la bomba para hallar el punto de operación que dará la bomba escogida.

Las curvas características de una bomba son la relación gráfica entre el caudal que circula por ella y otras magnitudes. Normalmente, se necesita que la bomba aporte al fluido una altura ( $H$ ) a un determinado caudal nominal ( $Q$ ). A partir de ese punto, se pueden hallar otras magnitudes relativas a la bombas, ya que existen cuatro curvas características:

- a) Curva característica "altura-caudal"  $H=H(Q)$ , la cual relaciona la altura útil de la bomba con cada valor de caudal.
- b) Curva característica "potencia absorbida-caudal"  $P_a=P_a(Q)$ , la cual relaciona la potencia absorbida con el caudal. La potencia absorbida por la bomba es la que se le suministra a través de un eje, ya sea gracias a un motor de combustión o a un motor eléctrico.
- c) Curva característica 'rendimiento-caudal', la cual indica el rendimiento total de la bomba dependiendo del valor del caudal. La potencia absorbida por la bomba no se transmite en su totalidad al fluido, existiendo pérdidas en el cuerpo de la misma. Por tanto, se define la potencia útil como aquella fracción de potencia absorbida que es transferida al fluido.
- d) Curva característica  $NPSH_r=NPSH_r(Q)$ . Se representa la altura neta de presión de aspiración requerida para no producir cavitación en función del caudal que esté impulsando.

La cavitación es un fenómeno que se produce cuando el fluido de trabajo entra en estado de ebullición dentro de la instalación y, seguidamente, sufre un aumento brusco de presión. Por ello, ebulle y condensa rápidamente creando presiones puntuales muy elevadas que implosionan produciendo abrasión en los distintos componentes. Este fenómeno ocurre principalmente en el tramo de aspiración, concretamente en los álabes de la bomba, ya que el fluido experimenta una caída de presión. Esta caída de presión o depresión es necesaria para que la bomba aspire el fluido desde donde se encuentre. Si la presión del fluido cae por debajo de su presión de saturación a la temperatura a la que se encuentre en ese momento, empezará la ebullición y se desencadenará la cavitación, puesto que al pasar por los álabes su presión aumentará considerablemente por el aporte de energía de la bomba. La presión de saturación, es decir, la presión en la cual un fluido empieza a cambiar de fase líquida a gaseosa depende del tipo de fluido y de la temperatura del mismo. Es por ello que el agua empieza a hervir a unos 100°C a presión atmosférica. Sin embargo, dentro de una instalación hidráulica, la presión suele disminuir por debajo de la atmosférica en el tramo de aspiración.

Por lo tanto, para el estudio de la cavitación es necesario consultar el NPSH requerido en la bomba en el punto de operación. El parámetro de altura neta de aspiración requerida (NPSHr), es un término importante a la hora de diseñar una instalación, pues permite al diseñador saber a qué presión mínima es la que puede tener el fluido de trabajo a la entrada de la bomba para que no se produzca cavitación en el tramo de aspiración (zona de menor presión).

### 10.6.2 Comparación entre alternativas

Anteriormente, se calculó el caudal nominal que debe circular por la bomba para satisfacer los caudales nominales en los paneles. Del mismo modo, se calcularon las pérdidas de carga de la instalación, por lo que el punto de operación de la instalación será:

**Tabla 10.6.2.1.** Punto de operación de la bomba.

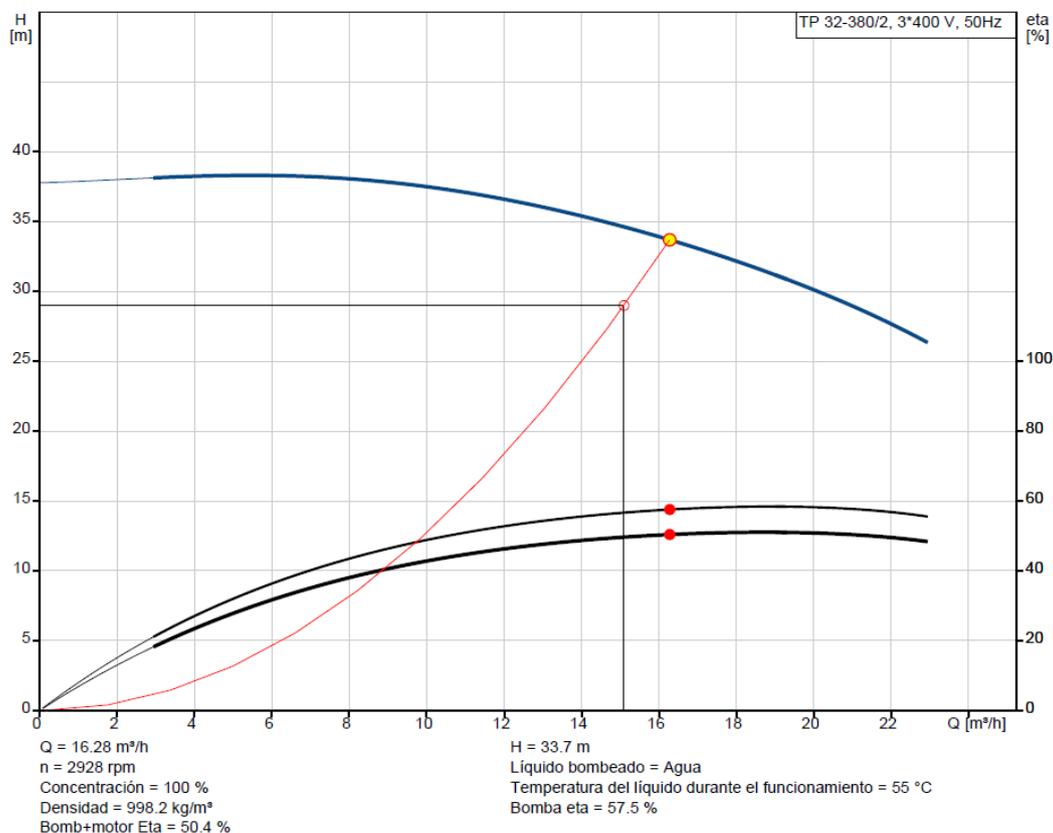
Caudal nominal (m <sup>3</sup> /h)	Altura nominal (m.c.a)
15,1	29

Para la elección de la bomba a utilizar, se ha tenido en cuenta el catálogo del fabricante Grundfos, ya que es un referente en la industria por sus máquinas de gran calidad y muy fiables. Además, se va a analizar tanto la opción de instalar bombas centrífugas estándar como electrónicas, es decir, con variador de frecuencia incorporado.

Como en la instalación el agua puede llegar a una temperatura de 126 °C en caso de estancamiento, se ha optado por elegir la serie de bombas TP, o su homólogo electrónico TPE. Esta familia está formada por bombas en línea de rotor seco que pueden trabajar con fluidos a temperaturas entre -40 y 150 °C, aportar alturas de hasta 140 m.c.a. a un caudal máximo de 3765 m<sup>3</sup>/h. A continuación, se analizan ambas opciones:

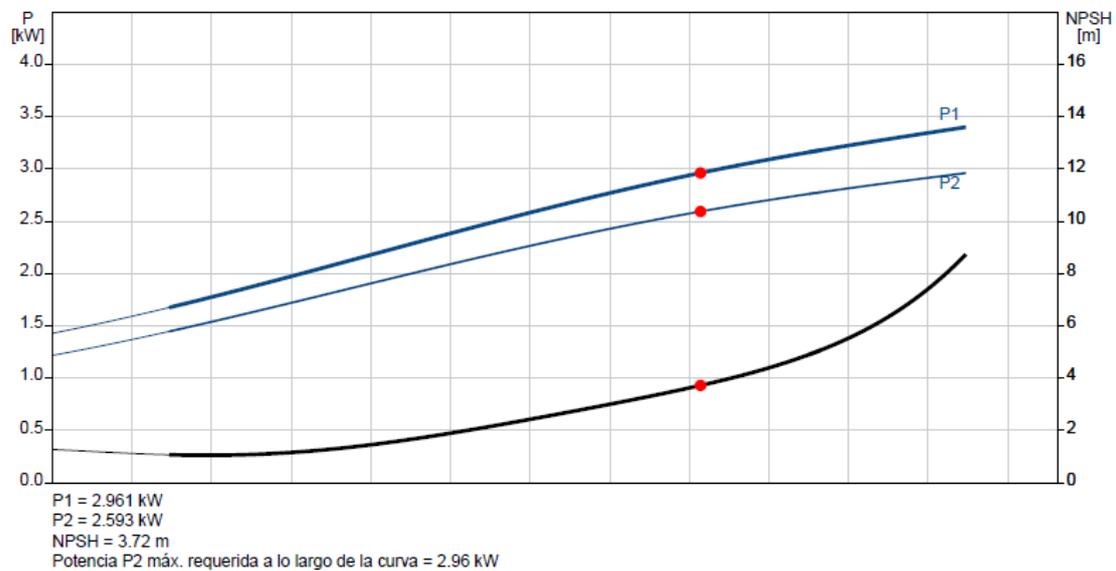
- a) Bomba estándar o de caudal fijo: la opción más adecuada es la Grundfos TP 32-380/2. Esta bomba es capaz de aportar una altura máxima de unos 35 m.c.a. al caudal nominal de la instalación que es 15,1 m<sup>3</sup>/h, como se puede observar en la siguiente figura:

#### 96086778 TP 32-380/2 A-F-A-BQQE-JW1 50 Hz



**Figura 10.6.2.1.** Punto de operación de la bomba TP 32-380/2. Fuente: propia, Grundfos.

Además, también se pueden apreciar las curvas de potencia y NPSH requerido en la siguiente figura:

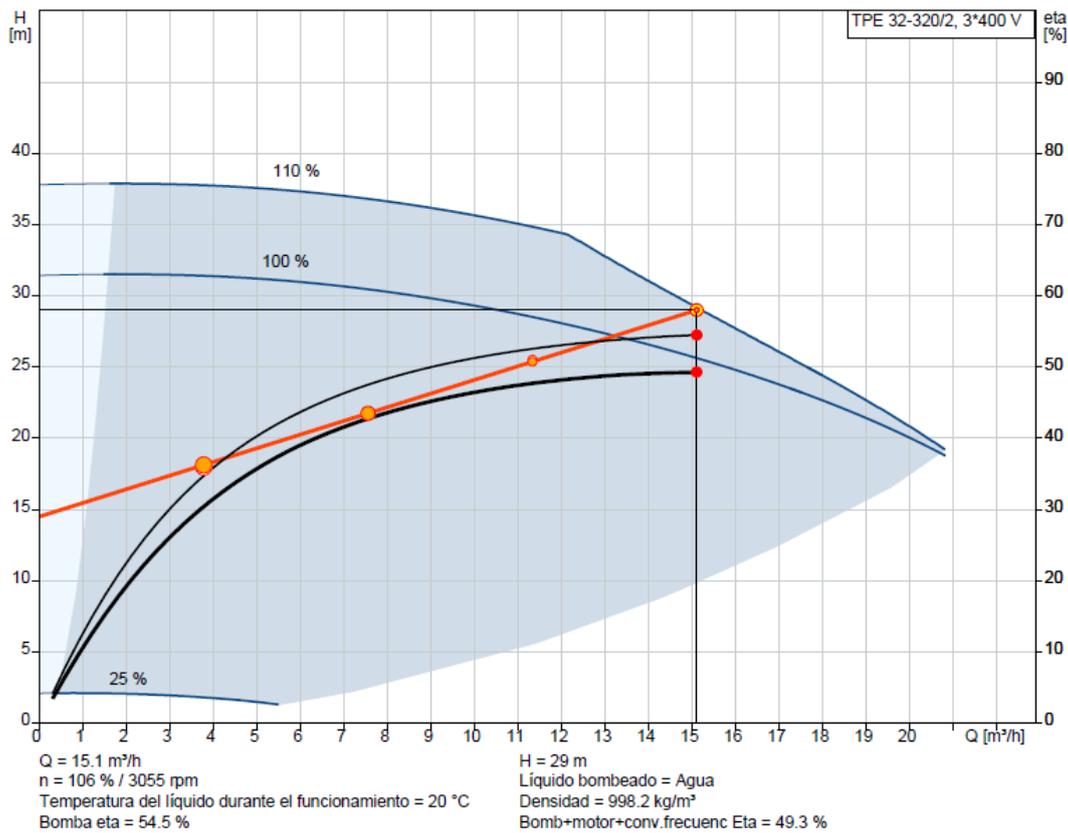


**Figura 10.6.2.2.** Curvas de potencia y NPSHr de la bomba TP 32-380/2. Fuente: propia, Grundfos.

Como se observa en la figura 9.6.2.1, el punto de operación requerido en la instalación no coincide con el punto de operación que da la bomba al cortar su curva característica con la curva resistente de la instalación. De hecho, el punto de trabajo se ha movido a la derecha dando un caudal de  $16,28 \text{ m}^3/\text{h}$  y una altura de  $33,7 \text{ m.c.a.}$  Para conseguir que la bomba trabaje en el punto de operación calculado, es necesario instalar una válvula de equilibrado hidráulico para que genere la pérdida de carga necesaria para que la bomba trabaje en el caudal nominal de  $15,1 \text{ m}^3/\text{h}$ . El rendimiento total del conjunto bomba y motor es del  $50,4\%$ .

Por otro lado, el NPSH requerido por la bomba en la aspiración para que no se produzca cavitación es de  $3,72 \text{ m.c.a.}$  y la potencia absorbida es de  $2961 \text{ kW}$ .

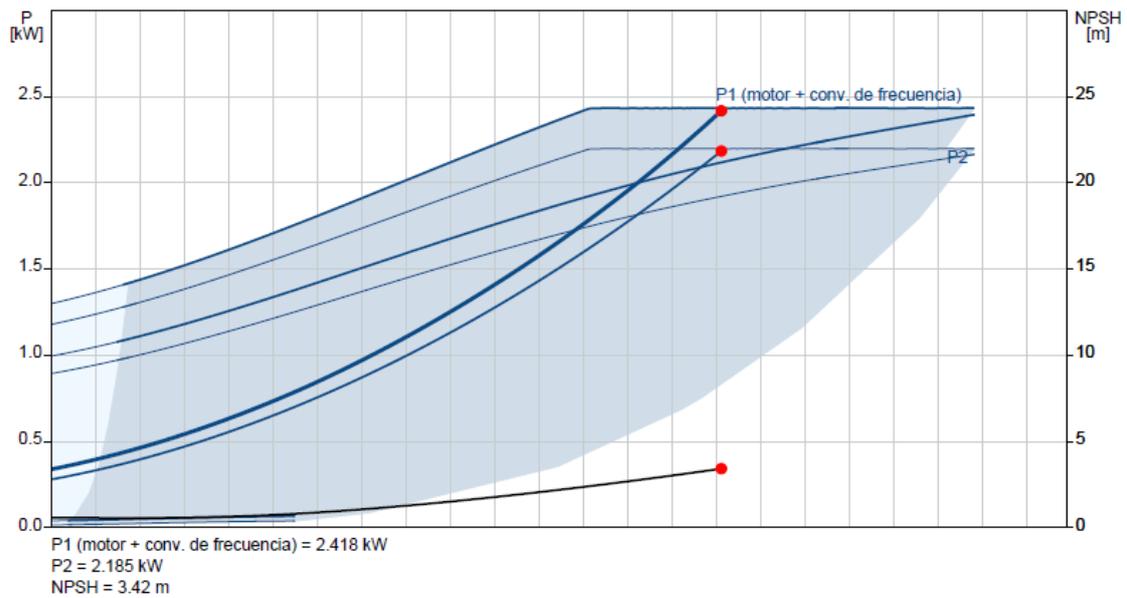
- b) Bomba con variador de frecuencia controlado electrónicamente: la opción más adecuada es también de la familia TP, pero al ser electrónica se denomina familia TPE. En concreto, se ha escogido el modelo Grundfos TPE 32-320/2. A continuación se muestran las curvas características:



**Figura 10.6.2.3.** Punto de operación de la bomba TPE 32-320/2. Fuente: propia, Grundfos.

Se aprecia perfectamente que el variador de frecuencia permite que la bomba trabaje en el punto de operación de diseño requerido. De hecho, es capaz de forzar a que la bomba gire más rápido que la velocidad máxima, hasta un 110%. En concreto, la bomba trabajaría con un caudal de 15,1 m<sup>3</sup>/h, una altura de presión de 15,1 m.c.a. y a 3055 revoluciones por minuto (rpm). El rendimiento total de la bomba más el variador de frecuencia es del 49,3%.

A continuación, se adjuntan también las demás curvas características de la bomba:



**Figura 10.6.2.4.** Curvas de potencia y NPSHr de la bomba TPE 32-320/2. Fuente: propia, Grundfos.

El NPSH requerido por la bomba en la aspiración para que no se produzca cavitación es de 3,42 m.c.a, y la potencia absorbida es 2418 kW.

### 10.6.3 Elección final y justificación

En la siguiente tabla, se procede a comparar las características de cada bomba:

**Tabla 10.6.3.1.** Tabla comparativa de ambas bombas hidráulicas.

<b>Característica</b>	<b>Grundfos TP 32-380/2</b>	<b>Grundfos TPE 32-320/2</b>
<b>Punto de operación</b>	Q=15,1 m <sup>3</sup> /h y H=34,5 m.c.a.	Q=15,1 m <sup>3</sup> /h y H=29 m.c.a.
<b>Variador de frecuencia</b>	No	Sí
<b>Rendimiento de la bomba</b>	56%	54,5%
<b>Rendimiento del conjunto</b>	49%	49,3%
<b>Instalación de válvula de equilibrado hidráulico</b>	Sí	No
<b>Potencia absorbida</b>	2,800 kW	2,428 kW
<b>NPSHr (m.c.a.)</b>	3,72	3,42
<b>Precio</b>	4024,00 €	8802,00 €

Una vez expuestas las características de cada bomba, se deben analizar exhaustivamente. En primer lugar, un punto a favor de la bomba electrónica es que el variador de frecuencia permite trabajar en las condiciones de trabajo diseñadas, mientras que la bomba de caudal fijo aportará bastante más altura de presión al fluido provocando que el circuito deba soportar mayores presiones. Además, con la TPE se evita el uso de una válvula de equilibrado hidráulico que a la larga podría dar problemas si no se le aplica un correcto mantenimiento. Aunque el rendimiento de la bomba convencional es ligeramente superior, al tener en cuenta el rendimiento del conjunto bomba motor tiene prácticamente el mismo valor que la versión electrónica. Del mismo modo, una gran ventaja de la bomba TP es que su precio es menor que la mitad del precio de la TPE. Por el contrario, consume más

potencia que la que posee el variador de frecuencia, por lo que a largo plazo provocará mayores gastos a nivel de energía.

Comprobación de la cavitación: las bombas necesitan a la entrada, como mínimo, una presión de 3,72 m.c.a., en el caso de la bomba de la familia TP, y 3,42 m.c.a. para la familia TPE. Como dato de la instalación, se conoce que la presión del agua en el colector al cual se acopla la instalación térmica es de unos 3,5 bar. Esta presión en bar equivale a unos 35 m.c.a., por lo que se tiene un margen de seguridad muy amplio para empiece a producirse el fenómeno de la cavitación.

En conclusión, teniendo en cuenta todos los criterios, se escoge la bomba electrónica Grundfos TPE 32-320/2 por su versatilidad de cambiar el punto de operación con el variador de frecuencia. Esto posibilita enormemente el aprovechamiento de la bomba en otras condiciones de trabajo, además de que su consumo es relativamente menor que la bomba estándar o de caudal fijo.

Por último, cabe destacar que se instalarán dos bombas iguales en paralelo con el fin de asegurar el funcionamiento ininterrumpido de la instalación a lo largo del año. Con esta medida, se prevé cualquier tipo de inconveniente que pueda surgir al equipo de bombeo, desde una avería hasta las obligatorias paradas para mantenimiento.



**Figura 10.6.3.1.** Bomba Grundfos TP 32-380/2 (izquierda), bomba Grundfos TPE 32-320/2 (derecha).

Fuente: Grundfos.

## 10.7 Elección de componentes adicionales

### 10.7.1 Válvulas

En la elección de válvulas, se debe tener en cuenta el diámetro nominal de la tubería y el material de las mismas. En este proyecto, se ha optado por escoger válvulas del fabricante Genebre, al disponer de un catálogo muy amplio y ser un referente en la industria.

En el proyecto, se necesitan un total de 729 válvulas que se desglosan según su diámetro nominal en la siguiente tabla:

**Tabla 10.7.1.1.** Desglose del número de válvulas en la instalación térmica del proyecto.

Diámetro nominal (mm)	Diámetro nominal en pulgadas	Número de válvulas en la instalación térmica	Referencia	Precio (€)
9,5	3/8"	555	2015 03	23,22
12,7	1/2"	8	2015 04	24,63
19	3/4"	36	2015 05	37,35
25	1"	32	2015 06	47,32
32	1 1/4"	32	2015 07	68,16
38	1 1/2"	32	2015 08	88,31
51	2"	12	2015 09	136,97
64	2 1/2"	22	2025 10	358,19
<b>TOTAL</b>		<b>729</b>		

Concretamente, se instalarán válvulas de esfera de paso total de dos piezas fabricadas en acero inoxidable (para todos los diámetros nominales menos el de 2 1/2", ya que el modelo 2015 solo se fabrica hasta 2"), referencia 2015 con las siguientes especificaciones técnicas:

- Presión de trabajo máxima: 63 bar.
- Temperatura de trabajo: -25 °C a 180 °C.



**Figura 10.7.1.1.** Válvula de esfera de paso total de dos piezas fabricada por Genebre, referencia 2015.

Fuente: Genebre.

Por tanto, son capaces de trabajar en las presiones y temperaturas del circuito térmico del proyecto con un amplio margen de seguridad.

Para las 22 válvulas de 2 ½", se instalarán válvulas de esfera de paso total de tres piezas fabricadas en acero inoxidable, con las mismas especificaciones técnicas que las de referencia 2015. En este caso, la referencia es 2025.



**Figura 10.7.1.2.** Válvula de esfera de paso total de tres piezas fabricada por Genebre, referencia 2025.

Fuente: Genebre.

### 10.7.2 Vaso de expansión

Los vasos de expansión son elementos de seguridad en instalaciones térmicas donde se trabaja con fluidos calientes o fríos, por ejemplo, instalaciones de ACS, calefacción, refrigeración o producción de agua caliente mediante colectores solares térmicos. Su función, básicamente, es absorber la expansión que sufre el fluido de la instalación al calentarse. Lo consigue gracias a una membrana que es presionada por esta variación de presión y, a su vez, dicha membrana presiona el aire o gas que se encuentra dentro del vaso, comprimiéndolo. De este modo, el aire o gas es capaz de asumir la expansión del fluido de trabajo y mantener la instalación estabilizada. Gracias a este equipo, se evitan expansiones dentro de la instalación que podrían producir daños fatales en las conducciones, equipos y accesorios que la componen. Igualmente, evitan también la aparición de fenómenos como la cavitación, evaporación y vacío.

Por lo tanto, es crucial incluir en la instalación térmica de este proyecto un vaso de expansión. Para su dimensionamiento, se ha calculado según la norma UNE 100155:2004. Climatización. Diseño y cálculo de sistemas de expansión.

A continuación, se presentan los resultados del cálculo del volumen del vaso de expansión siguiendo el método de la norma previamente citada. Para el cálculo, se ha definido la temperatura máxima a la que podría llegar el agua de la instalación como 126 °C, que es la temperatura de estancamiento en los paneles híbridos. Los cálculos en detalle se encuentran en el “Anexo de Cálculos Térmicos” en el apartado correspondiente al vaso de expansión.

En definitiva, según los cálculos, el volumen total del vaso de expansión debe ser de 162,3 litros. Con este dato, se procede a elegir un vaso de expansión comercial del fabricante Ibaiondo, especializado en este tipo de productos.

El modelo escogido es el SMR-P al estar precisamente diseñado para sistemas cerrados de energía solar. En concreto, se instalará el modelo 220 SMR, el cual tienen un volumen máximo de 200 litros y es el primer comercial superior al valor calculado de volumen total.



**Figura 10.7.2.1.** Vaso de expansión SMR-P del fabricante Ibaiondo, modelo 220 SMR. Fuente: Ibaiondo.

## 11 RESUMEN DE RESULTADOS FINALES

En este apartado se numeran y recopilan los resultados obtenidos a lo largo de los diferentes apartados de la memoria del proyecto, los cuales han sido debidamente justificados anteriormente.

En primer lugar, se presentan los resultados relativos a la distribución y disposición de los paneles en la cubierta del aparcamiento del hotel:

- a) Acimut de los paneles: 24° sentido Sur-Oeste-Norte.
- b) Inclinación de los colectores: 26° con respecto a la horizontal.
- c) Sombras entre filas de paneles: 0%.
- d) Sombras debidas a objetos cercanos: 0%.
- e) Distancia entre fila de paneles: 1090 mm.
- f) Numero de paneles: 458.

En segundo lugar, las dimensiones de las cubiertas y el número de paneles que alberga cada una:

- a) Cubierta 1: superficie de 47x14 metros. Dispone de 16 filas de 13 paneles cada una (208 paneles).
- b) Cubierta 2: superficie de 45x14 metros. Dispone de 15 filas de 13 paneles cada una (195 paneles).
- c) Cubierta 3: superficie de 32x6 metros. Dispone de 11 filas de 5 paneles cada una (55 paneles).

En tercer lugar, se recopilan los datos de la producción energética, tanto eléctrica como térmica de la instalación:

**Tabla 11.1.** Datos del Hotel Club Atlantis de la necesidad térmica real.

<b>Mes</b>	<b>Producción térmica útil REAL (kWh/mes)</b>	<b>Demanda térmica (kWh/mes)</b>	<b>Cobertura solar térmica (%)</b>
<b>Enero</b>	60759	92889	65
<b>Febrero</b>	62662	74170	84

<b>Marzo</b>	73943	67991	109
<b>Abril</b>	79229	56995	139
<b>Mayo</b>	82437	43093	191
<b>Junio</b>	84269	40774	207
<b>Julio</b>	90815	40213	226
<b>Agosto</b>	89117	40213	222
<b>Septiembre</b>	80294	38915	206
<b>Octubre</b>	75222	56496	133
<b>Noviembre</b>	61498	70429	87
<b>Diciembre</b>	56616	87142	65
<b>TOTAL (kWh/año)</b>	896859	709320	126 %

Tabla 11.2. Datos del Hotel Club Atlantis de la producción eléctrica en los paneles.

<b>Mes</b>	<b>Producción eléctrica de los paneles híbridos (kWh/mes)</b>
<b>Enero</b>	18700
<b>Febrero</b>	19135
<b>Marzo</b>	23012
<b>Abril</b>	24710
<b>Mayo</b>	25901
<b>Junio</b>	26471
<b>Julio</b>	28872
<b>Agosto</b>	28167
<b>Septiembre</b>	25079

<b>Octubre</b>	23329
<b>Noviembre</b>	18863
<b>Diciembre</b>	17460
<b>TOTAL (kWh/año)</b>	279698

En cuarto lugar, se presentan los resultados relativos a la distribución térmica del campo de captadores:

- a) Asociación en paralelo de todas las asociaciones en serie de dos paneles por fila de cubierta.
- b) A su vez, cada fila está conectada una con otra en paralelo.
- c) Se realiza un retorno invertido para asegurar el equilibrado hidráulico de la instalación.

En quinto lugar, los resultados del cálculo de diámetros comerciales de tubería. En la instalación, se encuentran tramos de tubería con los siguientes diámetros nominales comerciales, sumando la longitud en metros de cada tipo de tubería diferente:

**Tabla 11.3.** Diámetros de tubería comercial con su respectiva longitud.

<b>Diámetro nominal de tubería en pulgadas</b>	<b>Longitud total en metros de tubería en la instalación</b>
<b>3/8"</b>	111,1
<b>1/2"</b>	11,6
<b>3/4"</b>	52,2
<b>1"</b>	98,6
<b>1 1/4"</b>	46,4
<b>1 1/2"</b>	46,4
<b>2"</b>	58,8
<b>2 1/2"</b>	287

En sexto lugar, se reflejan los cálculos relativos a las pérdidas de carga en la instalación térmica:

**Tabla 11.4.** Resultado del cálculo de las pérdidas de carga.

<b>Tipo de pérdida de carga</b>	<b>Valor (m.c.a)</b>	<b>Porcentaje</b>
<b>Primarias (<math>H_{rp}</math>)</b>	20,59	
<b>Secundarias (<math>H_{rs}</math>)</b>	6,98	33,91% de las primarias
<b>Subtotal (<math>H_{rp}+H_{rs}</math>)</b>	27,57	
<b>% de mayoración</b>	1,38	5% del subtotal
<b>TOTAL (m.c.a)</b>	<b>28,95</b>	

En séptimo lugar, se presentan los resultados del aislamiento térmico de la tuberías:

**Tabla 11.5.** Espesores mínimos de aislamiento con respecto al diámetro de tubería, según método simplificado del RITE.

<b>Diámetro nominal de tubería (mm)</b>	<b>Diámetro exterior (mm)</b>	<b>Diámetro interior (mm)</b>	<b>Espesor de aislamiento (mm)</b>
<b>9,50</b>	12,70	11,43	32
<b>12,7</b>	15,875	14,453	32
<b>19</b>	22,225	20,601	32
<b>25</b>	28,575	26,797	32
<b>32</b>	34,925	32,791	32
<b>38</b>	41,275	38,785	40
<b>51</b>	53,975	51,029	40
<b>64</b>	66,675	63,373	40

En octavo lugar, se recogen los datos que conciernen a la elección de bombas hidráulicas:

- a) Punto de operación de la bomba:
- Caudal nominal (m<sup>3</sup>/h): 15,1.
  - Altura nominal (m.c.a.): 29.
- b) Instalación de la bomba Grundfos TPE 32-320/2, controlada electrónicamente y con variador de frecuencia.
- c) Instalación de dos bombas idénticas en paralelo para asegurar el funcionamiento ininterrumpido de la instalación.

En noveno lugar, se resumen los datos relativos a la valvulería:

**Tabla 11.6.** Desglose del número de válvulas en la instalación térmica del proyecto.

Diámetro nominal (mm)	Diámetro nominal en pulgadas	Número de válvulas en la instalación térmica	Referencia	Precio (€)
9,5	3/8"	555	2015	23,22
12,7	1/2"	8	2015	24,63
19	3/4"	36	2015	37,35
25	1"	32	2015	47,32
32	1 1/4"	32	2015	68,16
38	1 1/2"	32	2015	88,31
51	2"	12	2015	136,97
64	2 1/2"	22	2025	358,19
<b>TOTAL</b>		<b>729</b>		

En décimo lugar, se presenta el vaso de expansión dimensionado para la instalación térmica:

- Vaso de expansión del fabricante Ibaiondo, familia SMR-P, modelo 220 SMR: volumen de 200 litros y presión máxima admisible de 10 bar.

## **12 ORDEN DE PRIORIDAD DE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS**

El orden de prioridad de los documentos del proyecto será el siguiente:

1. Planos.
2. Pliego de condiciones.
3. Presupuesto.
4. Memoria.

**INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS EN  
UN HOTEL DE CUATRO ESTRELLAS EN EL MUNICIPIO  
DE ADEJE PARA EL APROVECHAMIENTO  
ENERGÉTICO DE LA CUBIERTA DE APARCAMIENTO**



**ANEXOS DE CÁLCULOS  
JUSTIFICATIVOS**

# **ANEXO N° 1: CÁLCULOS TÉRMICOS**

## 1.1 Caudales y diámetros de tubería

En el cálculo de los caudales de la instalación y los diámetros de los distintos tramos de tubería se han utilizado las siguientes ecuaciones:

- Ecuación de continuidad:  $Q = A \cdot v$
- Área de una sección circular:  $A_{paso} = \pi \cdot \frac{D_i^2}{4}$

A partir de las ecuaciones, se realizaron las siguientes tablas en Excel para realizar el cálculo:

**Tabla A1.1.1.** Datos de partida para el cálculo de los caudales y diámetros en la instalación.

Datos	Descripción	Valor	Unidad
q	Caudal nominal del panel aH72SK	1,67E-05	m <sup>3</sup> /s
v (inicial)	Velocidad media de circulación del agua de cálculo inicial	1,4	m/s
<b>CUBIERTA 1</b>			
N1	Nº de ramas por fila	7	
Q1	Caudal de fila	1,17E-04	m <sup>3</sup> /s
Qt1	Caudal total de línea de cubierta	1,87E-03	m <sup>3</sup> /s
<b>CUBIERTA 2</b>			
N2	Nº de ramas por fila	7	
Q2	Caudal de fila	1,17E-04	m <sup>3</sup> /s
Qt2	Caudal total de línea de cubierta	1,75E-03	m <sup>3</sup> /s
<b>CUBIERTA 3</b>			
N3	Nº de ramas por fila	3	
Q3	Caudal de fila	5,00E-05	m <sup>3</sup> /s
Qt3	Caudal total de línea de cubierta	5,50E-04	m <sup>3</sup> /s

Como se observa en la tabla anterior, se partió del caudal nominal de los paneles híbridos y de la disposición de las tuberías, tal y como se justifica en el apartado de la memoria "Distribución del campo de captadores". Además, se siguió el criterio de las velocidades de

circulación recomendadas, es por ello que se parte el cálculo con un valor de velocidad media del fluido de 1,4 metros por segundo.

Una vez presentados los datos de partida, se realizó el cálculo por cubiertas, siendo numeradas de izquierda a derecha según los planos. Para ello, se generaron las siguientes tablas:

**Tabla A1.1.2.** Cálculo de los diámetros y caudales de cada tramo de tubería de la cubierta 1.

CUBIERTA 1								
	Tramo	v inicial (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	A inicial (m <sup>2</sup> )	Di inicial (mm)	Di comercial (mm)	A real (m <sup>2</sup> )	v real (m/s)
IMPULSIÓN (Ramas paneles)	Acoplamiento	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
	0 a 1	1,4	1,17E-04	8,34E-05	10,30	11,43	1,03E-04	1,14
	1 a 2	1,4	1,00E-04	7,14E-05	9,54	11,43	1,03E-04	0,97
	2 a 3	1,4	8,34E-05	5,95E-05	8,71	11,43	1,03E-04	0,81
	3 a 4	1,4	6,67E-05	4,76E-05	7,79	11,43	1,03E-04	0,65
	4 a 5	1,4	5,00E-05	3,57E-05	6,74	11,43	1,03E-04	0,49
	5 a 6	1,4	3,33E-05	2,38E-05	5,51	11,43	1,03E-04	0,32
	6 a 7	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
RETORNO (Ramas paneles)	Acoplamiento	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
	0 a 1	1,4	1,17E-04	8,34E-05	10,30	11,43	1,03E-04	1,14
	1 a 2	1,4	1,00E-04	7,14E-05	9,54	11,43	1,03E-04	0,97
	2 a 3	1,4	8,34E-05	5,95E-05	8,71	11,43	1,03E-04	0,81
	3 a 4	1,4	6,67E-05	4,76E-05	7,79	11,43	1,03E-04	0,65
	4 a 5	1,4	5,00E-05	3,57E-05	6,74	11,43	1,03E-04	0,49
	5 a 6	1,4	3,33E-05	2,38E-05	5,51	11,43	1,03E-04	0,32
	6 a 7	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
IMPULSIÓN (Linea general cubierta)	Arqueta a 1	1,4	1,87E-03	1,33E-03	41,21	51,029	2,05E-03	0,91
	1 a 2	1,4	1,75E-03	1,25E-03	39,90	51,029	2,05E-03	0,86
	2 a 3	1,4	1,63E-03	1,17E-03	38,55	38,785	1,18E-03	1,38
	3 a 4	1,4	1,52E-03	1,08E-03	37,14	38,785	1,18E-03	1,28
	4 a 5	1,4	1,40E-03	1,00E-03	35,69	38,785	1,18E-03	1,19
	5 a 6	1,4	1,28E-03	9,17E-04	34,17	38,785	1,18E-03	1,09
	6 a 7	1,4	1,17E-03	8,34E-04	32,58	32,791	8,44E-04	1,38
	7 a 8	1,4	1,05E-03	7,50E-04	30,91	32,791	8,44E-04	1,24
	8 a 9	1,4	9,34E-04	6,67E-04	29,14	32,791	8,44E-04	1,11
	9 a 10	1,4	8,17E-04	5,83E-04	27,26	32,791	8,44E-04	0,97
	10 a 11	1,4	7,00E-04	5,00E-04	25,23	26,797	5,64E-04	1,24
	11 a 12	1,4	5,83E-04	4,17E-04	23,04	26,797	5,64E-04	1,03
	12 a 13	1,4	4,67E-04	3,33E-04	20,60	26,797	5,64E-04	0,83
	13 a 14	1,4	3,50E-04	2,50E-04	17,84	20,601	3,33E-04	1,05
	14 a 15	1,4	2,33E-04	1,67E-04	14,57	20,601	3,33E-04	0,70
	15 a 16	1,4	1,17E-04	8,34E-05	10,30	11,43	1,03E-04	1,14
RETORNO (Linea general cubierta)	1 a 2	1,4	1,17E-04	8,34E-05	10,30	11,43	1,03E-04	1,14
	2 a 3	1,4	2,33E-04	1,67E-04	14,57	20,601	3,33E-04	0,70
	3 a 4	1,4	3,50E-04	2,50E-04	17,84	20,601	3,33E-04	1,05
	4 a 5	1,4	4,67E-04	3,33E-04	20,60	26,797	5,64E-04	0,83
	5 a 6	1,4	5,83E-04	4,17E-04	23,04	26,797	5,64E-04	1,03
	6 a 7	1,4	7,00E-04	5,00E-04	25,23	26,797	5,64E-04	1,24
	7 a 8	1,4	8,17E-04	5,83E-04	27,26	32,791	8,44E-04	0,97
	8 a 9	1,4	9,34E-04	6,67E-04	29,14	32,791	8,44E-04	1,11
	9 a 10	1,4	1,05E-03	7,50E-04	30,91	32,791	8,44E-04	1,24
	10 a 11	1,4	1,17E-03	8,34E-04	32,58	32,791	8,44E-04	1,38
	11 a 12	1,4	1,28E-03	9,17E-04	34,17	38,785	1,18E-03	1,09
	12 a 13	1,4	1,40E-03	1,00E-03	35,69	38,785	1,18E-03	1,19
	13 a 14	1,4	1,52E-03	1,08E-03	37,14	38,785	1,18E-03	1,28
	14 a 15	1,4	1,63E-03	1,17E-03	38,55	38,785	1,18E-03	1,38
	15 a 16	1,4	1,75E-03	1,25E-03	39,90	51,029	2,05E-03	0,86
	16 a Arqueta	1,4	1,87E-03	1,33E-03	41,21	51,029	2,05E-03	0,91

- Las dos primeras columnas designan el tramo de tubería a estudiar, diferenciando entre la impulsión y el retorno. La numeración se explicó detalladamente en el apartado de la memoria “Cálculo de diámetros de tubería”.
- La segunda columna, corresponde con el valor inicial de cálculo de la velocidad media de paso del fluido (en m/s) a través de las conducciones. A partir de este valor se inició el cálculo.
- La tercera columna indica el caudal (en m<sup>3</sup>/s) que circula por cada tramo de tubería.
- La cuarta columna calcula el área de paso inicial (en m<sup>2</sup>) mediante la ecuación de continuidad, despejando el área de paso ya que se conoce el caudal del tramo y la velocidad inicial de cálculo.
- La quinta columna refleja el diámetro de paso (en mm) a partir del área inicial de paso calculada en la anterior columna. A partir de este diámetro, se eligió el diámetro interno comercial inmediatamente superior de los que aparece en el catálogo del fabricante seleccionado.
- El diámetro interno comercial se refleja en la sexta columna (en mm).
- En la séptima columna se calcula el área de paso final (en m<sup>2</sup>), con el valor del diámetro interno comercial de tubería.
- Sabiendo el área de paso final y el caudal del tramo, en la octava columna se calcula la velocidad media real de paso del fluido en dicho tramo (en m/s). Con esto se comprobó que la velocidad media de circulación estaba dentro del rango recomendado.

A continuación, se adjuntan las tablas correspondientes a las cubiertas 2 y 3, donde se realizó el mismo procedimiento de cálculo que en la primera cubierta:

**Tabla A1.1.3.** Cálculo de los diámetros y caudales de cada tramo de tubería de la cubierta 2.

		CUBIERTA 2						
	Tramo	v inicial (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	A inicial (m <sup>2</sup> )	Di inicial (mm)	Di comercial (mm)	A real (m <sup>2</sup> )	v real (m/s)
IMPULSIÓN	Acoplamiento	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
	0 a 1	1,4	1,17E-04	8,34E-05	10,30	11,43	1,03E-04	1,14
	1 a 2	1,4	1,00E-04	7,14E-05	9,54	11,43	1,03E-04	0,97
	2 a 3	1,4	8,34E-05	5,95E-05	8,71	11,43	1,03E-04	0,81
	3 a 4	1,4	6,67E-05	4,76E-05	7,79	11,43	1,03E-04	0,65
	4 a 5	1,4	5,00E-05	3,57E-05	6,74	11,43	1,03E-04	0,49
	5 a 6	1,4	3,33E-05	2,38E-05	5,51	11,43	1,03E-04	0,32
RETORNO	6 a 7	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
	Acoplamiento	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
	0 a 1	1,4	1,17E-04	8,34E-05	10,30	11,43	1,03E-04	1,14
	1 a 2	1,4	1,00E-04	7,14E-05	9,54	11,43	1,03E-04	0,97
	2 a 3	1,4	8,34E-05	5,95E-05	8,71	11,43	1,03E-04	0,81
	3 a 4	1,4	6,67E-05	4,76E-05	7,79	11,43	1,03E-04	0,65
	4 a 5	1,4	5,00E-05	3,57E-05	6,74	11,43	1,03E-04	0,49
IMPULSIÓN (Línea general cubierta)	5 a 6	1,4	3,33E-05	2,38E-05	5,51	11,43	1,03E-04	0,32
	6 a 7	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
	Arqueta a 1	1,4	1,75E-03	1,25E-03	39,90	51,029	2,05E-03	0,86
	1 a 2	1,4	1,63E-03	1,17E-03	38,55	38,785	1,18E-03	1,38
	2 a 3	1,4	1,52E-03	1,08E-03	37,14	38,785	1,18E-03	1,28
	3 a 4	1,4	1,40E-03	1,00E-03	35,69	38,785	1,18E-03	1,19
	4 a 5	1,4	1,28E-03	9,17E-04	34,17	38,785	1,18E-03	1,09
	5 a 6	1,4	1,17E-03	8,34E-04	32,58	32,791	8,44E-04	1,38
	6 a 7	1,4	1,05E-03	7,50E-04	30,91	32,791	8,44E-04	1,24
	7 a 8	1,4	9,34E-04	6,67E-04	29,14	32,791	8,44E-04	1,11
	8 a 9	1,4	8,17E-04	5,83E-04	27,26	32,791	8,44E-04	0,97
	9 a 10	1,4	7,00E-04	5,00E-04	25,23	26,797	5,64E-04	1,24
	10 a 11	1,4	5,83E-04	4,17E-04	23,04	26,797	5,64E-04	1,03
	11 a 12	1,4	4,67E-04	3,33E-04	20,60	26,797	5,64E-04	0,83
	12 a 13	1,4	3,50E-04	2,50E-04	17,84	20,601	3,33E-04	1,05
RETORNO (Línea general cubierta)	13 a 14	1,4	2,33E-04	1,67E-04	14,57	20,601	3,33E-04	0,70
	14 a 15	1,4	1,17E-04	8,34E-05	10,30	11,43	1,03E-04	1,14
	1 a 2	1,4	1,17E-04	8,34E-05	10,30	11,43	1,03E-04	1,14
	2 a 3	1,4	2,33E-04	1,67E-04	14,57	20,601	3,33E-04	0,70
	3 a 4	1,4	3,50E-04	2,50E-04	17,84	20,601	3,33E-04	1,05
	4 a 5	1,4	4,67E-04	3,33E-04	20,60	26,797	5,64E-04	0,83
	5 a 6	1,4	5,83E-04	4,17E-04	23,04	26,797	5,64E-04	1,03
	6 a 7	1,4	7,00E-04	5,00E-04	25,23	26,797	5,64E-04	1,24
	7 a 8	1,4	8,17E-04	5,83E-04	27,26	32,791	8,44E-04	0,97
	8 a 9	1,4	9,34E-04	6,67E-04	29,14	32,791	8,44E-04	1,11
	9 a 10	1,4	1,05E-03	7,50E-04	30,91	32,791	8,44E-04	1,24
	10 a 11	1,4	1,17E-03	8,34E-04	32,58	32,791	8,44E-04	1,38
	11 a 12	1,4	1,28E-03	9,17E-04	34,17	38,785	1,18E-03	1,09
	12 a 13	1,4	1,40E-03	1,00E-03	35,69	38,785	1,18E-03	1,19
	13 a 14	1,4	1,52E-03	1,08E-03	37,14	38,785	1,18E-03	1,28
14 a 15	1,4	1,63E-03	1,17E-03	38,55	38,785	1,18E-03	1,38	
15 a Arqueta	1,4	1,75E-03	1,25E-03	39,90	51,029	2,05E-03	0,86	

**Tabla A1.1.4.** Cálculo de los diámetros y caudales de cada tramo de tubería de la cubierta 3.

CUBIERTA 3								
	Tramo	v inicial (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	A inicial (m <sup>2</sup> )	Di inicial (mm)	Di comercial (mm)	A real (m <sup>2</sup> )	v real (m/s)
IMPULSIÓN	Acoplamiento	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
	0 a 1	1,4	5,00E-05	3,57E-05	6,74	11,43	1,03E-04	0,49
	1 a 2	1,4	3,33E-05	2,38E-05	5,51	11,43	1,03E-04	0,32
	2 a 3	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
RETORNO	Acoplamiento	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
	0 a 1	1,4	5,00E-05	3,57E-05	6,74	11,43	1,03E-04	0,49
	1 a 2	1,4	3,33E-05	2,38E-05	5,51	11,43	1,03E-04	0,32
	2 a 3	1,4	1,67E-05	1,19E-05	3,89	11,43	1,03E-04	0,16
IMPULSIÓN	Arqueta a 1	1,4	5,50E-04	3,93E-04	22,37	26,797	5,64E-04	0,98
	1 a 2	1,4	5,00E-04	3,57E-04	21,33	26,797	5,64E-04	0,89
	2 a 3	1,4	4,50E-04	3,21E-04	20,23	20,601	3,33E-04	1,35
	3 a 4	1,4	4,00E-04	2,86E-04	19,07	20,601	3,33E-04	1,20
	4 a 5	1,4	3,50E-04	2,50E-04	17,84	20,601	3,33E-04	1,05
	5 a 6	1,4	3,00E-04	2,14E-04	16,52	20,601	3,33E-04	0,90
	6 a 7	1,4	2,50E-04	1,79E-04	15,08	20,601	3,33E-04	0,75
	7 a 8	1,4	2,00E-04	1,43E-04	13,49	14,453	1,64E-04	1,22
	8 a 9	1,4	1,50E-04	1,07E-04	11,68	14,453	1,64E-04	0,91
	9 a 10	1,4	1,00E-04	7,14E-05	9,54	11,43	1,03E-04	0,97
	10 a 11	1,4	5,00E-05	3,57E-05	6,74	11,43	1,03E-04	0,49
RETORNO	1 a 2	1,4	5,00E-05	3,57E-05	6,74	11,43	1,03E-04	0,49
	2 a 3	1,4	1,00E-04	7,14E-05	9,54	11,43	1,03E-04	0,97
	3 a 4	1,4	1,50E-04	1,07E-04	11,68	14,453	1,64E-04	0,91
	4 a 5	1,4	2,00E-04	1,43E-04	13,49	14,453	1,64E-04	1,22
	5 a 6	1,4	2,50E-04	1,79E-04	15,08	20,601	3,33E-04	0,75
	6 a 7	1,4	3,00E-04	2,14E-04	16,52	20,601	3,33E-04	0,90
	7 a 8	1,4	3,50E-04	2,50E-04	17,84	20,601	3,33E-04	1,05
	8 a 9	1,4	4,00E-04	2,86E-04	19,07	20,601	3,33E-04	1,20
	9 a 10	1,4	4,50E-04	3,21E-04	20,23	20,601	3,33E-04	1,35
	10 a 11	1,4	5,00E-04	3,57E-04	21,33	26,797	5,64E-04	0,89
	11 a Arqueta	1,4	5,50E-04	3,93E-04	22,37	26,797	5,64E-04	0,98

**Tabla A1.1.5.** Cálculo de los diámetros y caudales de cada tramo de tubería desde la unión de los conductos de las cubiertas hasta la sala de máquinas del hotel.

A PARTIR DE LA ARQUETA								
	Tramo	v inicial (m/s)	Caudal (m <sup>3</sup> /s)	A inicial (m <sup>2</sup> )	Di inicial (mm)	Di comercial (mm)	A real (m <sup>2</sup> )	v real (m/s)
	Impulsión	1,4	4,17E-03	2,98E-03	61,56	63,373	0,00315	1,32
	Retorno	1,4	4,17E-03	2,98E-03	61,56	63,373	0,00315	1,32

## 1.2 Pérdidas de carga en la instalación

Para realizar en cálculo de las pérdidas de carga en la instalación, se han utilizado las siguientes ecuaciones:

- Ecuación de Darcy-Weisbach para las pérdidas de carga primarias:

$$H_{rp} = f \cdot \frac{L \cdot v^2}{D \cdot 2g} = 8f \cdot \frac{L \cdot Q^2}{\pi^2 \cdot g \cdot D^5} \quad (16)$$

- Pérdidas de carga debidas a accesorios:

$$H_{rs} = \sum k \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (17)$$

- Número de Reynolds:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu} \quad (18)$$

- Coeficiente de fricción para régimen laminar:

$$f = \frac{64}{R_e} \quad (19)$$

- Coeficiente de fricción para régimen turbulento, ecuación empírica de Blassius:

$$f = 0,316 \cdot R_e^{-0,25} \quad (20)$$

Cada elemento de las ecuaciones y sus respectivas unidades están detalladamente explicados en el apartado de la memoria correspondiente a las pérdidas de carga en la instalación (apartado 10.4).

Del mismo modo, durante el cálculo se han aplicado los criterios del fabricante PRESSMAN para el cálculo de pérdidas de carga en conducciones. Por ello, los coeficientes (k) de los accesorios han sido escogidos de dicha guía y vienen reflejados en las siguientes tablas:

**Tablas A1.2.1 y A1.2.2.** Valores de los coeficientes de pérdidas localizadas para cada accesorio de las instalaciones hidráulicas según la guía de cálculo de pérdidas de carga de PRESSMAN.

Diámetro interno tubo de acero inox, cobre y material plástico		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm
Diámetro del tubo de acero		3/8" + 1/2"	3/4" + 1"	1 1/4" + 2"	> 2"
Tipo de resistencia localizada	<i>Simbolo</i>				
Curva estrecha a 90° <i>r/d = 1,5</i>		2,0	1,5	1,0	0,8
Curva normal a 90° <i>r/d = 2,5</i>		1,5	1,0	0,5	0,4
Curva larga a 90° <i>r/d &gt; 3,5</i>		1,0	0,5	0,3	0,3
Curva estrecha en U <i>r/d = 1,5</i>		2,5	2,0	1,5	1,0
Curva normal en U <i>r/d = 2,5</i>		2,0	1,5	0,8	0,5
Curva larga en U <i>r/d &gt; 3,5</i>		1,5	0,8	0,4	0,4
Ampliación		1,0			
Reducción		0,5			
Derivación simple con T a 90°		1,0			
Confluencia simple con T a 90°		1,0			
Desviación doble con T a 90°		3,0			
Confluencia doble con T a 90°		3,0			
Derivación simple con ángulo inclinado (45° - 60°)		0,5			
Confluencia simple con ángulo inclinado (45° - 60°)		0,5			
Derivación con con curva divisoria		2,0			
Confluencia con curva de llegada		2,0			

	Diámetro interno del tubo de acero inox, cobre y material plástico	8 ÷ 16 mm	18 ÷ 28 mm	30 ÷ 54 mm	> 54 mm
	Diámetro exterior del tubo de acero	3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"
Tipo de resistencia localizada	Símbolo				
Válvula de corte directo		10,0	8,0	7,0	6,0
Válvula de corte inclinada		5,0	4,0	3,0	3,0
Saracinesca de paso reducido		1,2	1,0	0,8	0,6
Saracinesca de paso total		0,2	0,2	0,1	0,1
Válvula de esfera paso reducido		1,6	1,0	0,8	0,6
Válvula de esfera paso total		0,2	0,2	0,1	0,1
Válvula de mariposa		3,5	2,0	1,5	1,0
Valvula antirretorno		3,0	2,0	1,0	1,0
Válvula para emisor térmico directa		8,5	7,0	6,0	—
Válvula para emisor térmico en escuadra		4,0	4,0	3,0	—
Detentor directo		1,5	1,5	1,0	—
Detentor en escuadra		1,0	1,0	0,5	—
Válvula de cuatro vías		6,0		4,0	
Válvula de tre vías		10,0		8,0	
Paso a través de radiador		3,0			
Paso a través de caldera de suelo		3,0			

En la siguiente tabla se refleja el cálculo de las pérdidas de carga primarias del tramo más desfavorable de la instalación, es decir, de aquel con mayor longitud de tubería y mayor número de accesorios, tal y como se explicó en el apartado de la memoria de las pérdidas de carga (apartado 10.4).

**Tablas A1.2.3.** Cálculo de las pérdidas de carga primarias en la instalación.

	PÉRDIDAS DE CARGA PRIMARIAS										
	Tramo	Longitud (m)	Di (mm)	Di (m)	v (m/s)	Tª agua (°C)	viscosidad cinemática (m <sup>2</sup> /s)	Re	Régimen	Coef. Fricción f	Pérd. Carga tramo (m)
IMPULSIÓN (Ramas paneles)	Rama a entrada panel	0,5	11,43	0,01143	1,4	40	6,61E-07	24208,775	Turbulento	0,0253	0,111
	1 a 2	1,9	11,43	0,01143	1,4	40	6,61E-07	24208,775	Turbulento	0,0253	0,421
	0 a 1	1,2	11,43	0,01143	1,4	40	6,61E-07	24208,775	Turbulento	0,0253	0,266
RETORNO (Ramas paneles)	0 a 1	15,2	11,43	0,01143	1,4	55	5,17E-07	30981,607	Turbulento	0,0238	3,164
	1 a 2	2	11,43	0,01143	1,4	55	5,17E-07	30981,607	Turbulento	0,0238	0,416
	2 a 3	2	11,43	0,01143	1,4	55	5,17E-07	30981,607	Turbulento	0,0238	0,416
	3 a 4	2	11,43	0,01143	1,4	55	5,17E-07	30981,607	Turbulento	0,0238	0,416
	4 a 5	2	11,43	0,01143	1,4	55	5,17E-07	30981,607	Turbulento	0,0238	0,416
	5 a 6	2	11,43	0,01143	1,4	55	5,17E-07	30981,607	Turbulento	0,0238	0,416
	Salida panel a rama	0,2	11,43	0,01143	1,4	55	5,17E-07	30981,607	Turbulento	0,0238	0,042
	Arqueta a 1	13,9	51,03	0,051029	1,4	40	6,61E-07	108079,576	Turbulento	0,0174	0,474
IMPULSIÓN (Línea general cubierta)	1 a 2	2,9	51,03	0,051029	1,4	40	6,61E-07	108079,576	Turbulento	0,0174	0,099
	2 a 3	2,9	38,79	0,038785	1,4	40	6,61E-07	82146,747	Turbulento	0,0187	0,139
	3 a 4	2,9	38,79	0,038785	1,4	40	6,61E-07	82146,747	Turbulento	0,0187	0,139
	4 a 5	2,9	38,79	0,038785	1,4	40	6,61E-07	82146,747	Turbulento	0,0187	0,139
	5 a 6	2,9	38,79	0,038785	1,4	40	6,61E-07	82146,747	Turbulento	0,0187	0,139
	6 a 7	2,9	32,79	0,032791	1,4	40	6,61E-07	69451,437	Turbulento	0,0195	0,172
	7 a 8	2,9	32,79	0,032791	1,4	40	6,61E-07	69451,437	Turbulento	0,0195	0,172
	8 a 9	2,9	32,79	0,032791	1,4	40	6,61E-07	69451,437	Turbulento	0,0195	0,172
	9 a 10	2,9	32,79	0,032791	1,4	40	6,61E-07	69451,437	Turbulento	0,0195	0,172
	10 a 11	2,9	26,8	0,026797	1,4	40	6,61E-07	56756,127	Turbulento	0,0205	0,221
	11 a 12	2,9	26,8	0,026797	1,4	40	6,61E-07	56756,127	Turbulento	0,0205	0,221
	12 a 13	2,9	26,8	0,026797	1,4	40	6,61E-07	56756,127	Turbulento	0,0205	0,221
	13 a 14	2,9	20,6	0,020601	1,4	40	6,61E-07	43632,980	Turbulento	0,0219	0,307
	14 a 15	2,9	20,6	0,020601	1,4	40	6,61E-07	43632,980	Turbulento	0,0219	0,307
	15 a 16	2,9	11,43	0,01143	1,4	40	6,61E-07	24208,775	Turbulento	0,0253	0,642
	RETORNO (Línea general cubierta)	1 a 2	2,9	11,43	0,01143	1,4	55	5,17E-07	30981,607	Turbulento	0,0238
2 a 3		2,9	20,6	0,020601	1,4	55	5,17E-07	55840,077	Turbulento	0,0206	0,289
3 a 4		2,9	20,6	0,020601	1,4	55	5,17E-07	55840,077	Turbulento	0,0206	0,289
4 a 5		2,9	26,8	0,026797	1,4	55	5,17E-07	72634,656	Turbulento	0,0192	0,208
5 a 6		2,9	26,8	0,026797	1,4	55	5,17E-07	72634,656	Turbulento	0,0192	0,208
6 a 7		2,9	26,8	0,026797	1,4	55	5,17E-07	72634,656	Turbulento	0,0192	0,208
7 a 8		2,9	32,79	0,032791	1,4	55	5,17E-07	88881,704	Turbulento	0,0183	0,162
8 a 9		2,9	32,79	0,032791	1,4	55	5,17E-07	88881,704	Turbulento	0,0183	0,162
9 a 10		2,9	32,79	0,032791	1,4	55	5,17E-07	88881,704	Turbulento	0,0183	0,162
10 a 11		2,9	32,79	0,032791	1,4	55	5,17E-07	88881,704	Turbulento	0,0183	0,162
11 a 12		2,9	38,79	0,038785	1,4	55	5,17E-07	105128,751	Turbulento	0,0175	0,131
12 a 13		2,9	38,79	0,038785	1,4	55	5,17E-07	105128,751	Turbulento	0,0175	0,131
13 a 14		2,9	38,79	0,038785	1,4	55	5,17E-07	105128,751	Turbulento	0,0175	0,131
14 a 15		2,9	38,79	0,038785	1,4	55	5,17E-07	105128,751	Turbulento	0,0175	0,131
15 a 16		2,9	51,03	0,051029	1,4	55	5,17E-07	138316,747	Turbulento	0,0164	0,093
16 a Arqueta		13,7	51,03	0,051029	1,4	55	5,17E-07	138316,747	Turbulento	0,0164	0,439
IMPULSIÓN	Arqueta a sala de máquinas de piscina	93,5	63,37	0,063373	1,4	40	0,000000661	134224,206	Turbulento	0,0165	2,433
RETORNO	Arqueta a sala de máquinas de piscina	93,5	63,37	0,063373	1,4	55	5,165E-07	171775,799	Turbulento	0,0155	2,288
IMPULSIÓN	Sala de máq. de piscina a colector (accesorios incl.)	50	63,37	0,063373	1,4	40	0,000000661	134224,206	Turbulento	0,0165	1,301
RETORNO	Sala de máq. de piscina a colector (accesorios)	50	63,37	0,063373	1,4	55	5,17E-07	171775,799	Turbulento	0,0155	1,223
	Pérdidas propias del paso del agua por 2 paneles	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,011
<b>TOTAL (m)</b>											<b>20,591</b>

- En la primera y segunda columna se designa el tramo de estudio, la numeración escogida es la misma que la utilizada para el cálculo de diámetros de tubería y caudales.

- La tercera columna indica la longitud de cada tramo expresada en metros, que ha sido calculada a partir de los planos y de las vistas satélite de Grafcan.
- La cuarta columna refleja el diámetro comercial interno de tubería del tramo, expresado en mm.
- La quinta columna recoge la velocidad media de paso del fluido por cada tramo. Desde el punto de vista de la seguridad y para simplificar cálculos, se ha impuesto una velocidad media de 1,4 m/s, aunque se comprobó en el cálculo de diámetros que cada tramo tenía velocidades inferiores a dicho valor.
- La sexta columna indica la temperatura del agua en cada tramo. Según se ha diseñado la instalación, para tramos de impulsión la temperatura se considera en torno a los 40 °C y en el retorno se considera alrededor de 55 °C.
- La séptima columna indica la viscosidad cinemática del agua en m<sup>2</sup>/s.
- La octava columna representa el número de Reynolds de cada segmento de la instalación.
- La novena columna refleja el régimen en el que se encuentra el agua en cada tramo, ya sea laminar o turbulento.
- La décima columna realiza el cálculo del coeficiente de fricción utilizando la ecuación que corresponde dependiendo del régimen del flujo de agua.
- La undécima columna indica las pérdidas de carga primarias en cada tramo expresadas en m.c.a.

De igual manera, en la siguiente tabla se refleja el cálculo de las pérdidas de carga secundarias:

**Tablas A1.2.4.** Cálculo de las pérdidas de carga secundarias en la instalación.

PÉRDIDAS DE CARGA SECUNDARIAS (Fuente: PRESSMAN)								
TRAMO	Accesorio	Descripción	Di (mm)	K accesorio	v (m/s)	g (m/s <sup>2</sup> )	Nº accesorios	Hs (m)
IMPULSIÓN (zona de cubierta hasta arqueta)	Válvula de esfera paso total		Entre 8 y 16	0,2	1,4	9,81	3	0,060
			Entre 18 y 28	0,2	1,4	9,81	10	0,200
			Entre 30 y 54	0,1	1,4	9,81	19	0,190
	Codo 90º normal		Entre 8 y 16	1,5	1,4	9,81	1	0,150
			Entre 30 y 54	0,5	1,4	9,81	1	0,050
	T simple		No depende del Di	1	1,4	9,81	17	1,698
Reducción		No depende del Di	0,5	1,4	9,81	5	0,250	
Ampliación		No depende del Di	1	1,4	9,81	1	0,100	
RETORNO (zona de cubierta arqueta)	Válvula de esfera paso total		Entre 8 y 16	0,2	1,4	9,81	3	0,060
			Entre 18 y 28	0,2	1,4	9,81	10	0,200
			Entre 30 y 54	0,1	1,4	9,81	19	0,190
	Codo 90º normal		Entre 8 y 16	1,5	1,4	9,81	1	0,150
			Entre 30 y 54	0,5	1,4	9,81	1	0,050
	Curva en U normal		Entre 8 y 17	2	1,4	9,81	1	0,200
Ampliación		No depende del Di	1	1,4	9,81	5	0,499	
Reducción		No depende del Di	0,5	1,4	9,81	1	0,050	
T simple		No depende del Di	1	1,4	9,81	21	2,098	
IMPULSIÓN (de arqueta a piscinas)	Reducción		No depende del Di	0,5	1,4	9,81	1	0,050
	Codo 90º normal		Más de 54	0,4	1,4	9,81	5	0,200
	Válvula de esfera paso total		Entre 30 y 54	0,1	1,4	9,81	1	0,010
	Más de 54		0,1	1,4	9,81	11	0,110	
RETORNO (de piscinas a arqueta)	Ampliación		No depende del Di	1	1,4	9,81	1	0,100
	Codo 90º normal		Más de 54	0,4	1,4	9,81	5	0,200
	Válvula de esfera paso total		Entre 30 y 54	0,1	1,4	9,81	1	0,010
	Más de 54		0,1	1,4	9,81	11	0,110	
							<b>TOTAL (m)</b>	<b>6,983</b>

- La primera columna hace referencia a los diferentes segmentos de conducción del tramo que se eligió como más desfavorable para el cálculo de las pérdidas de carga en la instalación.
- La segunda y tercera columna reflejan el tipo de accesorio que se encuentra en cada tramo.
- En la cuarta columna se especifican los diferentes diámetros internos de tubería que se encuentran en cada tramo, ya que algunos accesorios tienen un coeficiente de pérdidas (k) que varía según el diámetro.

- La quinta columna expresa los valores del coeficiente de pérdidas de carga de cada accesorio.
- La sexta columna refleja la velocidad media de circulación del agua. Una vez más, se ha utilizado una velocidad de 1,4 m/s para simplificar el cálculo y estar del lado de la seguridad.
- La séptima columna indica la aceleración de la gravedad en  $m/s^2$ .
- El número de accesorios que existen en cada tramo de la instalación se define en la octava columna.
- Por último, la novena columna refleja el valor de las pérdidas de carga en m.c.a.

Finalmente, se adjunta la tabla correspondiente a los resultados finales del cálculo de las pérdidas de carga:

**Tablas A1.2.5.** Resultados finales del cálculo de las pérdidas de carga en la instalación térmica.

<b>Tabla resumen de resultados</b>		
Pérdidas de carga primarias	20,59	
Pérdidas de carga secundarias	6,98	33,91%
% de mayoración (ensuciamiento, obstrucciones, fisuras...)	1,38	5%
<b>Pérdidas TOTALES (m.c.a)</b>	<b>28,95</b>	

### 1.3 Aislamiento térmico de tuberías

Para el cálculo del aislamiento térmico de las tuberías se ha aplicado el criterio recogido en el RITE. Para ello, inicialmente se realizó el cálculo mediante el método alternativo y luego se comparó con los resultados obtenidos mediante las tablas del método simplificado.

Las ecuaciones utilizadas en el método alternativo son las siguientes:

- Transferencia de calor por conducción en un cilindro hueco multicapa:
  - a) Densidad del flujo de calor en un elemento multicapa (W/m):

$$q_l = \frac{\theta_{si} - \theta_{se}}{R'_1} \quad (21)$$

- b) Resistencia térmica lineal a la conducción:

$$R'_l = \frac{1}{2\pi} \sum_{j=1}^n \left( \frac{1}{\lambda_j} \cdot \ln \frac{D_{ej}}{D_{ij}} \right) \quad (22)$$

Donde:

- $\theta_{si}$  es la temperatura en la cara interior del conjunto tubería-aislante, es decir, la cara en contacto con el fluido térmico (°C).
- $\theta_{se}$  es la temperatura en el exterior del conjunto tubería-aislante, es decir, la cara en contacto con el aire ambiente (°C).
- $R'_l$  es la resistencia térmica lineal a la conducción que provoca el conjunto tubería-aislante (mK/W).
- $\lambda_j$  es la conductividad térmica de cada una de las capas del cilindro hueco multicapa (W/mK).
- $D_{ej}$  es el diámetro exterior de la capa del cilindro que se esté evaluando (mm).
- $D_{ij}$  es el diámetro interior de la capa del cilindro que se esté evaluando (mm).

- Transferencia de calor por convección desde la capa exterior del aislante al ambiente:
  - a) Coeficiente de transferencia de calor por convección para tuberías horizontales y verticales en el exterior de edificios:

$$h_{cv} = 8,9 \cdot \frac{v^{0,9}}{D_e^{0,1}} \quad (23)$$

Donde:

- $v$  es la velocidad media del aire exterior en m/s.
  - $D_e$  es el diámetro exterior del aislamiento expresado en metros.
- b) Resistencia térmica lineal a la convección entre la cara externa del aislante y el ambiente:

$$R_{e,cv} = \frac{1}{h_{cv} \cdot \pi \cdot D_e} \quad (24)$$

- c) Resistencia térmica lineal total (conducción y convección):

$$R_t = R_{e,cv} + R'_l \quad (25)$$

- d) Temperatura de la cara exterior del aislante en contacto con el ambiente:

$$\theta_{se} - \theta_a = \frac{R_{e,cv}}{R_t} (\theta_i - \theta_a) \quad (26)$$

Donde:

- $\theta_i$  es la temperatura del flujo que circula por el interior de la conducción (°C).
  - $\theta_a$  es la temperatura del ambiente exterior a la conducción (°C).
- e) Flujo de calor lineal en W/m (conducción y convección):

$$q = \frac{\theta_i - \theta_a}{R_t} \quad (27)$$

f) Potencia calorífica disipada a través de las conducciones (W):

$$Q = q \cdot L \quad (28)$$

Donde:

- L es la longitud de la tubería a aislar (m).
- A su vez, según el RITE, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4 % de la potencia máxima que transporta (kW). La potencia máxima que transporta la instalación se calcula con la siguiente simplificación para el agua como fluido de trabajo:

$$P_{m\acute{a}x} = 4,18 \cdot V \cdot \Delta T \quad (29)$$

Donde:

- V es el caudal que circula por la instalación en litros por minuto (l/min).
- $\Delta T$  es la diferencia de temperaturas en valor absoluto entre la impulsión y el retorno de la instalación térmica.

Para realizar el cálculo con el método alternativo correctamente, se desarrolló una hoja Excel, la cual se procederá a explicar a continuación:

En primer lugar, el cálculo debe realizarse mediante un proceso iterativo debido a que el resultado final de las pérdidas térmicas depende de las mismas variables que otros aspectos cruciales para llegar al resultado final. Para empezar, se deben definir los datos de la instalación a estudio en la siguiente tabla:

**Tabla A1.3.1.** Tabla de los datos de la instalación a estudio.

1	Variables de la instalación	
Variable	Valor	Unidad
Timp	40	°C
Tret	55	°C
Tamb	20	°C
Limp	5,8	m
Lret	5,8	m
De (imp)	0,015875	m
SDR (imp)		
e(imp)	0,001422	m
Di (imp)	0,014453	m
De (ret)	0,015875	m
SDR (ret)		
e(ret)	0,001422	m
Di (ret)	0,014453	m
V	15,1	m <sup>3</sup> /h
$\rho$ (prom)	988,95	kg/m <sup>3</sup>
Recorrido	Interior y horizontal	
Perd(adm)	4	%
Tsup (imp)	27,55	°C
Tsup (ret)	32,25	°C
No tocar, se indica su valor en el proceso iterativo		

Como se observa en la tabla anterior, el cálculo depende de las temperaturas del tramo de impulsión y del de retorno, de la temperatura ambiente, de las longitudes de tuberías de impulsión y retorno, de los diámetros de tubería que se han dimensionado, así como del espesor de tubería. Además, es necesario conocer el caudal total que circula por la instalación y la densidad promedio del agua.

La densidad promedio se calcula con las densidades del agua a la temperatura de impulsión y de retorno, a modo de simplificación. Este cálculo se realiza automáticamente al escoger duchas temperaturas en un desplegable, ya que cada valor de temperatura del agua está asociado a su densidad.

En segundo lugar, es necesario introducir los datos del material de las conducciones. También, se elige mediante un desplegable entre diferentes materiales, como pueden ser: acero inoxidable, cobre, PP-R, etc. Al escoger el material, automáticamente se selecciona el valor de la conductividad térmica de dicho material, al estar referenciadas ambas variables.

**Tabla A1.3.2.** Tabla de los datos del material de las conducciones de la instalación a estudio.

2		Datos del material de tubería	
Material impulsión		cobre	
Variable	Valor	Unidad	
$\lambda$ (imp)	385	W/mK	
Material retorno		cobre	
Variable	Valor	Unidad	
$\lambda$ (ret)	385	W/mK	

Tras introducir los aspectos relacionados con las tuberías, el siguiente paso es elegir el material de aislamiento y su espesor. Aquí es donde comienza el proceso iterativo. Las pérdidas térmicas en las conducciones dependen del material aislante y de su espesor, pero inicialmente también se desconoce. Es por ello que hay que elegir un material con un desplegable de fabricantes, los cuales tienen asociados los valores de conductividad térmica de los productos que fabrican. Un vez hecho esto, es necesario introducir un valor de espesor. La hoja Excel ha sido programada para que al introducir un valor de espesor automáticamente indique cuál es el comercial a utilizar, ya que los fabricantes de aislamiento solo disponen de unos espesores determinados en su catálogo. Al final, la idea es ir variando el espesor de aislamiento para que las pérdidas térmicas totales no superen el 4% de la potencia térmica total del equipo productor de energía, tal y como indica claramente la norma.

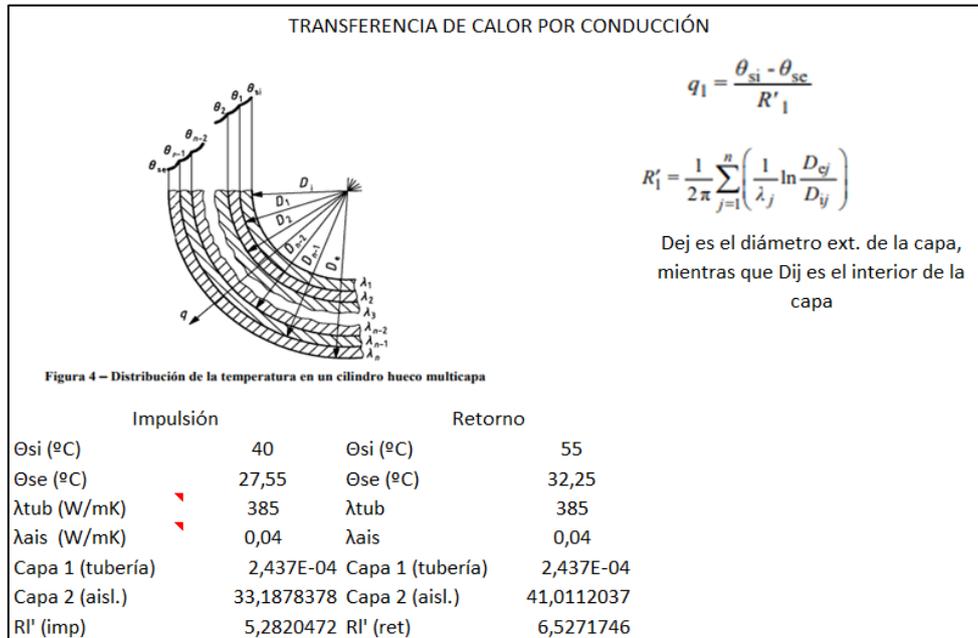
**Tabla A1.3.3.** Tabla de los datos del material de aislamiento de la instalación a estudio.

3		Datos del material de aislamiento		
Material impulsión		KFlex		
Variable	Valor	Unidad		<b>Comercial a utilizar 25mm</b>
e(ais)	0,022	m		
$\lambda$ ais	0,040	W/mK		
Material retorno		KFlex		
Variable	Valor	Unidad		<b>Comercial a utilizar 40mm</b>
e(ais)	0,033	m		
$\lambda$ ais	0,040	W/mK		

Después de elegir los datos relativos al aislante, la hoja Excel calcula los aspectos térmicos que la norma indica para realizar el procedimiento correctamente. Inicialmente, calcula la transferencia de calor por conducción entre la pared interna de la tubería y la pared externa

del aislante, tanto para la impulsión como para el retorno. En la siguiente tabla se refleja de manera visual:

**Tabla A1.3.4.** . Tabla de los cálculos de la transferencia de calor por conducción entre la pared interna de la tubería y la pared externa del aislante.



Una vez realizado el cálculo de la conducción, el siguiente paso es calcular la transferencia de calor por convección entre la cara exterior del aislante y el ambiente que rodea a las tuberías. Es necesario conocer el valor del coeficiente de convección en este caso. Sin embargo, como se desconoce el valor de la temperatura de la superficie exterior del aislamiento, es necesario seguir con el proceso iterativo. Por consiguiente, se debe dar valores a dicha temperatura (marcada en gris en la siguiente tabla) hasta que coincida con el valor de la celda sombreada en azul en la siguiente tabla. Cuando se produce la igualdad, quiere decir que el proceso iterativo ha podido converger y ese valor de la temperatura de la superficie externa del aislante es la correcta para realizar el cálculo. Este valor es imprescindible para poder calcular la convección y, por tanto, hallar finalmente las pérdidas térmicas en la instalación.

**Tabla A1.3.5.** . Tabla de los cálculos de la transferencia de calor por convección entre la cara exterior del aislante y el ambiente que rodea a las tuberías.

TRANSFERENCIA DE CALOR POR CONVECCIÓN desde la capa exterior del aislante al ambiente					
PROCESO ITERATIVO					
Impulsión	Tse °C	27,55	Retorno	Tse °C	32,25
hcv (imp)	5,837		hcv (ret)	6,588	
Re,cv (imp) (mK/W)	3,435		Rse (ret) (mK/W)	3,043	
Rt (imp) (mK/W)	8,717		Rt (ret) (mK/W)	9,571	
ql (imp) W/m	2,294		ql (ret) W/m	3,657	Se refiere al flujo de calor de
Q (imp) W	13,307		Q (ret) W	21,211	conducción + convección
<b>Tse (imp)</b>	<b>27,88 °C</b>		<b>Tse (ret)</b>	<b>31,13 °C</b>	<b>Q total (W)</b>
					<b>34,518</b>

Después de haber realizado todos esos pasos, el último aspecto a tener en cuenta es comprobar que las pérdidas térmicas no superan el valor indicado en la normativa. La hoja de cálculo realiza este paso automáticamente a partir de los resultados anteriores. Además, indica en una celda si cumple o no el criterio de la normativa, rellenándola de color verde o rojo respectivamente.

**Tabla A1.3.6.** . Tabla de los cálculos de las pérdidas térmicas totales.

Potencia térmica del equipo calentador o enfriador	Pérdidas máximas admisibles (kW)	Pérdidas reales (kW)
V (l/s)	4,194	<b>5</b>
	P <sub>máx</sub> (adm) 10,5196667	<b>Preal 0,035</b>
	15	<b>% del total 0,013%</b>
<b>Pot (kW)</b>	<b>262,99</b>	Sí Cumple/No cumple
Se toma una simplificación útil para agua como fluido de trabajo: Q=V(l/s)*ΔT*4,18		<b>SI CUMPLE</b>

Con el método alternativo ya explicado, se realizaron los cálculos distinguiendo entre las diferentes cubiertas del proyecto, ya que es necesario conocer las pérdidas térmicas en cada uno de los tramos existentes. Del mismo modo, es importante realizar la distinción de los tramos en función de su diámetro al ser una variable fundamental en el cálculo. A continuación, se adjuntan los resultados de las tres cubiertas por el método alternativo del RITE:

**Tabla A1.3.7.** Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías calculados según el método alternativo del RITE en la cubierta 1.

RESUMEN CUBIERTA 1							
		Longitud (m)	Espesor aisl. (mm)	Pérdidas por fila (kW)	Nº filas	Pérdidas totales (kW)	
IMPULSIÓN	De (mm)	12,700	16,60	25	0,074	16	1,184
	Di (mm)	11,430					
	De (mm)	22,225	5,80	25	0,0245	1	0,0245
	Di (mm)	20,601					
	De (mm)	28,575	8,70	25	0,0435	1	0,0435
	Di (mm)	26,797					
	De (mm)	34,925	11,60	32	0,056	1	0,056
	Di (mm)	32,791					
De (mm)	41,275	11,60	32	0,0625	1	0,0625	
Di (mm)	38,785						
De (mm)	53,975	16,90	40	0,1005	1	0,1005	
Di (mm)	51,029						
RETORNO	De (mm)	12,700	29,70	25	0,074	16	1,184
	Di (mm)	11,430					
	De (mm)	22,225	5,80	25	0,0245	1	0,0245
	Di (mm)	20,601					
	De (mm)	28,575	8,70	25	0,0435	1	0,0435
	Di (mm)	26,797					
	De (mm)	34,925	11,60	32	0,056	1	0,056
	Di (mm)	32,791					
De (mm)	41,275	11,60	32	0,0625	1	0,0625	
Di (mm)	38,785						
De (mm)	53,975	16,90	40	0,1005	1	0,1005	
Di (mm)	51,029						
TOTAL (kW)						2,942	

- La primera columna llamada “longitud” refleja lo que miden los diferentes tramos a estudiar en metros. Los tramos se han agrupado por diámetros de tubería.
- La segunda columna proporciona el valor del espesor de aislamiento comercial (en mm) calculado con el método alternativo del RITE.
- La tercera columna expone las pérdidas térmicas que se producen en cada tramo.
- Finalmente, se suman las pérdidas térmicas de cada uno de los tramos que comprende la cubierta a estudio.

**Tabla A1.3.8.** Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías calculados según el método alternativo del RITE en la cubierta 2.

RESUMEN CUBIERTA 2						
		Longitud (m)	Espesor aisl. (mm)	Pérdidas por fila (kW)	Nº filas	Pérdidas totales (kW)
IMPULSIÓN	De (mm)	12,700	16,60	25	15	1,11
	Di (mm)	11,430				
	De (mm)	22,225	5,80	25	1	0,0245
	Di (mm)	20,601				
	De (mm)	28,575	8,70	25	1	0,0435
	Di (mm)	26,797				
	De (mm)	34,925	11,60	32	1	0,056
	Di (mm)	32,791				
De (mm)	41,275	11,60	32	1	0,0625	
Di (mm)	38,785					
RETORNO	De (mm)	53,975	12,00	40	1	0,067
	Di (mm)	51,029				
	De (mm)	12,700	29,70	25	15	1,11
	Di (mm)	11,430				
	De (mm)	22,225	5,80	25	1	0,0245
	Di (mm)	20,601				
	De (mm)	28,575	8,70	25	1	0,0435
	Di (mm)	26,797				
De (mm)	34,925	11,60	32	1	0,056	
Di (mm)	32,791					
De (mm)	41,275	11,60	32	1	0,0625	
Di (mm)	38,785					
De (mm)	53,975	12,00	40	1	0,067	
Di (mm)	51,029					
TOTAL (kW)						2,727

**Tabla A1.3.9.** Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías calculados según el método alternativo del RITE en la cubierta 3.

RESUMEN CUBIERTA 3						
		Longitud (m)	Espesor aisl. (mm)	Pérdidas por fila (kW)	Nº filas	Pérdidas totales (kW)
IMPULSIÓN	De (mm)	12,700	6,00	25	11	0,33
	Di (mm)	11,430				
	De (mm)	15,875	5,8	25	1	0,018
	Di (mm)	14,453				
	De (mm)	22,225	14,50	25	1	0,061
	Di (mm)	20,601				
De (mm)	28,575	31,90	25	1	0,159	
Di (mm)	26,797					
RETORNO	De (mm)	12,700	12,50	25	11	0,33
	Di (mm)	11,430				
	De (mm)	15,875	5,8	25	1	0,018
	Di (mm)	14,453				
	De (mm)	22,225	14,50	25	1	0,061
	Di (mm)	20,601				
De (mm)	28,575	31,90	25	1	0,159	
Di (mm)	26,797					
TOTAL (kW)						1,136

Además, también se deben tener en cuenta los tramos de tubería desde la unión de las tres cubiertas hasta la sala de máquinas del colector de agua caliente del hotel, que es donde se conecta la instalación térmica a las instalaciones ya existentes.

**Tabla A1.3.10.** Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías calculados según el método alternativo del RITE, desde la unión de las tres cubiertas hasta la sala de máquinas del colector de agua caliente del hotel.

RESUMEN ARQUETA A SALA DEL COLECTOR				
		Longitud (m)	Esesor aisl. (mm)	Pérdidas totales (kW)
IMPULSIÓN	De (mm)	66,675	143,50	40
	Di (mm)	63,373		
RETORNO	De (mm)	66,675	143,50	40
	Di (mm)	63,373		
TOTAL (Kw)				1,86

Finalmente, se recogen los resultados finales de las pérdidas térmicas en la instalación según el método alternativo. En ella, aparecen las pérdidas térmicas totales según los espesores calculados mediante el método alternativo y se comparan con la potencia térmica total para ver si superan el 4%, que dicta como valor máximo la normativa:

**Tabla A1.3.11.** Resultados finales de las pérdidas térmicas en la instalación según el método alternativo.

RESULTADOS FINALES	
PÉRDIDAS TOTALES (kW)	8,665
POTENCIA TÉRMICA TOTAL (kW)	262,992
% del total	<b>3,29%</b>

De igual manera, las tablas y ecuaciones utilizadas en el procedimiento simplificado se exponen seguidamente:

**Tabla A1.3.12.** Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40 a 60	>60 a 100	>100 a 180
<b><math>D \leq 35</math></b>	35	35	40
<b><math>35 &lt; D \leq 60</math></b>	40	40	50
<b><math>60 &lt; D \leq 90</math></b>	40	40	50
<b><math>90 &lt; D \leq 140</math></b>	40	50	60
<b><math>140 &lt; D</math></b>	45	50	60

- Espesor de aislamiento para aquellos casos en donde el material de aislamiento utilizado tenga una conductividad térmica diferente a 0,04 W/mK a 10 °C. Cada elemento de la fórmula está explicado en el apartado de la memoria correspondiente al aislamiento de tuberías:

$$d = \frac{D}{2} \left[ \text{EXP} \left( \frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \cdot \ln \frac{D + 2 \cdot d_{ref}}{D} \right) - 1 \right] \quad (30)$$

- Ecuación para el cálculo de la conductividad térmica en W/mK para aislamientos térmicos del fabricante K-Flex a cualquier temperatura de referencia:

$$\lambda(^{\circ}C) = (36 + 0,087 \cdot T(^{\circ}C) + 0,00098 \cdot T(^{\circ}C)^2)/1000 \quad (31)$$

En la siguiente tabla se recogen los resultados de los espesores de aislamiento de tubería calculados mediante el método simplificado. A cada tramo de diámetro diferente de tubería en la instalación térmica le corresponde un espesor de aislamiento determinado:

**Tabla A1.3.13.** Resultados de los espesores de aislamiento de tubería calculados mediante el método simplificado del RITE.

MÉTODO SIMPLIFICADO									
		d <sub>ref</sub> (mm)	λ <sub>ref</sub> (W/mK)	λ (W/mK)	D (mm)	ln	exp	d <sub>final</sub> (mm)	d <sub>final</sub> comercial (mm)
De (mm)	12,700	35	0,0400	0,0370	12,700	1,874	5,650	29,525	32
Di (mm)	11,430								
De (mm)	15,875	35	0,04	0,0370	15,875	1,688	4,760	29,843	32
Di (mm)	14,453								
De (mm)	22,225	35	0,0400	0,0370	22,225	1,423	3,725	30,285	32
Di (mm)	20,601								
De (mm)	28,575	35	0,0400	0,0370	28,575	1,238	3,141	30,584	32
Di (mm)	26,797								
De (mm)	34,925	35	0,0400	0,0370	34,925	1,100	2,764	30,803	32
Di (mm)	32,791								
De (mm)	41,275	40	0,0400	0,0370	41,475	1,075	2,700	35,249	40
Di (mm)	38,785								
De (mm)	53,975	40	0,0400	0,0370	53,975	0,909	2,317	35,539	40
Di (mm)	51,029								
De (mm)	66,675	40	0,0400	0,0370	66,675	0,788	2,072	35,746	40
Di (mm)	63,373								

- Las dos primeras columnas indican el diámetro interior y exterior comercial (en mm) de los diferentes tramos de la instalación térmica.

- La tercera columna refleja el espesor de aislamiento de referencia (en mm) que se calcula utilizando la tabla A1.3.6.
- La cuarta columna expone la conductividad térmica de referencia de la tabla que es 0,04 W/mK.
- En la quinta columna figura el diámetro nominal en mm (según el catálogo comercial) que corresponde a cada par de diámetro interior y exterior.
- La sexta columna calcula el logaritmo neperiano que se incluye en la fórmula del espesor de aislamiento corregido.
- La séptima columna calcula la exponencial correspondiente a la ecuación anteriormente citada.
- La octava columna muestra el resultado del espesor de aislamiento necesario y, en la última columna, se refleja el diámetro comercial inmediatamente superior que fabrica K-Flex.

## 1.4 Vaso de expansión

En este anexo se presentan los cálculos realizados en Excel para dimensionar el vaso de expansión. Se ha seguido el criterio de diseño de la norma UNE 100155:2004.

**Tabla A1.4.1.** Cálculos generales del vaso de expansión según norma UNE 100155:2004.

Ce=	0,062	Coeficiente de dilatación del fluido	PM(bar)=	10	Presión máxima en el vaso.
Vu(l)=	162,291	Volumen útil del vaso de expansión	Pm(bar)=	1	Presión mínima en el vaso.
V(l)=	2612,437	Contenido total de agua en el circuito	Cp=	1,111	Coeficiente de presión del gas
t(°C)=	126,000	Temperatura máxima de funcionamiento del agua en el circuito	Vt(l)=	180,324	Volumen total del vaso de expansión
F(t)=	1066,237	Ce=(1000/F(t))-1	Pvs=	10	Presión de la válvula de seguridad.

Además, la tabla anterior depende a su vez del cálculo del volumen de agua total presente en la instalación. Dicho valor ha sido calculado conociendo los diámetros de tubería y la longitud que tienen en la instalación térmica, además del agua que albergan todos los paneles. Según el fabricante, cada panel tiene un volumen de agua en su interior de 1,78 litros. En la siguiente tabla se puede observar en detalle el volumen total de agua en la instalación:

**Tabla A1.4.2.** Cálculo del volumen total de agua en la instalación.

DIMENSIONES DE LA TUBERÍA				
Diámetro	Paneles	Litros/panel	V(l)=	
		1,78	V(l)=	815,24
200	L(m)=	0	V(l)=	0,00
160	L(m)=	0	V(l)=	0,00
125	L(m)=	0	V(l)=	0,00
110	L(m)=	0	V(l)=	0,00
90	L(m)=	0	V(l)=	0,00
75	L(m)=	0	V(l)=	0,00
63	L(m)=	287	V(l)=	897,50
50	L(m)=	58,8	V(l)=	115,82
40	L(m)=	46,4	V(l)=	58,49
32	L(m)=	46,4	V(l)=	37,44
25	L(m)=	98,6	V(l)=	48,55
20	L(m)=	125	V(l)=	39,39
Volumen del depósito de inercia:				600,00
Total				V(l)= 2612,44

# **ANEXO N° 2: ESTUDIO DE SOMBRA EN LOS PANELES**

En este anexo se analizará el cálculo de varios parámetros cruciales para el diseño de la instalación del proyecto. Concretamente, la separación entre filas de paneles y las sombras proyectadas entre filas.

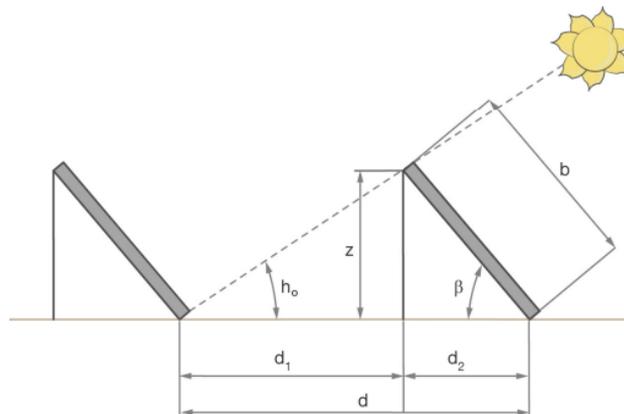
Las fórmulas utilizadas para realizar el cálculo son:

$$h_0 = (90^\circ - \varphi) - 23,5^\circ \quad (32)$$

$$d = b \cdot \left( \frac{\sin \beta}{\tan h_0} + \cos \beta \right) \quad (33)$$

Donde:

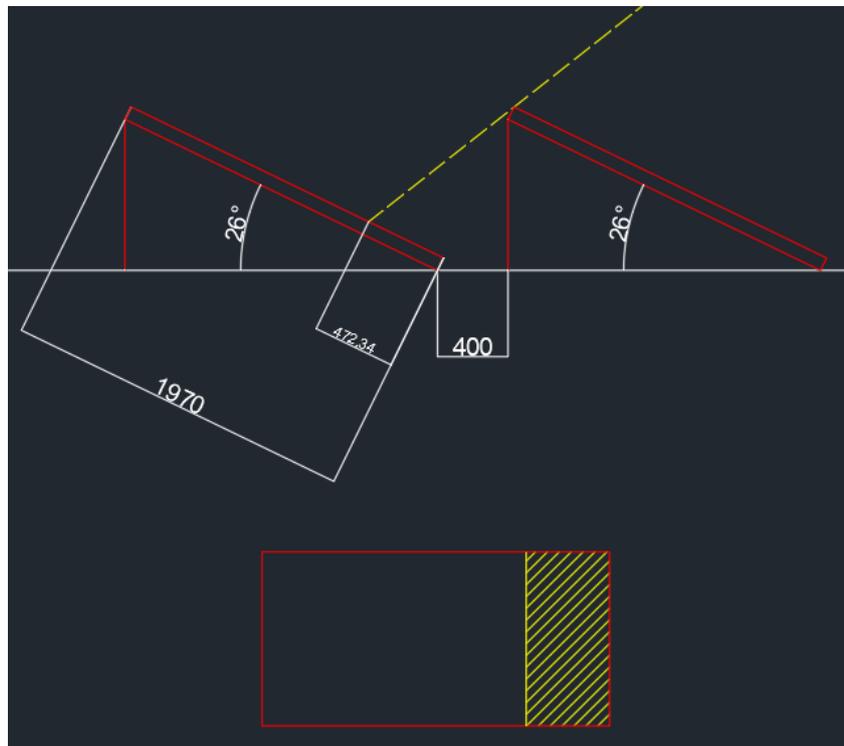
- $\varphi$  es la latitud del lugar [°].
- $\beta$  es la inclinación de los paneles con respecto a la horizontal [°].
- $h_0$  es la inclinación de los rayos solares con respecto a la horizontal o altura solar [°].
- $b$  es la longitud de los paneles [mm].
- $d$  es la distancia entre filas de paneles tal y como se observa en la siguiente figura:



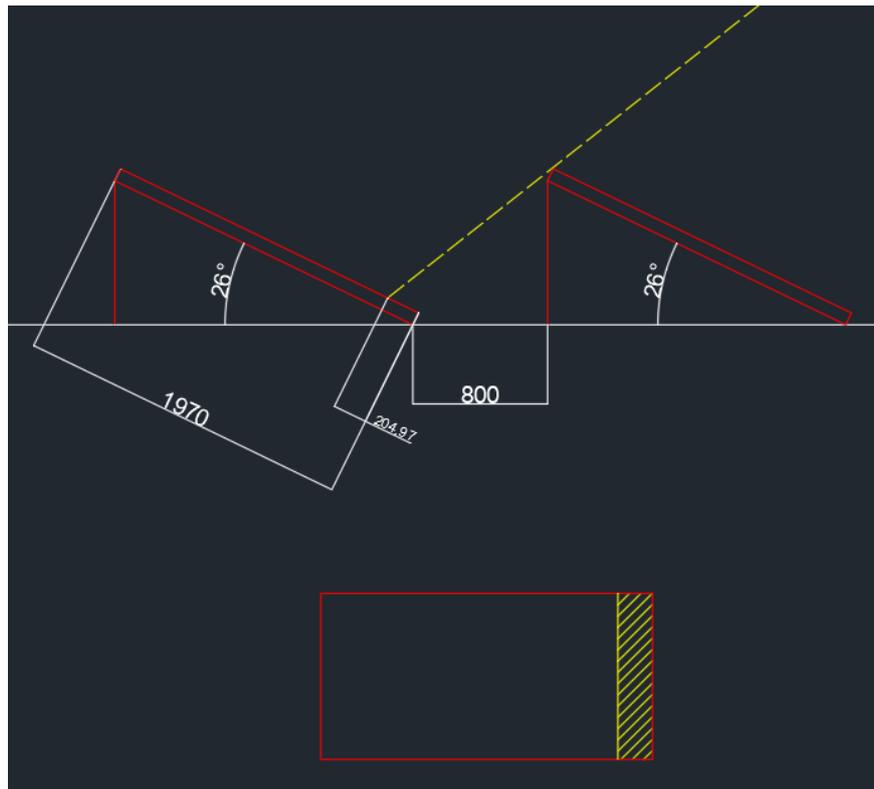
**Figura AF.1.** Esquema de cálculo de la separación entre filas. Fuente: Estudios Abiertos SEAS, Grupo San Valero.

A partir de estas herramientas de cálculo, se realizó el estudio de sombras en AutoCAD variando la distancia entre filas de paneles para observar cuánta superficie de captación

tapaban las sombras. En las siguiente figuras se puede apreciar el estudio realizado con varias separaciones:



**Figura AF.2.** Ejemplo de sombras proyectadas con una separación entre filas de 400 mm. Fuente: propia, AutoCAD.



**Figura AF.3.** Ejemplo de sombras proyectadas con una separación entre filas de 400 mm. Fuente: propia, AutoCAD.

Teniendo en cuenta el área afectada por las sombras a medida que se varía la separación entre filas de paneles, se recopilaron todos los datos en la siguiente tabla con el fin de elegir la opción más adecuada para el proyecto:

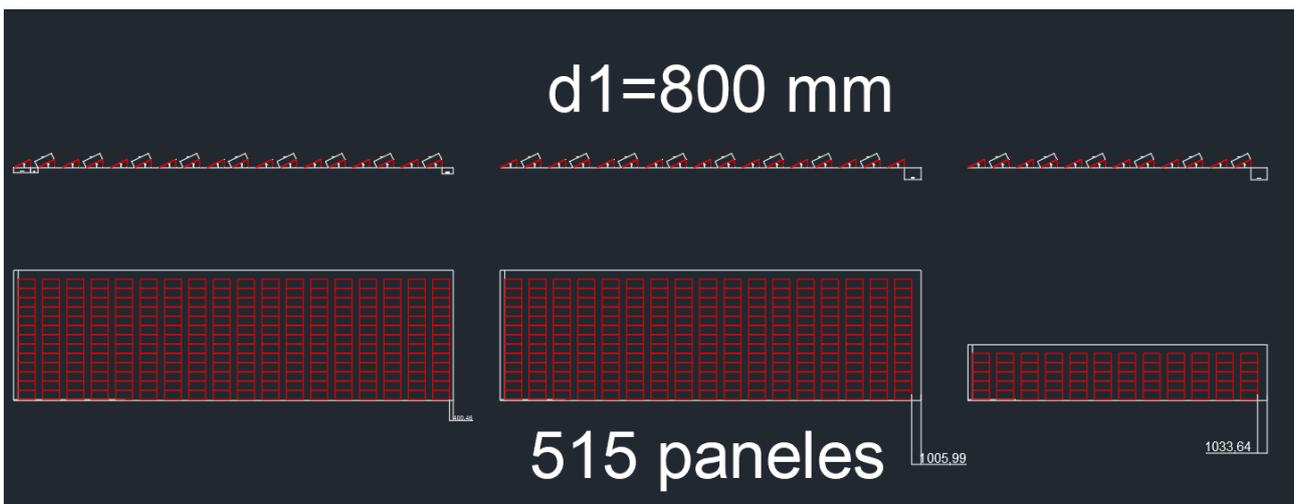
**Tabla AF.1.** Estudio de la separación entre filas de paneles y el porcentaje de captador sombreado.

ESTUDIO DE SOMBRAS					
$d_1$ (mm)	Área sombreada (mm <sup>2</sup> )	% sombra	Nº de paneles	Pot Fotov Máx (kW)	Pot Fotov Real (kW)
1090	0	0	458	160,30	160,30
900	128812,70	6,57%	489	171,15	159,90
800	203945,15	10,40%	515	180,25	161,50
600	331394,70	16,91%	546	191,10	158,79
400	469978,30	23,98%	603	211,05	160,45
<b>COMBINACIÓN ÓPTIMA</b>	$d_1=1090$ mm 458 paneles				

- La primera columna indica la separación entre filas de paneles en mm.
- La segunda refleja el área sombreada (en mm<sup>2</sup>) como consecuencia de la separación entre filas.

- La tercera columna calcula el área sombreada del panel pero expresada en porcentaje con respecto al total del área de captación de un panel.
- La cuarta refleja el número de paneles que se podrían instalar sobre las cubiertas, en función de las diferentes separaciones.
- La quinta columna multiplica el número de colectores que se pueden instalar multiplicados por la potencia eléctrica pico de los paneles híbridos, que es 350W. Con esto, se halla la potencia fotovoltaica pico instalada en kW.
- La última columna calcula la potencia fotovoltaica instalada real, teniendo en cuenta el área de captación que no se puede aprovechar debido a las sombras.

Para conocer cuántos paneles se pueden instalar sobre las cubiertas del hotel en función de la separación entre filas, se generaron varios planos en AutoCAD posicionando los paneles respetando cada una de las separaciones. En la siguiente figura se puede observar un ejemplo:



**Figura AF.4.** Ejemplo de número de paneles instalados con una separación entre filas de 800 mm.

Fuente: propia, AutoCAD.

# **ANEXO N° 3: ABORA HYBRID**



# INFORME

Propuesta de instalación solar  
híbrida



**PROYECTO: Hotel Club Atlantis**

**18/06/2023**

Informe generado con la versión 3.16.3





## AGRADECIMIENTOS

Permítame, antes de nada, agradecerle la oportunidad que nos brinda el poder presentarle esta propuesta de instalación con paneles solares híbridos.

Con este documento queremos presentarle de una manera clara y transparente la tecnología en términos de ahorro económico y reducción de CO2.

Estaremos a su disposición para resolver cualquier duda o aspecto sobre este informe.

En nombre de todo nuestro equipo, le agradecemos su tiempo y confianza.

Cordialmente,



### Contacto

Abora Solar

+34 876 24 70 96

[info@abora-solar.com](mailto:info@abora-solar.com)

Abora es una empresa española formada por un equipo humano con una amplia experiencia y trayectoria en el sector de la energía solar especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de paneles solares híbridos.

## ¿Qué tecnología desarrolla **Abora Solar**?



### Tecnología aHTech®

Los paneles solares híbridos desarrollados y fabricados por **Abora** disponen de la última tecnología (**aHTech® Technology**), con la cual se consigue reducir al mínimo las pérdidas térmicas del panel, además de maximizar la producción fotovoltaica gracias a la refrigeración que se obtiene de las células fotovoltaicas.



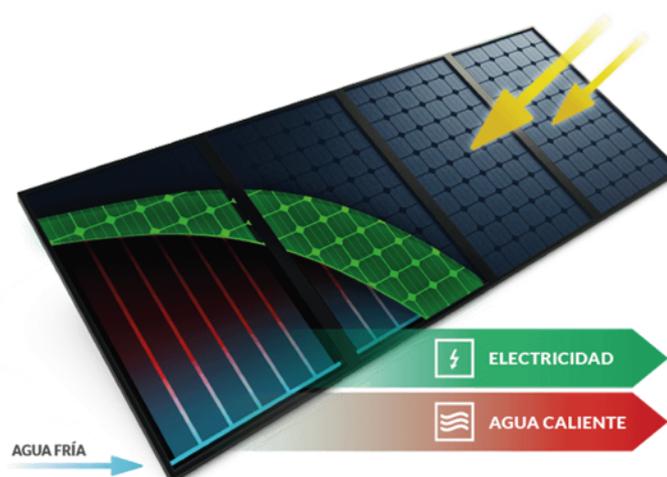
### aHMonitor

**aHMonitor** recoge y procesa información de la producción proveniente de la instalación solar (térmica, fotovoltaica o híbrida), pudiendo ser consultada a tiempo real, así como un histórico de la energía térmica y/o eléctrica producida por la instalación durante el día, durante el mes o incluso desde la puesta en marcha.

## ¿Qué es un **panel solar híbrido**?

Un **panel solar híbrido** es capaz de generar **electricidad y agua caliente** simultáneamente gracias a la energía solar. Para ello, dispone de **células fotovoltaicas** que producen electricidad y un **sistema hidráulico** que calienta el agua, consiguiendo minimizar las pérdidas térmicas y maximizar la producción fotovoltaica.

Gracias a que toda la energía es captada únicamente del sol, la **cantidad de CO<sub>2</sub>** que se emite a la atmosfera es nulo, protegiendo así el **medioambiente**.



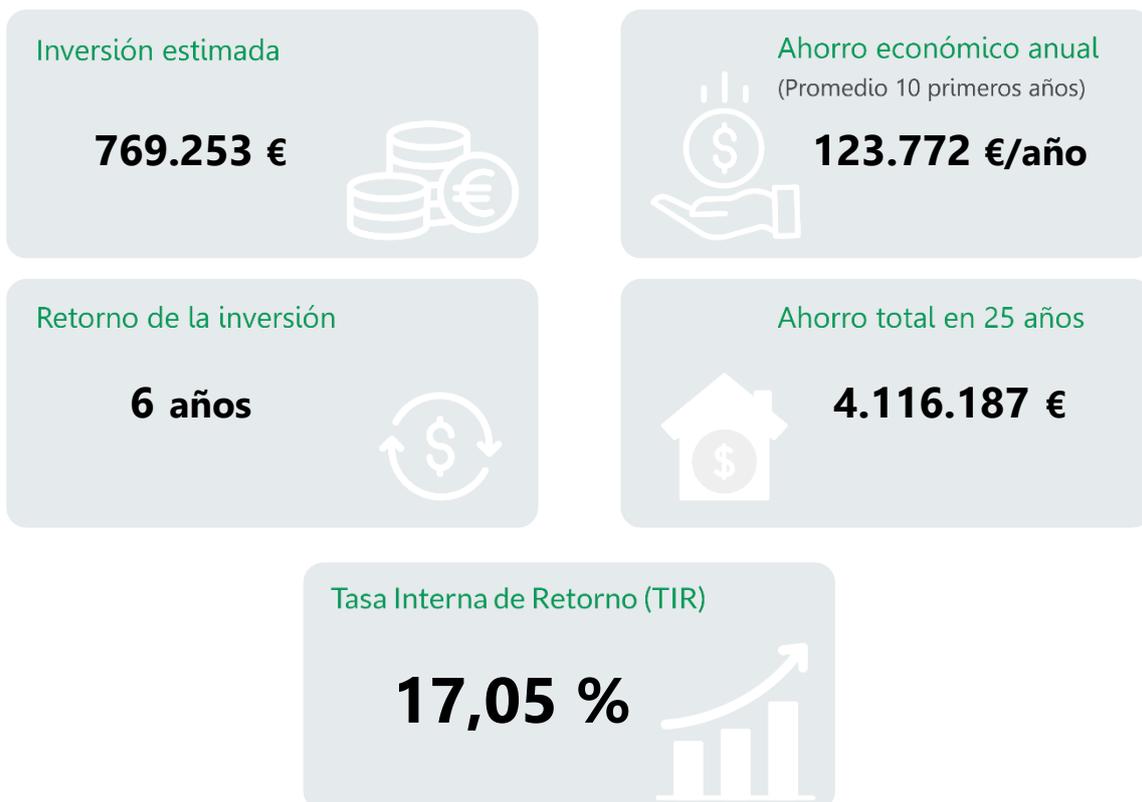
# 1. RESUMEN DE LA PROPUESTA

Se propone una instalación de paneles solares híbridos con la cual se producirán una serie de ahorros energéticos de los que se partirá para estimar los resultados económicos.

## Resumen energético



## Resumen económico



## 2. DATOS DEL PROYECTO

### Datos del proyecto

Nombre del proyecto	Hotel Club Atlantis
Tipo de instalación	Terciario, Hotel ****
País	España
Localidad	Adeje
Dirección	38660 Costa Adeje, Santa Cruz de Tenerife

### Demanda térmica existente

Tipo de demanda	Combustible Auxiliar	Demanda térmica Anual
ACS + piscina	Electricidad (Aeroterмия)	709.320 kWh

### Demanda eléctrica existente

Tipo de autoconsumo	Factor de aprovechamiento eléctrico	Demanda eléctrica anual
Autoconsumo	100 %	- kWh

### Demandas energéticas (kWh)



	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Térmica (kWh)	92.889	74.170	67.991	56.995	43.093	40.774
Eléctrica (kWh)	0	0	0	0	0	0
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Térmica (kWh)	40.213	40.213	38.915	56.496	70.429	87.142
Eléctrica (kWh)	0	0	0	0	0	0

### Consideraciones para el cálculo de ahorros económicos

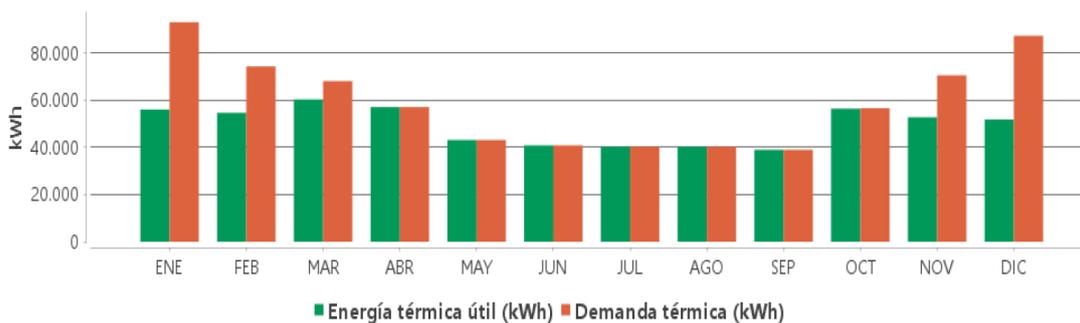
Precio Electricidad	0,195 €/kWh	Factor emisiones electricidad	0,811 kg CO2 / kWh
Precio Combustible	0,195 €/kWh	Factor emisiones combustible	0,396 kg CO2 / kWh

### 3. PROPUESTA TÉCNICA Y AHORROS

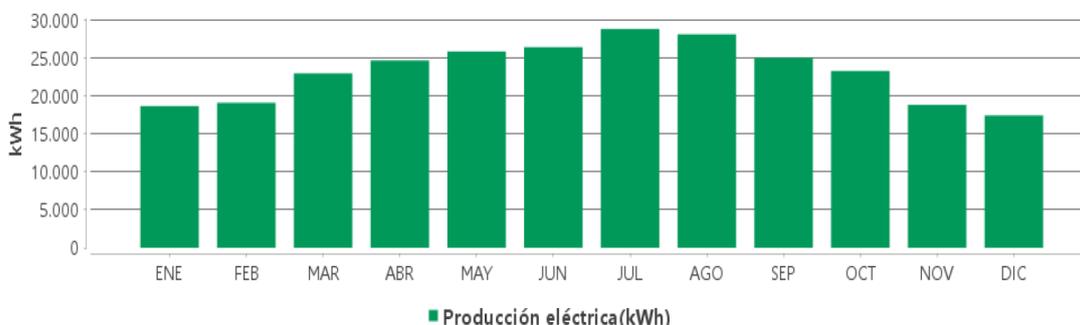
#### Propuesta de instalación

Número de paneles	458	Modelo de paneles	Híbrido aH72SK
Potencia térmica	628,38 kWp	Potencia eléctrica	160,3 kWp
Orientación	-24 °	Inclinación	26 °
Volumen de acumulación	45.800 litros	Superficie de captación	861,04 m <sup>2</sup>

#### Producción de energía térmica



#### Producción de energía eléctrica



#### Energía producida y ahorros económicos



#### Impacto positivo sobre el medioambiente



### 3. PROPUESTA TÉCNICA Y AHORROS

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
<b>Radiación superficie inclinada(kWh/m²)</b>	136	140	168	181	190	195	214	210	186	172	138	127	<b>2.059</b>

#### Producción de energía térmica

Mes	Demanda (kWh)	Producción en bruto (kWh)	Pérdidas energéticas (kWh)	Producción útil (kWh)	Cobertura solar (%)
Enero	92.889	58.300	2.332	55.968	60,3
Febrero	74.170	56.825	2.273	54.552	73,6
Marzo	67.991	62.732	2.509	60.222	88,6
Abril	56.995	61.112	2.444	56.995	102,9
Mayo	43.093	50.547	2.106	43.093	100,0
Junio	40.774	49.254	2.052	40.774	100,0
Julio	40.213	49.979	2.082	40.213	100,0
Agosto	40.213	49.676	2.070	40.213	100,0
Septiembre	38.915	46.533	1.939	38.915	100,0
Octubre	56.496	58.668	2.347	56.321	99,7
Noviembre	70.429	54.875	2.195	52.680	74,8
Diciembre	87.142	53.883	2.155	51.727	59,4
<b>Anual</b>	<b>709.320</b>	<b>652.384</b>	<b>26.505</b>	<b>591.674</b>	<b>83,4</b>

#### Producción de energía eléctrica

Mes	Demanda (kWh)	Producción útil (kWh)	Cobertura solar (%)
Enero	0	18.700	∞
Febrero	0	19.135	∞
Marzo	0	23.012	∞
Abril	0	24.710	∞
Mayo	0	25.901	∞
Junio	0	26.471	∞
Julio	0	28.872	∞
Agosto	0	28.167	∞
Septiembre	0	25.079	∞
Octubre	0	23.329	∞
Noviembre	0	18.863	∞
Diciembre	0	17.460	∞
<b>Anual</b>	<b>0</b>	<b>279.698</b>	<b>Sin datos</b>

## 4. COSTE Y AMORTIZACIÓN

Estos datos son una estimación aproximada de la inversión llave en mano de toda la instalación, en ningún caso se considerará como un presupuesto final y cerrado.

### Instalación propuesta

Coste de la inversión	Periodo de retorno	Ahorro en 25 años	LCOT*
769.253 €	6 años	4.116.187 €	0,043 €/kWh

\*Levelized Cost Of Total energy. (Coste del kWh producido por la instalación híbrida asociado a la inversión)

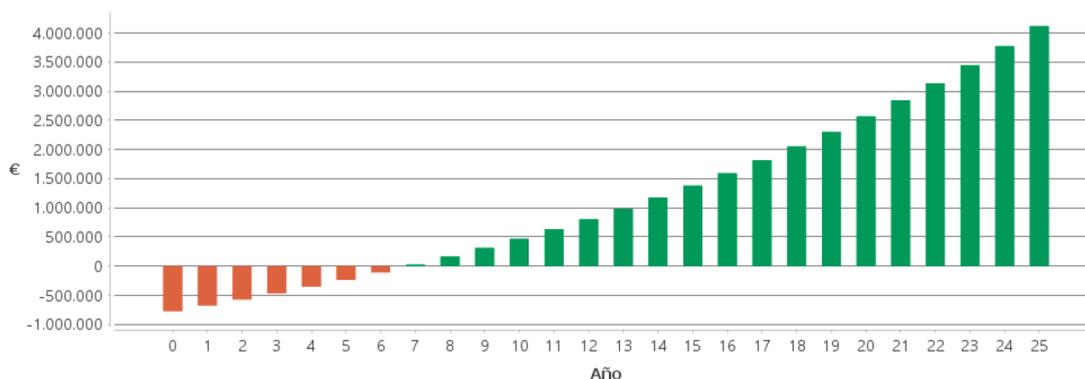
### Consideraciones sobre la instalación

Vida útil de la instalación	25 años
Costes de mantenimiento anual	0 €
Degradación eléctrica anual	0,25 %
Incremento anual del precio de electricidad	6 %
Incremento anual del precio del combustible	5 %

Tasa Interna de Retorno (TIR)  
**17,05 %**



### Cash Flow (flujo de caja acumulado)



### Cuadro de amortización

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	25
Coste anual (€)	769.253	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ahorro anual (€)	0	96.496	101.722	107.232	113.042	119.168	125.627	132.438	139.620	147.194	155.179	202.134	343.267
Cash Flow (€)	-769.253	-672.757	-571.035	-463.803	-350.761	-231.594	-105.967	26.471	166.091	313.285	468.465	1.380.245	4.116.187

## 5. FINANCIACIÓN

La tecnología aHTech®, por el hecho de ser RENTABLE es FINANCIABLE. Entidades colaboradoras ofrecen distintos formatos financieros para que la inversión sea rentable desde el primer día (Renting, leasing, préstamo, ESE, ESCO, etc).

### Resumen de la financiación

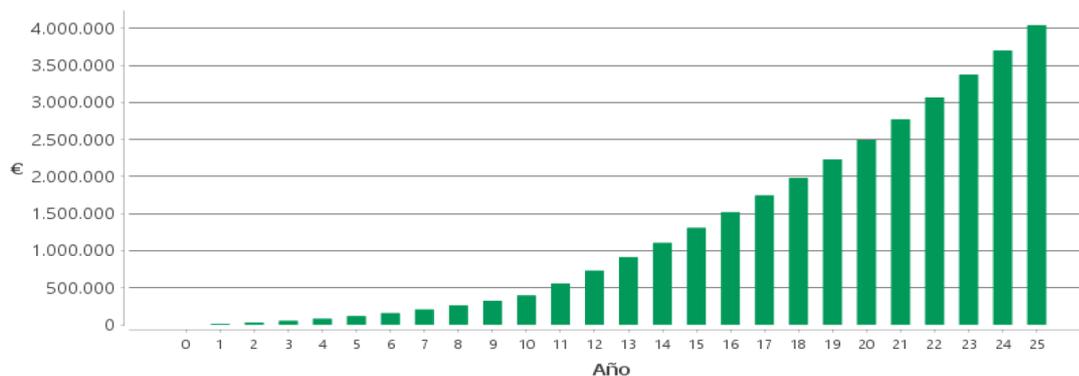
Coste total	Periodo de retorno	Ahorro en 25 años	LCOT*
843.564 €	9 años	4.041.877€	0,042 €/kWh

\*Levelized Cost Of Total energy. (Coste del kWh producido por la instalación híbrida asociado a la inversión)

### Consideraciones financieras

Plazo	11 años
Total intereses	74.310,86 €
Tipo de cuota	Mensual
Tipo de interés	3,5 %
Comisión de apertura	0 %

### Cash Flow (flujo de caja acumulado)



### Cuadro de amortización

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	25
<b>Coste anual (€)</b>	0	84.356	84.356	84.356	84.356	84.356	84.356	84.356	84.356	84.356	84.356	0	0
<b>Ahorro anual (€)</b>	155.179	96.496	101.722	107.232	113.042	119.168	125.627	132.438	139.620	147.194	155.179	202.134	343.267
<b>Cash Flow (€)</b>	0	12.140	29.505	52.381	81.066	115.877	157.148	205.230	260.493	323.331	394.154	1.305.935	4.041.877

## 6. ¿QUÉ SERVICIOS ADICIONALES OFRECE ABORA SOLAR?

En Abora creemos en un servicio continuado y completo para nuestros clientes. Nuestra filosofía consiste en ofrecer una asistencia a clientes, partners y empresas instaladoras.



### Formación a Clientes

El sector de las energías renovables está en constante evolución, mejorando los productos día a día, desde Abora Solar escuchamos a nuestros clientes y de esta sinergia, creamos el departamento de formación, para estar al día.

Los cursos teórico prácticos que realizamos, van orientados a los diferentes agentes que hay en un proyecto solar con nuestra tecnología.



### Atención al Cliente

Nuestro equipo especialista en tecnología solar híbrida te darán soporte en todo momento. Unirte al planeta Abora proporciona múltiples ventajas, y ésta es una de ellas, saber que tienes el respaldo de una gran empresa.



### Abora Hybrid Calc

El software de cálculo diseñado por Abora Solar permite realizar el dimensionamiento de instalaciones solares híbridas, cumpliendo con las necesidades del cliente.



## 7. ¿CUÁLES SON LOS SIGUIENTES PASOS A SEGUIR?



- En primer lugar, consúltenos cualquier duda sobre el presente estudio.
- Una vez el estudio sea aceptado, se realizará una visita a la instalación y se realizará un presupuesto final detallado.
- Una vez aceptado, se ejecutará la instalación.
- ¡Disfrutar de sus ahorros y mejorar el medioambiente!



## OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Desde **Abora Solar** trabajamos para ayudar a alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Naciones Unidas. Dichos objetivos son un llamado universal a la adopción de medidas para poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que todas las personas gocen de paz y prosperidad.

Los ODS conllevan un espíritu de colaboración y pragmatismo para elegir las mejores opciones con el fin de mejorar la vida, de manera sostenible, para las generaciones futuras. Proporcionan orientaciones y metas claras para su adopción por todos los países en conformidad con sus propias prioridades y los desafíos ambientales del mundo en general.





Advanced Solar Technology

### Abora Solar

C\ Buenos Aires 117 (Polígono Centrovía)  
50196 La Muela  
(Zaragoza, Spain)

Tel: +34 876 24 70 96

Email: [info@abora-solar.com](mailto:info@abora-solar.com)

[www.abora-solar.com](http://www.abora-solar.com)



HORIZON 2020

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement N°947496



**INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS EN  
UN HOTEL DE CUATRO ESTRELLAS EN EL MUNICIPIO  
DE ADEJE PARA EL APROVECHAMIENTO  
ENERGÉTICO DE LA CUBIERTA DE APARCAMIENTO**



**ANEXO N° 4:  
DOCUMENTACIÓN  
TÉCNICA DE  
FABRICANTES Y  
PROVEEDORES**

# **1 CATÁLOGO DE TUBERÍAS DE COBRE DE SITASA**

**STIASA**

Suministros Industriales del Tajo, S.A.

TUBERIA DE COBRE

TRABAJAR CON TUBOS DE COBRE

DATOS TECNICOS



## DATOS TECNICOS

### Tabla de conversiones

<b>Presión</b>	psi	6.89 kPa
	kg/cm <sup>2</sup>	10 m.c.a.
	1 psi	0.070 kg/cm <sup>2</sup>
<b>Peso</b>	1 libra	453.59 gr
	1 libra	0.453 kg
	1 onza	28.38 gr
	1 onza	0.283 kg
<b>Fluido</b>	1 galón/min	4.546 lt/min
<b>Distancia</b>	1 pulgada	2.54 cm
	1 pie	30.48 cm

Temperatura °C	Temperatura °F
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (T^{\circ}\text{F} - 32)$	$^{\circ}\text{F} = (1.8) (T^{\circ}\text{C}) + 32$
Por ejemplo: $^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (86 - 32)$	Por ejemplo: $^{\circ}\text{F} = (1.8) (30) + 32$
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{5}{9}\right) (54)$	$^{\circ}\text{F} = 54 + 32$
$^{\circ}\text{C} = \left(\frac{270}{9}\right) = 30^{\circ}\text{C}$	$^{\circ}\text{F} = 86^{\circ}\text{F}$

**TABLA 1. Tipos y aplicaciones de tubería de cobre (NORMA ASTM-B-88)**

	Código internacional de identificación		Diámetros nominales	Usos y aplicaciones
	Tipo	Color	milímetros (pulg)	
	<b>M</b>	<b>Rojo</b>	6 (1/4") 10 (3/8")	Casas de interés social Casas de interés medio Edificios habitacionales Edificios comerciales
			13 (1/2") 19 (3/4")	
			25 (1") 32 (1 1/4")	
			38 (1 1/2") 51 (2")	
			64 (2 1/2") 75 (3")	
			100 (4")	
	<b>L</b>	<b>Azul</b>	6 (1/4") 10 (3/8")	Los mismos que el tipo "M", además de: Instalaciones de gas combustible y medicinal, tomas domiciliarias de agua potable
			13 (1/2") 19 (3/4")	
			25 (1") 32 (1 1/4")	
			38 (1 1/2") 51 (2")	
			64 (2 1/2") 75 (3")	
			100 (4")	
	<b>K</b>	<b>Verde</b>	6 (1/4") 10 (3/8")	Los mismos que el tipo "L", además de: Uso industrial donde las presiones y temperaturas de trabajo son severas
			13 (1/2") 19 (3/4")	
			25 (1") 32 (1 1/4")	
			38 (1 1/2") 51 (2")	

*Para el uso de gas medicinal  
deberá cumplir con pruebas de  
limpieza según las Normas  
CGA-G-41  
(Asociación de Gas Comprimido)  
CSA-Z 3051  
(Canadian Standards Association)  
NFPA-99C  
(National Fire Protection Association)*

## DATOS TECNICOS

**TABLA 2. Dimensiones y características de tubería rígida de cobre**

Medida nominal	Diámetro exterior	Diámetro interno			Espesor de pared			Peso por tramo de 6.10 mts			Presión máxima		
		M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K
1/4"	0.375"	0.324"	0.314"	0.276"	0.025"	0.030"	0.049"	2.132 lb	2.524 lb	5.385 lb	6,133 lb/pulg <sup>2</sup>	7,200 lb/pulg <sup>2</sup>	8,820 lb/pulg <sup>2</sup>
6.35 mm	9.525 mm	8.255 mm	8.001 mm	7.035 mm	0.635 mm	0.762 mm	1.245 mm	0.968 kg	1.146 kg	2.445 kg	431.15 kg/cm <sup>2</sup>	506.16 kg/cm <sup>2</sup>	620.04 kg/cm <sup>2</sup>
3/8"	0.500"	0.449"	0.429"	0.401"	0.025"	0.035"	0.049"	2.903 lb	3.965 lb	6.890 lb	4,500 lb/pulg <sup>2</sup>	6,300 lb/pulg <sup>2</sup>	7,056 lb/pulg <sup>2</sup>
9.50 mm	12.700 mm	11.43 mm	10.922 mm	10.21 mm	0.635 mm	0.889 mm	1.245 mm	1.318 kg	1.800 kg	3.128 kg	316.35 kg/cm <sup>2</sup>	442.89 kg/cm <sup>2</sup>	496.03 kg/cm <sup>2</sup>
1/2"	0.625"	0.572"	0.544"	0.494"	0.028"	0.040"	0.065"	4.083 lb	5.705 lb	12.813 lb	4,032 lb/pulg <sup>2</sup>	5,760 lb/pulg <sup>2</sup>	6,685 lb/pulg <sup>2</sup>
12.7 mm	15.875 mm	14.453 mm	13.843 mm	12.573 mm	0.711 mm	1.016 mm	1.651 mm	1.854 kg	2.590 kg	5.817 kg	283.45 kg/cm <sup>2</sup>	404.92 kg/cm <sup>2</sup>	469.95 kg/cm <sup>2</sup>
3/4"	0.875"	0.811"	0.784"	0.744"	0.032"	0.045"	0.065"	6.566 lb	9.110 lb	16.799 lb	3,291 lb/pulg <sup>2</sup>	4,632 lb/pulg <sup>2</sup>	5,200 lb/pulg <sup>2</sup>
19 mm	22.225 mm	20.601 mm	19.939 mm	18.923 mm	0.812 mm	1.143 mm	1.651 mm	2.981 kg	4.136 kg	7.627 kg	231.35 kg/cm <sup>2</sup>	325.62 kg/cm <sup>2</sup>	209.00 kg/cm <sup>2</sup>
1"	1.125"	1.054"	1.024"	0.994"	0.035"	0.050"	0.065"	9.310 lb	13.114 lb	20.824 lb	2,800 lb/pulg <sup>2</sup>	4,000 lb/pulg <sup>2</sup>	4,260 lb/pulg <sup>2</sup>
25 mm	28.575 mm	26.797 mm	26.035 mm	25.273 mm	0.889 mm	1.270 mm	1.651 mm	4.227 kg	5.954 kg	9.454 kg	196.84 kg/cm <sup>2</sup>	281.20 kg/cm <sup>2</sup>	299.47 kg/cm <sup>2</sup>
1 1/4"	1.375"	1.290"	1.264"	1.230"	0.042"	0.055"	0.072"	13.656 lb	17.700 lb	27.231 lb	2,749 lb/pulg <sup>2</sup>	3,600 lb/pulg <sup>2</sup>	3,988 lb/pulg <sup>2</sup>
32 mm	34.925 mm	32.791 mm	32.131 mm	31.267 mm	1.067 mm	1.397 mm	1.829 mm	6.200 kg	8.036 kg	12.363 kg	193.25 kg/cm <sup>2</sup>	253.08 kg/cm <sup>2</sup>	280.35 kg/cm <sup>2</sup>
1 1/2"	1.625"	1.526"	1.504"	1.459"	0.049"	0.060"	0.083"	18.821 lb	22.826 lb	41.249 lb	2,713 lb/pulg <sup>2</sup>	3,323 lb/pulg <sup>2</sup>	3,515 lb/pulg <sup>2</sup>
38 mm	41.275 mm	38.785 mm	38.227 mm	37.059 mm	1.245 mm	1.524 mm	2.108 mm	8.545 kg	10.363 kg	18.727 kg	190.72 kg/cm <sup>2</sup>	233.60 kg/cm <sup>2</sup>	247.10 kg/cm <sup>2</sup>
2"	2.125"	2.016"	1.984"		0.058"	0.070"		29.233 lb	35.042 lb		2,470 lb/pulg <sup>2</sup>	2,965 lb/pulg <sup>2</sup>	
51 mm	53.975 mm	51.029 mm	50.419 mm		1.473 mm	1.778 mm		13.272 kg	15.909 kg		173.65 kg/cm <sup>2</sup>	208.43 kg/cm <sup>2</sup>	
2 1/2"	2.625"	2.494"	2.464"		0.065"	0.080"		40.647 lb	49.658 lb		2,228 lb/pulg <sup>2</sup>	2,742 lb/pulg <sup>2</sup>	
64 mm	66.675 mm	63.373 mm	62.611 mm		1.651 mm	2.032 mm		18.454 kg	22.545 kg		156.62 kg/cm <sup>2</sup>	192.76 kg/cm <sup>2</sup>	
3"	3.125"	2.976"	2.944"		0.072"	0.090"		53.663 lb	66.645 lb		2,073 lb/pulg <sup>2</sup>	2,592 lb/pulg <sup>2</sup>	
76 mm	79.375 mm	75.597 mm	74.803 mm		1.889 mm	2.286 mm		24.363 kg	30.257 kg		145.73 kg/cm <sup>2</sup>	182.21 kg/cm <sup>2</sup>	
4"	4.125"	3.934"	3.904"		0.095"	0.110"		93.310 lb	107.729 lb		2,072 lb/pulg <sup>2</sup>	2,400 lb/pulg <sup>2</sup>	
102 mm	104.775 mm	99.949 mm	99.187 mm		2.413 mm	2.794 mm		42.363 kg	48.909 kg		145.65 kg/cm <sup>2</sup>	168.72 kg/cm <sup>2</sup>	

**TABLA 2a. Dimensiones y características de tubería de cobre tipo ACR**

Diámetro exterior	Diámetro exterior	Espesor de pared	Presión máxima permitida		Peso aproximado
pulg	mm	mm	kg/cm <sup>2</sup>	lbs/pulg <sup>2</sup>	kg/m
1/8	3,18	0.76	250	3,554	0.051
3/16	4,76	0.76	154	2,198	0.085
1/4	6,35	0.76	112	1,589	0.119
5/16	7,94	0.81	94	1,334	0.162
3/8	9,53	0.81	77	1,095	0.198
1/2	12,70	0.81	57	807	0.270
5/8	15,90	0.89	49	704	0.374
3/4	19,10	1.07	50	704	0.540
7/8	22,22	1.14	45	642	0.673

## DATOS TECNICOS

**TABLA 2b. Presiones de trabajo interno (kg/cm<sup>2</sup>) de tubo tipo M, L y K**

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Temperatura de servicio																		
			10°C (50°F) S=682.14 kg/cm <sup>2</sup>			38°C (100°F) S=421.94 kg/cm <sup>2</sup>			65°C (150°F) S=358.65 kg/cm <sup>2</sup>			93°C (200°F) S=337.55 kg/cm <sup>2</sup>			149°C (300°F) S=330.52 kg/cm <sup>2</sup>			205°C (400°F) S=210.97 kg/cm <sup>2</sup>			
			Tipo de tubería																		
pulg	mm	pulg	mm	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K	M	L	K
1/4	6	3/8	9.525	67.961	104.264	122.839	54.409	64.493	75.983	46.248	54.819	64.585	43.527	51.594	60.786	42.620	50.520	59.520	27.205	32.247	37.991
3/8	10	1/2	12.700	65.131	88.952	129.198	40.287	55.022	79.916	34.244	46.769	67.929	32.230	44.017	63.933	31.568	43.100	62.601	20.144	27.511	39.958
1/2	13	5/8	15.875	56.375	82.340	101.818	34.871	50.932	62.979	29.640	43.292	53.532	27.897	40.748	50.383	27.316	39.897	19.33	17.436	25.466	31.489
3/4	19	7/8	22.225	46.473	68.389	97.264	28.748	41.065	60.163	24.434	34.906	51.138	22.997	32.852	48.131	22.518	32.158	47.128	14.373	20.533	30.082
1	25	1 1/8	28.575	38.421	58.375	74.703	23.765	34.871	46.208	20.201	29.640	39.277	19.012	27.897	36.966	18.616	27.316	36.196	11.883	17.436	23.104
1 1/4	32	1 3/8	34.925	38.548	50.081	60.638	23.844	30.966	37.508	20.267	26.321	31.882	19.075	24.773	30.006	18.678	24.256	29.381	11.922	15.483	18.754
1 1/2	38	1 5/8	41.275	37.772	46.588	56.375	23.364	28.617	34.871	19.860	24.495	29.640	18.591	23.054	27.897	18.302	22.574	27.316	11.682	14.409	17.436
2	51	2 1/8	53.975	34.056	41.424	53.550	21.066	25.623	30.649	17.906	21.780	26.052	16.853	20.499	24.520	16.502	20.071	24.009	10.022	12.812	15.325
2 1/2	64	2 3/8	66.675	31.234	38.264	45.351	19.320	23.666	28.052	16.422	20.118	23.845	15.456	18.935	22.442	15.134	18.540	21.974	9.660	11.834	14.026
3	78	3 1/8	79.375	28.857	36.104	43.881	17.850	22.332	27.143	15.172	18.982	23.071	14.280	17.666	21.714	13.982	17.401	21.262	8.925	11.186	13.571
4	102	4 1/8	104.775	28.584	33.389	40.975	17.681	20.653	25.345	15.028	17.555	21.544	14.144	16.522	20.278	13.850	16.178	19.854	8.840	10.326	12.673

**TABLA 2b. Presiones de trabajo interno (kg/cm<sup>2</sup>), USOS GENERALES**

Diámetro nominal	Diámetro exterior		Temperatura de servicio												
			10°C (50°F) S=682.14 kg/cm <sup>2</sup>		38°C (100°F) S=421.94 kg/cm <sup>2</sup>		65°C (150°F) S=358.65 kg/cm <sup>2</sup>		121°C (250°F) S=334.74 kg/cm <sup>2</sup>		177°C (350°F) S=286.22 kg/cm <sup>2</sup>		205°C (400°F) S=210.97 kg/cm <sup>2</sup>		
			Tipo de tubería												
pulg	mm	pulg	mm	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen	Refrig.	U. Gen
1/8	3.175	1/8	3.175	356.37	356.37	220.43	220.43	187.37	187.37	176.35	176.35	172.67	172.67	110.22	110.22
3/16	4.763	3/16	4.763	211.11	211.11	137.39	137.39	116.78	116.78	109.91	109.91	107.62	107.62	68.69	68.69
1/4	6.350	1/4	6.350	161.33	161.33	99.79	99.79	84.82	84.82	79.83	79.83	78.17	78.17	49.90	49.90
5/16	7.938	5/16	7.938	136.84	136.84	84.64	84.64	71.95	71.95	67.71	67.71	66.30	66.30	42.32	42.32
3/8	9.525	3/8	9.525	112.53	112.53	69.60	69.60	59.16	59.16	55.68	55.68	54.52	54.52	34.80	34.80
1/2	12.700	1/2	12.700	83.03	83.03	51.36	51.36	43.65	43.65	41.08	41.08	40.23	40.23	25.68	25.68
5/8	15.675	5/8	15.675	70.43	70.43	43.56	43.56	37.03	37.03	34.85	34.85	34.12	34.12	21.78	21.78
3/4	19.050	3/4	19.050	58.29	58.29	36.05	36.05	30.65	30.65	28.84	28.84	28.24	28.24	18.03	18.03

## **2 GUÍA DE CÁLCULO DE PÉRDIDAS DE CARGA DE PRESSMAN**



**PÉRDIDA DE CARGA  
EN TUBERÍAS**

ACERO NEGRO en medidas de pulgadas .....	10
ACERO NEGRO en medidas de milímetros .....	16
ACERO INOXIDABLE .....	22
COBRE .....	28
MULTICAPA .....	34
POLIETILENO RETICULADO-PEX.....	40
POLIPROPILENO-PP.....	46
POLIETILENO-PE PN 10 .....	52
POLIETILENO-PE PN 16 .....	54
POLIETILENO-PE PN 25 .....	56
VALOR DEL COEFICIENTE DE PÉRDIDA $\xi$ .....	58
PÉRDIDA DE CARGA LOCALIZADA .....	60

## ANEXO I

# PÉRDIDA DE CARGA EN TUBERÍAS

La pérdida de carga es la disminución de la presión en el interior de las tuberías causada por el movimiento del fluido. Para conocer su valor se necesita saber sobre todo:

- Las dimensiones de las tuberías por las que circula el fluido
- Las características de la bomba que sirve para mantener en movimiento el fluido.

Las pérdidas de carga pueden ser continuas o localizadas:

- las continuas se producen a lo largo de toda la línea de la conducción.
- Las localizadas se producen en puntos singulares, generalmente correspondientes a piezas especiales que hacen variar la dirección o la sección de paso del fluido (reducciones, derivaciones, codos, válvulas, filtros, etc.)

### 1. PÉRDIDAS DE CARGA CONTINUA

Para cada metro de tubo, la pérdida de carga continua del agua se puede calcular con la fórmula siguiente:

$$r = F_a \cdot \frac{1}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

Donde:

- r = pérdida de carga continua unitaria, Pa/m
- F<sub>a</sub> = factor de rozamiento, adimensional
- ρ = peso específico del agua, kg/m<sup>3</sup>
- v = velocidad media del agua, m/s
- D = diámetro interno del tubo, m

De todos los términos de la ecuación solo está indeterminado, una vez seleccionada una tubería, el factor de rozamiento F<sub>a</sub>. Este factor depende fundamentalmente de:

- El régimen de movimiento del fluido
- De la rugosidad del tubo

#### 1.1. RÉGIMEN DE MOVIMIENTO DEL FLUIDO

El régimen del movimiento del fluido puede ser:

- **Laminar**, cuando las partículas del fluido tienen trayectorias paralelas entre sí (el movimiento es lento y regular).
- **Turbulento**, cuando las partículas del fluido se mueven de forma irregular y variable en el tiempo (el movimiento es desordenado e inestable).
- **Transitorio**, cuando el movimiento no es claramente ni laminar ni turbulento.

El régimen de movimiento de un fluido se caracteriza por su número de Reynolds:

$$R_e = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

Donde:

- Re = número de Reynolds, adimensional
- V = velocidad media del fluido, m/s
- ν = viscosidad cinemática del fluido, m<sup>2</sup>/s

En relación con el número de Reynolds el movimiento del fluido puede establecerse de la siguiente manera:

- Laminar** para Re < 2000
- Transitorio** para 2000 < Re < 2500
- Turbulento** para Re > 2500

Para el cálculo de las pérdidas de carga el régimen transitorio (su campo de validez es limitado y no siempre están claros los valores límite) se asimila generalmente al régimen turbulento, que es modo de movimiento con mayor desorden y en el cual es mayor la pérdida de carga.

Sustituyendo en la fórmula del número de Reynolds  $Re$  por el valor 2000 es posible obtener el cálculo de la velocidad crítica de cambio de régimen por encima de la cual el movimiento no puede ser laminar:

$$v^* = \frac{2000 \cdot \nu}{D}$$

Como se puede observar, la velocidad crítica es inversamente proporcional al diámetro de la tubería por lo que es mayor en tubos pequeños que en tubos grandes.

En los tubos más pequeños esta velocidad crítica aún es menor que la que normalmente se emplea en las instalaciones térmicas. En este ámbito, por tanto, interesa sobre todo calcular la pérdida de carga continua en régimen turbulento.

**Velocidad crítica del agua [m/s]**

T [°C]	$\nu$ [m <sup>2</sup> /s]	1/2" 16,4 mm	1" 27,4 mm	2" 53,2 mm
10	$1,30 \cdot 10^{-6}$	0,16	0,09	0,05
50	$0,54 \cdot 10^{-6}$	0,07	0,04	0,02
80	$0,39 \cdot 10^{-6}$	0,05	0,03	0,01

**1.2. RUGOSIDAD**

Para los diferentes tubos que se emplean en las instalaciones térmicas podemos considerar dos clases de rugosidad:

- Baja rugosidad que comprende los tubos de cobre, acero inoxidable y materiales plásticos.
- Media rugosidad que comprende los tubos de acero negro y galvanizado.

**1.3. DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE FRICCIÓN**

En régimen laminar  $F_a$  se determina con la siguiente fórmula:

$$F_a = \frac{64}{R_e}$$

En el régimen turbulento se determina con la fórmula de **Colebrook**. Esta fórmula requiere un método de cálculo por aproximación sucesiva bastante complejo. Por este motivo en la práctica se recurre a formulas simplificadas.

Medidas de laboratorio han comprobado la validez de la fórmula de **Blassius** para tubos de baja rugosidad.

$$F_a = 0,316 \cdot R_e^{-0,25}$$

Y se ha elaborado una buena aproximación para los tubos de rugosidad media:

$$F_a = 0,07 \cdot R_e^{-0,13} \cdot D^{-0,14}$$

**1.4. FÓRMULA UTILIZABLE PARA EL CÁLCULO DE PERDIDAS DE CARGA CONTINUA**

Para un uso práctico de estas fórmulas comúnmente se sustituye la velocidad del fluido por su correspondiente caudal. La pérdida de carga se calcula generalmente en base al caudal que circula por los tubos.

## 2. CUADRO RESUMEN DE FÓRMULAS DE CÁLCULO DE PERDIDA DE CARGA CONTINUA EN TUBERÍAS DE AGUA

### 2.1. FÓRMULA PARA LA PÉRDIDA DE CARGA CONTINUA

$$r = F_a \cdot \frac{1}{D} \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

Donde:

r = pérdida de carga continua unitaria, Pa/m

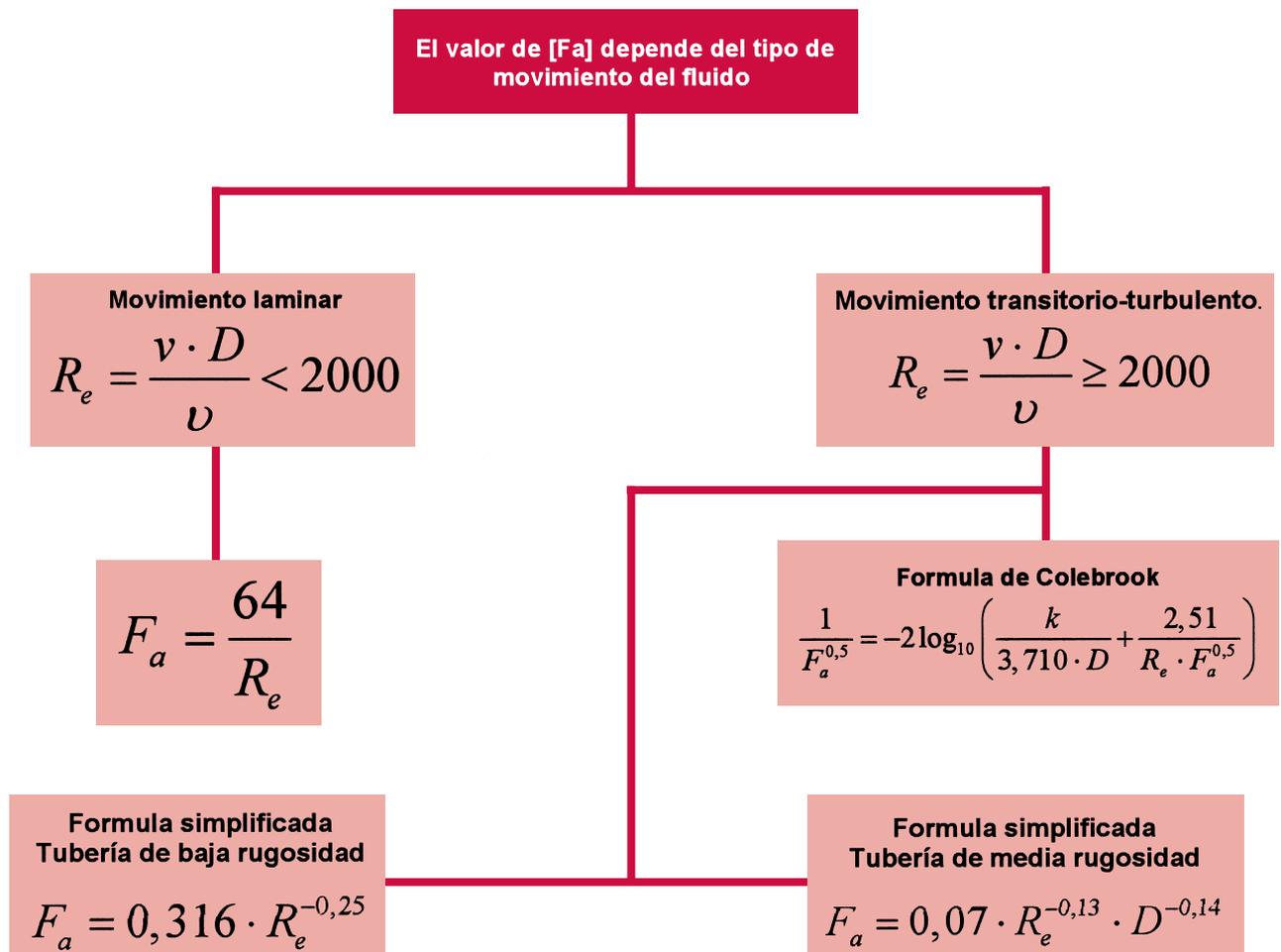
Fa = factor de rozamiento, adimensional

$\rho$  = peso específico del agua, kg/m<sup>3</sup>

v = velocidad media del agua, m/s

D = diámetro interno del tubo, m

### 2.2. FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN



Donde:

Fa = factor de rozamiento, adimensional

Re = número de Reynolds, adimensional

D = diámetro interno del tubo, m

$\nu$  = viscosidad cinemática, m<sup>2</sup>/s

k = rugosidad absoluta, mm

v = velocidad media del fluido, m/s

### 3. PÉRDIDAS DE CARGA LOCALIZADAS

Estas son las pérdidas de carga debidas a la presencia de piezas especiales en la red de tuberías que hacen variar la dirección o la sección por donde circula el fluido.

Pueden ser calculadas con uno de los siguientes métodos:

Método directo: utilizando coeficientes que dependen de la forma y dimensiones de las piezas especiales.

Método del caudal nominal: recurre, para cada pieza especial, al valor de su caudal nominal; esto es, al caudal que le corresponde para una pérdida de presión unitaria predefinida (por ejemplo 1 bar).

Método de la longitud equivalente: sustituye, cada pieza especial, por un tramo lineal de tubo equivalente que da la misma pérdida de carga.

En general para el dimensionamiento de los tubos y la bomba se recurre al método directo, en cuanto que es suficientemente exacto y fácil de utilizar en la práctica.

Con este método las pérdidas de carga localizadas las podemos calcular mediante la fórmula:

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2}$$

Donde:

$z$  = pérdida de carga localizada, Pa

$\xi$  = coeficiente de pérdida de carga, adimensional

$\rho$  = peso específico del agua, kg/m<sup>3</sup>

$v$  = velocidad media del agua, m/s

Expresando las pérdidas de carga en unidades de uso práctico (mm.c.a.) la fórmula anterior queda:

$$z = \xi \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2 \cdot 9,81}$$

El valor del coeficiente [ $\xi$ ] puede ser calculado con fórmulas matemáticas (en el caso de geometrías simples) o determinado en pruebas de laboratorio.

Tablas de pérdidas de carga localizadas.

Para determinar el valor de la pérdida de carga localizada, se utilizan generalmente el siguiente tipo de tablas.

#### 3.1. TABLAS DE COEFICIENTES DE PÉRDIDA DE CARGA LOCALIZADAS [ $\xi$ ]

Indican el valor del coeficiente [ $\xi$ ] relativo a los accesorios y componentes más empleados en las instalaciones hidrosanitarias.

Para algunos componentes (como por ejemplo: los intercambiadores, el colector, la válvula de zona) no se disponen de valores genéricos del coeficiente [ $\xi$ ] se deben obtener directamente de las especificaciones del producto del fabricante, ya que su valor varía mucho de un producto a otro.

#### 3.2. TABLAS DE PÉRDIDA DE CARGA LOCALIZADA [ $z$ ]

Son las tablas que indican el valor de la pérdida de carga localizada [ $z$ ] en función del coeficiente [ $\xi$ ] y de la velocidad del agua [ $v$ ].

La pérdida localizada varía con la temperatura aunque de un modo menos sensible que la pérdida continua.

Proponemos como forma fácil de calcular la pérdida de carga localizada [ $z$ ] el uso de dos tablas con valores referidos a 10 y 80 °C.

Con temperaturas intermedias del agua (comprendidas entre 10 y 80 °C) se puede utilizar la tabla que más se acerque a esa temperatura. No son necesarias posteriores correcciones dado que las variaciones en cada elemento no son muy elevadas, ya que dependen solo del peso específico del agua.

Valor del coeficiente de pérdida de carga localizada  $\xi$  (red de distribución)

Diámetro interno tubo de acero inox, cobre y material plástico		8 + 16 mm	18 + 28 mm	30 + 54 mm	> 54 mm
Diámetro del tubo de acero		3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"
Tipo de resistencia localizada	<i>Simbolo</i>				
Curva estrecha a 90° <i>r/d = 1,5</i>		2,0	1,5	1,0	0,8
Curva normal a 90° <i>r/d = 2,5</i>		1,5	1,0	0,5	0,4
Curva larga a 90° <i>r/d &gt; 3,5</i>		1,0	0,5	0,3	0,3
Curva estrecha en U <i>r/d = 1,5</i>		2,5	2,0	1,5	1,0
Curva normal en U <i>r/d = 2,5</i>		2,0	1,5	0,8	0,5
Curva larga en U <i>r/d &gt; 3,5</i>		1,5	0,8	0,4	0,4
Ampliación		1,0			
Reducción		0,5			
Derivación simple con T a 90°		1,0			
Confluencia simple con T a 90°		1,0			
Desviación doble con T a 90°		3,0			
Confluencia doble con T a 90°		3,0			
Derivación simple con ángulo inclinado (45° - 60°)		0,5			
Confluencia simple con ángulo inclinado (45° - 60°)		0,5			
Derivación con curva divisoria		2,0			
Confluencia con curva de llegada		2,0			

Valor del coeficiente de pérdida localizada  $\xi$  (componentes de la instalación)

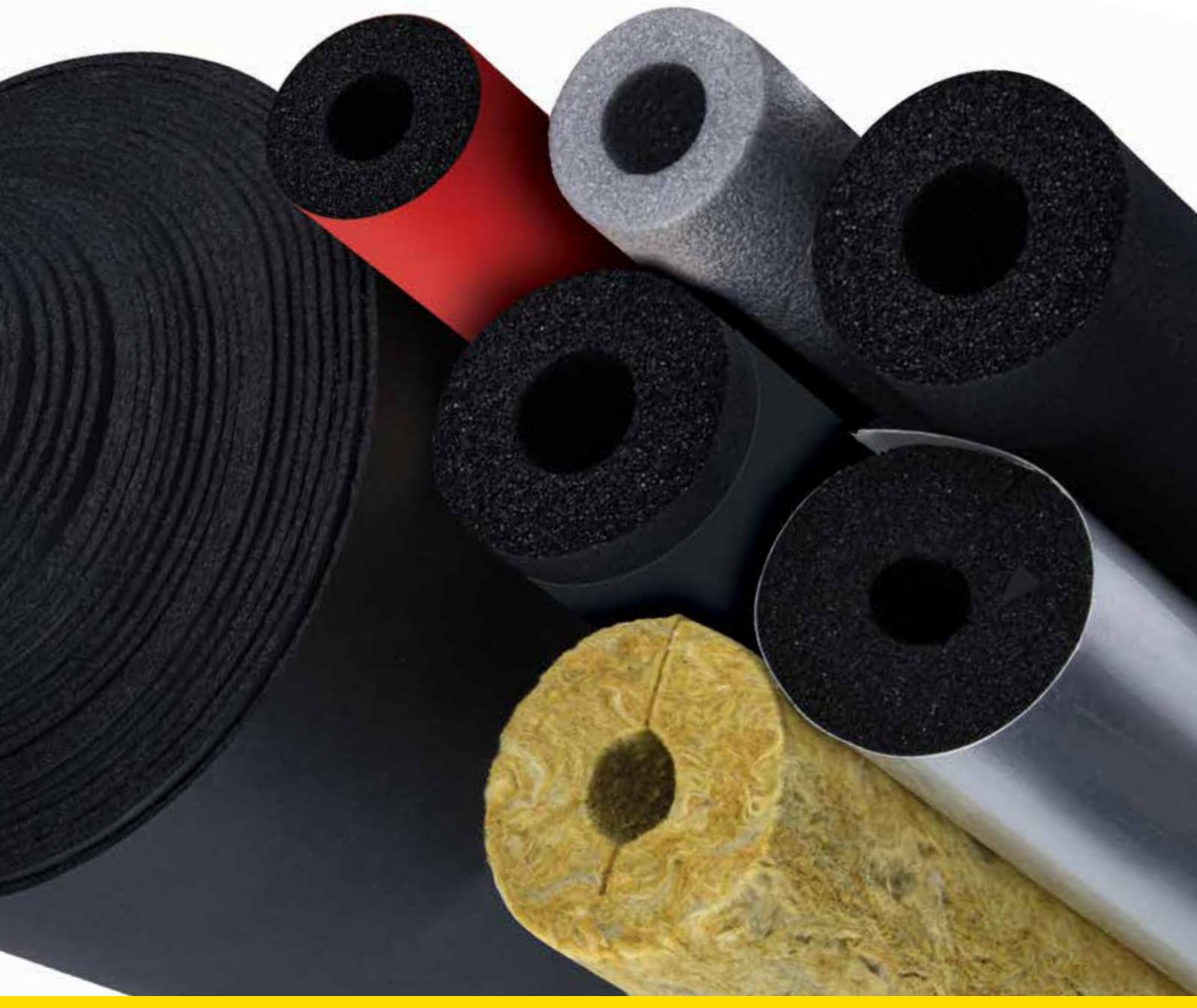
Diámetro interno del tubo de acero inox, cobre y material plástico		8 ÷ 16 mm	18 ÷ 28 mm	30 ÷ 54 mm	> 54 mm
Diámetro exterior del tubo de acero		3/8" ÷ 1/2"	3/4" ÷ 1"	1 1/4" ÷ 2"	> 2"
Tipo de resistencia localizada	Símbolo				
Válvula de corte directo		10,0	8,0	7,0	6,0
Válvula de corte inclinada		5,0	4,0	3,0	3,0
Saracinesca de paso reducido		1,2	1,0	0,8	0,6
Saracinesca de paso total		0,2	0,2	0,1	0,1
Válvula de esfera paso reducido		1,6	1,0	0,8	0,6
Válvula de esfera paso total		0,2	0,2	0,1	0,1
Válvula de mariposa		3,5	2,0	1,5	1,0
Valvula antirretorno		3,0	2,0	1,0	1,0
Válvula para emisor térmico directa		8,5	7,0	6,0	—
Válvula para emisor térmico en escuadra		4,0	4,0	3,0	—
Detentor directo		1,5	1,5	1,0	—
Detentor en escuadra		1,0	1,0	0,5	—
Válvula de cuatro vías		6,0		4,0	
Válvula de tre vías		10,0		8,0	
Paso a través de radiador		3,0			
Paso a través de caldera de suelo		3,0			

### **3 CATÁLOGO DE K-FLEX**



FEBRERO 2023

# CATÁLOGO + LISTA DE PRECIOS





## OFICINAS

### CENTROS LOGÍSTICOS

- ▶ **MADRID**  
Rio Odiel, 2 Nave II  
Pol. Ind. C.L.A.  
28906 Getafe  
(MADRID)  
Tel.: 916 768 937 – 638 672 928  
Fax: 916 560 012
- ▶ **BARCELONA**  
Energía, 63 y 65  
Pno. Nord Est – Sector Can Sellarès  
08740 - Sant Andreu de la Barca  
(BARCELONA)  
Tel.: 936 829 009 – 626 616 734  
Fax: 936 822 660
- ▶ **BILBAO**  
Zubieta, 44 Polígono Isasi  
48192 – Gordexola (BIZKAIA)  
Tel.: 946 671 230  
Fax: 946 390 891  
[info@rpmartin.es](mailto:info@rpmartin.es)
- ▶ **VIGO**  
Ctra. Camposancos, 287  
Nave Km. 135  
36330 - Vigo (PONTEVEDRA)  
Tel.: 986 462 002  
Fax: 986 460 120  
[comercial@acastelo.com](mailto:comercial@acastelo.com)

## DEPARTAMENTO

### TÉCNICO - COMERCIAL

- ▶ **Juan Ramón Cáceres Ramos**  
DIRECTOR COMERCIAL  
móvil: +34 600 404 349  
[jrcaceres@k-flex.es](mailto:jrcaceres@k-flex.es)
- ▶ **Francisco Santos Díaz**  
MADRID  
móvil: 670 711 065  
[fsantos.representaciones@gmail.com](mailto:fsantos.representaciones@gmail.com)
- ▶ **Rogelio Andrés Honorato**  
CASTILLA y LEÓN  
móvil: 649 195 161  
[r.andres2@cgac.es](mailto:r.andres2@cgac.es)
- ▶ **Antonio Castelo Silveira**  
GALICIA  
móvil: 670 460 136  
[antonio@acastelo.com](mailto:antonio@acastelo.com)
- ▶ **Luis Ignacio Martín Santibáñez**  
PAÍS VASCO, CANTABRIA  
ASTURIAS, NAVARRA, BURGOS,  
SORIA y LA RIOJA  
móvil: 629 406 084  
[info@rpmartin.es](mailto:info@rpmartin.es)
- ▶ **Juan Luis Tejeiro Barrionuevo**  
ANDALUCÍA  
móvil: 609 512 812  
[kflex@condiziodata.com](mailto:kflex@condiziodata.com)
- ▶ **Alberto Corbin Vila**  
ASESOR TÉCNICO  
móvil: 670 972 101  
[acorbin@k-flex.es](mailto:acorbin@k-flex.es)
- ▶ **Jorge Alberto Seara Blanco**  
CATALUÑA - BALEARES - ANDORRA  
móvil: +34 661 621 337  
[jseara@k-flex.es](mailto:jseara@k-flex.es)
- ▶ **Carlos Esteve López**  
CASTELLÓN y VALENCIA  
móvil: 629 148 822  
[pedidos@carlosesteve.es](mailto:pedidos@carlosesteve.es)
- ▶ **Carlos Aparicio Coloma**  
ALICANTE y MURCIA  
móvil: 650 656 786  
[carlos@aparicio.biz](mailto:carlos@aparicio.biz)
- ▶ **Pedro Palacios Segura**  
CASTILLA - LA MANCHA  
EXTREMADURA  
móvil: 616 949 569  
[pedropalaciosriopar@gmail.com](mailto:pedropalaciosriopar@gmail.com)
- ▶ **Francisco Correa Fuentes**  
ISLAS CANARIAS  
móvil: 629 174 024  
[franciscocorrea@primercodigo.es](mailto:franciscocorrea@primercodigo.es)

### ATENCIÓN AL CLIENTE

- ▶ +34 902 443 444
- ▶ +34 916 768 937
- ▶ +34 936 829 009  
[info@k-flex.es](mailto:info@k-flex.es)

- ▶ **MADRID**
- ▶ **Noelia T. San Martín**  
[noelia.t@k-flex.es](mailto:noelia.t@k-flex.es)
- ▶ **BARCELONA**
- ▶ **Francisco Martín**  
[fmartin@k-flex.es](mailto:fmartin@k-flex.es)
- ▶ **David Crespo Alonso**  
[dcrespo@k-flex.es](mailto:dcrespo@k-flex.es)
- ▶ **Yolanda Sacedo Tejedor**  
[ysacedo@k-flex.es](mailto:ysacedo@k-flex.es)
- ▶ **Vanessa Calleja Calpe**  
[vcalleja@k-flex.es](mailto:vcalleja@k-flex.es)
- ▶ **Daniel González Pérez**  
[dgonzalez@k-flex.es](mailto:dgonzalez@k-flex.es)

## INDICE

▶ 01	INFORMACIÓN GENERAL	4 - 7
▶ 02	AISLAMIENTO TÉRMICO	8 - 21
	K-FLEX® ECO	22 - 27
	K-FLEX® ST	28 - 43
	K-FLEX® SRC-SRC ECO	44 - 51
	K-FLEX® ST DUCT	52 - 57
	K-FLEX® ST FRIGO	58 - 63
	K-FLEX® EC/H y EC/R	64 - 69
	K-FLEX® SOLAR HT, SOLAR R y TWIN SOLAR	70 - 91
	K-FLEX® COLOR SYSTEM	92 - 99
	K-FLEX® K-ROCK	100 - 117
	K-FLEX® AL CLAD SYSTEM	118 - 157
	K-FLEX® IN CLAD SYSTEM	158 - 179
	K-FLEX® IC CLAD SYSTEM	180 - 189
	K-FLEX® PE	190 - 197
▶ 03	PROTECCIÓN PASIVA CONTRA EL FUEGO	198- 213
	Collarines, Bandas, Sellantes, Mortero	
04	AISLAMIENTO PARA ACCESORIOS	214 - 219
	K-FLEX® K-BOX	
▶ 05	AISLAMIENTO ACÚSTICO	220 - 233
	Fonoabsorbentes, Fonoaislantes, Antivibratorios	
▶ 06	CINTAS ADHESIVAS	234 - 251
	ALUMINIO, AMERICANA, PVC, ANTICONDENSACIÓN	
▶ 07	ACCESORIOS	252 - 269
	K-FLEX® BLECH: ALUMINIO 0,6 y K-FLEX® pack: pvc	
	ADHESIVOS, BARNICES y DISOLVENTES	
▶ 08	SOPORTES AISLANTES	270 - 277
▶ 09	OTRAS INFORMACIONES	278 - 281

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

Puede descargar esta tarifa en formato PDF en:

<http://kflex.com/es/zona-de-descarga/catalogo-lista-de-precios-k-flex>



# ***AISLAMIENTO TÉRMICO***



## **K-FLEX® AISLAMIENTO TÉRMICO**

La gama de aislamientos térmicos K-FLEX® ofrece todo lo necesario para cumplir con los requisitos de aislamiento térmico en instalaciones civiles e industriales, reduciendo el consumo de energía y evitando la condensación y corrosión bajo el aislamiento.

Instalaciones habituales:

- sistemas de refrigeración y aire acondicionado;
- instalaciones de fontanería, plantas industriales químicas y farmacéuticas;
- aislamiento de tuberías, accesorios y otros equipos;
- aislamiento de depósitos, sistemas solares y todo tipo de instalaciones OEM que requieren aislamiento térmico.

La gama de productos para el sector de construcción civil, cumple con la actual normativa europea sobre resistencia al fuego.

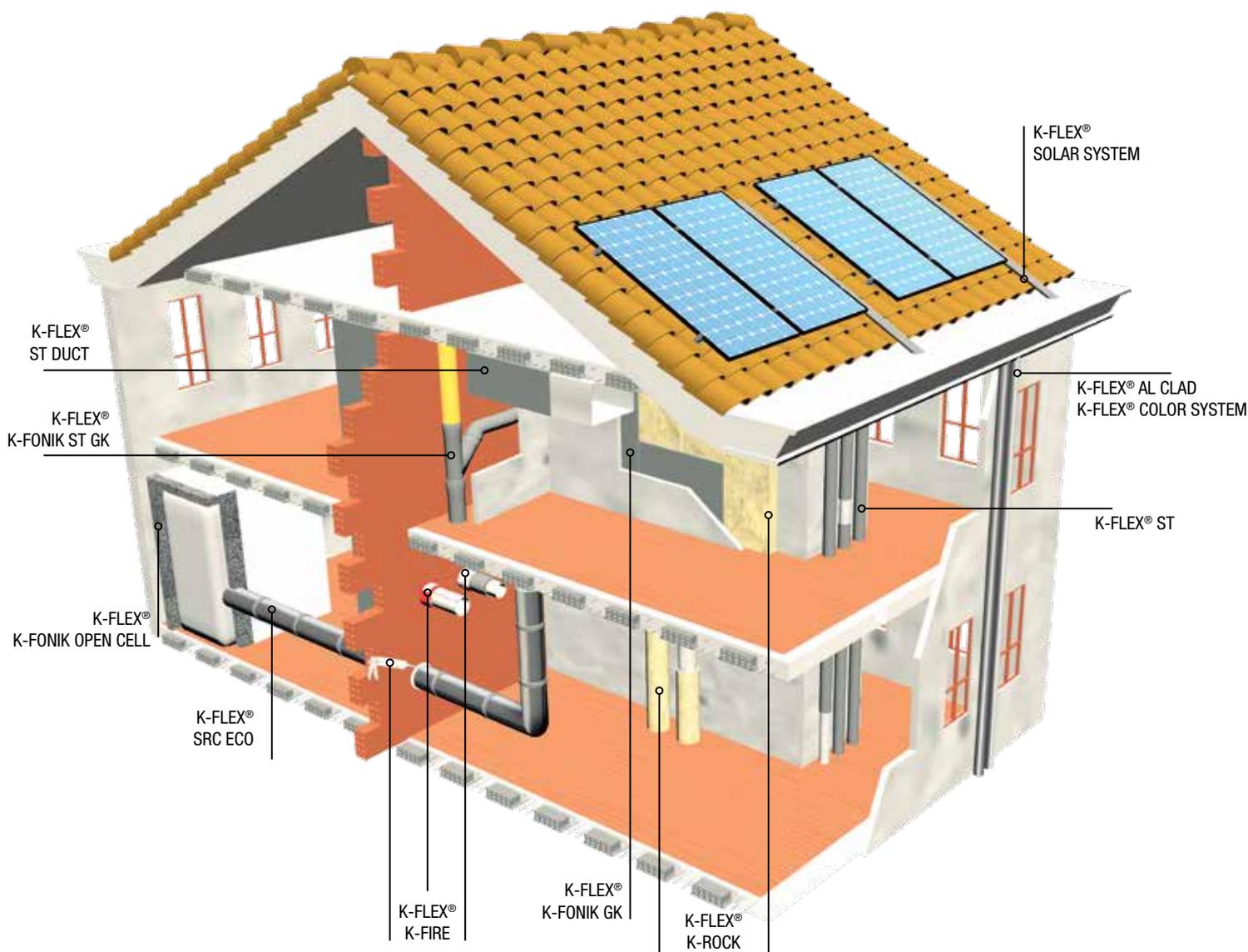
Para sectores específicos como el de la construcción naval, ferroviario, oil & gas, los productos K-FLEX® cuentan con las certificaciones internacionales más importantes de dichos campos de aplicación. La elección del recubrimiento final más adecuado, completa el sistema de aislamiento.

Los diferentes tipos de acabados (revestimientos) disponibles para los sistemas K-FLEX®, se ajustan a los requisitos más exigentes de la industria, ofreciendo una excelente protección mecánica, a los rayo UV, agentes químicos y medioambientales a la vez que un gran acabado estético.

## K-FLEX® ▶ AISLAMIENTOS Y SISTEMAS K-FLEX®

### EDIFICACIÓN:

K-FLEX® ofrece una amplia gama de productos y sistemas de aislamiento que garantizan los mejores resultados y eficiencia en las instalaciones. Desde aislamientos térmicos con un amplio campo de aplicaciones, sistemas de acabados para uso en intemperie, protección de las instalaciones, sistemas de protección pasiva contra el fuego, sistemas de insonorización de bajantes, recintos y maquinaria, son entre otras, las aplicaciones más habituales en el sector de la edificación.



### AISLAMIENTOS K-FLEX®

**K-FLEX® ST** Aislamiento térmico y prevención de la condensación.

**K-FLEX® ST DUCT** Aislamiento térmico y prevención de la condensación para conductos de ventilación.

**K-FLEX® SRC ECO** Aislamiento con baja emisión de humos ( $B_L$ -s1,d0)

**K-FLEX® K-ROCK** Aislamiento térmico y acústico (Euroclase A1<sub>l</sub>).

**K-FLEX® K-FONIK** Aislamiento acústico.

### SISTEMAS K-FLEX®

**K-FLEX® SOLAR SYSTEM** Aislamiento térmico para instalaciones de energía solar térmica.

**K-FLEX® AL CLAD SYSTEM** Sistema de recubrimiento en plástico/aluminio para instalaciones a la intemperie.

**K-FLEX® COLOR SYSTEM** Sistema de acabado en pintura de diferentes colores para colocación a la intemperie.

**K-FLEX® K-FIRE** Protección pasiva contra el fuego.

## **K-FLEX®** ▶ AISLAMIENTOS Y SISTEMAS K-FLEX®

### **INDUSTRIAL Y APLICACIONES ESPECIALES:**

En instalaciones industriales se hace necesario el uso de materiales con un comportamiento muy exigente. K-FLEX® dispone de una gama de productos y sistemas con el más alto nivel rendimiento:

- Aislamiento térmico para sistemas de criogenia, LNG, OIL&GAS.
- Amplio espectro de temperaturas de aplicación (desde -200°C hasta 680°C)
- Aislamientos para sectores naval, ferroviario y automotriz.
- Aislamiento acústico de sistemas industriales (ISO 15665).
- Depósitos y silos de gran tamaño.
- Sistemas de jacketing no metálico.

### **K-FLEX® IN CLAD JACKETING**

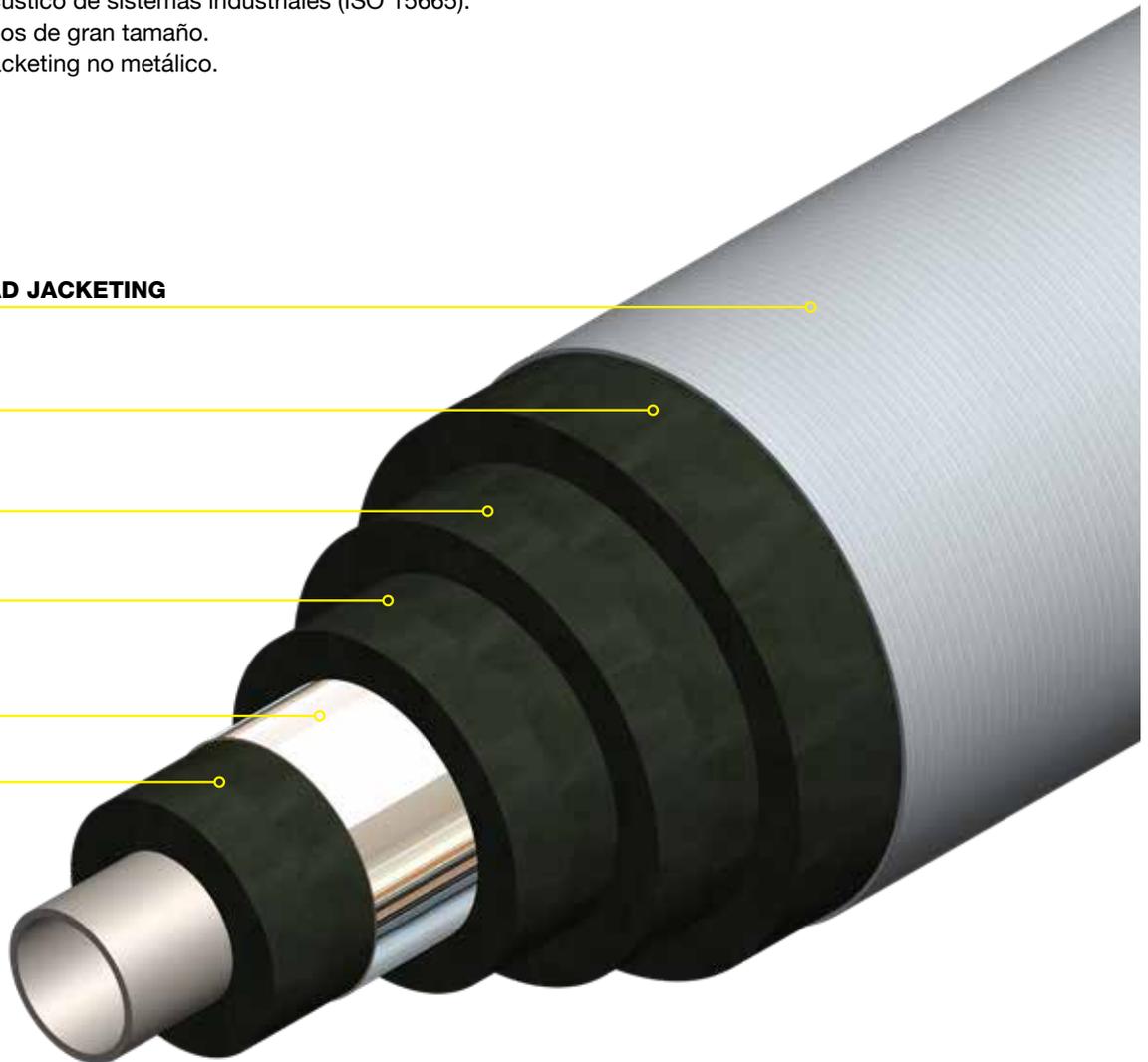
**K-FLEX® ST**

**K-FLEX® ST**

**K-FLEX® ST**

**K-FLEX® ALU**

**K-FLEX® ST**



### **AISLAMIENTOS K-FLEX®**

**K-FLEX® ST** Aislamiento térmico y prevención de la condensación.

**K-FLEX® ECO** Aislamiento térmico y prevención de la condensación libre de halógenos.

**K-FLEX® K-ROCK** Aislamiento térmico y acústico para aplicaciones de alta temperatura.

### **SISTEMAS K-FLEX®**

**K-FLEX® IN CLAD SYSTEM** Recubrimiento con alta resistencia mecánica y química.

**K-FLEX® IC CLAD SYSTEM** Recubrimiento de fibra de vidrio de alta resistencia mecánica.

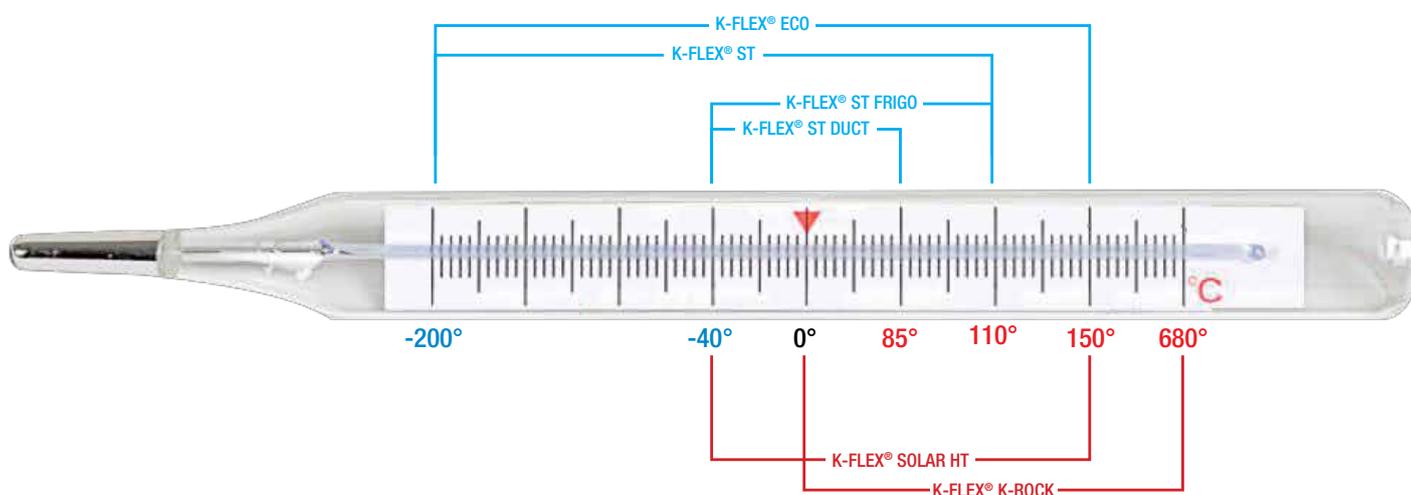
**K-FLEX® K-FONIK** Aislamiento acústico para sistemas industriales.

## K-FLEX® ▶ PRODUCTOS Y APLICACIONES

	 Frío Refrigeración	 Ventilación	 ACS y Calefacción	 Energía Solar Térmica	 Industrial	 Oil & Gas	 Naval Ferroviaria	 Libre de Halógenos	 Resistentes Rayos UV
K-FLEX® ST	•	•	•		•	•	•		
K-FLEX® ST DUCT	•	•	•						
K-FLEX® ST FRIGO	•	•	•						
K-FLEX® EC-H			•						
K-FLEX® EC-R			•						•
K-FLEX® ECO/ECO ALU	•	•	•		•	•	•	•	
K-FLEX® SRC/SRC ECO	•	•	•					•	
K-FLEX® SOLAR HT				•	•	•			•
K-FLEX® SOLAR R				•					•
K-FLEX® K-ROCK			•	•	•	•		•	
K-FLEX® TWIN SOLAR				•					•
K-FLEX® COLOR SYSTEM	•	•	•	•					•
K-FLEX® AL CLAD SYSTEM	•	•	•	•	•				•
K-FLEX® IN CLAD SYSTEM					•	•	•	•	•
K-FLEX® IC CLAD SYSTEM	•	•	•	•	•	•	•	•	

Requisitos especiales	Soluciones K-FLEX®
Protección medio ambiente /rayos UV	K-FLEX® AL CLAD SYSTEM K-FLEX® IN CLAD SYSTEM K-FLEX® COLOR CLAD SYSTEM
Acabado colores	K-FLEX® COLOR SYSTEM
Diseño estético	K-FLEX® COLOR SYSTEM K-FLEX® AL CLAD SYSTEM
Fácil de limpiar	Todos los sistemas K-FLEX®
Alta resistencia a agentes químicos	K-FLEX® IN CLAD SYSTEM
Resistencia mecánica	K-FLEX® AL CLAD SYSTEM K-FLEX® IN CLAD SYSTEM K-FLEX® IC CLAD SYSTEM
Resistencia a la difusión de vapor de agua	K-FLEX® AL CLAD SYSTEM K-FLEX® IN CLAD SYSTEM
Fácil y rápido de montar	Todos los sistemas K-FLEX®
Alta temperatura	K-FLEX® K-ROCK K-FLEX® SOLAR SYSTEM

## K-FLEX® ► RANGO DE TEMPERATURAS DE APLICACIÓN



Para aplicaciones por debajo de -40°C, póngase en contacto con nuestro departamento técnico.

	Mín. °C	Máx. °C
<b>K-FLEX® ECO</b>	-200	+150
<b>K-FLEX® ST</b>	-200	+110
<b>K-FLEX® SRC</b>	-40	+85
<b>K-FLEX® ST DUCT</b>	-40	+85
<b>K-FLEX® ST FRIGO</b>	-40	+110
<b>K-FLEX® EC-R / EC-H</b>	0	+110
<b>K-FLEX® SOLAR HT/SOLAR R/TWIN SOLAR</b>	-40	+150
<b>K-FLEX® K-ROCK</b>		+500 / +680

Los rangos de temperatura indicados son orientativos. Para comprobar las temperaturas máximas y mínimas de uso, compruebe las fichas técnicas de cada producto.

Para aplicaciones por debajo de -40°C, póngase en contacto con el departamento técnico.

## K-FLEX® ► TOLERANCIAS

K-FLEX® ► TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN NORMA 14304						
FORMATO	LONGITUD	ANCHURA	ESPESOR		DIÁMETRO INTERIOR	
			MEDIDA	TOLERANCIA	DI ≤ 100	DI > 100
Coquillas	±1,5%	-	e ≤ 8	±1,0	+1 a +4	+1 a +6
			8 < e ≤ 18	±1,5		
			18 < e ≤ 31	±2,5		
			dD > 31	±3,0		
Planchas	±1,5%	±2,0%	e ≤ 6	±1,0	-	
			6 < e ≤ 19	±1,5		
			e > 19	±2,0		
Rollos	+5,0% -1,5%	±2,0%	e ≤ 6	±1,0	-	
			6 < e ≤ 19	±1,5		
			e > 19	±2,0		
Cintas	+5,0% -1,5%	±2,0%	e = 3	-0,1 ÷ 1,5	-	

Todas las medidas en mm.

## K-FLEX® ► SOFTWARE



K-FLEX® pone a su disposición las herramientas más actuales y prácticas, tanto para el diseño como para el cálculo de los espesores idóneos, y poder reducir tanto los consumos energéticos como aumentar el rendimiento de las instalaciones y lo más importante, minimizar el coste económico del proyecto.

### ISOCALC 5.0:

Programa de cálculo para determinar diferentes parámetros:

- Espesores idóneos para evitar condensaciones
- Pérdidas de calor
- Temperaturas y tiempos de congelación
- Temperaturas superficiales, ...

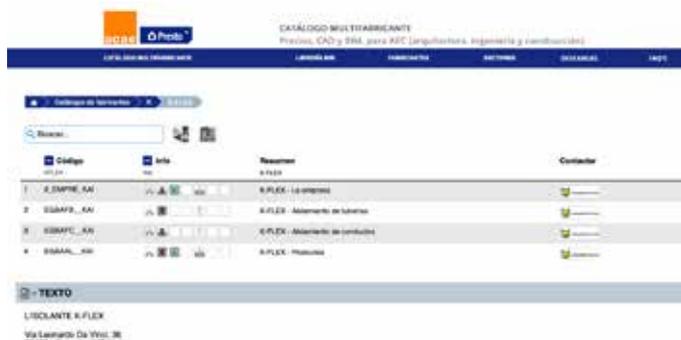


### Librería BIM:

Catálogo de objetos de los productos K-FLEX®, adaptados a REVIT para diseñar y modelar aislamientos es los proyectos.

### Base de datos PRESTO:

Aplicación integrada de ACAE para el control de los costes de proyectos de construcción.

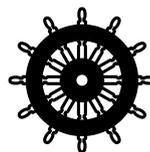


## K-FLEX® ► REDES SOCIALES

-  [www.kflex.com/es](http://www.kflex.com/es)
-  [www.linkedin.com/company/k-flex-europe](http://www.linkedin.com/company/k-flex-europe)
-  [www.youtube.com/user/ISOLANTEKFLEX/Videos](http://www.youtube.com/user/ISOLANTEKFLEX/Videos)
-  [www.facebook.com/KFLEXEurope](http://www.facebook.com/KFLEXEurope)
-  [www.acae.es/BD/-1X40/EM/EM12/KFLEX/K-FLEX.html](http://www.acae.es/BD/-1X40/EM/EM12/KFLEX/K-FLEX.html)

## K-FLEX® ► CERTIFICACIONES

Como parte de los sistemas de calidad implantados por **K-FLEX®**, compromiso con el medio ambiente y la mejora de la eficiencia energética en las instalaciones, se han implementado los sistemas de certificación basados en las normativas más exigentes y actuales de los diferentes mercados de aplicación de nuestros productos. **K-FLEX®** forma parte de las principales asociaciones y comités de normalización del mundo, ayudando a la implantación y unificación de normas para la aplicación de los sistemas de aislamientos térmicos y acústicos.



**K-FLEX®** dispone de la documentación necesaria para proyectos basados en normas tipo LEED, WELL, BREEAM, DGNB, así como certificaciones ECO-BAU (Minergie-Eco), GREENGUARD, FM APPROVED entre otras.

## RITE: VERSIÓN CONSOLIDADA MARZO 2021

*Artículo 12. Eficiencia energética, energías renovables y energías residuales.*

2. Distribución de fluidos: los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir los niveles adecuados de ventilación y que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación.

### **IT 1.2.4.2 Redes de tuberías y conductos.**

#### **IT 1.2.4.2.1 Aislamiento térmico de redes de tuberías.**

##### **IT 1.2.4.2.1.1 Generalidades.**

1. Todas las tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan:

a) fluidos refrigerados con temperatura menor que la temperatura del ambiente del local por el que discurran;

b) fluidos con temperatura mayor que 40°C cuando estén instalados en locales no calefactados, entre los que se deben considerar pasillos, galerías, patinillos, aparcamientos, salas de máquinas, falsos techos y suelos técnicos, entendiéndose excluidas las tuberías de torres de refrigeración y las tuberías de descarga de compresores frigoríficos, salvo cuando estén al alcance de las personas.

2. Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior del edificio, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. En la realización de la estanquidad de las juntas se evitará el paso del agua de lluvia.

3. Los equipos y componentes y tuberías, que se suministren aislados de fábrica, deben cumplir con su normativa específica en materia de aislamiento o la que determine el fabricante. En particular, todas las superficies frías de los equipos frigoríficos estarán aisladas térmicamente con el espesor determinado por el fabricante.

4. Para evitar la congelación del agua en tuberías expuestas a temperaturas del aire menores que la de cambio de estado se podrá recurrir a estas técnicas: empleo de una mezcla de agua con anticongelante, circulación del fluido o aislamiento de la tubería calculado de acuerdo a la norma UNE-EN ISO 12241, apartado 6. También se podrá recurrir al calentamiento directo del fluido incluso mediante «tracedo» de la tubería excepto en los subsistemas solares.

5. Para evitar condensaciones intersticiales se instalará una adecuada barrera al paso del vapor; la resistencia total será mayor que 50 MPa·m<sup>2</sup>·s/g. Se considera válido el cálculo realizado siguiendo el procedimiento indicado en el apartado 4.3 de la norma UNE-EN ISO 12241.

6. En toda instalación térmica por la que circulen fluidos no sujetos a cambio de estado, en general las que el fluido caloportador es agua, las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superarán el 4 % de la potencia máxima que transporta.

7. Para el cálculo del espesor mínimo de aislamiento se podrá optar por el procedimiento simplificado o por el alternativo. Para instalaciones de más de 70 kW debe utilizarse el método alternativo. En ningún caso el espesor mínimo debe ser menor al especificado en las tablas de la IT 1.2.4.2.1.2.

**IT 1.2.4.2.1.2 Procedimiento simplificado**

1. En el procedimiento simplificado los espesores mínimos de aislamientos térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior de la tubería sin aislar y de la temperatura del fluido en la red y para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m.K) deben ser los indicados en las siguientes tablas 1.2.4.2.1 a 1.2.4.2.5.
2. Los espesores mínimos de aislamiento de equipos, aparatos y depósitos deben ser iguales o mayores que los indicados en las tablas anteriores para las tuberías de diámetro exterior mayor que 140 mm.
3. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en las tablas anteriores aumentados en 5 mm, tal y como se refleja en la tabla 1.2.4.2.

**Tabla 1.2.4.2 Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan ACS que discurren por el interior y el exterior de los edificios**

Diámetro exterior (mm)	Aislamiento de tuberías para ACS			
	Interior		Exterior	
	RITE	K-FLEX®*	RITE	K-FLEX®*
D ≤ 35	30	20,0 - 23,4	40	32,1 - 35,0
35 < D ≤ 60	35	30,9 - 31,3	45	39,4 - 40,0
60 < D ≤ 90	35	31,3 - 31,6	45	40,0 - 40,4
90 < D ≤ 140	45	40,5 - 40,8	55	49,3 - 49,6
140 < D	45	40,8 -	55	49,8 -

\*Espesores válidos para K-FLEX® ST. Conductividad térmica ( $\lambda_{ref}$  10°C):  
 Espesor ≤ 25 mm: 0,034 W/(m·K) - Espesor > 25 mm: 0,034 W/(m·K)

4. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que conduzcan, alternativamente, fluidos calientes y fríos serán los obtenidos para las condiciones de trabajo más exigentes.
5. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías de retorno de agua serán los mismos que los de las redes de tuberías de impulsión.
6. Los espesores mínimos de aislamiento de los accesorios de la red, como válvulas, filtros, etc., serán los mismos que los de la tubería en que estén instalados.
7. El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 25 mm y de longitud menor que 10 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 10 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.  
 En las conexiones de equipos de refrigeración doméstico o equipos de energía solar, espacios reducidos de curvas y juntas se permitirá una reducción de 10 mm sobre los espesores mínimos.
8. Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a  $\lambda_{ref} = 0,040$  W/(m·K) a 10 °C, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones: para superficies planas:

$$d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$$

para superficies de sección circular:

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

donde:

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

$\lambda$ : conductividad térmica del material empleado, en W/(m·K)  $d_{ref}$ : espesor mínimo de referencia, en mm.

d: espesor mínimo del material empleado, en mm.

D: diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm.

ln: logaritmo neperiano (base 2,7183...).

EXP: significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis.

9. En cualquier caso se evitará la formación de condensaciones superficiales e intersticiales en instalaciones de frío y redes de agua fría sanitaria.

**Tabla 1.2.4.2.1: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el interior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)					
	40...60		> 60...100		> 100...150	
	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®**</b>
D ≤ 35	25	17,0 - 19,7	25	17,0 - 19,7	30	20,0 - 23,4
35 < D ≤ 60	30	23,5 - 24,1	30	23,5 - 24,1	40	35,2 - 35,7
60 < D ≤ 90	30	24,1 - 24,4	30	24,1 - 24,4	40	35,7 - 36,0
90 < D ≤ 140	30	24,5 - 24,8	40	36,1 - 36,3	50	44,9 - 45,2
140 < D	35	31,9 -	40	36,4 -	50	45,3 -

**Tabla 1.2.4.2.2: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos calientes que discurren por el exterior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)					
	40...60		> 60...100		> 100...150	
	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®</b>
D ≤ 35	35	22,9 - 30,8	35	22,9 - 30,8	40	32,1 - 35,0
35 < D ≤ 60	40	35,2 - 35,7	40	35,2 - 35,7	50	43,6 - 44,3
60 < D ≤ 90	40	35,7 - 36,0	40	35,7 - 36,0	50	44,3 - 44,8
90 < D ≤ 140	40	36,1 - 36,3	50	44,9 - 45,2	60	53,6 - 54,0
140 < D	45	40,8 -	50	45,3 -	60	54,2 -

**Tabla 1.2.4.2.3: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el interior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (°C)					
	> -10 ... 0		> 0 ... 10		> 10	
	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>
D ≤ 35	30	20,0 - 23,4	25	17,0 - 19,7	20	13,9 - 15,9
35 < D ≤ 60	40	35,2 - 35,7	30	23,5 - 24,1	20	16,0 - 16,3
60 < D ≤ 90	40	35,7 - 36,0	30	24,1 - 24,4	30	24,1 - 24,4
90 < D ≤ 140	50	44,9 - 45,2	40	36,1 - 36,3	30	24,5 - 24,8
140 < D	50	45,3 -	40	36,4 -	30	24,8

**Tabla 1.2.4.2.4: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de tuberías y accesorios que transportan fluidos fríos que discurren por el exterior de edificios**

Diámetro exterior (mm)	Temperatura mínima del fluido (°C)					
	> -10 ... 0		> 0 ... 10		> 10	
	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>
D ≤ 35	50	39,6 - 43,4	45	35,9 - 39,3	40	32,1 - 35,0
35 < D ≤ 60	60	51,9 - 52,8	50	43,6 - 44,3	40	35,2 - 35,7
60 < D ≤ 90	60	52,9 - 53,5	50	44,3 - 44,8	50	44,3 - 44,8
90 < D ≤ 140	70	62,3 - 62,8	60	53,6 - 54,0	50	44,9 - 45,2
140 < D	70	63,0 -	60	54,2	50	45,3 -

**Tabla 1.2.4.2.5: Espesores mínimos de aislamiento (mm) de circuitos frigoríficos para climatización (\*) en función del recorrido de las tuberías**

Diámetro exterior (mm)	interior de edificios (mm)		exterior de edificios (mm)	
	RITE	<b>K-FLEX®*</b>	RITE	<b>K-FLEX®*</b>
D ≤ 13	10	7,4 - 7,8	15	10,7 - 11,4
13 < D ≤ 26	15	11,6 - 11,9	20	15,0 - 15,7
26 < D ≤ 35	20	15,8 - 15,9	25	19,4 - 19,7
35 < D ≤ 90	30	23,5 - 24,4	40	35,2 - 36,0
90 < D	40	36,1 -	50	44,9 -

\*Espesores válidos para **K-FLEX® ST**. Conductividad térmica ( $\lambda_{ref}$  10°C):  
 Espesor ≤ 25 mm: 0,034 W/(m·K) - Espesor > 25 mm ≤ 0,037 W/(m·K)

\* Excluidos los procesos de frío industrial. Si el recorrido exterior de la tubería es superior a 25 m, se deberá aumentar estos espesores al espesor comercial inmediatamente superior, con un aumento en ningún caso inferior a 5 mm.

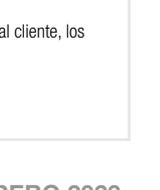
## IT 1.2.4.2.1.3 Procedimiento alternativo

1. El método de cálculo elegido para justificar el cumplimiento de esta opción tendrá en consideración los siguientes factores:
  - a) El diámetro exterior de la tubería.
  - b) La temperatura del fluido, máxima o mínima.
  - c) Las condiciones del ambiente donde está instalada la tubería, como temperatura seca, mínima o máxima respectivamente, la velocidad media del aire y, en el caso de fluidos fríos, la temperatura de rocío y la radiación solar.
  - d) La conductividad térmica del material aislante que se pretende emplear a la temperatura media de funcionamiento del fluido.
  - e) El coeficiente superficial exterior, convectivo y radiante, de transmisión de calor, considerando la emitancia del acabado y la velocidad media del aire.
  - f) La situación de las superficies, vertical u horizontal.
  - g) la resistencia térmica del material de la tubería.
2. El método de cálculo se podrá formalizar a través de un programa informático siguiendo los criterios indicados en la norma UNE-EN ISO 12241.
3. El estudio justificará documentalmente, por cada diámetro de la tubería, el espesor empleado del material aislante elegido, las pérdidas o ganancias de calor, las pérdidas o ganancias de las tuberías sin aislar, la temperatura superficial, y las pérdidas totales de la red.

## IT 1.2.4.2.2. Aislamiento térmico de redes de conductos

1. Los conductos y accesorios de la red de impulsión de aire dispondrán de un aislamiento térmico suficiente para que la pérdida de calor no sea mayor que el 4% de la potencia que transportan y siempre que sea suficiente para evitar condensaciones.
2. Cuando la potencia útil nominal a instalar de generación de calor o frío sea menor o igual que 70 kW son válidos los espesores mínimos de aislamiento para conductos y accesorios de la red de impulsión de aire que se indican:
  - a) Para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m.K), serán los siguientes:
    - i. En interiores 30 mm.
    - ii. En exteriores 50 mm.
  - b) Para materiales de conductividad térmica distinta de la anterior, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las ecuaciones del apartado 1.2.4.2.1.2.
  - c) El espesor mínimo de aislamiento de ramales finales de conductos de longitud menor de 5 metros se podrá reducir a 13 mm si existe impedimento físico demostrable de espacio.Para potencias mayores que 70 kW deberá justificarse documentalmente que las pérdidas no son mayores que las obtenidas con los espesores indicados anteriormente.
3. Las redes de retorno se aislarán cuando discurren por el exterior del edificio y, en interiores, cuando el aire esté a temperatura menor que la de rocío del ambiente o cuando el conducto pase a través de locales no acondicionados.
4. A efectos de aislamiento térmico, los aparcamientos se equiparán al ambiente exterior.
5. Los conductos de tomas de aire exterior se aislarán con el nivel necesario para evitar la formación de condensaciones.
6. Cuando los conductos estén instalados al exterior, la terminación final del aislamiento deberá poseer la protección suficiente contra la intemperie. Se prestará especial cuidado en la realización de la estanquidad de las juntas al paso del agua de lluvia.
7. Los componentes que vengan aislados de fábrica tendrán el nivel de aislamiento indicado por la respectiva normativa o determinado por el fabricante.

**K-FLEX® EMBALAJE ▶ TUBOS**

CAJA	PRODUCTOS	DIMENSIONES CAJAS (CM)			CAJAS/ PALLET	DIMENSIONES PALLETS (CM)			PALLETS/ CAMIÓN	PALLET**
		LONGITUD	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD*	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD	
	Tubos 2m: K-FLEX® ST K-FLEX® ECO K-FLEX® SOLAR HT K-FLEX® SOLAR R K-FLEX® EC/R	210	39	32	21 18	210 210	120 120	239 207	12	
	Tubos 2m: K-FLEX® COLOR	210	39	39	18	210	120	249	12	
	Tubos 2m: K-FLEX® PE	207,5	59	39	10	210	118	223	12	
	Tubos 1m: K-FLEX® COLOR K-FLEX® IC CLAD K-FLEX® IN CLAD K-FLEX® SRC ECO K-FLEX® AL CLAD K-FLEX® K-ROCK	108	39	39	36	210	120	255	12	
	Tubos en rollos: K-FLEX® SOLAR HT K-FLEX® SOLAR R	59	59	40	40	210	120	255	12	
	Tubos en rollos: K-FLEX® EC-H	49	49	28	72	210	120	250	12	
	Tubos en rollos (Cajas industriales): K-FLEX® ST FRIGO	80	80	40	18	210	120	255	12	
	Tubos en rollos: K-FLEX® ST FRIGO	51,5	50	21	88	210	120	246	12	

**K-FLEX® EMBALAJE ▶ K-FONIK**

CAJA	PRODUCTOS	DIMENSIONES CAJAS (CM)			CAJAS/ PALLET	DIMENSIONES PALLETS (CM)			PALLETS/ CAMIÓN	PALLET**
		LONGITUD	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD*	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD	
	K-FLEX® K-FONIK GK/GV: 1000 mm 1200 mm 1500 mm	102	19	16,5	16 de 1 a 5 1	120 120 130	80 80 110	12 12 12		
	K-FLEX® K-FONIK OPEN CELL	210	109	16,5	7	210	110	14		
	K-FLEX® K-FONIK ST GK	102	19	19	30	110	110	14		

Nota: los volúmenes de transporte están calculados para cargas completas. Este puede cambiar en función del tamaño del camión. Por favor, consulte con nuestro departamento de atención al cliente, los volúmenes de transporte para cargas especiales.

\* Número máximo por pallet.

\*\* Imágenes con fines ilustrativos, la cantidad de cajas/pallets, pueden variar de los mostrados.

Solicite al Dpto. Cial. la información del embalaje y logística sobre los productos K-FLEX® K-FONIK B, K-FLEX® K-FONIK P, K-FLEX® K-FONIK FIBER-P y K-FLEX® K-FONIK PU GK.

**K-FLEX® EMBALAJE ▶ PLANCHAS**

CAJA	PRODUCTOS	DIMENSIONES CAJAS (CM)			CAJAS/ PALLET	DIMENSIONES PALLETS (CM)			PALLETS/ CAMIÓN	PALLET**
		LONGITUD	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD*	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD	
	Planchas 1m: K-FLEX® ST K-FLEX® ECO K-FLEX® SOLAR HT K-FLEX® COLOR	104	52	52	16	210	120	235	12	
	K-FLEX® FONOMETAL	105	55	55	16	210	118	208,5		
	Planchas 1m: K-FLEX® AL CLAD K-FLEX® IC CLAD K-FLEX® IN CLAD	105	55	55	16	210	120	235	12	
	Planchas 1m: K-FLEX® ST K-FLEX® SRC/SRC ECO	106	40	41	36	210	120	261	12	
	Planchas 2x1m	219	108	18	12	210	120	235	12	
	Planchas en bolsa 1,0m: K-FLEX® ST	105	55	55	20	210	120	235	12	
	Planchas en bolsa 1,5m: K-FLEX® ST K-FLEX® ST DUCT	155	55		20	210	155	235***	8	

**K-FLEX® EMBALAJE ▶ SOLAR SYSTEM**

CAJA	PRODUCTOS	DIMENSIONES CAJAS (CM)			CAJAS/ PALLET	DIMENSIONES PALLETS (CM)			PALLETS/ CAMIÓN	PALLET**
		LONGITUD	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD*	LONGITUD	ANCHO	ALTURA	CANTIDAD	
	K-FLEX® TWIN SOLAR SYSTEM	80	80	29	14	160	80	218		
		80	80	39	12	160	80	249		
		80	80	55	8	160	80	235		
		80	80	65	6	160	80	210		
	K-FLEX® SOLAR R (Rollos)	60	60	45	40	212	118	245		
	K-FLEX® SOLAR R (Caja estándar)	39	32	210	21	212	118	245		
	K-FLEX® TWIN SOLAR SYSTEM SLIM	120	120	80	2	120	120	175		
		120	120	64	2	120	120	143		
		80	80	82	2	80	80	179		
		115	115	84	2	120	120	183		

Nota: los volúmenes de transporte están calculados para cargas completas. Este puede cambiar en función del tamaño del camión. Por favor, consulte con nuestro departamento de atención al cliente, los volúmenes de transporte para cargas especiales.

\* Número máximo por pallet.

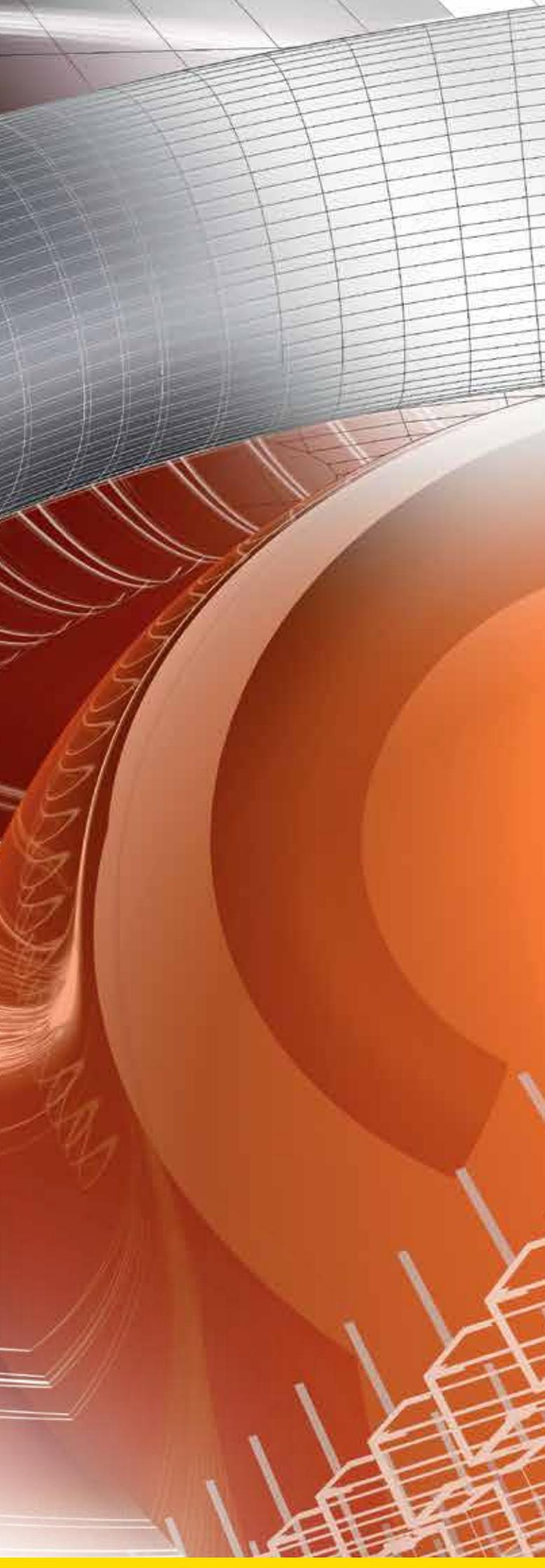
\*\* Imágenes con fines ilustrativos, la cantidad de cajas/pallets, pueden variar de los mostrados.

\*\*\*Dependiendo del espesor del aislamiento, el embalaje puede variar de tamaño, por lo que puede afectar a la altura total del pallet.

# **K-FLEX<sup>®</sup>**

## **ST**





### **K-FLEX® ST**

- ▶ Aislamiento elastomérico para instalaciones de tipo civil e industrial
- ▶ Alto rendimiento para todo tipo de instalaciones, con un rango de temperaturas de -200°C a +110°C
- ▶ Previene el riesgo de condensación y mejora el ahorro energético
- ▶ Reacción al fuego tipo euroclase B<sub>L</sub>-s2, d0
- ▶ Estructura micro celular cerrada y alto rendimiento técnico
- ▶ No favorece el crecimiento de moho, hongos y bacterias
- ▶ Ligero y flexible

**Sitio Web**



**Inst. vídeo**



**Man. Montaje**



## DATOS TÉCNICOS



## K-FLEX® ST ▶ DATOS TÉCNICOS

Propiedades	Valores		Método de ensayo
<b>Rango de temperatura de trabajo</b>	K-FLEX® ST (Tubos) desde -165°C* a +110°C K-FLEX® ST/SK (Tubos) desde -40°C a +85°C K-FLEX® ST (Plancha) desde -165°C* a +85°C K-FLEX® ST (Plancha adh.) desde -40°C a +85°C		EN 14706 EN 14707
<b>Conductividad térmica <math>\lambda</math> W/(m·K)</b>	Espesores $\leq$ 25mm (Tubos y planchas) $\lambda_{0^\circ\text{C}} \leq 0,033$ $\lambda_{10^\circ\text{C}} \leq 0,034$ $\lambda_{40^\circ\text{C}} \leq 0,037$ $\lambda(\vartheta_m) = (33 + 0,087^* \vartheta_m + 0,00098^* \vartheta_m^2) / 1000$ W/(m·K)	Espesores $>$ 25mm (Tubos y planchas) $\lambda_{0^\circ\text{C}} \leq 0,036$ $\lambda_{10^\circ\text{C}} \leq 0,037$ $\lambda_{40^\circ\text{C}} \leq 0,040$ $\lambda(\vartheta_m) = (36 + 0,087^* \vartheta_m + 0,00098^* \vartheta_m^2) / 1000$ W/(m·K)	EN ISO 8497 EN 12667
<b>Factor de resistencia a la difusión del vapor de agua (<math>\mu</math>)</b>	$\geq 10000$	$\geq 7000$	EN 12086
<b>Reacción al fuego (Euroclases)</b>	Tubos: B <sub>1</sub> -s2,d0 Plancha: B- s3,d0 Cintas: B-s2,d0		EN 13501-1
<b>Factor de liberación de sustancias corrosivas</b>	Cl- < 500ppm, pH = neutro (7)		EN 13468
<b>Datos ecológicos</b>	Libre CFC, HCFC		
<b>Permeabilidad al agua</b>	WS01		(EN 13472)
<b>Industria Naval</b>	CE-MARINE (Bureau Veritas) ABS - DNV LR		07131/E0 MED 18-GE1717819-PDA-DUP TAF000007T
<b>Industria ferroviaria</b>	K-FLEX® ST: R1-HL1 K-FLEX® ST ALU: R1-HL1, HL2		EN 45545-2: 2013
<b>Protección microbiana</b>	Sin crecimiento fúngico ni bacteriano		DIN EN ISO 486 VDI 6022 ASTM G-21 ASTM E 2180

## Otros datos de interés:

**DECLARACIÓN AMBIENTAL DE PRODUCTOS (DAP/EPD, ACV/LCA):** N°: EPD-S-P-01947 (UNE ISO 14025 & EN 15804:2012+A2:2019)

**KEYMARK:** Planchas (26-50 mm) FIW-2-009-0-01

**REACH:** No contiene sustancias que estén destinadas a ser liberadas por el producto, en condiciones normales o razonablemente previsibles en sus condiciones de uso. (Art. 3 del Rgto. (CE) No 1907/2006)

El producto cumple con los requisitos de **ECO-BAU** y **MINERGIE-ECO** con respecto a los requisitos ecológicos y de salud y recibe la calificación "BASE".

\* Para aplicaciones por debajo de -50°C, póngase en contacto con nuestro Departamento Técnico.

Consultar los valores técnicos específicos de cada producto en las "Declaraciones de Prestaciones" que encontrarán en la zona de descarga de nuestra web [www.kflexsystem.com](http://www.kflexsystem.com).

Tolerancias dimensionales de acuerdo a EN 14304 (ver página 13)

K-FLEX® se reserva el derecho de cambiar cualquier dato o característica sin previo aviso.

## INFORMACIÓN GENERAL



### K-FLEX® ST TUBOS

**K-FLEX® ST** cumple con todas las necesidades requeridas por instalaciones de refrigeración, tanto civil como industrial, aire acondicionado, fontanería, depósitos de acumulación, accesorios de instalaciones, tuberías de agua y todas las aplicaciones donde sea necesario un aislamiento térmico.



### K-FLEX® ST/SK TUBOS

**K-FLEX® ST/SK** es un aislamiento elastomérico, precortado y autoadhesivo. Esta tecnología innovadora, incorpora un adhesivo de pegado rápido y fácil de usar para el instalador. Este nuevo sistema, ha sido desarrollado para ahorrar tiempo en su instalación y reducir el uso de otros adhesivos, mejorando así las condiciones de trabajo.



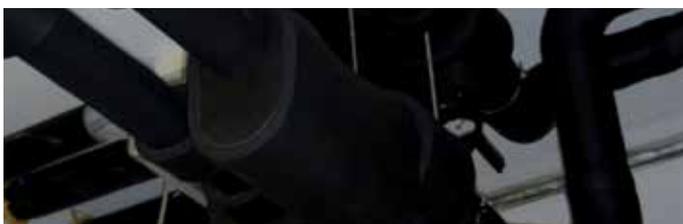
### K-FLEX® ST PLANCHAS

**K-FLEX® ST Planchas** son idóneas para conductos metálicos y tuberías de gran tamaño. La altura de 1000/1500 mm minimiza la segmentación del recubrimiento, simplificando la instalación y reduciendo el tiempo y coste de mano de obra. Disponible con y sin adhesivo.

2

## K-FLEX® ST ▶ GAMA DE PRODUCTOS

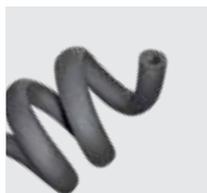
	▼ Longitud ▼	▼ Espesores ▼	▼ Diámetros ▼
<b>K-FLEX® ST - Tubos</b>	2 m	6-9-13-19-25-32-40-50-60 mm	desde 6 a 210 mm
<b>K-FLEX® ST/SK - Tubos adhesivos</b>	2 m	9-13-19-25-32 mm	desde 12 a 114 mm
	▼ Espesores ▼	▼ Ancho ▼	
<b>K-FLEX® ST - Planchas</b>	3-6-10-13-16-19-25-32-40-50-60 mm	1000/1500 mm	
<b>K-FLEX® ST - Planchas adhesivas</b>	3-6-10-13-16-19-25-32-40-50 mm	1000/1500 mm	



## PROYECTOS

Alemania





K-FLEX® ST ▶ TUBOS AISLANTES FLEXIBLES DE 2 M. DE LONGITUD													
TIPOS DE TUBERÍAS						ESPESOR 6				ESPESOR 9			
COBRE		ACERO			PLÁSTICO								
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml
6	1/4"					06006005508	ST 06x006	496	0,54	09006005508	ST 09x006	352	0,84
8	5/16"					06008005508	ST 06x008	432	0,58	09008005508	ST 09x008	300	0,90
10	3/8"	6	10,2	1/8"		06010005508	ST 06x010	364	0,61	09010005508	ST 09x010	266	0,92
12	1/2"					06012005508	ST 06x012	316	0,69	09012005508	ST 09x012	234	0,95
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	06015005508	ST 06x015	266	0,78	09015005508	ST 09x015	192	1,01
18	3/4"	10	17,2	3/8"		06018005508	ST 06x018	220	0,97	09018005508	ST 09x018	166	1,18
					20	06020005508	ST 06x020	180	1,14	09020005508	ST 09x020	136	1,23
22	7/8"	15	21,3	1/2"		06022005508	ST 06x022	180	1,22	09022005508	ST 09x022	136	1,26
25	1"				25	06025005508	ST 06x025	152	1,39	09025005508	ST 09x025	108	1,45
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		06028005508	ST 06x028	130	1,53	09028005508	ST 09x028	98	1,58
30			30			06030005508	ST 06x030	112	1,67	09030005508	ST 09x030	92	1,74
					32					09032005508	ST 09x032	76	1,88
35	1" 3/8	25	33,7	1"		06035005508	ST 06x035	100	1,98	09035005508	ST 09x035	76	1,97
			40		40					09040005508	ST 09x040	60	2,32
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		06042005508	ST 06x042	90	2,31	09042005508	ST 09x042	60	2,50
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2						09048005508	ST 09x048	50	3,06
			51		50					09050005508	ST 09x050	50	3,61
54	2" 1/8		54							09054005508	ST 09x054	46	3,64
	2" 3/8	50	60,3	2"						09060005508	ST 09x060	46	4,21
64			63,5		63					09064005508	ST 09x064	46	4,39
	2" 5/8									09067005508	ST 09x067	46	4,68
70			70							09070005508	ST 09x070	40	4,94
76	3"	65	76,1	2" 1/2	75					09076005508	ST 09x076	40	5,06
80	3" 1/8									09080005508	ST 09x080	36	5,85
89	3" 1/2	80	88,9	3"	90					09089005508	ST 09x089	36	6,31
	4"	90	101,6	3" 1/2	100					09102005508	ST 09x102	22	8,15
108	4" 1/4		108							09108005508	ST 09x108	22	8,71
					110					09110005508	ST 09x110	22	8,86
114	4" 1/2	100	114,3	4"						09114005508	ST 09x114	22	9,11
			127		125					09125005508	ST 09x125	20	11,13
133			133							09133005508	ST 09x133	16	12,30
		125	139,7	5"						09140005508	ST 09x140	16	12,50
159			159		160					09160005508	ST 09x160	16	15,16
		150	168,3	6"						09170005508	ST 09x170	6	16,39

Tolerancias para Tubos K-FLEX® ST: Longitud: +/- 1,5%  
 Ø interno: hasta 100 mm. entre +1 y +4 mm., mayores de 100 mm. entre +1 y +6 mm.  
 Espesores: 9 y 13 mm. +/- 1,5 mm., 19 y 25 mm. +/- 2,5 mm. 32, 40 y 50 mm. +/- 3 mm.  
 Las cajas con contenido total mayor de 20 metros, podrán contener hasta el 10% de tubos de 1 metro de largo (en lugar de los tubos estándar de 2 m.)  
 Las cajas con contenido total inferior de 20 metros, podrán contener indistintamente tubos de 1 m. y de 2 m.  
 Existen otros espesores y diámetros disponibles bajo pedido específico.  
 \* Consultar precio, contenido, cantidad mínima  
**Consultar disponibilidad y cantidades mínimas a suministrar.**


**K-FLEX® ST TUBOS AISLANTES FLEXIBLES DE 2 M. DE LONGITUD**

TIPOS DE TUBERÍAS						ESPESOR 13				ESPESOR 19			
COBRE		ACERO		PLÁSTICO									
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml
6	1/4"					13006005508	ST 13x006	200	1,46	19006005508	ST 19x006	100	3,13
8	5/16"					13008005508	ST 13x008	200	1,58	19008005508	ST 19x008	98	3,21
10	3/8"	6	10,2	1/8"		13010005508	ST 13x010	172	1,58	19010005508	ST 19x010	98	3,26
12	1/2"					13012005508	ST 13x012	162	1,70	19012005508	ST 19x012	88	3,36
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	13015005508	ST 13x015	136	1,81	19015005508	ST 19x015	78	3,54
18	3/4"	10	17,2	3/8"		13018005508	ST 13x018	118	1,99	19018005508	ST 19x018	72	3,87
					20	13020005508	ST 13x020	98	2,14	19020005508	ST 19x020	66	3,88
22	7/8"	15	21,3	1/2"		13022005508	ST 13x022	98	2,23	19022005508	ST 19x022	64	3,90
25	1"				25	13025005508	ST 13x025	80	2,69	19025005508	ST 19x025	50	4,30
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		13028005508	ST 13x028	78	2,87	19028005508	ST 19x028	48	4,69
30			30			13030005508	ST 13x030	72	3,11	19030005508	ST 19x030	42	5,13
					32	13032005508	ST 13x032	58	3,31	19032005508	ST 19x032	36	5,54
35	1" 3/8	25	33,7	1"		13035005508	ST 13x035	58	3,48	19035005508	ST 19x035	36	5,59
			40		40	13040005508	ST 13x040	48	3,81	19040005508	ST 19x040	32	6,64
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		13042005508	ST 13x042	48	3,88	19042005508	ST 19x042	32	6,67
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2		13048005508	ST 13x048	40	4,17	19048005508	ST 19x048	24	8,19
			51		50	13050005508	ST 13x050	34	4,51	19050005508	ST 19x050	24	8,43
54	2" 1/8		54			13054005508	ST 13x054	34	4,59	19054005508	ST 19x054	24	8,77
	2" 3/8	50	60,3	2"		13060005508	ST 13x060	32	5,09	19060005508	ST 19x060	22	10,44
64			63,5		63	13064005508	ST 13x064	30	5,59	19064005508	ST 19x064	18	11,18
	2" 5/8					13067005508	ST 13x067	26	5,91	19067005508	ST 19x067	18	12,13
70			70							19070005508	ST 19x070	18	12,78
76	3"	65	76,1	2" 1/2	75	13076005508	ST 13x076	26	6,78	19076005508	ST 19x076	18	13,08
80	3" 1/8					13080005508	ST 13x080	24	7,82	19080005508	ST 19x080	14	14,76
89	3" 1/2	80	88,9	3"	90	13089005508	ST 13x089	24	8,40	19089005508	ST 19x089	14	15,06
	4"	90	101,6	3" 1/2	100	13102005508	ST 13x102	16	10,65	19102005508	ST 19x102	14	19,95
108	4" 1/4		108			13108005508	ST 13x108	16	11,46	19108005508	ST 19x108	12	21,62
					110	13110005508	ST 13x110	-	11,72	19110005508	ST 19x110	12	22,00
114	4" 1/2	100	114,3	4"		13114005508	ST 13x114	16	12,23	19114005508	ST 19x114	12	22,45
			127		125	13125005508	ST 13x125	12	13,78	19125005508	ST 19x125	10	24,79
133			133			13133005508	ST 13x133	12	14,69	19133005508	ST 19x133	8	26,30
		125	139,7	5"		13140005508	ST 13x140	12	15,40	19140005508	ST 19x140	8	26,52
159			159		160	13160005508	ST 13x160	12	21,84	19160005508	ST 19x160	8	33,80
		150	168,3	6"		13170005508	ST 13x170	12	24,50	19170005508	ST 19x170	6	35,14

Tolerancias para Tubos K-FLEX® ST: Longitud: +/- 1,5%

Ø interno: hasta 100 mm. entre +1 y +4 mm., mayores de 100 mm. entre +1 y +6 mm.

Espesores: 9 y 13 mm. +/- 1,5 mm., 19 y 25 mm. +/- 2,5 mm. 32, 40 y 50 mm. +/- 3 mm.

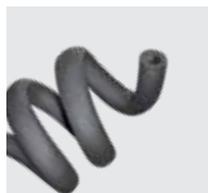
Las cajas con contenido total mayor de 20 metros, podrán contener hasta el 10% de tubos de 1 metro de largo (en lugar de los tubos estándar de 2 m.)

Las cajas con contenido total inferior de 20 metros, podrán contener indistintamente tubos de 1 m. y de 2 m.

Existen otros espesores y diámetros disponibles bajo pedido específico.

\* Consultar precio, contenido, cantidad mínima

**Consultar disponibilidad y cantidades mínimas a suministrar.**



**K-FLEX® ST ▶ TUBOS AISLANTES FLEXIBLES DE 2 M. DE LONGITUD**

TIPOS DE TUBERÍAS						ESPESOR 25				ESPESOR 32			
COBRE		ACERO		PLÁSTICO		Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm								
10	3/8"	6	10,2	1/8"		25010005508	ST 25x010	60	5,74				
12	1/2"					25012005508	ST 25x012	54	5,76	32012005508	ST 32x012	40	8,78
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	25015005508	ST 25x015	52	5,77	32015005508	ST 32x015	36	8,86
18	3/4"	10	17,2	3/8"		25018005508	ST 25x018	50	5,80	32018005508	ST 32x018	32	9,02
					20	25020005508	ST 25x020	42	5,98	32020005508	ST 32x020	32	9,36
22	7/8"	15	21,3	1/2"		25022005508	ST 25x022	42	6,12	32022005508	ST 32x022	32	9,63
25	1"				25	25025005508	ST 25x025	40	6,57	32025005508	ST 32x025	24	9,99
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		25028005508	ST 25x028	40	7,02	32028005508	ST 32x028	24	10,79
30			30										
					32	25032005508	ST 25x032	24	7,70	32032005508	ST 32x032	22	11,47
35	1" 3/8	25	33,7	1"		25035005508	ST 25x035	24	7,91	32035005508	ST 32x035	22	11,52
			40		40	25040005508	ST 25x040	22	9,69	32040005508	ST 32x040	16	12,05
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		25042005508	ST 25x042	22	10,21	32042005508	ST 32x042	16	12,38
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2		25048005508	ST 25x048	18	11,99	32048005508	ST 32x048	14	13,62
			51		50	25050005508	ST 25x050	18	12,42	32050005508	ST 32x050	12	14,18
54	2" 1/8		54			25054005508	ST 25x054	16	13,07	32054005508	ST 32x054	12	14,65
	2" 3/8	50	60,3	2"		25060005508	ST 25x060	12	14,08	32060005508	ST 32x060	10	15,60
64			63,5		63	25064005508	ST 25x064	12	14,59	32064005508	ST 32x064	10	16,78
	2" 5/8					25067005508	ST 25x067	12	15,37	32067005508	ST 32x067	10	17,47
70			70			25070005508	ST 25x070	12	16,15	32070005508	ST 32x070	8	18,09
76	3"	65	76,1	2" 1/2	75	25076005508	ST 25x076	10	16,86	32076005508	ST 32x076	8	18,38
80	3" 1/8					25080005508	ST 25x080	8	18,08	32080005508	ST 32x080	8	19,31
89	3" 1/2	80	88,9	3"	90	25089005508	ST 25x089	8	19,41	32089005508	ST 32x089	8	21,25
	4"	90	101,6	3" 1/2	100	25102005508	ST 25x102	6	23,92	32102005508	ST 32x102	6	26,49
108	4" 1/4		108			25108005508	ST 25x108	6	25,19	32108005508	ST 32x108	6	27,00
					110	25110005508	ST 25x110	6	25,39	32110005508	ST 32x110	6	27,25
114	4" 1/2	100	114,3	4"		25114005508	ST 25x114	6	26,34	32114005508	ST 32x114	6	28,07
			127		125	25125005508	ST 25x125	6	28,72	32125005508	ST 32x125	6	30,94
133			133			25133005508	ST 25x133	4	30,20	32133005508	ST 32x133	4	33,33
		125	139,7	5"		25140005508	ST 25x140	4	30,59	32140005508	ST 32x140	4	33,93
159			159		160	25160005508	ST 25x160	4	37,72	32160005508	ST 32x160	4	41,79
		150	168,3	6"		25170005508	ST 25x170	4	41,27	32170005508	ST 32x170	4	45,74

Tolerancias para Tubos K-FLEX® ST: Longitud: +/- 1,5%  
 Ø interno: hasta 100 mm. entre +1 y +4 mm., mayores de 100 mm. entre +1 y +6 mm.  
 Espesores: 9 y 13 mm. +/- 1,5 mm., 19 y 25 mm. +/- 2,5 mm. 32, 40 y 50 mm. +/- 3 mm.  
 Las cajas con contenido total mayor de 20 metros, podrán contener hasta el 10% de tubos de 1 metro de largo (en lugar de los tubos estándar de 2 m.)  
 Las cajas con contenido total inferior de 20 metros, podrán contener indistintamente tubos de 1 m. y de 2 m.  
 Existen otros espesores y diámetros disponibles bajo pedido específico.  
 \* Consultar precio, contenido, cantidad mínima  
**Consultar disponibilidad y cantidades mínimas a suministrar.**


**K-FLEX® ST TUBOS AISLANTES FLEXIBLES DE 2 M. DE LONGITUD**

TIPOS DE TUBERÍAS						ESPESOR 40				ESPESOR 50			
COBRE		ACERO		PLÁSTICO									
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml
6	1/4"					40006005508	ST 40x006	24	15,85				
8	5/16"												
10	3/8"	6	10,2	1/8"		40010005508	ST 40x010	24	16,97				
12	1/2"					40012005508	ST 40x012	24	17,54				
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	40015005508	ST 40x015	22	18,40				
18	3/4"	10	17,2	3/8"		40018005508	ST 40x018	22	18,61				
					20								
22	7/8"	15	21,3	1/2"		40022005508	ST 40x022	22	19,47	50022005508	ST 50x022	12	41,60
25	1"				25	40025005508	ST 40x025	16	20,47	50025005508	ST 50x025	10	43,73
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		40028005508	ST 40x028	16	21,88	50028005508	ST 50x028	10	44,72
30			30										
					32	40032005508	ST 40x032	16	23,09	50032005508	ST 50x032	8	46,13
35	1" 3/8	25	33,7	1"		40035005508	ST 40x035	16	23,99	50035005508	ST 50x035	8	47,06
			40		40	40040005508	ST 40x040	16	25,33	50040005508	ST 50x040	8	47,43
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		40042005508	ST 40x042	16	25,85	50042005508	ST 50x042	8	47,83
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2		40048005508	ST 40x048	12	29,46	50048005508	ST 50x048	8	50,28
			51		50	40050005508	ST 40x050	10	30,30	50051005508	ST 50x051	8	50,59
54	2" 1/8		54			40054005508	ST 40x054	10	32,00	50054005508	ST 50x054	8	51,18
	2" 3/8	50	60,3	2"		40060005508	ST 40x060	10	33,02	50060005508	ST 50x060	8	52,47
64			63,5		63	40064005508	ST 40x064	10	33,67	50064005508	ST 50x064	6	53,43
	2" 5/8												
70			70										
76	3"	65	76,1	2" 1/2	75	40076005508	ST 40x076	10	34,08	50076005508	ST 50x076	6	56,29
80	3" 1/8					40080005508	ST 40x080	10	35,05	50080005508	ST 50x080	4	57,51
89	3" 1/2	80	88,9	3"	90	40089005508	ST 40x089	10	36,04	50089005508	ST 50x089	6	60,07
	4"	90	101,6	3" 1/2	100	40102005508	ST 40x102	8	37,84	50102005508	ST 50x102	4	67,63
108	4" 1/4		108			40108005508	ST 40x108	6	38,67	50108005508	ST 50x108	4	72,87
					110	40110005508	ST 40x110	6	38,95	50110005508	ST 50x110	4	74,15
114	4" 1/2	100	114,3	4"		40114005508	ST 40x114	6	39,27	50114005508	ST 50x114	4	76,34
			127		125	40125005508	ST 40x125	6	42,74	50125005508	ST 50x125	4	84,16
133			133			40133005508	ST 40x133	6	44,01	50133005508	ST 50x133	4	87,90
		125	139,7	5"		40140005508	ST 40x140	6	45,00	50140005508	ST 50x140	2	90,84
159			159		160	40160005508	ST 40x160	4	60,37	50160005508	ST 50x160	2	109,04
		150	168,3	6"		40170005508	ST 40x170	4	63,55	50170005508	ST 50x170	2	117,21

Precios espesor 60 mm en la página 36.

Tolerancias para Tubos K-FLEX® ST: Longitud: +/- 1,5%

Ø interno: hasta 100 mm. entre +1 y +4 mm., mayores de 100 mm. entre +1 y +6 mm.

Espesores: 9 y 13 mm. +/- 1,5 mm., 19 y 25 mm. +/- 2,5 mm. 32, 40 y 50 mm. +/- 3 mm.

Las cajas con contenido total mayor de 20 metros, podrán contener hasta el 10% de tubos de 1 metro de largo (en lugar de los tubos estándar de 2 m.)

Las cajas con contenido total inferior de 20 metros, podrán contener indistintamente tubos de 1 m. y de 2 m.

Existen otros espesores y diámetros disponibles bajo pedido específico.

\* Consultar precio, contenido, cantidad mínima

**Consultar disponibilidad y cantidades mínimas a suministrar.**

## R.I.T.E. - REGLAMENTO DE INSTALACIONES

K-FLEX® R.I.T.E. ▶ TEMPERATURA MÍNIMA DEL FLUIDO > 0 °C A 10 °C													
TIPOS DE TUBERÍAS						INTERIOR DE LOS EDIFICIOS				EXTERIOR DE LOS EDIFICIOS			
COBRE		ACERO		PLÁSTICO									
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml
6	1/4"					19006005508	ST 19x006	100	3,13	40006005508	ST 40x006	24	15,85
8	5/16"					19008005508	ST 19x008	98	3,21				
10	3/8"	6	10,2	1/8"		19010005508	ST 19x010	98	3,26	40010005508	ST 40x010	24	16,97
12	1/2"					19012005508	ST 19x012	88	3,36	40012005508	ST 40x012	24	17,54
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	19015005508	ST 19x015	78	3,54	40015005508	ST 40x015	22	18,40
18	3/4"	10	17,2	3/8"		19018005508	ST 19x018	72	3,87	40018005508	ST 40x018	22	18,61
					20	19020005508	ST 19x020	66	3,88				
22	7/8"	15	21,3	1/2"		25022005508	ST 25x022	42	6,12	40022005508	ST 40x022	22	19,47
25	1"				25	25025005508	ST 25x025	40	6,57	40025005508	ST 40x025	16	20,47
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		25028005508	ST 25x028	40	7,02	40028005508	ST 40x028	16	21,88
30			30										
					32	25032005508	ST 25x032	24	7,70	40032005508	ST 40x032	16	23,09
35	1" 3/8	25	33,7	1"		25035005508	ST 25x035	24	7,91	40035005508	ST 40x035	16	23,99
			40		40	25040005508	ST 25x040	22	9,69	50040005508	ST 50x040	8	47,43
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		25042005508	ST 25x042	22	10,21	50042005508	ST 50x042	8	47,83
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2		25048005508	ST 25x048	18	11,99	50048005508	ST 50x048	8	50,28
			51		50	25050005508	ST 25x050	18	12,42	50051005508	ST 50x050	8	50,59
54	2" 1/8		54			25054005508	ST 25x054	16	13,07	50054005508	ST 50x054	8	51,18
	2" 3/8	50	60,3	2"		25060005508	ST 25x060	12	14,08	50060005508	ST 50x060	8	52,47
64			63,5		63	25064005508	ST 25x064	12	14,59	50064005508	ST 50x064	6	53,43
	2" 5/8									50067005508	ST 50x067	6	54,30
70			70			25070005508	ST 25x070	12	16,15	50070005508	ST 50x070	6	55,08
76	3"	65	76,1	2" 1/2	75	25076005508	ST 25x076	10	16,86	50076005508	ST 50x076	6	56,29
80	3" 1/8					25080005508	ST 25x080	8	18,08	50080005508	ST 50x080	4	57,51
89	3" 1/2	80	88,9	3"	90	25089005508	ST 25x089	8	19,41	50089005508	ST 50x089	6	60,07
	4"	90	101,6	3" 1/2	100	40102005508	ST 40x102	8	37,84	60102005508	ST 60x102	4	97,19
108	4" 1/4		108			40108005508	ST 40x108	6	38,67	60108005508M4	ST 60x108	4	102,48
					110	40110005508	ST 40x110	6	38,95	60110005508M4	ST 60x110	4	103,24
114	4" 1/2	100	114,3	4"		40114005508	ST 40x114	6	39,27	60114005508M4	ST 60x114	4	103,79
			127		125	40125005508	ST 40x125	6	42,74	60125005508	ST 60x125	4	114,54
133			133			40133005508	ST 40x133	6	44,01				
		125	139,7	5"		40140005508	ST 40x140	6	45,00	60140005508	ST 60x140	2	122,61
159			159		160	40160005508	ST 40x160	4	60,37	60160005508	ST 60x160	2	135,96
		150	168,3	6"		40170005508	ST 40x170	4	63,55	60170005508	ST 60x170	2	139,03

K-FLEX® ST espesor 25 mm, es totalmente equivalente a 30 mm de RITE  
Tolerancias para Tubos K-FLEX® ST: Longitud: +/- 1,5%  
Ø interno: hasta 100 mm. entre +1 y +4 mm., mayores de 100 mm. entre +1 y +6 mm.  
Espesores: 9 y 13 mm. +/- 1,5 mm., 19 y 25 mm. +/- 2,5 mm. 32, 40 y 50 mm. +/- 3 mm.  
Las cajas con contenido total mayor de 20 metros, podrán contener hasta el 10% de tubos de 1 metro de largo (en lugar de los tubos estándar de 2 m.)  
Las cajas con contenido total inferior de 20 metros, podrán contener indistintamente tubos de 1 m. y de 2 m.  
Existen otros espesores y diámetros disponibles bajo pedido específico.  
\* Consultar precio, contenido, cantidad mínima  
**Consultar disponibilidad y cantidades mínimas a suministrar.**

## R.I.T.E. - REGLAMENTO DE INSTALACIONES

K-FLEX® R.I.T.E. ▶ CIRCUITOS FRIGORÍFICOS PARA CLIMATIZACIÓN													
TIPOS DE TUBERÍAS						INTERIOR DE LOS EDIFICIOS				EXTERIOR DE LOS EDIFICIOS			
COBRE		ACERO		PLÁSTICO									
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml
6	1/4"					09006005508	ST 09x006	352	0,84	13006005508	ST 13x006	200	1,46
8	5/16"					09008005508	ST 09x008	300	0,90	13008005508	ST 13x008	200	1,58
10	3/8"	6	10,2	1/8"		09010005508	ST 09x010	266	0,92	13010005508	ST 13x010	172	1,58
12	1/2"					09012005508	ST 09x012	234	0,95	13012005508	ST 13x012	162	1,70
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	13015005508	ST 13x015	136	1,81	19015005508	ST 19x015	78	3,54
18	3/4"	10	17,2	3/8"		13018005508	ST 13x018	118	1,99	19018005508	ST 19x018	72	3,87
					20	13020005508	ST 13x020	98	2,14	19020005508	ST 19x020	66	3,88
22	7/8"	15	21,3	1/2"		13022005508	ST 13x022	98	2,23	19022005508	ST 19x022	64	3,90
25	1"				25	13025005508	ST 13x025	80	2,69	19025005508	ST 19x025	50	4,30
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		19028005508	ST 19x028	48	4,69	25028005508	ST 25x028	40	7,02
30			30			19030005508	ST 19x030	42	5,13				
					32	19032005508	ST 19x032	36	5,54	25032005508	ST 25x032	24	7,70
35	1" 3/8	25	33,7	1"		19035005508	ST 19x035	36	5,59	25035005508	ST 25x035	24	7,91
			40		40	25040005508	ST 25x040	22	9,69	40040005508	ST 40x040	16	25,33
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		25042005508	ST 25x042	22	10,21	40042005508	ST 40x042	16	25,85
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2		25048005508	ST 25x048	18	11,99	40048005508	ST 40x048	12	29,46

2

K-FLEX® R.I.T.E. ▶ AISLAMIENTO DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS QUE TRANSPORTAN ACS													
TIPOS DE TUBERÍAS						INTERIOR DE LOS EDIFICIOS				EXTERIOR DE LOS EDIFICIOS			
COBRE		ACERO		PLÁSTICO									
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	25015005508	ST 25x015	52	5,77	40015005508	ST 40x015	22	18,40
18	3/4"	10	17,2	3/8"		25018005508	ST 25x018	50	5,80	40018005508	ST 40x018	22	18,61
					20	25020005508	ST 25x020	42	5,98				
22	7/8"	15	21,3	1/2"		25022005508	ST 25x022	42	6,12	40022005508	ST 40x022	22	19,47
25	1"				25	25025005508	ST 25x025	40	6,57	40025005508	ST 40x025	16	20,47
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		25028005508	ST 25x028	40	7,02	40028005508	ST 40x028	16	21,88
					32	25032005508	ST 25x032	24	7,70	40032005508	ST 40x032	16	23,09
35	1" 3/8	25	33,7	1"		25035005508	ST 25x035	24	7,91	40035005508	ST 40x035	16	23,99
			40		40	32040005508	ST 32x040	16	12,05	40040005508	ST 40x040	16	25,33
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		32042005508	ST 32x042	16	12,38	40042005508	ST 40x042	16	25,85
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2		32048005508	ST 32x048	14	13,62	40048005508	ST 40x048	12	29,46
			51		50	32050005508	ST 32x050	12	14,18	40050005508	ST 40x050	10	30,30
54	2" 1/8		54			32054005508	ST 32x054	12	14,65	40054005508	ST 40x054	10	32,00
	2" 3/8	50	60,3	2"		32060005508	ST 32x060	10	15,60	40060005508	ST 40x060	10	33,02
64			63,5		63	32064005508	ST 32x064	10	16,78	40064005508	ST 40x064	10	33,67
76	3"	65	76,1	2" 1/2	75	32076005508	ST 32x076	8	18,38	50076005508	ST 50x076	6	56,29
89	3" 1/2	80	88,9	3"	90	32089005508	ST 32x089	8	21,25	50089005508	ST 50x089	6	60,07

\* Consultar precio, contenido, cantidad mínima

Consultar disponibilidad y cantidades mínimas a suministrar.

## R.I.T.E. - REGLAMENTO DE INSTALACIONES

K-FLEX® R.I.T.E. ▶ TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO DE 40 °C A 60 °C													
TIPOS DE TUBERÍAS						INTERIOR DE LOS EDIFICIOS				EXTERIOR DE LOS EDIFICIOS			
COBRE		ACERO		PLÁSTICO		Código		m.l. caja	Precio €/ml	Código		m.l. caja	Precio €/ml
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm	Referencia	Referencia			Referencia	Referencia		
6	1/4"					19006005508	ST 19x006	100	3,13				
8	5/16"					19008005508	ST 19x008	98	3,21				
10	3/8"	6	10,2	1/8"		19010005508	ST 19x010	98	3,26				
12	1/2"					19012005508	ST 19x012	88	3,36	25012005508	ST 25x012	54	5,76
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	19015005508	ST 19x015	78	3,54	32015005508	ST 32x015	36	8,86
18	3/4"	10	17,2	3/8"		19018005508	ST 19x018	72	3,87	32018005508	ST 32x018	32	9,02
					20	19020005508	ST 19x020	66	3,88	32020005508	ST 32x020	32	9,36
22	7/8"	15	21,3	1/2"		25022005508	ST 25x022	42	6,12	32022005508	ST 32x022	32	9,63
25	1"				25	25025005508	ST 25x025	40	6,57	32025005508	ST 32x025	24	9,99
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		25028005508	ST 25x028	40	7,02	32028005508	ST 32x028	24	10,79
30			30										
					32	25032005508	ST 25x032	24	7,70	32032005508	ST 32x032	22	11,47
35	1" 3/8	25	33,7	1"		25035005508	ST 25x035	24	7,91	32035005508	ST 32x035	22	11,52
			40		40	25040005508	ST 25x040	22	9,69	40040005508	ST 40x040	16	25,33
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		25042005508	ST 25x042	22	10,21	40042005508	ST 40x042	16	25,85
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2		25048005508	ST 25x048	18	11,99	40048005508	ST 40x048	12	29,46
			51		50	25050005508	ST 25x050	18	12,42	40050005508	ST 40x050	10	30,30
54	2" 1/8		54			25054005508	ST 25x054	16	13,07	40054005508	ST 40x054	10	32,00
	2" 3/8	50	60,3	2"		25060005508	ST 25x060	12	14,08	40060005508	ST 40x060	10	33,02
64			63,5		63	25064005508	ST 25x064	12	14,59	40064005508	ST 40x064	10	33,67
	2" 5/8					25067005508	ST 25x067	12	15,37				
70			70			25070005508	ST 25x070	12	16,15				
76	3"	65	76,1	2" 1/2	75	25076005508	ST 25x076	10	16,86	40076005508	ST 40x076	10	34,08
80	3" 1/8					25080005508	ST 25x080	8	18,08	40080005508	ST 40x080	10	35,05
89	3" 1/2	80	88,9	3"	90	25089005508	ST 25x089	8	19,41	40089005508	ST 40x089	10	36,04
	4"	90	101,6	3" 1/2	100	25102005508	ST 25x102	6	23,92	40102005508	ST 40x102	8	37,84
108	4" 1/4		108			25108005508	ST 25x108	6	25,19	40108005508	ST 40x108	6	38,67
					110	25110005508	ST 25x110	6	25,39	40110005508	ST 40x110	6	38,95
114	4" 1/2	100	114,3	4"		25114005508	ST 25x114	6	26,34	40114005508	ST 40x114	6	39,27
			127		125	25125005508	ST 25x125	6	28,72	40125005508	ST 40x125	6	42,74
133			133			25133005508	ST 25x133	4	30,20	40133005508	ST 40x133	6	44,01
		125	139,7	5"		25140005508	ST 25x140	4	30,59	40140005508	ST 40x140	6	45,00
159			159		160	32160005508	ST 32x160	4	41,79	40160005508	ST 40x160	4	60,37
		150	168,3	6"		32170005508	ST 32x170	4	45,74	40170005508	ST 40x170	4	63,55

K-FLEX® ST espesor 25 mm, es totalmente equivalente a 30 mm de RITE  
Tolerancias para Tubos K-FLEX® ST: Longitud: +/- 1,5%  
Ø interno: hasta 100 mm. entre +1 y +4 mm., mayores de 100 mm. entre +1 y +6 mm.  
Espesores: 9 y 13 mm. +/- 1,5 mm., 19 y 25 mm. +/- 2,5 mm. 32, 40 y 50 mm. +/- 3 mm.  
Las cajas con contenido total mayor de 20 metros, podrán contener hasta el 10% de tubos de 1 metro de largo (en lugar de los tubos estándar de 2 m.)  
Las cajas con contenido total inferior de 20 metros, podrán contener indistintamente tubos de 1 m. y de 2 m.  
Existen otros espesores y diámetros disponibles bajo pedido específico.

\* Consultar precio, contenido, cantidad mínima  
**Consultar disponibilidad y cantidades mínimas a suministrar.**

## R.I.T.E. - REGLAMENTO DE INSTALACIONES

### K-FLEX® R.I.T.E. ▶ TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO DE 60 °C A 100 °C

TIPOS DE TUBERÍAS						INTERIOR DE LOS EDIFICIOS				EXTERIOR DE LOS EDIFICIOS			
COBRE		ACERO		PLÁSTICO									
Ø mm	Ø ext. pulg.	DN	Ø ext. mm	Ø ext. pulg.	Ø ext. mm	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml	Código	Referencia	m.l. caja	Precio €/ml
6	1/4"					19006005508	ST 19x006	100	3,13				
8	5/16"					19008005508	ST 19x008	98	3,21				
10	3/8"	6	10,2	1/8"		19010005508	ST 19x010	98	3,26				
12	1/2"					19012005508	ST 19x012	88	3,36	25012005508	ST 25x012	54	5,76
15	5/8"	8	13,5	1/4"	16	19015005508	ST 19x015	78	3,54	32015005508	ST 32x015	36	8,86
18	3/4"	10	17,2	3/8"		19018005508	ST 19x018	72	3,87	32018005508	ST 32x018	32	9,02
					20	19020005508	ST 19x020	66	3,88	32020005508	ST 32x020	32	9,36
22	7/8"	15	21,3	1/2"		25022005508	ST 25x022	42	6,12	32022005508	ST 32x022	32	9,63
25	1"				25	25025005508	ST 25x025	40	6,57	32025005508	ST 32x025	24	9,99
28	1" 1/8	20	26,9	3/4"		25028005508	ST 25x028	40	7,02	32028005508	ST 32x028	24	10,79
30			30			25030005508	ST 25x030	32	7,38	32030005508	ST 32x030	24	11,14
					32	25032005508	ST 25x032	24	7,70	32032005508	ST 32x032	22	11,47
35	1" 3/8	25	33,7	1"		25035005508	ST 25x035	24	7,91	32035005508	ST 32x035	22	11,52
			40		40	25040005508	ST 25x040	22	9,69	40040005508	ST 40x040	16	25,33
42	1" 5/8	32	42,4	1" 1/4		25042005508	ST 25x042	22	10,21	40042005508	ST 40x042	16	25,85
	1" 7/8	40	48,3	1" 1/2		25048005508	ST 25x048	18	11,99	40048005508	ST 40x048	12	29,46
			51		50	25050005508	ST 25x050	18	12,42	40050005508	ST 40x050	10	30,30
54	2" 1/8		54			25054005508	ST 25x054	16	13,07	40054005508	ST 40x054	10	32,00
	2" 3/8	50	60,3	2"		25060005508	ST 25x060	12	14,08	40060005508	ST 40x060	10	33,02
64			63,5		63	25064005508	ST 25x064	12	14,59	40064005508	ST 40x064	10	33,67
	2" 5/8					25067005508	ST 25x067	12	15,37				
70			70			25070005508	ST 25x070	12	16,15				
76	3"	65	76,1	2" 1/2	75	25076005508	ST 25x076	10	16,86	40076005508	ST 40x076	10	34,08
80	3" 1/8					25080005508	ST 25x080	8	18,08	40080005508	ST 40x080	10	35,05
89	3" 1/2	80	88,9	3"	90	25089005508	ST 25x089	8	19,41	40089005508	ST 40x089	10	36,04
	4"	90	101,6	3" 1/2	100	40102005508	ST 40x102	8	37,84	50102005508	ST 50x102	4	67,63
108	4" 1/4		108			40108005508	ST 40x108	6	38,67	50108005508	ST 50x108	4	72,87
					110	40110005508	ST 40x110	6	38,95	50110005508	ST 50x110	4	74,15
114	4" 1/2	100	114,3	4"		40114005508	ST 40x114	6	39,27	50114005508	ST 50x114	4	76,34
			127		125	40125005508	ST 40x125	6	42,74	50125005508	ST 50x125	4	84,16
133			133			40133005508	ST 40x133	6	44,01	50133005508	ST 50x133	4	87,90
		125	139,7	5"		40140005508	ST 40x140	6	45,00	50140005508	ST 50x140	2	90,84
159			159		160	40160005508	ST 40x160	4	60,37	50160005508	ST 50x160	2	109,04
		150	168,3	6"		40170005508	ST 40x170	4	63,55	50170005508	ST 50x170	2	117,21

K-FLEX® ST espesor 25 mm, es totalmente equivalente a 30 mm de RITE

Tolerancias para Tubos K-FLEX® ST: Longitud: +/- 1,5%

Ø interno: hasta 100 mm. entre +1 y +4 mm., mayores de 100 mm. entre +1 y +6 mm.

Espesores: 9 y 13 mm. +/- 1,5 mm., 19 y 25 mm. +/- 2,5 mm. 32, 40 y 50 mm. +/- 3 mm.

Las cajas con contenido total mayor de 20 metros, podrán contener hasta el 10% de tubos de 1 metro de largo (en lugar de los tubos estándar de 2 m.)

Las cajas con contenido total inferior de 20 metros, podrán contener indistintamente tubos de 1 m. y de 2 m.

Existen otros espesores y diámetros disponibles bajo pedido específico.

\* Consultar precio, contenido, cantidad mínima

**Consultar disponibilidad y cantidades mínimas a suministrar.**

# **4 CATÁLOGO DE MÁQUINAS DE ADSORCIÓN DE FAHRENHEIT**



# FAHRENHEIT

Cooling Innovation.

**TECHNICAL DATA**



[WWW.FAHRENHEIT.COOL](http://WWW.FAHRENHEIT.COOL)



# Contents

## General

04 | converting heat to cold

## eCoo-line

06 | overview

08 | technical data

## ZEO-line

10 | overview

13 | technical data

## HybridChiller

14 | overview

17 | technical data

## Recooler

18 | overview

20 | technical data

## System Separation

32 | overview

33 | technical data

## Services

34 | planning assistance and support

35 | contact



**The best way of cooling  
while also protecting the  
climate and your budget!**



# F

**T +49 89 200 940 663**

**SALES@FAHRENHEIT.COOL**

FAHRENHEIT is the leading provider of thermal cooling solutions with adsorption chillers that use use (waste) heat as an energy source and water as a coolant and refrigerant.

Our references impress:



**WWW.FAHRENHEIT.COOL**

# Adsorption Chiller: Turning heat into cold.

**FAHRENHEIT IS THE TECHNOLOGY LEADER FOR ADSORPTION TECHNOLOGY.**

We develop and manufacture innovative, energy-efficient solutions for refrigeration.

Our adsorption chillers are in use more than 800 times worldwide - and in a wide range of applications.

FAHRENHEIT adsorption technology can be used for cooling wherever waste heat is available.

As no electricity has to be used for cooling, our cooling technology reaches a new dimension of energy efficiency. Our cooling systems are successfully used in industrial manufacturing, building cooling, data centers and many other applications. They are also ideal for connection to combined heat and power plants, and can save considerable energy and CO<sub>2</sub> emissions in mobile applications such as ships.



## ADVANTAGES AT A GLANCE:

- Up to 90% reduction in power requirement
- Water as the refrigerant
- Virtually noise-free
- Cooling modules contain no moving parts
- No replacement of the refrigerant or Adsorbents required
- Robust and virtually maintenance free



## OPERATIONAL METHOD:

Our technology works on the principle of solid matter sorption - called **adsorption**. In adsorption processes, **water vapor** is „drawn in“ and absorbed by the sorption material, in our case **silica gel/zeolite**, and absorbed, causing **water to evaporate and cold to be generated**. When the material is saturated, it is regenerated by adding heat.

# eCoo: Saves your budget and the environment.

Our eCoo range of silica gel-based refrigeration units have proven their worth over the years in hundreds of installations around the world. From mild northern Europe to the tropical sultriness of Southeast Asia, our established adsorption units prove their reliability and performance every day.

With drive temperatures ranging from 50°C to 95°C, our eCoo refrigeration units are suitable for many applications. eCoo is the result of all our experience in mechanical, ergonomic and control optimization.



## TECHNICAL FEATURES

- Adsorbent: Silica gel
- Refrigerant: Water
- Function-tested and speed-controlled high-efficiency pumps for all circuits integrated
- Power or efficiency optimized Mode of operation allows adaptation to any heat source
- Integrated communication services: BACnet IP, BACnet MS/TP and Modbus RTU
- Integrated free cooling mode: no additional hydraulics or software required
- Monitoring of reservoir temperatures for hot and cold water possible
- Cloud-based visualization and remote programming possible

# Technical data eCoo-line.



Model	eCoo 10	eCoo 10X	eCoo 20
Article number	A700045	A700040	A700031 / A700048
<b>Application range</b>			
Hot water temperature	50 – 95 °C	50 – 95 °C	50 – 95 °C
Recooling water temperature	22 - 40 °C	22 - 40 °C	22 - 40 °C
Chiller water temperature	8 - 21 °C	8 - 21 °C	8 - 21 °C
Max. operating pressure	3 bar	3 bar	3 bar
<b>Basic performance data</b>			
Refrigeration power	up to 16,7 kW	up to 25 kW	up to 33,4 kW
COP <sub>TH</sub>	up to 0,65	up to 0,65	up to 0,65
<b>Dimensions / Weight</b>			
W x D x H	875 x 765 x 2.004 mm	875 x 765 x 2.500 mm	875 x 1.465 x 2.004 mm
Floor space required	0,67 m <sup>2</sup>	0,67 m <sup>2</sup>	1,28 m <sup>2</sup>
Empty weight	ca. 370 kg	ca. 550 kg	ca. 785 kg
<b>Power drawn / power connection</b>			
At typical pressure losses *	260 W	511 W	520 W
At claiming the max. delivery height *	800 W	911 W	1.600 W
Power supply	230 V, 50/60 Hz	230 V, 50/60 Hz	230 V, 50/60 Hz
<b>Hot water circuit</b>			
Volume flow	2,5 m <sup>3</sup> /h	3,75 m <sup>3</sup> /h	5 m <sup>3</sup> /h
Max. additional delivery height	464 mbar	296 mbar	400 mbar
Connection - external thread	G 1 1/4" AG	G 2" AG	G 2" AG
<b>Heat rejection circuit / Heating water circuit</b>			
Volume flow	5,1 m <sup>3</sup> /h	7,65 m <sup>3</sup> /h	10,2 m <sup>3</sup> /h
Max. additional delivery height	690 mbar	309 mbar	640 mbar
Connection - external thread	G 1 1/2" AG	G 2" AG	G 2" 1/2 AG
<b>KaltWaterkreislauf</b>			
Volume flow	2,9 m <sup>3</sup> /h	4,35 m <sup>3</sup> /h	5,8 m <sup>3</sup> /h
Max. additional delivery height	630 mbar	492 mbar	520 mbar
Connection - external thread	G 1 1/4" AG	G 2" AG	G 2" AG
<b>Components</b>			
Controller	Siemens Climatix	Siemens Climatix	Siemens Climatix
Integrated system separation			optional

\* Adsorption chiller power consumption varies with operating conditions



eCoo 20X	eCoo 30	eCoo 30X	eCoo 40X
A700041	A700027	A700042	A700043
50 – 95 °C 22 - 40 °C 8 - 21 °C 3 bar	50 – 95 °C 22 - 40 °C 8 - 21 °C 3 bar	50 – 95 °C 22 - 40 °C 8 - 21 °C 3 bar	50 – 95 °C 22 - 40 °C 8 - 21 °C 3 bar
up to 50 kW up to 0,65	up to 50 kW up to 0,65	up to 75 kW up to 0,65	up to 100 kW up to 0,65
875 x 1.465 x 2.500 mm 1,28 m <sup>2</sup> ca. 1.152 kg	875 x 1.864 x 2.004 mm 1,63 m <sup>2</sup> ca. 1.238 kg	875 x 2.165 x 2.500 mm 1,89 m <sup>2</sup> ca. 1.728 kg	875 x 2.930 x 2.500 mm 2,56 m <sup>2</sup> ca. 2.300 kg
1.022 W 1.822 W 230 V, 50/60 Hz	984 W 1.768 W 230 V, 50/60 Hz	1.543 W 2.743 W 230 V, 50/60 Hz	2.064 W 3.664 W (2x) 230 V, 50/60 Hz
7,50 m <sup>3</sup> /h 287 mbar DN 65	2,5 m <sup>3</sup> /h 816 mbar G 1 ¼" AG	11,25 m <sup>3</sup> /h 282 mbar DN 65	15,00 m <sup>3</sup> /h 280 mbar DN 65
15,30 m <sup>3</sup> /h 282 mbar DN 80	15,30 m <sup>3</sup> /h 590 mbar G 2 ½" AG	22,95 m <sup>3</sup> /h 278 mbar DN 80	30,60 m <sup>3</sup> /h 271 mbar DN 80
8,70 m <sup>3</sup> /h 481 mbar DN 65	8,70 m <sup>3</sup> /h 271 mbar G 2" AG	13,05 m <sup>3</sup> /h 476 mbar DN 65	17,40 m <sup>3</sup> /h 472 mbar DN 65
Siemens Climatix	Siemens Climatix optional	Siemens Climatix	Siemens Climatix

# Recooler: Optimized heat dissipation for your system.

## PERFECTLY CONTROLLABLE

- Continuous variation of fan speed via standard signal (0-10 V).
- Control for temperature-controlled, stepless variation of the fan speed in the control cabinet.
- Completely wired and assembled.

## OPTIMIZED FOR SPACE

- Vertical installation - thanks to spraying designed for it - reduces footprint and influences sound direction.

## OPTIONAL

- Spraying system ( fluid: water) designed for temporary spraying of the recirculating spraying of the recooling fins via spray lance
- Partially assembled (spray lance packed separately), incl. pressure reducer, solenoid valve and drain cock for the spraying system (eRec / eRis 10 | 40 WV).

## TWO VARIATIONS

- eRec – for highest efficiency at temperature differences of 2 K
- eRis – for most cost-efficient setup and smaller footprint

# Technical data Recooler.

## Recommendations for eCoo 10X and eCoo 20

Recooler eRec	without spray system		with spray system	
Model	eRec 20   58	eRec 20   80	eRec 20   58 WV	eRec 20   80 WV
Article number	700343	700233	700344	700241
<b>Performance data</b>				
Recooler capacity	up to 58 kW	up to 80 kW	up to 58 kW	up to 80 kW
Recooling medium	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)
Water temperature (inlet/outlet)	29,6 / 25 °C	31,3 / 25 °C	29,6 / 25 °C	31,3 / 25 °C
Nominal volume flow	11,8 m³/h	11,8 m³/h	11,8 m³/h	11,8 m³/h
Max. operating pressure	4 bar	4 bar	4 bar	4 bar
Water consumption			max. 9 m³ / Jahr	max. 9 m³ / Jahr
Temperature air (inlet/outlet)	22,7 / 26,4 °C	23,0 / 28,1 °C	22,7 / 26,4 °C	23,0 / 28,0 °C
Air flow	47.000 m³/h	47.000 m³/h	48.000 m³/h	48.000 m³/h
Pressure loss at nominal volume flow	280 mbar	230 mbar	280 mbar	230 mbar
<b>Ventilators</b>				
Ventilators	4 x EC Ventilators	4 x EC Ventilators	4 x EC Ventilators	4 x EC Ventilators
Sound pressure level (in 10 m)	37 dB(A)	37 dB(A)	37 dB(A)	37 dB(A)
<b>Dimensions / Weight</b>				
W x D x H	4.230 x 2.290 x 1.510 mm	5.030 x 2.290 x 1.510 mm	4.230 x 1.050 x 2.380 mm	5.030 x 1.050 x 2.380 mm
Unladen weight	791 kg	841 kg	791 kg	841 kg
Floor space required	9,69 m²	11,52 m²	2,87 m²	5,28 m²
Tubing content	94,7 l	86,5 l	94,7 l	86,5 l
<b>Power drawn / power connection</b>				
Power drawn	1,08 kW	1,0 kW	1,08 kW	1,04 kW
Power supply	230 V, 50 Hz			

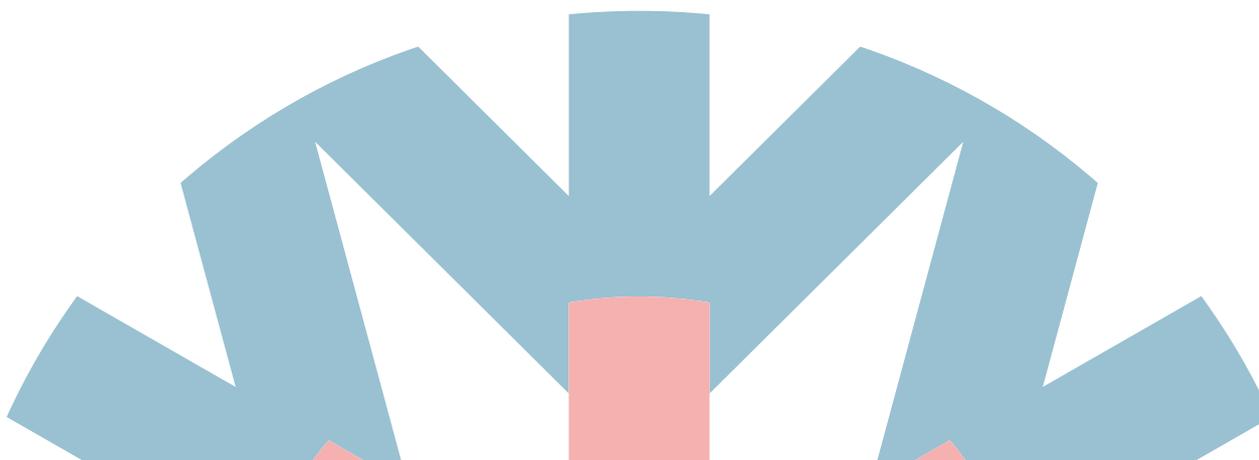
# Technical data Recooler.

## Recommendations for eCoo 30X

Recooler	eRec without spray system		eRis without spray system	
Model	eRec 50   145	eRec 50   200	eRis 50   145	eRis 50   200
Article number	700349	700236	700369	700248
<b>Performance data</b>				
Recooler capacity	up to 145 kW	up to 200 kW	up to 145 kW	up to 200 kW
Recooling medium	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)
Water temperature (inlet/outlet)	29,6 / 25 °C	31,3 / 25 °C	29,6 / 25 °C	31,3 / 25 °C
Nominal volume flow	29,5 m³/h	29,5 m³/h	29,5 m³/h	29,5 m³/h
Max. operating pressure	4 bar	4 bar	4 bar	4 bar
Water consumption				
Temperature air (inlet/outlet)	22,7 / 27,0 °C	23,0 / 27,2 °C	21,2 / 26,5 °C	21,5 / 26,0 °C
Air flow	102.000 m³/h	144.000 m³/h	82.000 m³/h	134.000 m³/h
Pressure loss at nominal volume flow	490 mbar	270 mbar	370 mbar	250 mbar
<b>Ventilators</b>				
Ventilators	8 x EC Ventilators	10 x EC Ventilators	6 x EC Ventilators	8 x EC Ventilators
Sound pressure level (in 10 m)	47 dB(A)	47 dB(A)	46 dB(A)	45 dB(A)
<b>Dimensions / Weight</b>				
W x D x H	6.830 x 2.290 x 1.510 mm	9.630 x 2.290 x 1.510 mm	5.230 x 2.290 x 1.510 mm	9.630 x 2.290 x 1.510 mm
Unladen weight	1.565 kg	1.880 kg	1.067 kg	1.630 kg
Floor space required	15,64 m²	22,05 m²	11,97 m²	22,05 m²
Tubing content	199,9 l	416,8 l	178,3 l	403,7 l
<b>Power drawn / power connection</b>				
Power drawn	4,08 kW	5,5 kW	3,66 kW	4,32 kW
Power supply	400 V, 50 Hz			

## Recommendations for eCoo 40X

Recooler	eRec without spray system		eRis without spray system	
Model	eRec 60   174	eRec 60   240	eRis 60   174	eRis 60   240
Article number	700350	700237	700370	700249
<b>Performance data</b>				
Recooler capacity	up to 174 kW	up to 240 kW	up to 174 kW	up to 240 kW
Recooling medium	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)
Water temperature (inlet/outlet)	29,6 / 25 °C	31,3 / 25 °C	29,6 / 25 °C	31,3 / 25 °C
Nominal volume flow	35,4 m³/h	35,4 m³/h	35,4 m³/h	35,4 m³/h
Max. operating pressure	4 bar	4 bar	4 bar	4 bar
Water consumption				
Temperature air (inlet/outlet)	22,9 / 26,6 °C	23,0 / 26,9 °C	21,5 / 25,5 °C	21,5 / 27,1 °C
Air flow	145.000 m³/h	183.000 m³/h	130.000 m³/h	129.000 m³/h
Pressure loss at nominal volume flow	450 mbar	260 mbar	590 mbar	210 mbar
<b>Ventilators</b>				
Ventilators	10 x EC Ventilators	12 x EC Ventilators	8 x EC Ventilators	8 x EC Ventilators
Sound pressure level (in 10 m)	47 dB(A)	46 dB(A)	47 dB(A)	46 dB(A)
<b>Dimensions / Weight</b>				
W x D x H	9.930 x 2.290 x 1.510 mm	11.830 x 2.290 x 1.510 mm	8.030 x 2.290 x 1.510 mm	9.630 x 2.290 x 1.510 mm
Unladen weight	1.953 kg	2.240 kg	1.388 kg	1.589 kg
Floor space required	22,74 m²	2.240 kg	18,39 m²	22,05 m²
Tubing content	232,3 l	283,7 l	139,6 l	229,2 l
<b>Power drawn / power connection</b>				
Power drawn	4,9 kW	6,36 kW	4,4 kW	4,16 kW
Power supply	400 V, 50 Hz			



# Technical data Recooler.

## Recommendations for large systems

Recooler	eRec without spray system		eRis without spray system	
Model	eRec 80   232	eRec 80   320	eRis 80   232	eRis 80   320
Article number	700352	700239	700372	700251
<b>Performance data</b>				
Recooler capacity	up to 232 kW	up to 320 kW	up to 232 kW	up to 320 kW
Recooling medium	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)
Water temperature (inlet/outlet)	29,6 / 25 °C	31,3 / 25 °C	29,6 / 25 °C	31,3 / 25 °C
Nominal volume flow	47,2 m³/h	47,2 m³/h	47,2 m³/h	47,2 m³/h
Max. operating pressure	4 bar	4 bar	4 bar	4 bar
Water consumption				
Temperature air (inlet/outlet)	22,6 / 26,4 °C	23,0 / 26,8 °C	21,5 / 26,0 °C	21,5 / 27,5 °C
Air flow	183.000 m³/h	252.000 m³/h	155.000 m³/h	159.000 m³/h
Pressure loss at nominal volume flow	430 mbar	170 mbar	360 mbar	250 mbar
<b>Ventilators</b>				
Ventilators	12 x EC Ventilators	16 x EC Ventilators	10 x EC Ventilators	12 x EC Ventilators
Sound pressure level (in 10 m)	48 dB(A)	49 dB(A)	47 dB(A)	49 dB(A)
<b>Dimensions / Weight</b>				
W x D x H	11.830 x 2.290 x 1.510 mm	10.095 x 2.370 x 2.300 mm	9.930 x 2.290 x 1.510 mm	10.030 x 2.290 x 1.510 mm
Unladen weight	2.318 kg	3.260 kg	1.725 kg	2.339 kg
Floor space required	27,09 m²	23,93 m²	22,74 m²	22,97 m²
Tubing content	283,7 l	416,1 l	186,2 l	179,3 l
<b>Power drawn / power connection</b>				
Power drawn	6,36 kW	9,12 kW	5,7 kW	6,96 kW
Power supply	400 V, 50 Hz			

# Technical data.

Model	ST-10	ST-10X	ST-20
Article number	A600026	A600020	A600029

## General key performance

Capacity	40 kW	60 kW	80 kW
Connectors	2" gland, soldering 42 mm	2" gland, soldering 42 mm	2" gland, soldering 42 mm
Medium (inlet)	Water	Water	Water
Medium (outlet)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)
Heat exchanger surface	7,66 m <sup>2</sup>	11,4 m <sup>2</sup>	15,6 m <sup>2</sup>

## Dimensions

W x D x H	243 x 151 x 525 mm	243 x 220 x 525 mm	243 x 289 x 525 mm
Floor space required	0,037 m <sup>2</sup>	0,054 m <sup>2</sup>	0,07 m <sup>2</sup>

## Weight

Unladen weight	35,4 kg	47,5 kg	59,6 kg
Operational weight	49,9 kg	69,4 kg	88,9 kg

## Pressure loss

Inlet	56,4 mbar	63,9 mbar	75,7 mbar
Outlet	89,7 mbar	102,0 mbar	119,0 mbar

## Filling volume

Inlet	6,99 l	10,6 l	14,2 l
Outlet	7,23 l	10,8 l	14,5 l

Model	ST-20X	ST-30X	ST-40X
Article number	A600025	A600024	A600022

## General key performance

Capacity	111,6 kW	180 kW	242 kW
Connectors	Compac-Flansch DN 65, 2 ½" IG Water	Compac-Flansch DN 80, 2 ½" IG Water	Compac-Flansch DN 80, 2 ½" IG Water
Medium (inlet)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)	Ethylenglykol - Water (34%)
Medium (outlet)	19,6 m <sup>2</sup>	37,8 m <sup>2</sup>	54,7 m <sup>2</sup>
Heat exchanger surface			

## Dimensions

W x D x H	243 x 331 x 525 mm	304 x 421 x 694 mm	304 x 600 x 694 mm
Floor space required	0,094 m <sup>2</sup>	0,13 m <sup>2</sup>	0,184 m <sup>2</sup>

## Weight

Unladen weight	77,2 kg	135 kg	185 kg
Operational weight	108 kg	207 kg	289 kg

## Pressure loss

Inlet	82,1 mbar	87,2 mbar	104 mbar
Outlet	126,0 mbar	104 mbar	105 mbar

## Filling volume

Inlet	15,2 l	35,1 l	50,8 l
Outlet	15,0 l	35,5 l	51,2 l

# **5 INFORMACIÓN TÉCNICA DE BOMBAS HIDRÁULICAS GRUNDFOS**

Contar	Descripción
--------	-------------

1

TPE 32-320/2 S-A-F-A-BQQE-IWB



Adverta! la foto puede diferir del actual producto

Código: [99133574](#)

Bomba de una etapa, acoplamiento cerrado y voluta con puertos de aspiración y descarga en línea de idéntico diámetro. El diseño de la bomba incluye un sistema de extracción superior que facilita el desmontaje del cabezal motor (el motor, el cabezal de la bomba y el impulsor) con fines de mantenimiento o reparación sin necesidad de desconectar las tuberías de la carcasa de la bomba.

La bomba está equipada con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado. El cierre mecánico satisface los requisitos establecidos por la norma EN 12756. La conexión de las tuberías se lleva a cabo por medio de bridas DIN de PN 16 (normas EN 1092-2 e ISO 7005-2).

La bomba está equipada con un motor síncrono de imanes permanentes refrigerado por ventilador. El nivel de eficiencia del motor de acuerdo con la norma IEC 60034-30-2 es IE5.

El motor incluye un convertidor de frecuencia y un controlador PI en la caja de conexiones. Ello facilita el control variable y continuo de la velocidad del motor, lo cual, a su vez, permite adaptar el rendimiento a un determinado conjunto de requisitos. La bomba está equipada con un sensor de presión diferencial. La bomba es apta para aplicaciones que requieren control de la presión. La bomba está equipada con un transmisor de presión diferencial que registra la presión diferencial a través de la bomba y permite controlarla por presión constante o presión proporcional.

El índice de eficiencia mínima del producto (MEI) es mayor o igual a 0,70. De acuerdo con el Reglamento (UE) de la Comisión vigente desde el 1 de enero de 2013, este es el valor de referencia indicativo para las bombas hidráulicas más eficientes disponibles en el mercado.

El panel de control de la caja de conexiones del motor cuenta con una pantalla TFT de cuatro pulgadas, pulsadores y un indicador Grundfos Eye.

La pantalla permite acceder a todas las funciones de forma intuitiva y sencilla.

Los pulsadores facilitan la navegación a través de los menús y el acceso a los datos relacionados con la bomba y su rendimiento in situ, así como el establecimiento del punto de ajuste necesario y los modos de funcionamiento "Mín.", "Máx." o "Parada".

La comunicación con la bomba también es posible por medio del accesorio de control remoto Grundfos GO Remote. El accesorio de control remoto, además, facilita el ajuste y la lectura de parámetros como el "Valor actual", la "Velocidad", la "Potencia de entrada" y el "Consumo energético" total.

El indicador Grundfos Eye del panel de control proporciona información visual acerca del estado de la bomba:

- "Encendido": El motor se encuentra en funcionamiento (indicadores luminosos de color verde girando) o en espera (indicadores luminosos de color verde estáticos).
- "Aviso": El motor continúa en funcionamiento (indicadores luminosos de color amarillo girando) o se ha detenido (indicadores luminosos de color amarillo estáticos).
- "Alarma": El motor se ha detenido (indicadores luminosos de color rojo intermitentes).

Un panel de control facilita el establecimiento del punto de ajuste necesario, así como la configuración de la bomba en los modos de funcionamiento "Mín.", "Máx." o "Parada". El panel de control posee indicadores luminosos vinculados a los estados "En funcionamiento" y "Avería".

La comunicación con la bomba es posible por medio del accesorio de control remoto Grundfos GO Remote. El accesorio de control remoto, además, facilita el ajuste y la lectura de parámetros como el "Valor actual", la "Velocidad", la "Potencia de entrada" y el "Consumo energético" total.

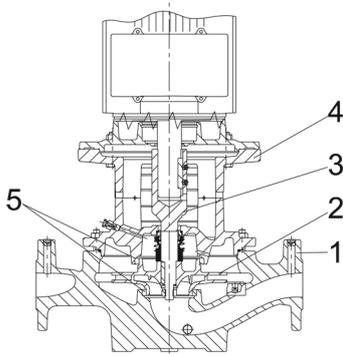
Las piezas de fundición incluyen un revestimiento epoxídico, aplicado mediante un proceso de electrodeposición catódica.

La electrodeposición catódica es un proceso de pintado por inmersión de alta calidad, consistente en la aplicación de un campo eléctrico alrededor de los productos que garantiza la deposición controlada de las partículas de pintura formando una capa delgada sobre la superficie.

**Bomba**

Contar	Descripción
--------	-------------

1



- 1: Carcasa de la bomba
- 2: Impulsor
- 3: Eje con mangueta
- 4: Cabezal de la bomba/soporte del motor
- 5: Anillos de desgaste

La carcasa de la bomba está dotada de un collarín de latón sustituible que minimiza la cantidad de líquido que se transfiere desde el lado de descarga del impulsor hasta el lado de aspiración.

El impulsor se encuentra fijado al eje con una tuerca.

La bomba está equipada con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado con transmisión de par a través del muelle y alrededor del fuelle.

El fuelle evita que el cierre desgaste el eje e impide que el movimiento axial se vea obstaculizado por la presencia de depósitos en el eje.

Superficies del cierre:

- Material del anillo del cierre giratorio: carburo de silicio (SiC).
- Material del asiento estacionario: carburo de silicio (SiC).

Esta combinación de materiales se usa en casos en los que es preciso conferir al equipo una mayor resistencia a la corrosión. La elevada dureza de esta combinación de materiales proporciona una magnífica resistencia contra las partículas abrasivas.

Material del cierre secundario: EPDM (caucho de etileno-propileno)

El EPDM posee una excelente resistencia al agua caliente. El EPDM no es apto para el uso con aceites minerales.

La circulación de líquido a través del conducto del tornillo de purga de aire garantiza la lubricación y la refrigeración del cierre mecánico.

Las bridas poseen orificios roscados para la instalación de manómetros.

El soporte del motor forma la conexión entre la carcasa de la bomba y el motor, y está equipado con un tornillo de purga de aire manual que permite purgar la carcasa de la bomba y la cámara del cierre mecánico.

El cierre entre el soporte del motor y la carcasa de la bomba es una junta tórica.

La parte central del soporte del motor está provista de cubiertas que protegen el eje y el acoplamiento. El eje de la bomba se sujeta directamente al eje del motor empleando una chaveta y tornillos de ajuste.

## Motor

El motor es de tipo totalmente cerrado, cuenta con refrigeración por ventilador y sus principales dimensiones se ajustan a las normas IEC y DIN. Las tolerancias eléctricas satisfacen los requisitos establecidos por la norma IEC 60034.

El motor está montado con una brida dotada de orificios libres (FF).

Designación de montaje del motor según la norma IEC 60034-7: IM B 5, IM V 1 (Código I)/IM 3001, IM 3011 (Código II).

El nivel de eficiencia del motor de acuerdo con la norma IEC 60034-30-2 es IE5.

El motor no precisa protección externa. La unidad de control del motor incorpora protección contra los aumentos de temperatura lentos y rápidos (como aquellos que tienen lugar en condiciones de sobrecarga constante y atasco).

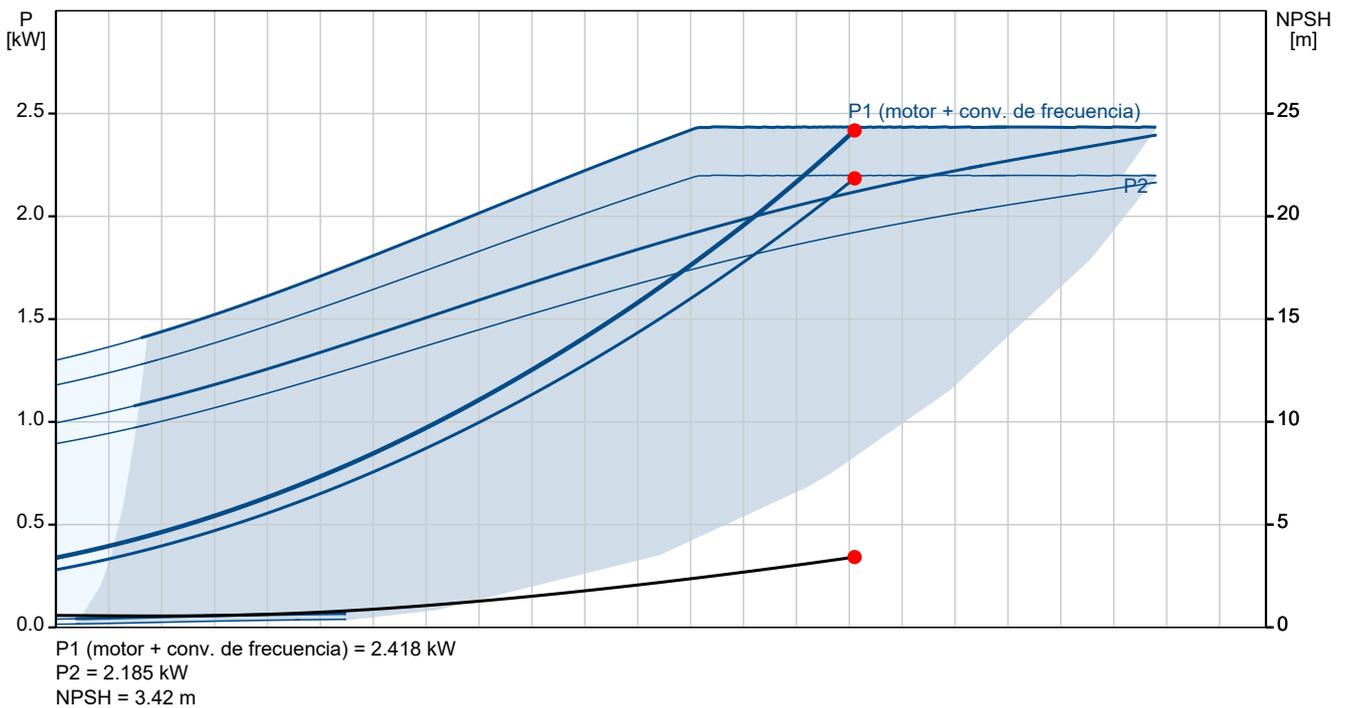
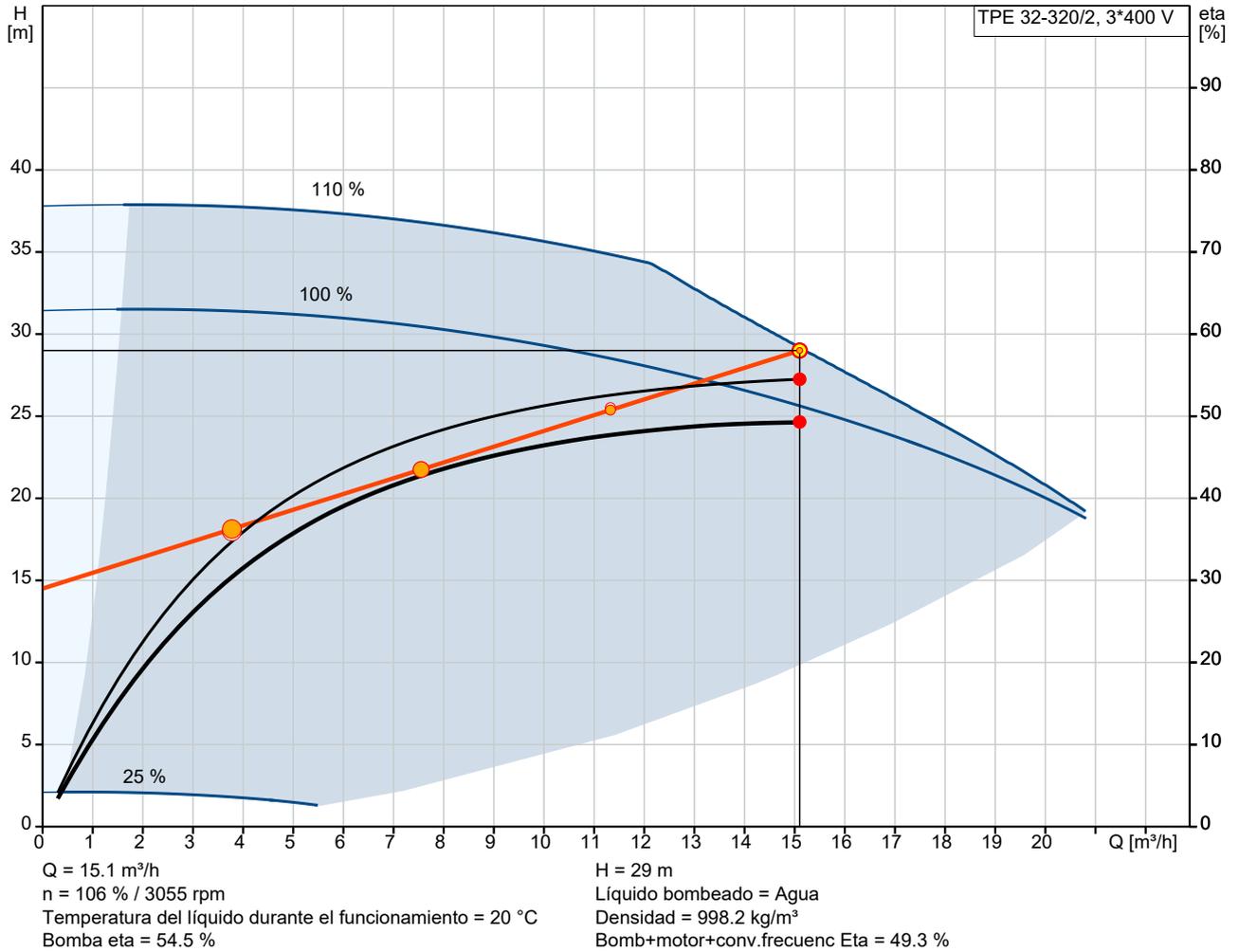
La caja de conexiones contiene terminales que facilitan el establecimiento de las siguientes conexiones:

- una entrada digital dedicada;
- dos entradas analógicas (0(4)-20 mA, 0-5 V, 0-10 V, 0,5-3,5 V); una de ellas ocupada por el sensor de presión instalado en fábrica;
- tensión de alimentación de 5 V para potenciómetro y sensor;

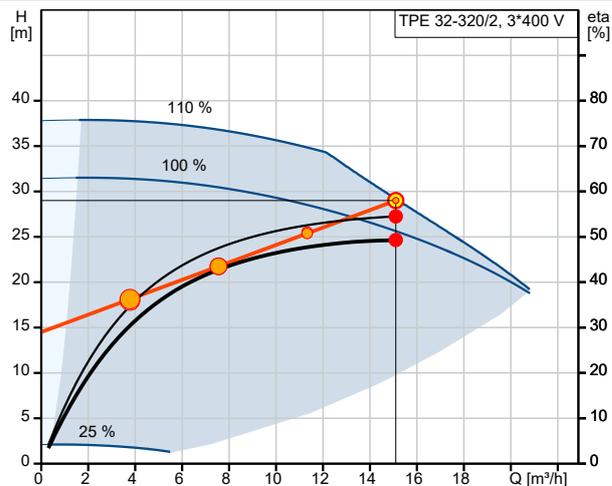
Contar	Descripción
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• una entrada digital configurable o una salida de colector abierto;</li> <li>• entrada y salida del sensor digital de Grundfos;</li> <li>• tensión de alimentación de 24 V para sensores;</li> <li>• dos salidas de relé de señal (contactos de libre potencial);</li> <li>• conexión GENIbus;</li> <li>• interfaz para módulo Fieldbus CIM de Grundfos.</li> </ul> <p><b>Más información acerca del producto</b></p> <p>Las piezas de fundición incluyen un revestimiento epoxídico, aplicado mediante un proceso de electrodeposición catódica.</p> <p>La electrodeposición catódica es un proceso de pintado por inmersión de alta calidad, consistente en la aplicación de un campo eléctrico alrededor de los productos que garantiza la deposición controlada de las partículas de pintura formando una capa delgada sobre la superficie.</p> <p><b>Datos técnicos</b></p> <p>Paneles control: Frequency converter: Built-in</p> <p>Líquido: Líquido bombeado: Agua Rango de temperatura del líquido: -25 .. 120 °C Temperatura del líquido durante el funcionamiento: 20 °C Densidad: 998.2 kg/m<sup>3</sup> Viscosidad cinemática: 1 mm<sup>2</sup>/s</p> <p>Técnico: Velocidad de bomba en la que se basan los datos de bomba: 3055 rpm Caudal real calculado: 15.1 m<sup>3</sup>/h Altura resultante de la bomba: 29 m Diámetro real del impulsor: 155 mm Código del cierre: BQQE Tolerancia de curva: ISO9906:2012 3B2</p> <p>Materiales: Cuerpo hidráulico: Fundición Carcasa de la bomba: EN-GJL-250 ASTM class 35 Impulsor: Fundición EN-GJL-200 ASTM class 30</p> <p>Instalación: Rango de temperaturas ambientes: -20 .. 50 °C Presión de trabajo máxima: 16 bar Presión máxima a la temp. declarada: 16 bar / 120 °C Tipo de conexión: DIN Tamaño de la conexión: DN 32 Presión nominal para la conexión: PN 16 Longitud puerto a puerto: 340 mm Tamaño de la brida del motor: FF165</p> <p>Datos eléctricos: Tipo de motor: 90LD Potencia nominal - P2: 2.2 kW Frecuencia de red: 50 / 60 Hz Tensión nominal: 3 x 380-500 V Intensidad nominal: 4.15-3.40 A</p>

Contar	Descripción
1	<p>RequestedVoltage: 400 V RatedCurrentAtThisVoltage: 4.03 A Cos phi - factor de potencia: 0.93-0.87 Velocidad nominal: 360-4000 rpm Clase eficiencia IE: IE5 Eficiencia del motor a carga total: 90.1 % Número de polos: 2 Grado de protección (IEC 34-5): IP55 Clase de aislamiento (IEC 85): F Motor N.º: 98719485</p> <p>Otros: Índice de eficiencia mínima, IE min: 0.70 Peso neto: 45.4 kg Peso bruto: 56 kg Volumen de transporte: 0.162 m³ Finés: 4616372 País de origen.: HU Tarifa personalizada n.º: 84137051</p>

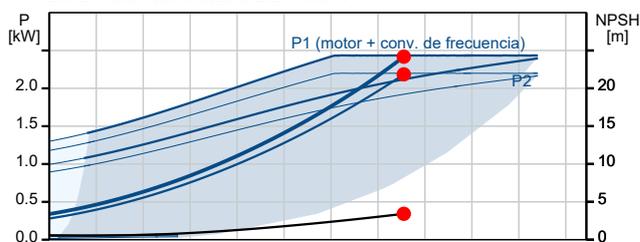
## 99133574 TPE 32-320/2 S-A-F-A-BQQE-IWB 50 Hz



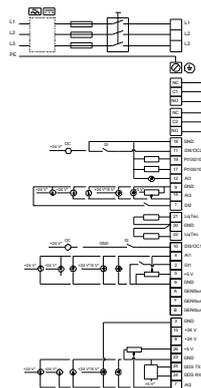
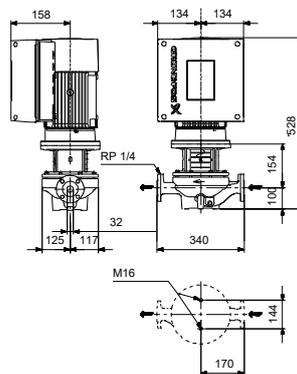
Descripción	Valor
<b>Información general:</b>	
Producto::	TPE 32-320/2 S-A-F-A-BQQE-IWB
Código::	99133574
Número EAN::	5712607366230
Precio:	EUR 8802
<b>Técnico:</b>	
Velocidad de bomba en la que se basan los datos de bomba:	3055 rpm
Caudal real calculado:	15.1 m³/h
Altura resultante de la bomba:	29 m
Altura máxima:	320 dm
Diámetro real del impulsor:	155 mm
Código del cierre:	BQQE
Tolerancia de curva:	ISO9906:2012 3B2
Versión de la bomba:	A
<b>Materiales:</b>	
Cuerpo hidráulico:	Fundición
Carcasa de la bomba:	EN-GJL-250
Carcasa de la bomba:	ASTM class 35
Impulsor:	Fundición
Impulsor:	EN-GJL-200
Impulsor:	ASTM class 30
Código de material:	A
<b>Instalación:</b>	
Rango de temperaturas ambientales:	-20 .. 50 °C
Presión de trabajo máxima:	16 bar
Presión máxima a la temp. declarada:	16 bar / 120 °C
<b>Líquido:</b>	
Líquido bombeado:	Agua
Rango de temperatura del líquido:	-25 .. 120 °C
Temperatura del líquido durante el funcionamiento:	20 °C
Densidad:	998.2 kg/m³
Viscosidad cinemática:	1 mm²/s
<b>Datos eléctricos:</b>	
Tipo de motor:	90LD
Potencia nominal - P2:	2.2 kW
Frecuencia de red:	50 / 60 Hz
Tensión nominal:	3 x 380-500 V
Intensidad nominal:	4.15-3.40 A
Tensión solicitada:	400 V
Intensidad nominal con esta tensión:	4.03 A
Cos phi - factor de potencia:	0.93-0.87
Velocidad nominal:	360-4000 rpm
Clase eficiencia IE:	IE5
Eficiencia del motor a carga total:	90.1 %
Número de polos:	2
Grado de protección (IEC 34-5):	IP55
Clase de aislamiento (IEC 85):	F
Protección de motor integrada:	ELEC
Motor N.º:	98719485



Q = 15.1 m³/h H = 29 m  
 n = 106 % / 3055 rpm Líquido bombeado = Agua  
 Densidad = 998.2 kg/m³ Bomba eta = 54.5 %  
 Temperatura del líquido durante el funcionamiento = 20 °C  
 Bomb+motor+conv.frecuenc Eta = 49.3 %



P1 (motor + conv. de frecuencia) = 2.418 kW  
 P2 = 2.185 kW  
 NPSH = 3.42 m



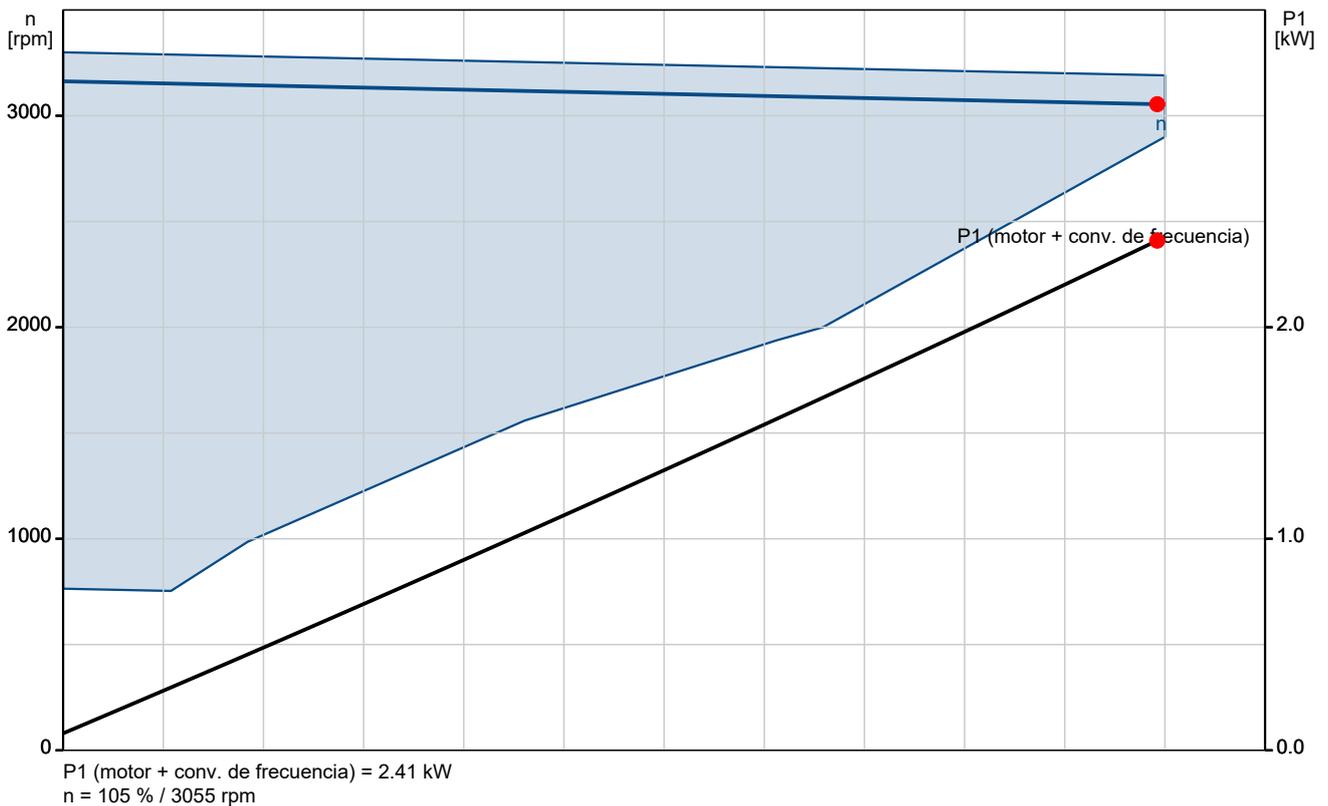
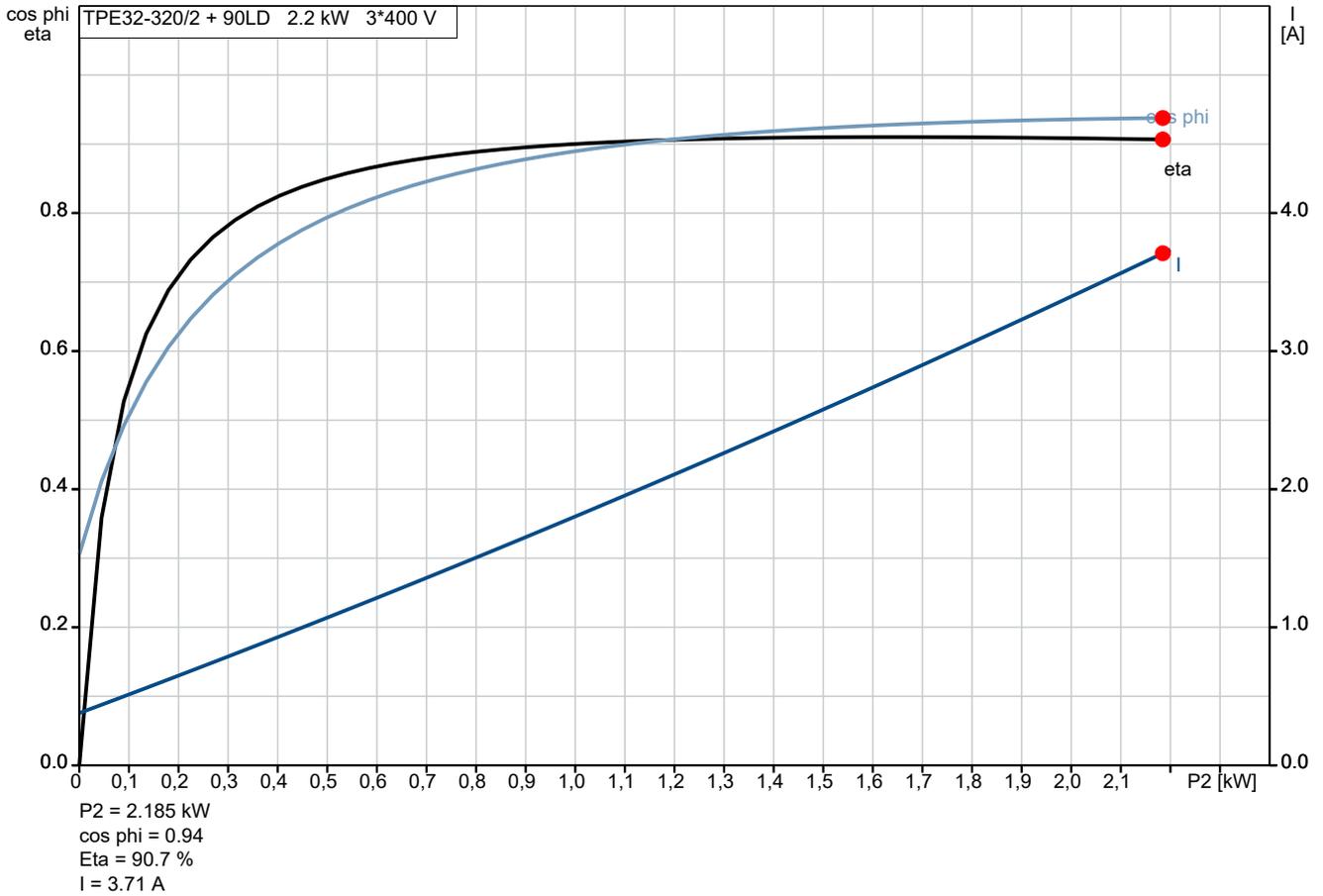


Empresa:  
Creado Por:  
Teléfono:

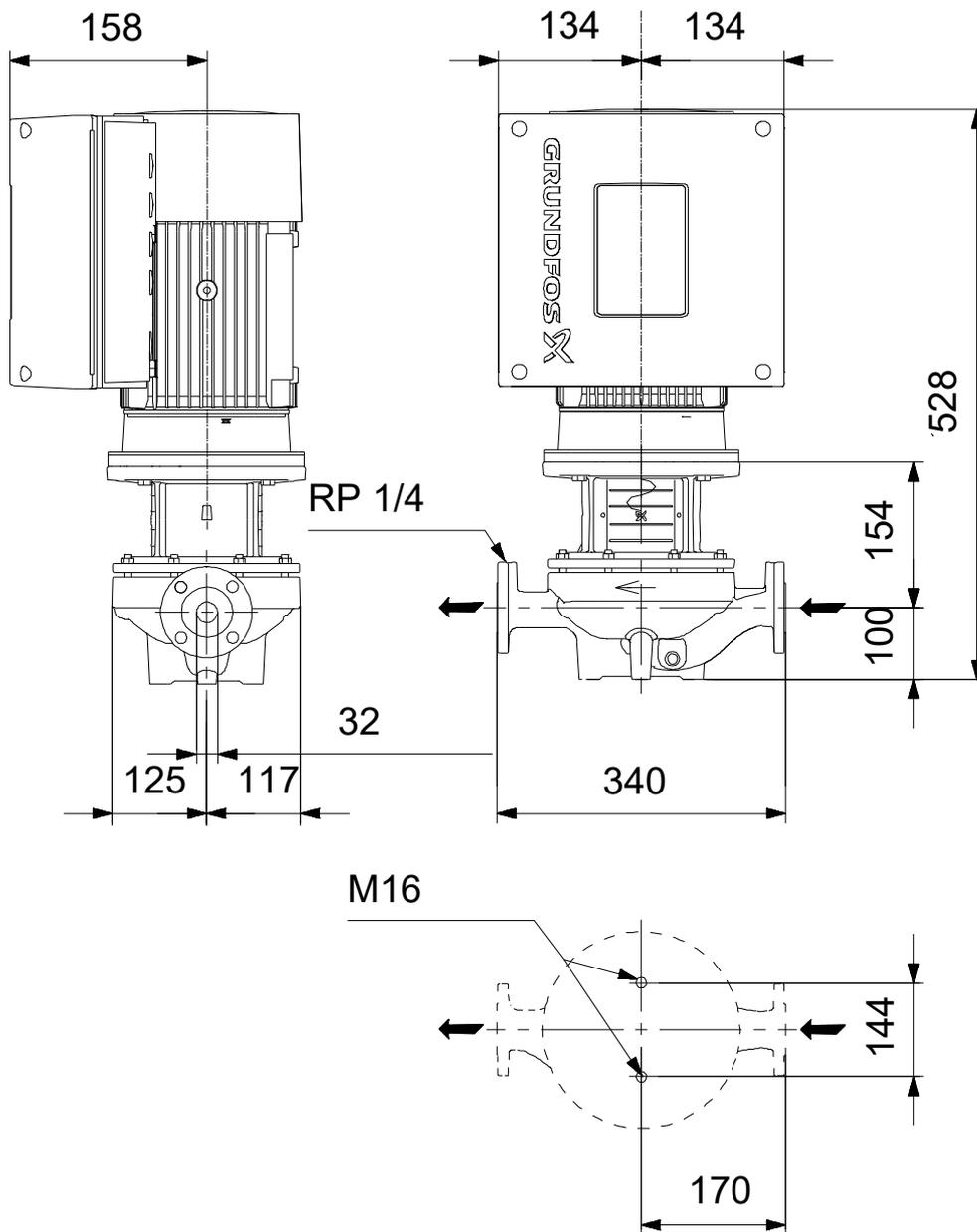
Datos: 24/05/2023

Descripción	Valor
<b>Paneles control:</b>	
Panel de control:	HMI300 (gráfica)
Módulo función:	FM300 (avanzado)
Convertidor de frecuencia:	Built-in
<b>Otros:</b>	
Índice de eficiencia mínima, IE min:	0.70
Peso neto:	45.4 kg
Peso bruto:	56 kg
Volumen de transporte:	0.162 m <sup>3</sup>
Arch. config. n.º:	99140383
Finés:	4616372
País de origen.:	HU
Tarifa personalizada n.º:	84137051

## 99133574 TPE 32-320/2 S-A-F-A-BQQE-IWB 50 Hz

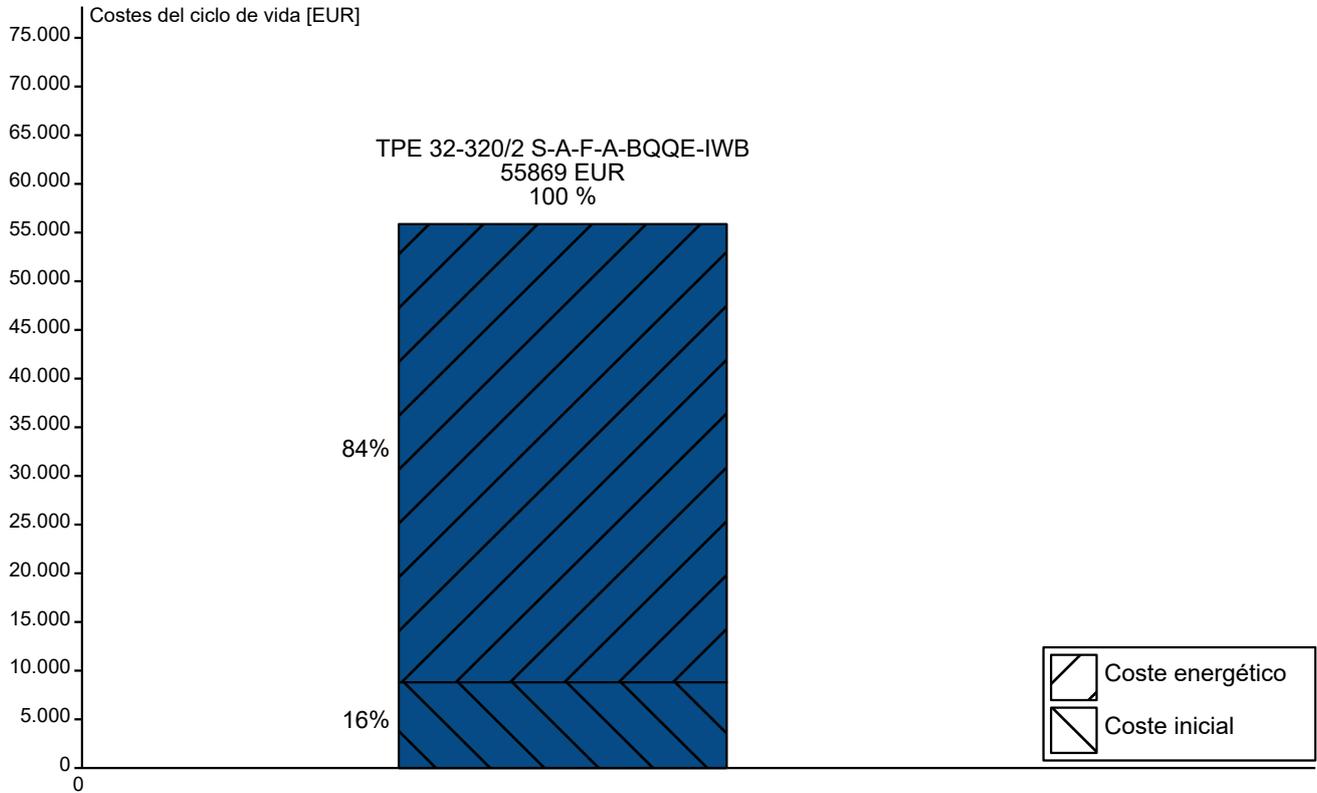


## 99133574 TPE 32-320/2 S-A-F-A-BQQE-IWB 50 Hz

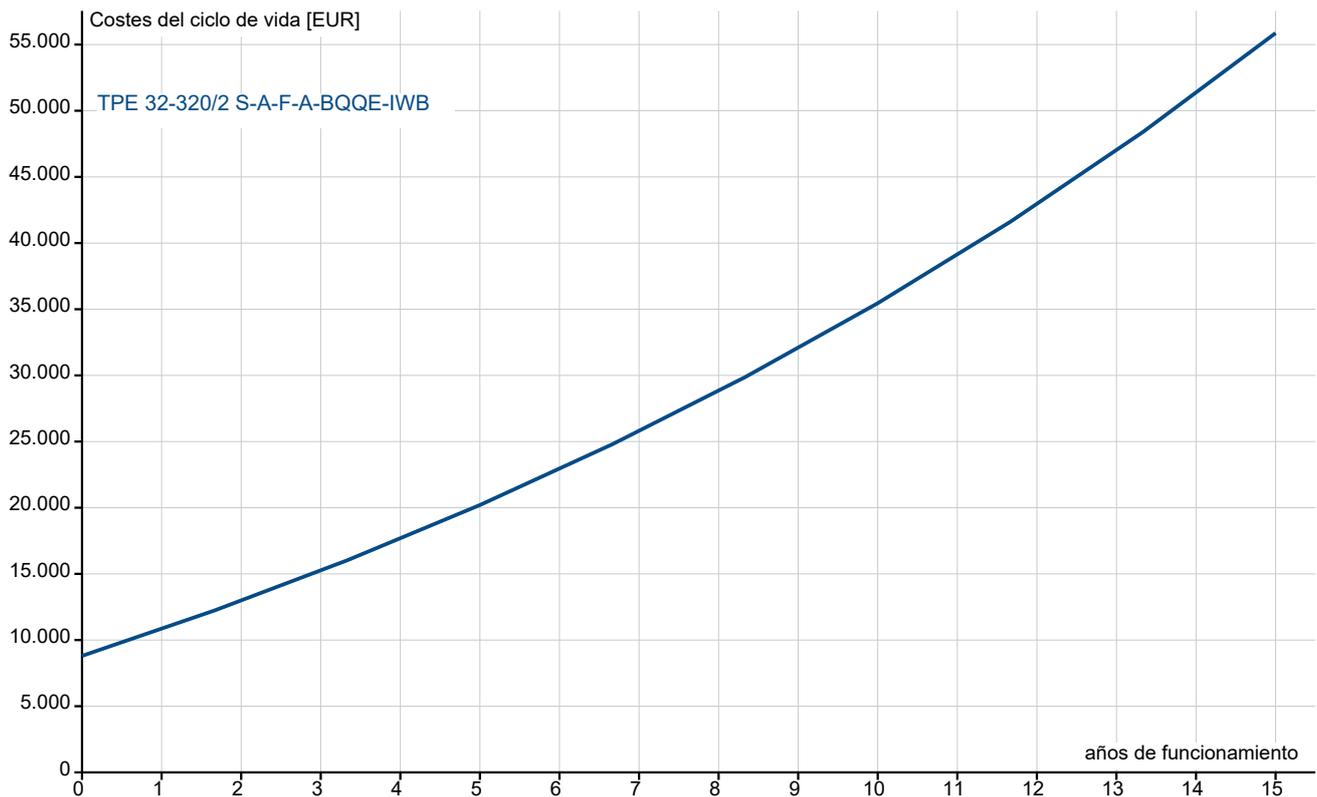


Nota: todas las unidades están en [mm] a menos que se indiquen otras. Exención de responsabilidad: este esquema dimensional simplificado no muestra todos los detalles.

## Costes del ciclo de vida - 15 años de funcionamiento



## Periodo de amortización



## Informe Cte CicloVital

Requisitos:	Datos general:	
Caudal: 15.1 m <sup>3</sup> /h	Precio energía (alto): 0.28 EUR/kWh	n - Vida en años: 15
Capacidad anual: ----		i - Tipo interés: 0 %
Altura: 29 m		p - Inflación: 6 %

Entrada	A:	
	por año	total (vida)
Sistema	TPE 32-320/2 S-A-F-A-BQQE-IWB	
<b>Cte inversión inicial [EUR]</b>		
Sistema bombeo [EUR]		
Inversión futura [EUR]		
<b>Cte instalación/puesta en marcha [EUR]</b>		
<b>Reduction of investments in the grid [EUR]</b>		
<b>Cte energía [EUR]</b>	<b>1964</b>	<b>47067</b>
Consumo energía [kWh/Año]	7013	
Energía especif [kWh/m <sup>3</sup> ]		
Cambio rendimiento por año [%/Año]		
<b>Costes funcion [EUR/Año]</b>		
[EUR/Año]		
Cte mantenim. rutinario [EUR/Año]		
Cte reparación [EUR/Año]		
Otros costes/año [EUR/Año]		
<b>Ctes pérdidas/paradas de producción [EUR/Año]</b>		
<b>Coste ambiental [EUR]</b>		
<b>Coste desmontaje y reciclaje [EUR]</b>		

### Salida

<b>Valor neto LCC [EUR]</b>	<b>55869</b>
del cual los costes energ. son [EUR]	47067
y el coste mantenim es [EUR]	
del cual cte energía neto actual % es [%]	84.2
y cte mantenimiento % es [%]	0.0

## **6 FICHA TÉCNICA DE VALVULERÍA DE GENEBRE**

## ARTICULO: 2015

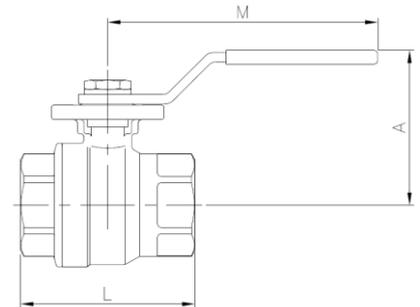
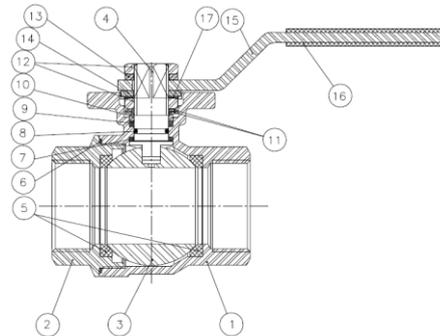
### Válvula de esfera paso total 2 piezas Inoxidable Stainless steel full port ball valve, 2 pieces

#### Características

1. Válvula esfera paso total 2 piezas.
2. Extremos roscados según ISO 7-1 (EN 10226-1).
3. Construcción en acero inox. 1.4408 (CF8M).
4. Asientos PTFE + 15 % Fibra de Vidrio.  
(otro material consultar)
5. Tórica en el eje de FPM (Viton).
6. Juntas del eje PTFE + 15 % Grafito.
7. Sistema de bloqueo.
8. Montaje actuador directo s/ ISO 5211.
9. Eje inexpulsable.
10. Presión de trabajo máxima 63 bar.
11. Temperatura de trabajo  $-25\text{ }^{\circ}\text{C} + 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### Features

1. *Stainless steel full port ball valve, 2 pieces.*
2. *Thread ends according to ISO 7-1 (EN 10226-1).*
3. *Made of stainless steel 1.4408 (CF8M).*
4. *Ball seats PTFE + 15 % G.F.*  
*(please ask for other materials)*
5. *O'ring in the stem FPM (Viton).*
6. *Stem gasket PTFE + 15 % Graphite.*
7. *Locking system.*
8. *Direct mounting actuator ISO 5211.*
9. *Blow-out proof stem.*
10. *Max. Working pressure 63 bar.*
11. *Working Temperature  $-25\text{ }^{\circ}\text{C} + 180\text{ }^{\circ}\text{C}$ .*



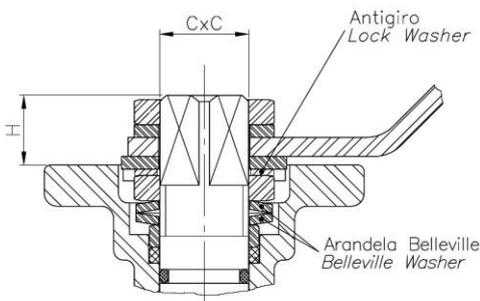
Nº	Denominación / Name	Material	Acabado Superficial / Surface Treatment	Cód. Recambio Spare Part Code
1	Cuerpo / Body	Acero Inox. / Stainless Steel 1.4408	Granallado / Shot blasting	-----
2	Tapa / Cap	Acero Inox. / Stainless Steel 1.4408	Granallado / Shot blasting	-----
3*	Bola / Ball	Acero Inox. / Stainless Steel 1.4408	Pulido / Polishing	2907
4*	Eje / Stem	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 316	-----	2905
5*	Asiento / Ball Seat	PTFE + 15% FV / GF	-----	2822
6*	Junta / Gasket	PTFE + 15% FV / GF	-----	2822
7*	Arandela / Thrust Washer	PTFE + Grafito / Graphite	-----	2822
8*	Tórica / O'ring	FPM	-----	2822
9*	Empaquetadura / Stem Packing	PTFE	-----	2822
10	Anillo Prensa / Gland	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
11	Arandela Muelle / Spring Washer	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 301	-----	-----
12	Tuerca / Nut	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
13	Arandela / Washer	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
14	Tope / Stopper	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
15	Maneta / Handle	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
16	Funda / Handle Sleeve	Vinilo / Vynil	-----	-----
17	Antigiros / Lock Washer	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----

\* Piezas de recambio disponibles / Available spare parts

## DIMENSIONES GENERALES / GENERAL DIMENSIONS

Ref	Medida / Size	PN	Dimensiones / Dimensions (mm)						Peso / Weight (Kg)
			A	CxC	H	L	M	ISO 5211	
2015 02	1/4"	63	62	9	10	50	112	F-03	0,300
2015 03	3/8"	63	62	9	10	50	112	F-03	0,300
2015 04	1/2"	63	63	9	11	55	112	F-03/F-04	0,350
2015 05	3/4"	63	70	11	11	70.5	138	F-04/F-05	0,560
2015 06	1"	63	70	11	11	83	138	F-04/F-05	0,780
2015 07	1 ¼"	63	88	14	15	91	160	F-05/F-07	1,350
2015 08	1 ½"	63	94	14	15	103	205	F-05/F-07	1,900
2015 09	2"	63	100	14	15	120	205	F-05/F-07	2,830

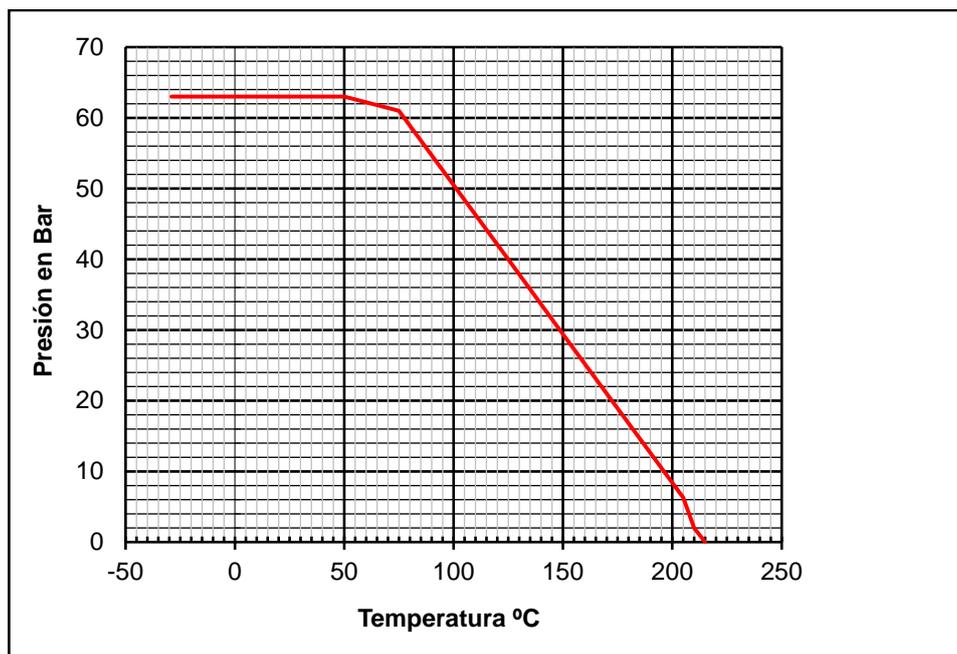
### Detalle de la zona de Eje / Stem detail



**Antigiro / Lock Washer:** Previene el desajuste de la tuerca del eje en elevados ciclos de maniobra / Prevents unthreading of stem nut in high cycle automation applications.

**Arandela Belleville / Belleville Washer:** Las arandelas belleville proporcionan una carga constante sobre el prensa asegurando un cierre firme en variaciones de condiciones de trabajo. / Standard belleville washers provide constant "live load" on the stem seals, assuring a tight seal even varying service parameters.

## CURVA PRESION TEMPERATURA / PRESSURE TEMPERATURE RATING

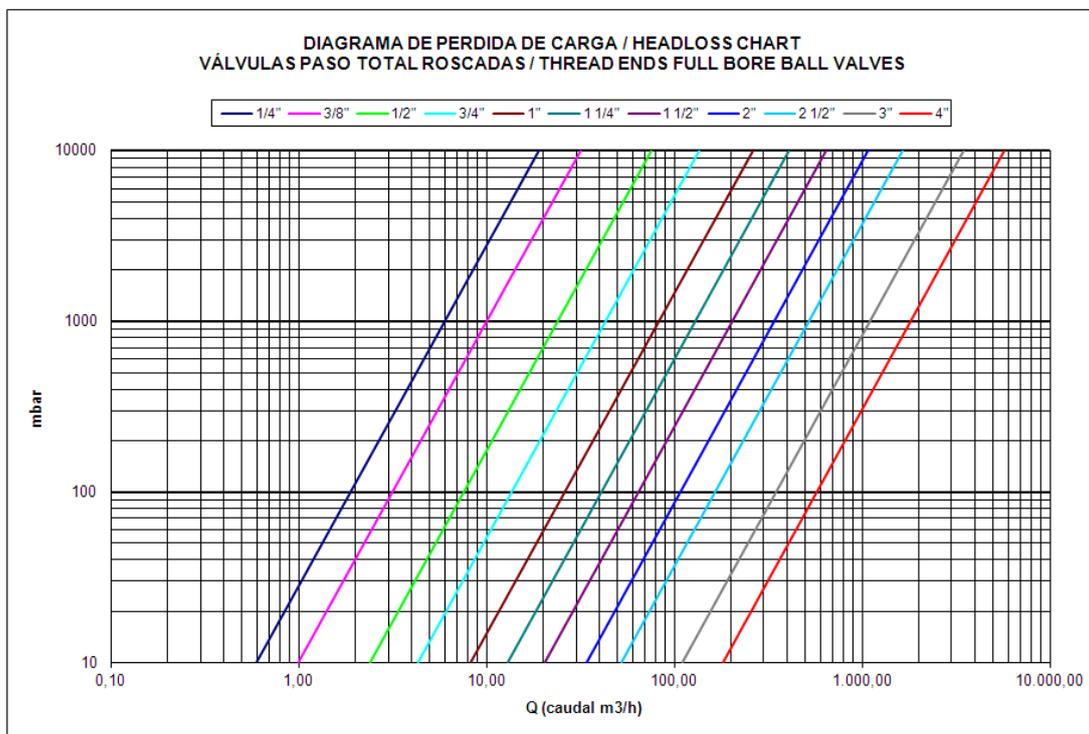


## VALORES DE Kv / Kv VALUES

Kv = Es la cantidad de metros cúbicos por hora que pasará a través de la válvula generando una pérdida de carga de 1 bar.

*Kv = Flow rate of water in cubic meter per hour that will generate a pressure drop of 1 bar across the valve.*

1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"
6	10	24	43	83	130	205	340



## ARTICULO: 2025

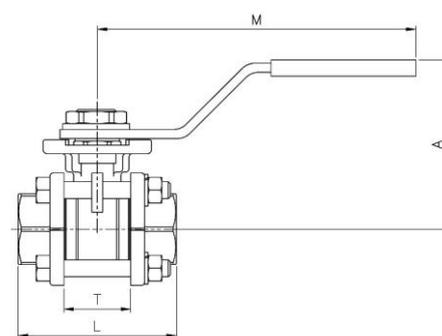
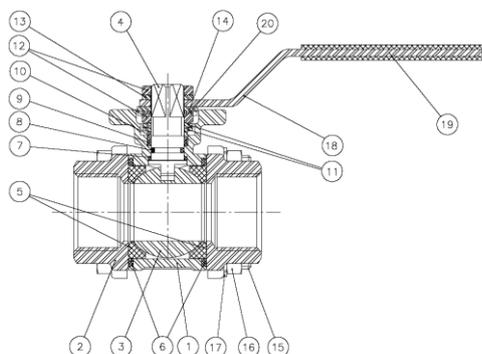
### Válvula de esfera paso total 3 piezas Inoxidable Stainless steel full port ball valve, 3 pieces

#### Características

1. Válvula esfera paso total 3 piezas
2. Extremos roscados según ISO 7-1 (EN 10226-1).
3. Construcción en acero inox. 1.4408 (CF8M).
4. Asientos PTFE + 15 % Fibra de Vidrio.  
(otro material consultar)
5. Tórica en el eje de FKM (Viton).
6. Juntas del eje PTFE + 15 % Grafito.
7. Sistema de bloqueo.
8. Montaje actuador directo s/ ISO 5211.
9. Eje inexpulsable.
10. Presión de trabajo máxima 63 bar.
11. Temperatura de trabajo -25 °C + 180 °C.

#### Features

1. Stainless steel full port ball valve, 3 pieces.
2. Thread ends according to ISO 7-1 (EN 10226-1).
3. Made of stainless steel 1.4408 (CF8M).
4. Ball seats PTFE + 15 % G.F.  
(please ask for other materials)
5. O'ring in the stem FKM (Viton).
6. Stem gasket PTFE + 15 % Graphite.
7. Locking system.
8. Direct mounting actuator ISO 5211.
9. Blow-out proof stem.
10. Max. working pressure 63 bar.
11. Working Temperature -25 °C + 180 °C.

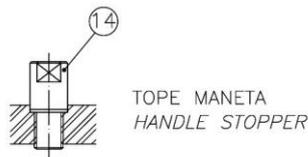


Nº	Denominación / Name	Material	Acabado Superficial / Surface Treatment	Cód. Recambio Spare Part Code
1	Cuerpo / Body	Acero Inox. / Stainless Steel 1.4408	Granallado / Shot blasting	-----
2	Tapa / Cap	Acero Inox. / Stainless Steel 1.4408	Granallado / Shot blasting	-----
3*	Bola / Ball	Acero Inox. / Stainless Steel 1.4408	Pulido / Polishing	2907 / 2904 (4")
4*	Eje / Stem	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 316	-----	2905
5*	Asiento / Ball Seat	PTFE + 15% F.V. / G.F.	-----	2820
6*	Junta / Gasket	PTFE + grafito / graphite	-----	2820
7*	Arandela / Thrust Washer	PTFE + grafito / graphite	-----	2820
8*	Tórica / O'ring	FKM	-----	2820
9*	Empaquetadura / Stem packing	PTFE	-----	2820
10	Anillo Prensa / Gland	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
11	Arandela Belleville / Belleville Washer	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 301	-----	-----
12	Tuerca / Nut	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
13	Arandela / Washer	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
14	Tope / Stopper	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
15	Tornillo / Bolt	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
16	Tuerca / Nut	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----

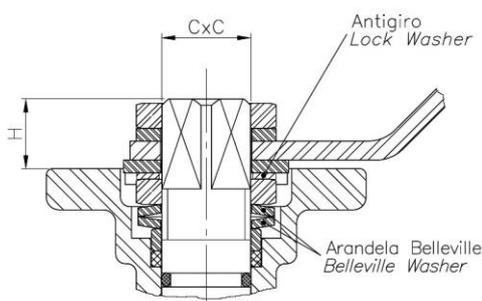
Nº	Denominación / Name	Material	Acabado Superficial / Surface Treatment	Cód. Recambio Spare Part Code
17	Arandela Grover / Grover washer	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
18	Maneta / Handle	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----
19	Funda / Handle Sleeve	Vinilo / Vynil	-----	-----
20	Antigiro / Lock Washer	Acero Inox. / Stainless Steel AISI 304	-----	-----

\* Piezas de recambio disponibles / Available spare parts

Únicamente en medidas de 2 ½" a 4" / For 2 ½" – 4" Sizes Only



Detalle de la zona de Eje / Stem detail



Antigiro / Lock Washer: Previene el desajuste de la tuerca del eje en elevados ciclos de maniobra / Prevents unthreading of stem nut in high cycle automation applications.

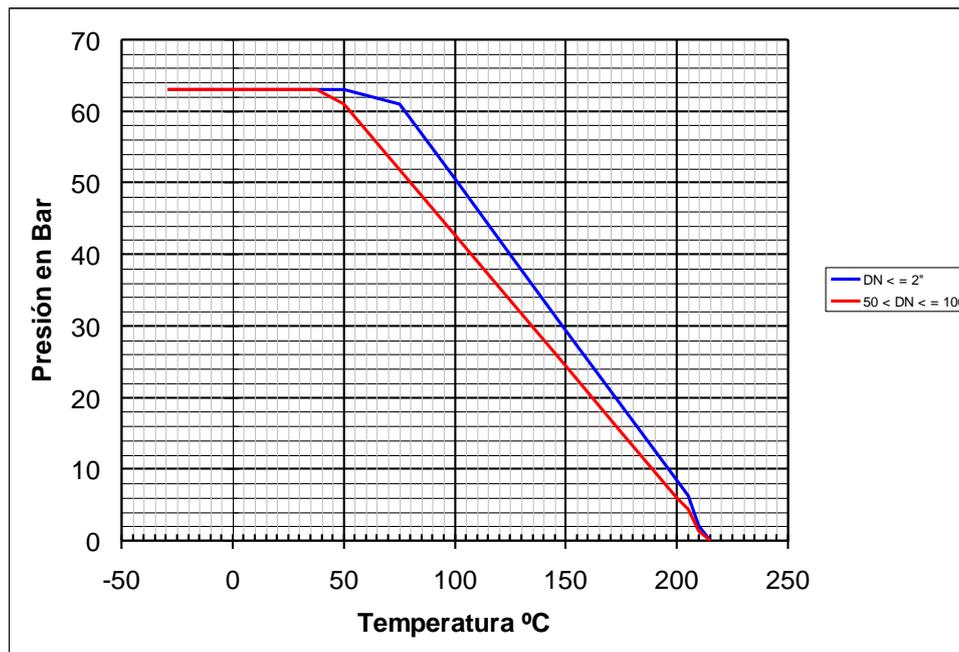
Arandela Belleville / Belleville Washer: Las arandelas belleville proporcionan una carga constante sobre el prensa asegurando un cierre firme en variaciones de condiciones de trabajo. / Standard belleville washers provide constant "live load" on the stem seals, assuring a tight seal even varying service parameters.

## DIMENSIONES GENERALES / GENERAL DIMENSIONS

Ref	Medida / Size	PN	Paso / Port	Dimensiones / Dimensions (mm)				Peso / Weight (Kg)
				A	L	M	T	
2025 02	1/4"	63	11	60	47.6	112	23	0.390
2025 03	3/8"	63	12.7	60	47.6	112	23	0.380
2025 04	1/2"	63	15	60	56	112	24	0.440
2025 05	3/4"	63	20	70	73	138	30	0.820
2025 06	1"	63	25	70	82	138	33.5	1.020
2025 07	1 ¼"	63	32	88	91	160	41.5	1.790
2025 08	1 ½"	63	40	94	104	205	51.5	2.460
2025 09	2"	63	50	100	120	205	63	3.470
2025 10	2 ½"	63	65	150	155	325	83.5	8.500
2025 11	3"	63	80	165	182	325	100	12.400
2025 12	4"	63	100	175	220	325	118.5	19.650

Ref.	Medida / Size	PN	Dimensiones / Dimensions (mm)		
			H	C x C	ISO 5211
2025 02	1/4"	63	10	9 x 9	F-03
2025 03	3/8"	63	10	9 x 9	F-03
2025 04	1/2"	63	11	9 x 9	F-03/F-04
2025 05	3/4"	63	11	11 x 11	F-04/F-05
2025 06	1"	63	11	11 x 11	F-04/F-05
2025 07	1 1/4"	63	15	14 x 14	F-05/F-07
2025 08	1 1/2"	63	15	14 x 14	F-05/F-07
2025 09	2"	63	15	14 x 14	F-05/F-07
2025 10	2 1/2"	63	19	17 x 17	F-07/F-10
2025 11	3"	63	19	17 x 17	F-07/F-10
2025 12	4"	63	19	17 x 17	F-07/F-10

## CURVA PRESIÓN TEMPERATURA / PRESSURE TEMPERATURE RATING



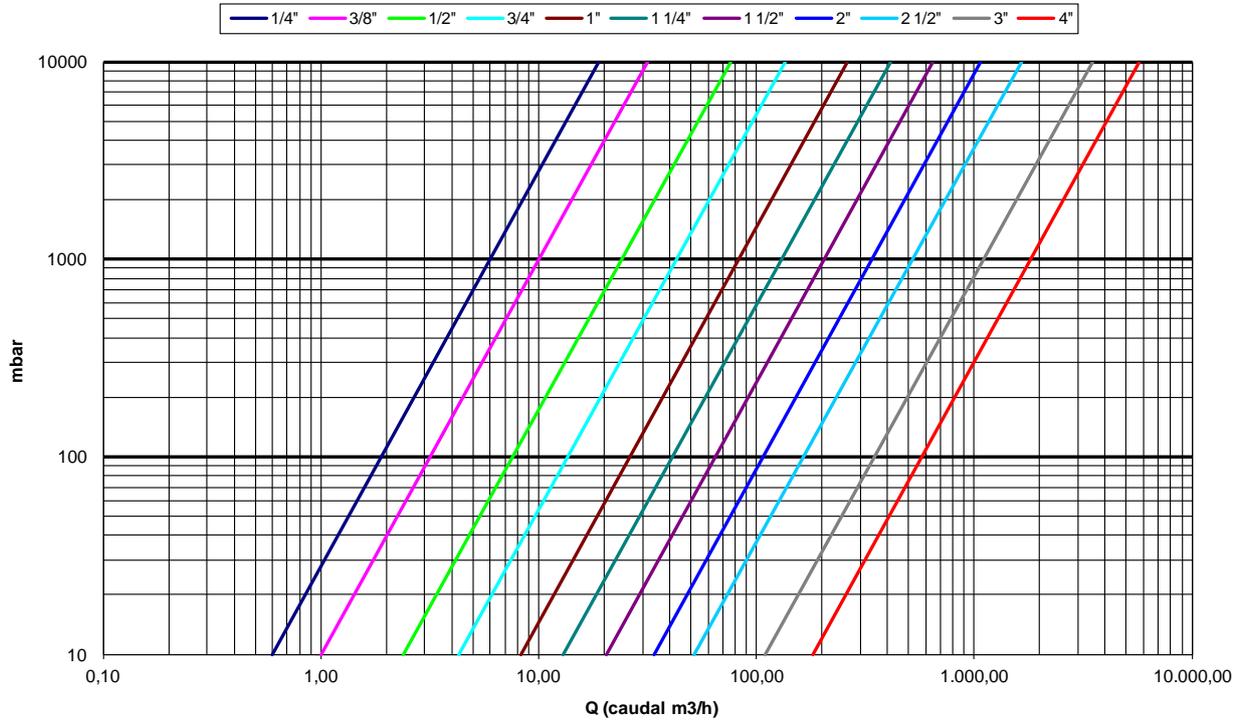
### VALORES DE Kv / Kv VALUES

Kv = Es la cantidad de metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h) que pasará a través de la válvula generando una pérdida de carga de 1 bar.

*Kv = Flow rate of water in cubic meter per hour (m<sup>3</sup>/h) that will generate a pressure drop of 1 bar across the valve.*

1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"	2"	2 1/2"	3"	4"
6	10	24	43	83	130	205	340	520	1100	1820

**DIAGRAMA DE PERDIDA DE CARGA / HEADLOSS CHART**  
**VÁLVULAS PASO TOTAL ROSCADAS / THREAD ENDS FULL BORE BALL VALVES**



TARIFA 2022

**GENEBRE**

GE  
CEO  
0094



domini ambiental

**GENEBRE**

# Index



01

## 01 VÁLVULAS INDUSTRIALES INDUSTRIAL VALVES

**Válvulas extremos roscados /**  
Threaded ends p. 17-23  
**Válvulas extremos soldables /**  
Welded ends p. 23  
**Válvulas mariposa /**  
Butterfly valves p. 24-26  
**Válvulas para instalaciones fijas  
contra incendios /**  
Valves for fixed installations  
against fire p. 27-28  
**Válvulas esfera tipo Wafer /**  
Wafer type ball valves p. 29-30  
**Válvulas de regulación /**  
Regulation valves p. 30-36  
**Válvulas de seguridad /**  
Safety valves p. 37-39  
**Válvulas reductoras de presión /**  
Pressure reducing valves p. 39-41  
**Válvulas de retención /**  
Check valves p. 41-46  
**Filtros / Strainers p. 47-48**  
**Válvulas extremos bridados /**  
Flange ends p. 23, 48-50  
**Manguitos elásticos y de expansión /**  
Rubber expansion joints p. 50-53  
**Controladores de flujo /**  
Liquid flow switches p. 53  
**Válvulas de flotador /**  
Floating valves p. 53-54  
**Válvulas con esfera caracterizable /**  
Variable ball valves p. 55-56  
**Extensor para válvula manual /**  
Extension for manual valves p. 57

02

## 02 LÍNEA SANITARIA SANITARY LINE

**Válvulas de esfera /** Ball valves p. 61-63  
**Válvulas de retención /** Check valves p. 63  
**Válvulas mariposa /** Butterfly valves p. 64  
**Válvulas diafragma /** Diaphragm valves p. 65  
**Válvulas toma muestra /** Sampling valves p. 62  
**Accesorios línea sanitaria /** Sanitary line accessories p. 65-68  
**Automatización /** Automation p. 69-75

03

## 03 AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL AUTOMATION & CONTROL

**Válvulas neumáticas /** Pneumatic valves p. 79-80  
**Actuador neumático /** Pneumatic actuators p. 80-99  
**Electroválvulas /** Solenoid valves p. 100-101  
**Posicionadores /** Positioners p. 101-102  
**Reductores /** Gear operators p. 103  
**Microrruptores final de carrera /** Microswitches end stop p. 104-106  
**Extensor para válvula automatizada - actuador pneumático /**  
Extension for automated valve - pneumatic actuator p. 107  
**Actuador eléctrico monofásico /** Electric actuators p. 108-121  
**Actuador eléctrico trifásico /** Tri-phasic electric actuators p. 109-121  
**Extensor para válvula automatizada - actuador eléctrico /**  
Extension for automated valve - electric actuator p. 122



04

## 04 FITTINGS INOXIDABLES STAINLESS STEEL FITTINGS

**Fittings inoxidables / Stainless steel fittings p. 127-131**  
**Racord Camlock AISI 316 / Camlock fitting AISI 316 p. 132-134**  
**Rácores con bicono en acero inoxidable 316 /**  
**316 stainless steel compression fittings p. 134-137**



05

## RECAMBIOS PARA VÁLVULAS DE ESFERA SPARE PARTS FOR BALL VALVES

p. 147-149

## 05 INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL INDUSTRIAL INSTRUMENTATION

**Manómetros / Pressure gauges p. 141**  
**Termómetros / Thermometers p. 142-143**  
**Sondas / Probes p. 144**  
**Convertidores / Indicators p. 144-145**  
**Relés / Relays p. 145**  
**Reguladores / Regulators p. 145**  
**Transmisores de presión / Pressure transmitters p. 145-146**  
**Transmisores de humedad / Humidity transmitters p. 146**

# Índice por artículo

## Article index

Nº Artículo Article No.	Nº Página Page No.						
0090	127	2002	17	2110	29	2272	39
0090N	127	2004	17	2113	27	2274	39
0092	127	2005	17	2114	27	2274N	39
0092N	127	2006	17	2114D	27	2275	40
0120	127	2007	18	2115	29	2281	40
0120N	127	2007N	18	2118	30	2282	40
0130	127	2008	18	2119	30	2284	40
0130N	127	2009	18	2120	27	2285	41
0149	128	2010	18	2120D	27	2285N	41
0150	128	2011	19	2220	30	2286	41
0180	128	2013	19	2220N	30	2287	41
0180N	128	2014	19	2221	31	2401	41
0240	128	2014N	19	2222	31	2402	42
0240N	128	2015	19	2223	31	2403	28
0241	129	2015V	55	2224	31	2406	42
0241N	129	2016	20	2225	31	2413	43
0245	129	2025	20	2225N	31	2415	42
0270	129	2025N	20	2226	32	2416	43
0270N	129	2025V	55	2226N	32	2416N	43
0280	129	2026	20	2228	33	2417	43
0280N	129	2026V	55	2229A	34	2430	43
0285	130	2027	21	2230	33	2430N	43
0290	130	2027V	55	2230N	33	2435	44
0290N	130	2034	21	2231	34	2440	44
0300	130	2034N	21	2232A	35	2440N	44
0300N	130	2034S	21	2232N	35	2442	44
0312	130	2035	23	2232S	35	2445	45
0340	131	2040	22	2233A	36	2447	45
0340N	131	2041	22	2233N	35	2448	45
0341	131	2048	22	2233S	35	2450	46
0341N	131	2052	22	2234N	36	2451	46
0399	131	2053	23	2234S	36	2453	46
0399N	131	2094	28	2240	36	2458G	47
0400	132	2100	28	2250	37	2460	47
0410	132	2100D	28	2252	37	2460N	47
0420	132	2101	24	2252N	37	2461	47
0430	132	2102	23	2253	37	2461A	48
0440	133	2103	26	2253N	37	2525	48
0450	133	2104	24	2256	38	2526A	48
0460	133	2105	29	2257	38	2526AV	55
0470	133	2108	25	2258	38	2528	49
0480	134	2108A	25	2258N	38	2528A	49
2001	17	2109	26	2259	39	2528AV	56

# VÁLVULAS INDUSTRIALES

## INDUSTRIAL VALVES



domini ambiental

**Selección completa de válvulas y accesorios para el control de fluidos, en sus diferentes tipologías y de diferentes materiales como acero inoxidable, acero al carbono, ...**

A complete selection of valves and accessories for fluid control, using various materials such as stainless steel, carbon steel, etc.

Ref. 2011



**Válvula esfera paso total 2 piezas**

Const.: acero inox. CF8 (304) microfundición. Extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1). Asientos: PTFE + 15% FV. Tórica eje Viton. PN 40, Temp: -25°C +180°C. Mando manual por palanca con sistema de bloqueo (NC).

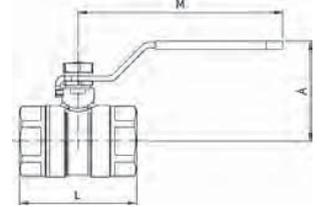
**2 pcs full bore ball valve**

Const. stainless steel CF8 (304) investment casting. Gas threaded ends ISO 7-1 (EN 10226-1). Seats: PTFE + 15% GF. O'ring Stem: viton. PN 40. Temp: -25°C +180°C. Manually operated by handle with locking system (NC).

Medida/Size	A	L	M
1/2"	50	48	104
3/4"	60	59	122
1"	63	70	122

CÓDIGO CODE	MEDIDA SIZE	PESO WEIGHT	CAJA / BOX CARTON	P.V.P. € PRICE €
-------------	-------------	-------------	-------------------	------------------

2011 04	1/2"	0,163	10-120	<b>12,60</b>
2011 05	3/4"	0,294	6-72	<b>17,34</b>
2011 06	1"	0,445	4-48	<b>23,52</b>



Ref. 2013



**Válvula esfera paso total 2 piezas**

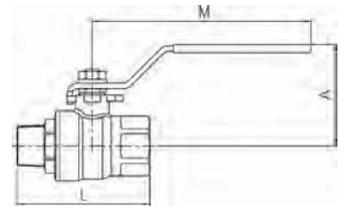
Construcción: acero inox. CF8M (316) microfundición. Extremos: M-H rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1). Asientos: PTFE + 15% FV. Tórica eje Viton. PN 63, Temperatura: -25°C +180°C. Mando manual por palanca con sistema de bloqueo.

**2 pcs full bore ball valve**

Construction: stainless steel CF8M (316) investment casting. Gas threaded ends M-F ISO 7-1 (EN 10226-1). Seats: PTFE + 15% GF. O'ring stem: viton. PN 63. Temperature: -25°C +180°C. Manually operated by handle with locking system.

Medida/Size	A	L	M
1/4"	50	56	104
3/8"	50	56	104
1/2"	51	63	104
3/4"	62	80	122
1"	65	91	122

2013 02	1/4"	0,201	12-144	<b>18,81</b>
2013 03	3/8"	0,201	12-144	<b>18,81</b>
2013 04	1/2"	0,245	10-120	<b>20,28</b>
2013 05	3/4"	0,457	6-72	<b>26,93</b>
2013 06	1"	0,623	4-48	<b>36,12</b>



Ref. 2014 - 2014N



**Válvula esfera paso total 2 piezas**

Rosca BSP, también disponible con rosca NPT (2014N). Const. acero inox. CF8M (316) microfundición. Extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1). Juntas y asiento: PTFE + 15% FV tórica eje viton PN 63, Temp: -25°C + 180°C. Mando manual por palanca con sistema de bloqueo.

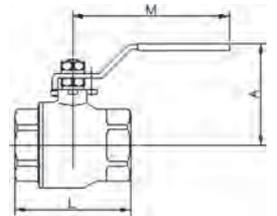
**2 pcs full bore ball valve**

BSP thread, also available with NPT thread (2014N). Const. stainless steel. CF8M (316) investment casting. Gas threaded ends ISO 7-1 (EN 10226-1). Seats and seals: PTFE + 15% GF. O'ring stem: viton. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Manually operated by handle with locking system.

Medida/Size	A	M	L
1/4"	50	104	50
3/8"	50	104	50
1/2"	51,5	104	55
3/4"	62	122	70
1"	65	122	83
1 1/4"	82	180	91
1 1/2"	88	180	103
2"	106	219	120
2 1/2"	119	230	152
3"	135	275	172

2014 02	1/4"	0,207	12-144	<b>17,92</b>
2014 03	3/8"	0,205	12-144	<b>17,92</b>
2014 04	1/2"	0,231	10-120	<b>18,88</b>
2014 05	3/4"	0,442	6-72	<b>25,06</b>
2014 06	1"	0,597	4-48	<b>33,57</b>
2014 07	1 1/4"	1,061	8-16	<b>50,73</b>
2014 08	1 1/2"	1,500	6-12	<b>80,88</b>
2014 09	2"	2,698	3-6	<b>115,36</b>
2014 10	2 1/2"	4,757	2-4	<b>227,36</b>
2014 11	3"	7,391	1-2	<b>359,62</b>

Precios rosca NPT a consultar / NPT thread prices on request



Ref. 2015



**Válvula esfera paso total 2 piezas**

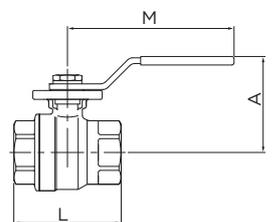
Const.: AISI 316 - juntas y asientos PTFE+FV extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1) tórica eje: viton. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.

**2 pcs full bore ball valve**

Const. AISI 316 seats and seals PTFE + GF gas threaded ends ISO 7-1 (EN 10226-1). O'ring stem: viton. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Manually operated by handle. Direct assembling ISO 5211 with locking system.

Medida/Size	A	M	L	ISO 5211
1/4"	62	112	50	F-03
3/8"	62	112	50	F-03
1/2"	63	112	55	F-03/F-04
3/4"	70	138	70	F-04/F-05
1"	70	160	83	F-04/F-05
1 1/4"	88	160	91	F-05/F-07
1 1/2"	94	205	103	F-05/F-07
2"	100	205	103	F-05/F-07

2015 02	1/4"	0,291	8-96	<b>23,22</b>
2015 03	3/8"	0,285	8-96	<b>23,22</b>
2015 04	1/2"	0,330	6-72	<b>24,63</b>
2015 05	3/4"	0,560	3-36	<b>37,35</b>
2015 06	1"	0,725	2-24	<b>47,32</b>
2015 07	1 1/4"	1,334	8-16	<b>68,16</b>
2015 08	1 1/2"	1,900	6-12	<b>88,31</b>
2015 09	2"	2,830	3-6	<b>136,97</b>



Ref.2016

**NEW**

### Válvula Esfera 2 piezas.

Const.: acero inox. CF8M (316) microfusión. Extremos: Hembra rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1), Macho Camlock. Asientos:PTFE + 15% FV. Tórica eje viton. PN10. Temp: -25°C +180°C. Mando manual por palanca con sistema de bloqueo.

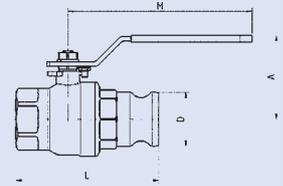
### 2 piezas Ball valve.

Const. stainless steel CF8M (316) investment casting. Gas Female Threaded ends ISO 7-1 (EN 10226-1), Camlock Male. Seats: PTFE + 15% GF. O'ring Stem: viton. PN10. Temp: -25°C +180°C. Manually operated by handle with locking system



Medida/Size	D	A	L	M	Weight
1/2"	24	51,5	82	104	0,290
3/4"	32	62	96	122	0,540
1"	36,5	65	116	122	0,750
1 1/4"	45,5	82	131	180	1,375
1 1/2"	53,5	88	141	180	1,850
2"	63	106	164	219	3,200
2 1/2"	75,8	119	202	230	5,410
3"	91,5	135	223	275	8,300

CÓDIGO CODE	MEDIDA SIZE	PESO WEIGHT	CAJA / BOX CARTON	P.V.P. € PRICE €
2016 04	1/2"	0,290	-	<b>29,16</b>
2016 05	3/4"	0,540	-	<b>39,47</b>
2016 06	1"	0,750	-	<b>53,91</b>
2016 07	1 1/4"	1,375	-	<b>87,12</b>
2016 08	1 1/2"	1,850	-	<b>120,26</b>
2016 09	2"	3,200	-	<b>190,75</b>
2016 10	2 1/2"	5,410	-	<b>323,57</b>
2016 11	3"	8,300	-	<b>476,37</b>



Ref.2025 - 2025N

### Válvula esfera paso total 3 piezas

Rosca BSP (2025), también disponible con rosca NPT (2025N). Const.: acero inox. CF8M (316) microfusión rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1). Juntas y asientos PTFE + 15% FV tórica eje: vitón. PN - 63. Temp. -25°C + 180°C. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.

### 3 pcs full bore ball valve

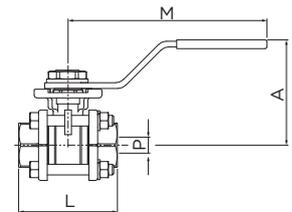
BSP thread (2025), also available with NPT thread (2025N). Const.: stainless steel CF8M (316) investment casting gas thread ISO 7-1 (EN 10226-1). Seats and seats: PTFE +15% GF o'ring stem: viton PN-63. Temp. -25°C +180°C. Direct assembling ISO 5211 with locking system.



Medida/Size	P	L	A	M	ISO 5211
1/4"	11	47,6	60	112	F-03
3/8"	12,7	47,6	60	112	F-03
1/2"	15	56	60	112	F-03/F-04
3/4"	20	73	70	138	F-04/F-05
1"	25	82	70	138	F-04/F-05
1 1/4"	32	91	88	160	F-05/F-07
1 1/2"	40	104	94	205	F-05/F-07
2"	50	120	100	205	F-05/F-07
2 1/2"	65	155	150	330	F-07/F-10
3"	80	182	165	330	F-07/F-10
4"	100	220	175	340	F-07/F-10

2025 02	1/4"	0,383	8-96	<b>23,33</b>
2025 03	3/8"	0,370	8-96	<b>23,33</b>
2025 04	1/2"	0,420	6-72	<b>25,59</b>
2025 05	3/4"	0,830	3-36	<b>40,08</b>
2025 06	1"	1,030	2-24	<b>48,70</b>
2025 07	1 1/4"	1,860	8-16	<b>78,24</b>
2025 08	1 1/2"	2,510	4-8	<b>101,46</b>
2025 09	2"	3,610	2-4	<b>144,50</b>
2025 10	2 1/2"	8,785	1-2	<b>358,19</b>
2025 11	3"	12,867	1-2	<b>504,53</b>
2025 12	4"	19,790	1-1	<b>846,01</b>

Precios rosca NPT a consultar / NPT thread prices on request



Ref. 2026

### Válvula esfera paso total 3 piezas. Butt weld ANSI B 16.25

Const.: acero inox. CF8M (316) microfusión. Juntas y asientos PTFE+15% FV tórica eje: vitón PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ ISO 5211 con sistema de bloqueo.

### 3 pcs full bore ball valve. Butt weld ansi b 16.25

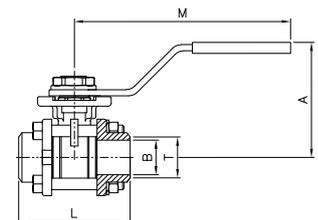
Const.: stainless steel CF8M (316) investment casting. Seats and seats: PTFE +15% GF o'ring stem: viton PN 63. Temp. -25°C +180°C. Manually operated by handle. Direct assembling ISO 5211 with locking system.

1000 WOG -13°F + 356°F



Medida/Size	P	L	A	M	T	B	ISO 5211
1/4"	11	47,6	60	112	13	11	F-03
3/8"	12,7	47,6	60	112	14,7	12,7	F-03
1/2"	15	56	60	112	17	15	F-03/F-04
3/4"	20	73	70	138	22	20	F-04/F-05
1"	25	82	70	138	28	25	F-04/F-05
1 1/4"	32	91	88	160	35	32	F-05/F-07
1 1/2"	40	104	94	205	43	40	F-05/F-07
2"	50	120	100	205	54	50	F-05/F-07
2 1/2"	65	155	150	330	69	65	F-07/F-10
3"	80	182	165	330	87	80	F-07/F-10
4"	100	230	175	340	105	100	F-07/F-10

2026 02	1/4"	0,369	8-96	<b>23,33</b>
2026 03	3/8"	0,362	8-96	<b>23,33</b>
2026 04	1/2"	0,420	6-72	<b>25,59</b>
2026 05	3/4"	0,787	3-36	<b>40,08</b>
2026 06	1"	1,010	2-24	<b>48,70</b>
2026 07	1 1/4"	1,870	8-16	<b>78,24</b>
2026 08	1 1/2"	2,440	4-8	<b>101,46</b>
2026 09	2"	3,472	2-4	<b>144,50</b>
2026 10	2 1/2"	8,624	1-2	<b>358,19</b>
2026 11	3"	12,427	1-2	<b>504,53</b>
2026 12	4"	19,376	1-1	<b>846,01</b>



# **7 DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DE PANELES DE ABORA SOLAR**

# MANUAL DE PANEL

## aH72SK

V 10.0

22/11/2022



## Contenido

1	CONTENIDO, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES .....	5
1.1	Placa de identificación y código del panel .....	5
1.2	Transporte, inspección, almacenamiento y manipulación del producto .....	5
2	CUIDADO, MANTENIMIENTO Y GARANTÍA.....	7
2.1	Cuidado y mantenimiento .....	7
2.1.1	Limpieza e inspección del sistema exterior .....	7
2.1.2	Prueba de disolución solar .....	8
2.1.3	Mantenimiento del sistema hidráulico.....	8
2.1.4	Mantenimiento del sistema eléctrico y de control.....	9
2.2	Política de garantías.....	9
3	MONTAJE DE BANCADA .....	10
3.1	Montaje de paneles .....	11
3.1.1	Ejemplo de esquema de montaje de bancada para 4 colectores en cubierta plana .....	11
3.1.2	Separación entre pórticos .....	11
3.1.3	Distancia entre sujeción delantera y trasera en pórticos.....	11
3.1.4	Guías de panel .....	12
3.2	Colocación y unión de colectores.....	14
4	SISTEMA HIDRÁULICO .....	16
4.1	Consideraciones de diseño del sistema .....	16
4.2	Sensor de temperatura.....	16
4.3	Salida de aire .....	17
4.4	Válvula de seguridad.....	17
4.5	Llave de vaciado .....	17
4.6	Bomba de circulación y tubería .....	17
4.7	Sistema de regulación.....	18
4.8	Configuración y comprobación del sistema térmico.....	19

---

4.8.1	Limpieza y llenado de la instalación .....	19
4.8.2	Comprobación de estanqueidad del campo de captadores .....	19
4.8.3	Tarado del vaso de expansión .....	19
4.8.4	Limpieza, llenado y comprobación de estanqueidad total.....	20
4.8.5	Purgado de la instalación.....	20
4.8.6	Ajustes de presión y caudal .....	21
4.8.7	Buenas prácticas .....	22
5	SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	23
5.1	Recomendaciones, precauciones y características.....	23
5.2	Pautas de instalación .....	27
5.2.1	Seguridad de Instalación:.....	27
5.2.2	Cableado y conexión .....	28
5.2.3	Tensión FV y voltajes de los strings .....	28
5.2.4	Conectores FV corriente continua .....	28
5.2.5	Interruptor o fusibles de corte de strings .....	29
5.2.6	Interruptor de corte total DC .....	29
5.2.7	Información general de instalación eléctrica.....	30
5.2.8	Conexión a tierra, protección equipotencial de conexión y protección contra rayos ....	30
6	PUESTA EN MARCHA Y SOLICITUD DE GARANTÍA.....	32
7	MANTENIMIENTO.....	35
8	ESPECIFICACIONES GENERALES .....	36
9	ANEXO.....	37
9.1	Esquema hidráulico para campo de captadores de hasta 50 m <sup>2</sup> .....	37

Tabla de figuras:

Fig. 1.	Ejemplo de placa de identificación de panel.....	5
Fig. 2.	Bancada para 4 colectores y cubierta plana .....	11
Fig. 3.	Detalle de distancias entre anclajes de los pórticos dependiendo de la inclinación.....	11
Fig. 4.	Regleta de unión para guías de panel.....	12
Fig. 5.	Instalación guía panel inferior.....	12
Fig. 6.	Instalación guía panel superior .....	12
Fig. 7.	Anclaje de panel a guías de la estructura .....	13
Fig. 8.	Detalle de unión de panel a las guías .....	13
Fig. 9.	Distancia de colocación de primer colector y detalle de anclaje a estructura.....	14
Fig. 10.	Detalle de compensador entre colectores .....	14
Fig. 11.	Detalle de conexiones de bancada .....	17
Fig. 12.	Esquema tipo del control de la parte térmica.....	19
Fig. 13.	Esquema recomendación de presión inicial en el circuito .....	21
Fig. 14.	Esquema tipo de la parte fotovoltaica .....	24
Fig. 15.	Conectores PV4-S DC.....	29
Fig. 16.	Conexión a remache de puesta a tierra.....	31

# 1 CONTENIDO, ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

**Nota:** Una copia de este documento se envía dentro del paquete del panel solar y es propiedad del cliente. Debe ser guardado por el responsable del mantenimiento en un lugar seguro.

**Importante:** revise cuidadosamente la información de este manual y siga las instrucciones para evitar el riesgo de una operación incorrecta o, en su caso, minimizar el daño de los componentes. Revise la instalación y los componentes con el propietario y los administradores del edificio para explicar los requisitos de operación y mantenimiento del sistema.

## 1.1 Placa de identificación y código del panel

Una placa de identificación de la unidad está pegada a cada panel. Incluye el modelo de la unidad (aHXX) y el código del panel (aHXX-APAXXXXXX), así como otras especificaciones pertinentes que permiten identificar las características de cada panel.

ESPECIFICACIONES GENERALES			
HÍBRIDO aH72	Año Fabricación: 2022	Area Total: 1.96 m <sup>2</sup>	Peso: 50 kg
Dimensiones: 1970 x 995 x (83+22 Caja de conexiones) mm			
ESPECIFICACIONES TÉRMICAS			
Presión Máx. de trabajo: 10 bares.	Vol. captador: 1.78 l	T° de Estancamiento: 126 °C	
Rendimiento óptico: 0.7	Coef. Pérdidas: a1: 5,98 W/m <sup>2</sup> k	a2: 0 W/m <sup>2</sup> k <sup>2</sup>	
ESPECIFICACIONES ELÉCTRICAS			
Potencia nominal: 350W (+/-3%)	Vmáx: 1000 V DC	I inversa Máx: 15 A	Coef. T° Pmp: -0.41%/°C
Célula: Monocristalina	Vmp: 39.18 V	Imp: 8.98 A	Coef. T° Voc: -0.33%/°C
Eficiencia del módulo: 18.7%	Voc: 48.82 V	Isc: 9.73 A	Coef. T° Isc: +0.06%/°C
Especificaciones en 1000W/m <sup>2</sup> 25°C AM 1.5			
		<b>aH72-MPDC1222714</b>	MADE IN SPAIN
			

Fig. 1. Ejemplo de placa de identificación de panel

Todos los paneles solares se reconocen mediante dicho código que está formado por caracteres alfanuméricos que identifican con precisión un panel en particular, permitiendo la trazabilidad de cada panel fabricado bajo los controles de calidad de Abora.

Cuando solicite servicio, consulte el código del panel impreso en la placa de identificación del panel.

## 1.2 Transporte, inspección, almacenamiento y manipulación del producto

Cuando los paneles solares híbridos lleguen al lugar de instalación, para no dañarlos y evitar accidentes, se tendrán en cuenta las siguientes instrucciones:

- Los paneles solo deben desembalarse cuando esté todo listo para su inmediata instalación.
- Durante el transporte no se deberá aplicar presión sobre los paneles. Por ejemplo, no se asegurarán o atarán los módulos ni las cajas de embalaje, mediante correas, ni se colocarán cargas sobre el embalaje de los paneles.

- Si se descubren daños se solicitará una inspección conjunta e inmediata por parte del transportista y el consignatario. No se retirará el material dañado de la ubicación de recepción. Se tomarán fotos del daño.
- Se notificará al representante de ventas la existencia de un panel dañado señalando el código de identificación y no se instalará.
- Si es necesario, se almacenará el producto en su embalaje original y en un lugar seco y seguro.
- Se debe tener cuidado al abrir el embalaje para garantizar que el producto no se raye y que el vidrio no quede expuesto a golpes.
- En ningún caso se retirará el vinilo protector del panel hasta que la instalación haya sido puesta en marcha, verificada y puesta en servicio. **La retirada anticipada del vinilo puede conllevar el deterioro del panel** y la pérdida de garantía.
- Los paneles solares siempre deben manejarse con cuidado evitando soltarlos o arrastrarlos. Se deberán evitar posibles arañazos tanto en el vidrio como en la carcasa trasera.
- Se deberá evitar que caigan objetos sobre el panel.
- No se colocará ningún objeto pesado sobre el mismo. No se caminará sobre él.
- Se deberán transportar los módulos entre dos operarios. El panel no se agarrará o levantará por la caja de conexiones ni por los cables eléctricos.
- En general, se deben manipular con cuidado todos los componentes y accesorios del sistema durante el almacenamiento, transporte e instalación.
- Después de la instalación, se eliminarán todos los materiales de embalaje de forma adecuada y de acuerdo con los requisitos de gestión de residuos oportunos.
- Al manipular disoluciones solares (por ejemplo, propilenglicol e inhibidores de la corrosión), hay que evitar el contacto con la piel o los ojos.
- Durante el manejo, debe utilizarse ropa holgada de manga larga, guantes y protección para los ojos.
- Las disoluciones solares pueden alcanzar altas temperaturas. Se tendrá especial cuidado con los líquidos y las superficies calientes.
- No se dejará el panel expuesto a la radiación solar cuando se haya drenado el circuito solar.
- Los paneles que vayan a quedar expuestos y vacíos deben cubrirse para evitar daños a largo plazo.
- **Es obligatorio un circuito de disipación de calor (descarga de calor), en el que se incluyan todos los componentes necesarios, ya que los colectores no deben trabajar a temperaturas superiores a 85° C.**
- Las tuberías del circuito solar deben conectarse a tierra y el panel deberá estar protegido contra rayos de acuerdo con las reglamentaciones locales.

- El fabricante no asumirá ninguna responsabilidad por daños al equipo que resulten del almacenamiento o manejo negligente.

## 2 CUIDADO, MANTENIMIENTO Y GARANTÍA

### 2.1 Cuidado y mantenimiento

Hay varios requisitos de mantenimiento periódicos para las instalaciones de paneles solares híbridos. En la tabla siguiente se resumen las inspecciones y actividades a realizar para obtener el máximo rendimiento del sistema.

Actividad	Frecuencia recomendada
Limpieza de vidrio	Trimestral
Prueba de disolución solar	Trimestral
Prueba funcionamiento de bomba	Trimestral
Estado de la bomba	Recomendación del fabricante
Controles. Comprobación ajustes	Inspección trimestral
Sistema eléctrico	Inspección anual
Sistema de tuberías	Inspección trimestral

En el apartado 7 del presente manual se detalla el plan de mantenimiento del sistema.

#### 2.1.1 Limpieza e inspección del sistema exterior

##### ADVERTENCIA:

**Desconecte toda la energía eléctrica, antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento. Siga los procedimientos adecuados de bloqueo/etiquetado para asegurarse de que la electricidad no pueda ser conectada inadvertidamente mientras se están realizando las labores. Si no se desconecta la alimentación antes de realizar el mantenimiento, podría causar la muerte o lesiones graves.**

La limpieza frecuente de la superficie de vidrio es importante para que la suciedad no afecte al rendimiento del panel. Una acumulación de polvo o suciedad en la cara frontal del mismo provocará una disminución de la producción de energía.

- La limpieza de la superficie debe hacerse al menos trimestralmente, después de tormentas de polvo o después de otros eventos climáticos que puedan causar una acumulación de suciedad y partículas en el vidrio que provoquen una limitación de la absorción solar.
- Use una disolución de jabón suave en frascos con atomizador, una escobilla de goma y paños suaves para limpiar los paneles.

- Examine los paneles solares híbridos para detectar signos de deterioro (vidrio o cableado agrietado, cables o conductores sueltos...).
- Verifique todo el cableado en busca de posibles daños provocados por roedores o la intemperie y asegúrese de que todas las conexiones estén apretadas y libres de corrosión.
- Verifique la fuga eléctrica a tierra.
- Verifique los tornillos, los soportes de montaje y los sistemas de seguimiento para asegurarse de que estén apretados.
- Verifique las fugas de la disolución solar trimestralmente. Las fugas pueden provocar una dilución de la solución térmica que, si no se prueba y mantiene, podría permitir la congelación por la pérdida del glicol. Además, el agua de reposición puede provocar la acumulación de dureza en el interior del absorbedor de calor, disminuyendo así el rendimiento del sistema.

#### 2.1.2 Prueba de disolución solar

Se recomienda que la disolución solar sea comprobada una vez al año por un profesional cualificado como medida preventiva. Éste realizará una prueba química del agua en circuito cerrado (solución solar). Se deberán analizar las incrustaciones biológicas, la protección contra la congelación, el pH y el resto de propiedades químicas.

La prevención de la congelación es esencial para evitar un fallo del sistema o daños en los colectores o tuberías. Con un sistema automático de reposición de agua, una fuga en una tubería puede ocasionar daños en el exterior y el interior de la instalación y el edificio que son costosos de reparar.

#### 2.1.3 Mantenimiento del sistema hidráulico

- Siga las recomendaciones del fabricante de la bomba para los trabajos e inspecciones programadas de mantenimiento. Estas inspecciones verificarán las juntas y los sellos de la bomba en busca de fugas, asegurando que los acoplamientos flexibles estén en buen estado y que se realice la lubricación del rodamiento según sea necesario.
- Los vasos de expansión también deben inspeccionarse para garantizar que el sistema de control de la presión esté funcionando. Se seguirán las prescripciones del fabricante de los mismos y el plan de mantenimiento fijado.
- Las válvulas de alivio de presión deben inspeccionarse para garantizar que estén en buenas condiciones de funcionamiento con la periodicidad establecida en el plan de mantenimiento (apartado 7 del presente manual).
- Las válvulas de seguridad, los depósitos de almacenamiento y sus accesorios se inspeccionarán en busca de fugas (ver periodicidad en el plan de mantenimiento).

- Para los sistemas de agua caliente sanitaria, las autoridades competentes pueden exigir que la desinfección periódica de los sistemas en contacto con agua potable o con la preparación de alimentos sea realizada, inspeccionada y probada. Se atenderá a las disposiciones locales según la ubicación de la instalación en esta materia.

#### 2.1.4 Mantenimiento del sistema eléctrico y de control

- Siga las recomendaciones de los fabricantes de los equipos eléctricos auxiliares para el mantenimiento preventivo y predictivo: sistema de regulación y control, sistema de alimentación para el bombeo, equipo de disipación de calor, sistema automático de alimentación (llenado) de glicol (si está instalado) e inversor fotovoltaico. Es importante verificar también la configuración del sistema de control de la instalación durante estas inspecciones.
- Asegúrese de que todas las conexiones de seguridad, las cajas de conexiones, los puntos de conexión, los conectores de los strings, cuadros de protección y otras conexiones eléctricas estén en buenas condiciones de funcionamiento. Ver periodicidad en el plan de mantenimiento (apartado 7 del manual).

## 2.2 Política de garantías

ABORA ENERGY S.L. es la empresa fabricante de los paneles solares híbridos aH60, aH60SK, aH72 y aH72SK. Abora garantiza que el panel carece de fallos de funcionamiento en el momento de la venta. Para más información sobre las garantías de producto, se leerán las condiciones especificadas en el documento de garantías.

### 3 MONTAJE DE BANCADA

**¡IMPORTANTE!** En este capítulo se detalla el montaje de las bancadas. Dependiendo de la cantidad de paneles por bancada, la estructura tendrá diferentes medidas y cantidad de elementos.

Se deberán seguir las instrucciones del manual de montaje de la estructura que se envía junto a la misma, el cual estará actualizado en el momento del envío. Se puede consultar el mismo mediante el código QR existente en las cajas de material para montaje de la misma.

- Los paneles solares híbridos están diseñados para su uso en cubiertas con inclinaciones entre 5° y 65 ° y deben instalarse de acuerdo a estas instrucciones.
- Los anclajes de la estructura de los paneles con la estructura del edificio dependerán del tipo de solución de cubierta existente o proyectada. Éstos deberán ser definidos por el proyectista o por el calculista de la estructura o por la dirección técnica de la obra o por el instalador, en su caso, garantizándose su correcta fijación y resistencia del mismo a las cargas.
- Se deberá asegurar que la estructura portante de cubierta puede soportar las cargas transmitidas a la misma por el conjunto de paneles. Para impedir filtraciones, cualquier perforación que se realice en la cubierta deberá sellarse convenientemente.
- Cuando están instalados, los paneles solares híbridos (PVT) pueden experimentar un levantamiento debido a la acción del viento (succión). Es imprescindible garantizar la seguridad y estabilidad de toda instalación solar montada en la cubierta.
- La inclinación mínima de los paneles debe ser de 5° para facilitar que la lluvia arrastre la suciedad.
- Los paneles deben instalarse a una distancia adecuada del borde de la cubierta para cumplir con las reglamentaciones en materia de construcción, así como tener una fijación suficiente que impida su movimiento.
- Los paneles no estarán sometidos a cargas que superen las cargas máximas admisibles ni soportarán fuerzas excesivas debidas a las dilataciones térmicas.
- La carga máxima admisible es de 1,6 kN/m<sup>2</sup>, con un coeficiente de seguridad de 1,5 (carga de ensayo 2,4 kN/m<sup>2</sup>) entendida como el resultado de la combinación de las diferentes acciones a considerar: viento, nieve, peso propio, etc.

**Nota:** La ficha de desglose de material y montaje de la estructura irá incluida en el embalaje de los paneles solares híbridos.

### 3.1 Montaje de paneles

#### 3.1.1 Ejemplo de esquema de montaje de bancada para 4 colectores en cubierta plana

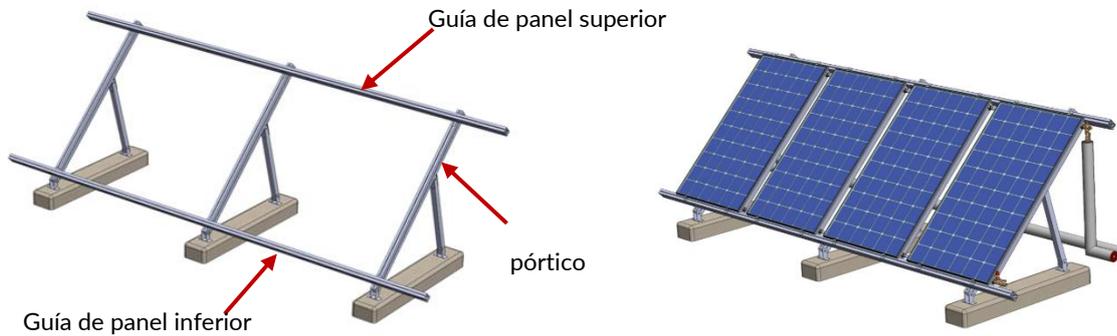


Fig. 2. Bancada para 4 colectores y cubierta plana

#### 3.1.2 Separación entre pórticos

La sujeción de los paneles se realizará sobre una base firme que garantice su resistencia y sea adecuada para soportar las cargas de los paneles, además de su correcto anclaje y fijación. Una vez comprobado que la base cumple estos requisitos se procederá al montaje y atornillado de los pórticos de la estructura. La separación entre pórticos dependerá de la cantidad de paneles por bancada. Cada estructura lleva incluida su manual de montaje donde se determina dicha separación.

#### 3.1.3 Distancia entre sujeción delantera y trasera en pórticos

La distancia entre la sujeción delantera y trasera de los pórticos dependerá de la inclinación a la que se vayan a colocar los paneles. Dicha separación se indicará en el manual de montaje de la estructura que se adjuntará con la misma.

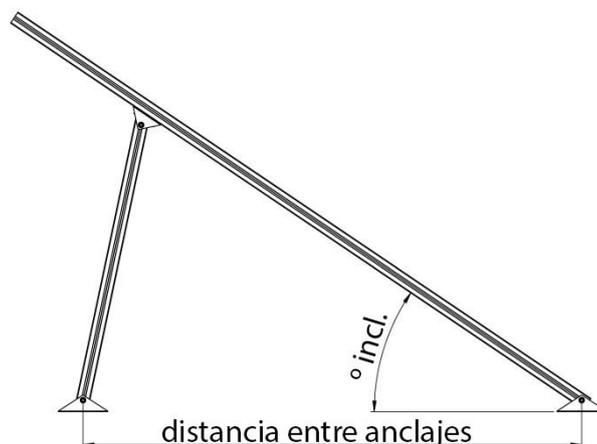


Fig. 3. Detalle de distancias entre anclajes de los pórticos dependiendo de la inclinación

### 3.1.4 Guías de panel

Las **guías de panel**, superior e inferior, se conforman uniendo los perfiles 50x85 mediante las regletas de unión suministrada en el conjunto de accesorios. Los perfiles se suministran en diferentes medidas dependiendo del número de paneles a instalar por bancada y, por lo tanto, la longitud final de las guías varía en función de este número.

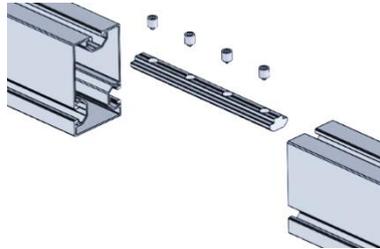


Fig. 4. Regleta de unión para guías de panel

La instalación de la guía de panel inferior debe tener la distancia de separación con la guía de panel superior indicada en el manual de estructuras. Ésta se anclará a los pórticos mediante dos grapas de unión pre-montadas y compuestas por una grapa con coliso, un tornillo de cabeza martillo y una tuerca con valona.

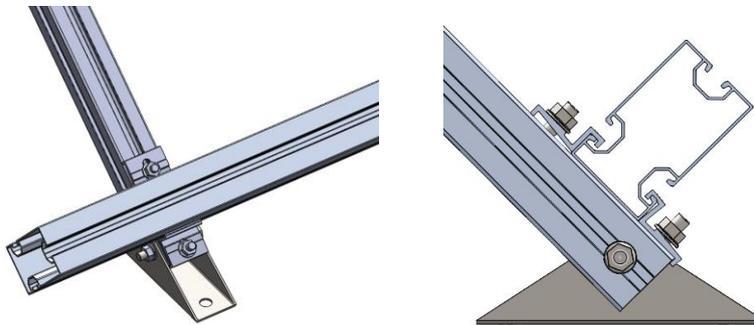


Fig. 5. Instalación guía panel inferior

La guía de panel superior se instalará de igual forma que la inferior.

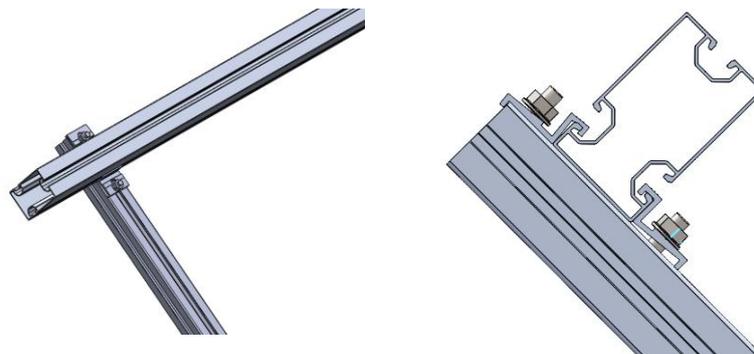


Fig. 6. Instalación guía panel superior

Los paneles se instalarán sobre la estructura anclados mediante grapas de unión, en las partes superior e inferior, a las distancias que se indicará en el manual de montaje de la estructura proporcionado junto a ella.

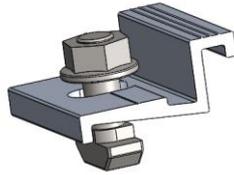


Fig. 7. Anclaje de panel a guías de la estructura

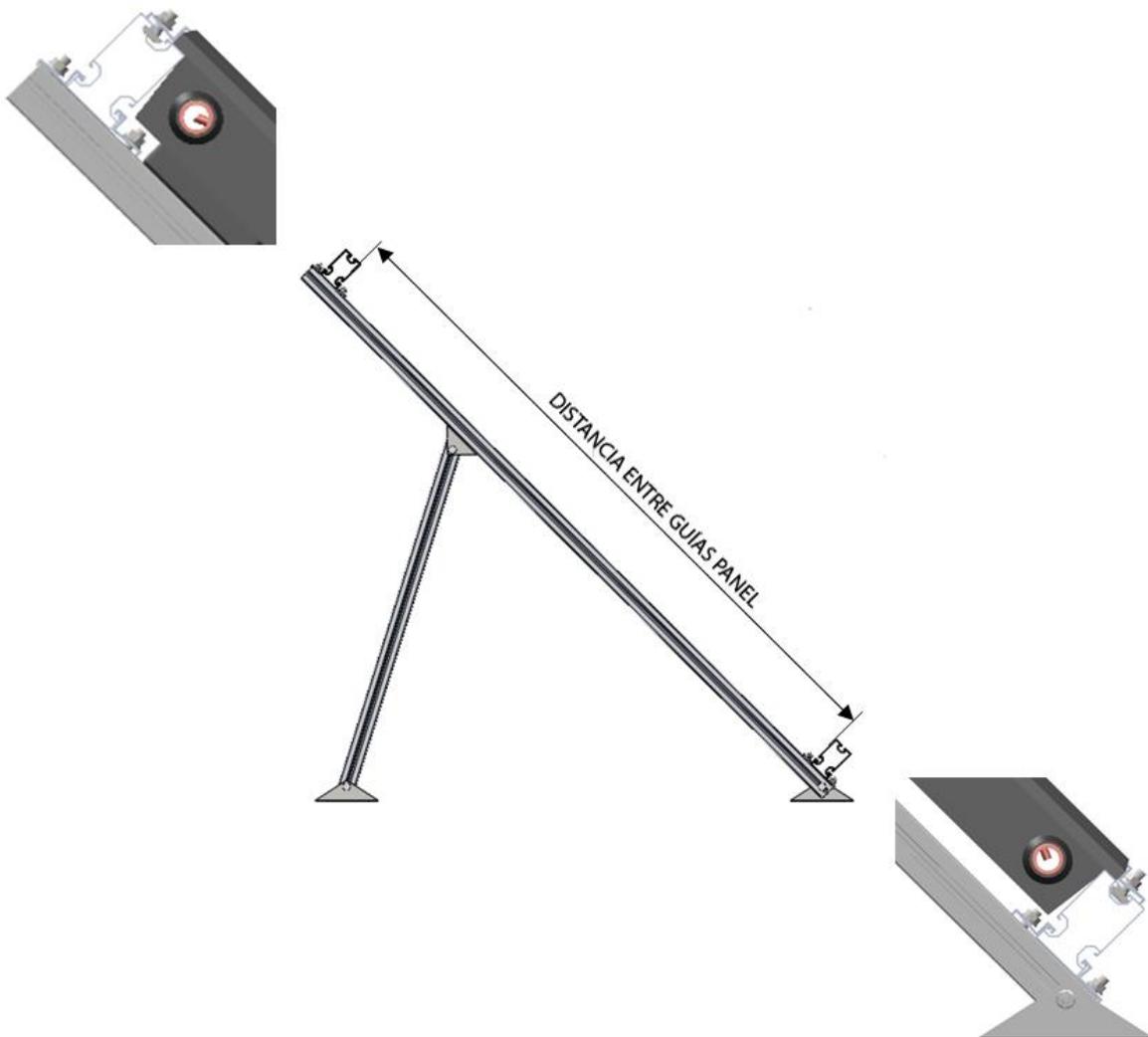


Fig. 8. Detalle de unión de panel a las guías

### 3.2 Colocación y unión de colectores

El posicionamiento, anclaje y conexión entre colectores se realiza siguiendo los siguientes pasos:

- Colocación del primer colector dejando la distancia que marque el manual de montaje, del borde de la guía. (d1)
- Sujeción del colector con 4 anclajes (grapas de unión), 2 en la parte superior y 2 en la parte inferior, con una distancia de 200 mm desde los extremos del colector.
- Conexión entre colectores mediante unión flexible (compensador de dilatación) con juntas tóricas (O-ring) y clip de sujeción, suministrada por Abora. La conexión se realiza de la forma que detalla la **Figura 10**.
- Colocación del siguiente colector a continuación del anterior para realizar las operaciones nombradas anteriormente hasta tener todos los colectores anclados y conexiónados entre sí.

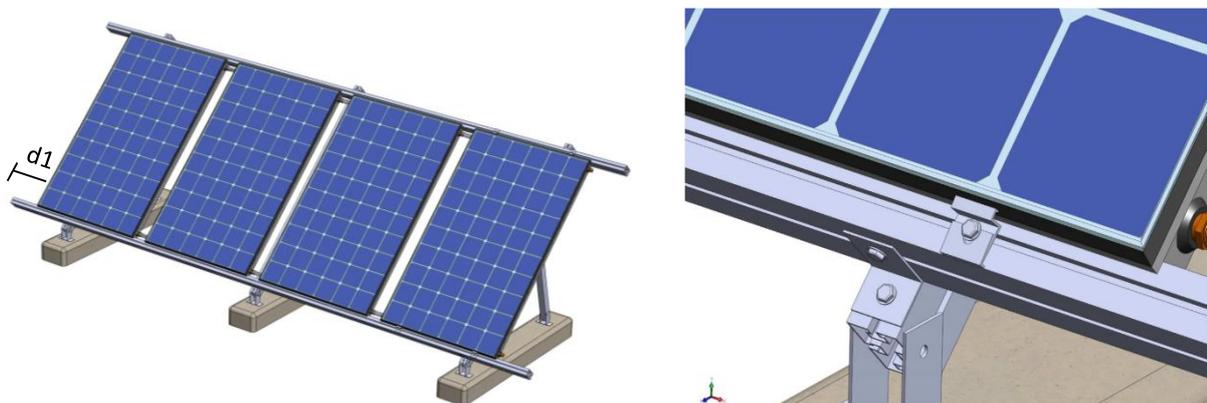


Fig. 9. Distancia de colocación de primer colector y detalle de anclaje a estructura

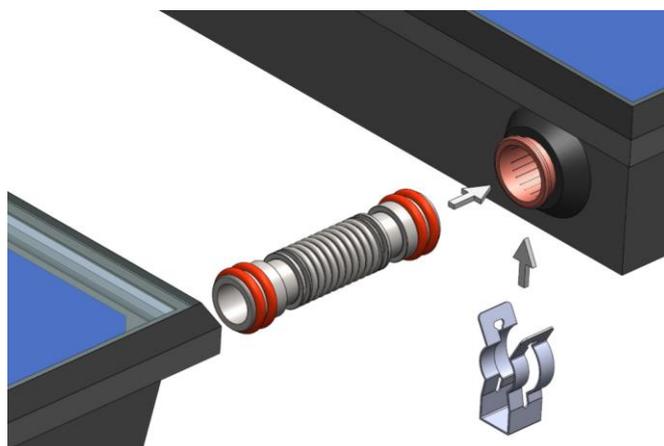


Fig. 10. Detalle de compensador entre colectores

**¡IMPORTANTE!** Es muy importante utilizar las **PIEZAS DE CONEXIÓN, GRAPAS Y JUNTAS** suministradas con los paneles y asegurarse de que estén colocadas correctamente.

**Nota:** La ficha de desglose de material y el esquema de montaje de la racorería irá incluida en el embalaje de los paneles solares híbridos.

## 4 SISTEMA HIDRÁULICO

El sistema térmico/hidráulico de los paneles solares híbridos está diseñado para absorber calor al recibir irradiación solar y ser transferido al circuito donde se desea utilizar. Los colectores térmicos se usan generalmente para el calentamiento de agua sanitaria, calefacción, calentamiento de piscinas o procesos industriales. Se usa un fluido caloportador, generalmente una solución de glicol, para transferir la energía térmica a un intercambiador de calor y evitar la congelación del mismo.

**El panel no puede utilizarse únicamente como un módulo fotovoltaico. Su correcto funcionamiento será como un panel híbrido, requiriéndose inevitablemente el conexionado de la parte hidráulica. El conexionado fotovoltaico no deberá realizarse antes de que el sistema hidráulico esté funcionando. Además, se deberá garantizar que la temperatura de trabajo de los paneles no supere en ningún caso los 85°C, requiriéndose para la validez de las garantías la instalación de un sistema activo de disipación de calor que asegure que no se sobrepase dicha temperatura.**

### 4.1 Consideraciones de diseño del sistema

Presión máxima de operación:

Aunque la presión máxima de prueba para los módulos es de 10 bares, se recomienda una presión máxima del sistema de 3 bares.

Un instalador cualificado debe instalar el sistema conforme a todos los requisitos definidos en su caso en el proyecto, las normativas y códigos de construcción, la legislación de salud y seguridad y cualquier reglamento local vigente en vigor en ese momento.

### 4.2 Sensor de temperatura

Las sondas de temperatura siempre deben colocarse en el flujo caliente (salida superior del panel) de la bancada de paneles. La forma de colocación de la sonda es introduciendo la vaina en el interior del panel. En la **Figura 11** se puede observar que la vaina para la sonda de temperatura se coloca en el interior del colector.

Será necesario disponer de sensores de temperatura y la capacidad de control por separado y para cada orientación de paneles híbridos.

Para las instalaciones con todos los paneles híbridos en la misma orientación será suficiente la colocación de un sensor de temperatura en una de las bancadas.

### 4.3 Salida de aire

Cada bancada de paneles dispondrá de un sistema de purga para permitir que el aire escape del circuito, ubicándolo en el punto más alto de la bancada. En la **Figura 11** se puede observar el purgador en la parte superior de la cruz.

### 4.4 Válvula de seguridad

Cada grupo de paneles debe disponer de una válvula de seguridad y una llave de vaciado en la parte inferior de la bancada. El tarado de las válvulas de seguridad deberá calcularse en el proyecto de la instalación, o por el instalador cualificado, y según la normativa vigente.

### 4.5 Llave de vaciado

Cada grupo de paneles dispondrá de una llave de vaciado que garantice el vaciado de solo una bancada, en caso necesario, sin necesidad de vaciar toda la instalación solar.

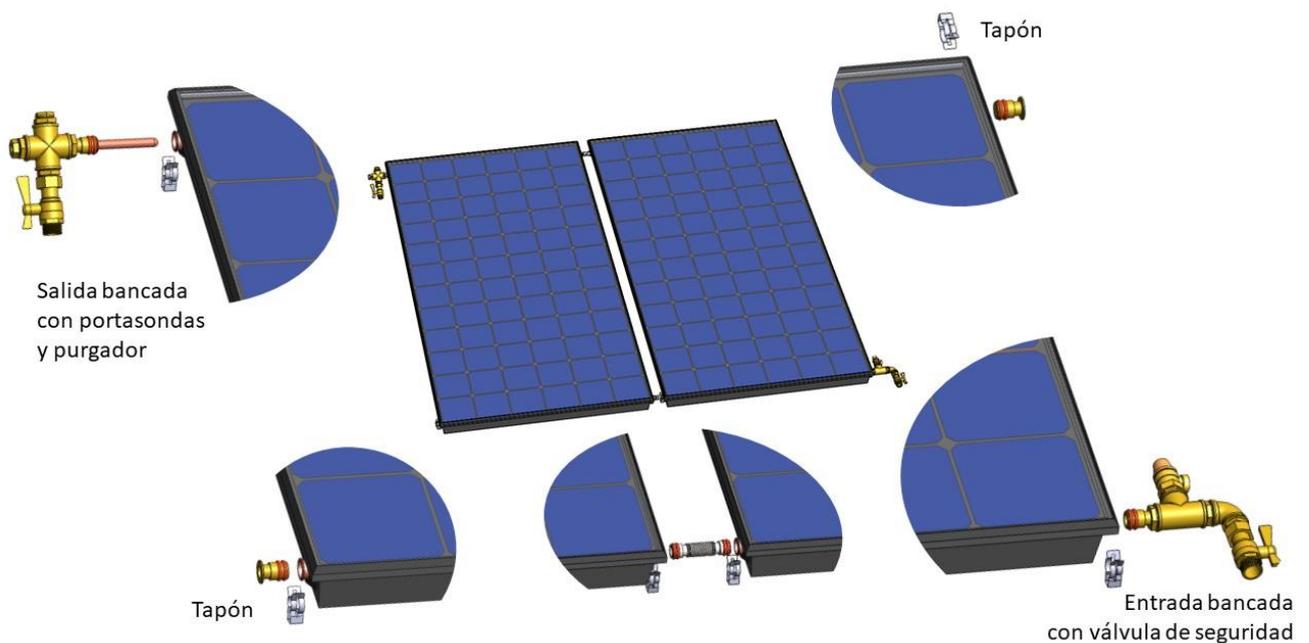


Fig. 11. Detalle de conexiones de bancada

### 4.6 Bomba de circulación y tubería

La selección de la bomba es fundamental para que el sistema obtenga su máxima eficiencia y se determina en la etapa de diseño. Para los detalles de instalación consulte el manual del fabricante que suministra la bomba. Para dimensionar la bomba de circulación debe calcularse la caída de presión del sistema en todo el circuito a una velocidad de flujo de diseño conocida. No olvide que a medida que el caudal del sistema aumenta también lo hace, y de forma exponencial, la caída de presión. Es una

práctica común sobredimensionar la bomba al menos un 15 %, es decir, que la presión de la bomba, a un caudal dado, es al menos un 15 % más alta que la caída de presión del sistema.

La selección de las tuberías es fundamental para el buen funcionamiento del sistema y se determinará en la etapa de diseño. La instalación y los diámetros de las tuberías cumplirán todas las normas y especificaciones que existen en la normativa de aplicación en la ubicación donde sea instalada. Por regla general, se deberá cumplir que la velocidad del fluido en el interior de la tubería no deberá exceder los

2 m/s, aunque es recomendable que se dimensione con 1m/s, debido a que, con el transcurso del uso de la instalación, en el interior de las tuberías tiende a depositarse una capa que reduce el área útil de la misma.

**Nota:** El caudal recomendado es 60 litros hora por colector.

### 4.7 Sistema de regulación

Existen muchos fabricantes de controladores o reguladores solares térmicos. Dependiendo de la configuración de la instalación se seleccionará el controlador que garantice el funcionamiento perfecto de la misma, teniendo en cuenta que la instalación más sencilla como mínimo incluirá 2 sondas de temperatura: una en el panel y otra en el depósito y 2 relés o capacidad de control: uno para la bomba circuladora y otro para el dissipador (con válvula de 3 vías u otra bomba).

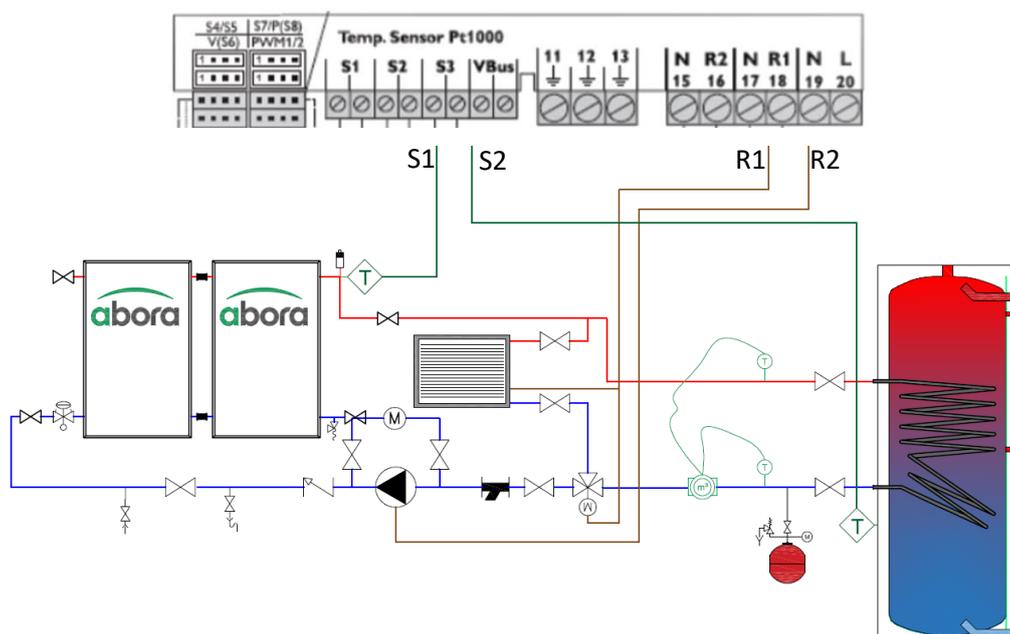
En la **Figura 12** se muestra un esquema básico de control siendo S1, S2, R1 y R2 partes obligatorias en cualquier instalación.

**S1:** Sonda que se introduce en la parte interior del panel

**S2:** Sonda introducida en el deposito

**R1:** Control sobre válvula de 3 vías y dissipador

**R2:** Control sobre bomba de circulación



*Fig. 12. Esquema tipo del control de la parte térmica*

## 4.8 Configuración y comprobación del sistema térmico

Antes de llenar el circuito solar, el depósito debe enjuagarse (limpiarse) y llenarse de acuerdo con las instrucciones del manual correspondiente. Para llenar y vaciar el sistema solar será necesaria una bomba de descarga específica para tal fin.

Existe riesgo de quemaduras provocadas por el fluido caliente si ha habido una irradiación solar significativa. Por razones de seguridad el llenado del sistema solar solo debe realizarse cuando el fluido esté frío. Se deberán realizar estos trabajos tapando totalmente y de forma conveniente el panel durante todo el proceso.

Es necesario enjuagar inicialmente el sistema con agua, que también se puede usar para las pruebas de presión.

Los paneles que suministra Abora incluyen una protección frontal (vinilo) que no deberá ser retirada antes de la puesta en marcha final (o puesta en servicio definitiva) de la instalación.

### 4.8.1 Limpieza y llenado de la instalación

Una vez completada la instalación se procederá a su limpieza y llenado.

Nota: El vinilo de protección del cristal de los paneles solo se retirará cuando la instalación esté completamente probada, llena y con los elementos de seguridad instaladas y en funcionamiento.

### 4.8.2 Comprobación de estanqueidad del campo de captadores

Para evitar problemas de conexiones defectuosas o posibles poros se hará la primera prueba de estanqueidad con agua o aire. El aire permite retocar las soldaduras sin tiempo de espera. Esta comprobación se hará a presiones altas (cercasas a las máximas admisibles por los captadores y tuberías), asegurándose de no tener conectados aquellos componentes de la instalación cuya máxima presión de trabajo sea inferior a la usada para la prueba, es decir, vaso de expansión, sistema de bombeo, separador de aire, etc.

### 4.8.3 Tarado del vaso de expansión

El vaso de expansión tiene que ser capaz de absorber la dilatación del fluido que se produce en los momentos de estancamiento con el consecuente riesgo de sobrecalentamiento. Generalmente los vasos de expansión vienen tarados de fábrica a presión superior a la de trabajo, por lo que será necesario adaptarla a las necesidades de cada instalación. En primera instancia, se debe haber calculado la presión del circuito. **El vaso de expansión debe quedar tarado con una presión igual a la inicial de la instalación sin funcionamiento.** Es importante recordar que el contenido del vaso de expansión es

nitrógeno ya que en su interior contiene una membrana con partes metálicas que con oxígeno se oxidarían.

Es imprescindible disponer de un manómetro para llevar a cabo esta comprobación.

**Se deberán seguir todas las especificaciones del fabricante del vaso de expansión.**

#### 4.8.4 Limpieza, llenado y comprobación de estanqueidad total

Es recomendable hacer una limpieza de toda la instalación a circuito abierto con agua para eliminar posibles restos de soldaduras que obstruirían el paso del fluido además de alterar sus propiedades. En instalaciones con purgadores en la parte superior y una sola toma de llenado en la inferior, no es posible realizar este tipo de limpieza.

Inicialmente se llenará el circuito primario con una presión 1,5 veces superior a la de trabajo, que se reducirá posteriormente. Es muy importante que la fase de llenado se haga con escasa radiación solar (a primera o última hora del día) ya que, al estar la bomba de primario parada, el fluido estancado podría llegar a altas temperaturas y evaporarse, formando bolsas de aire en la instalación ocasionando problemas en la circulación y en el llenado. El panel estará tapado. **NO SE HABRÁ RETIRADO TODAVÍA EL VINILO PROTECTOR** con el que se suministra el panel.

Debido a la capacidad del glicol de penetrar en ranuras finas, por su menor tensión superficial en comparación con el agua, es necesario hacer una nueva prueba de estanqueidad, esta vez con el fluido caloportador.

**Importante.** El fluido caloportador es imprescindible en zonas con temperaturas mínimas, iguales o por debajo de 0° C para evitar congelaciones, y debe ser capaz, a su vez, de resistir altas temperaturas. Se comprobará su temperatura de congelación con un medidor de densidad.

Existen zonas en las que puede ser suficiente una recirculación del fluido caloportador para evitar congelaciones.

La estación de llenado suministra presión y caudal que permiten velocidades de fluido óptimas para el arrastre de burbujas de aire purgando el circuito. Así, además de llenarse la instalación, se limpia el circuito y se mezcla previamente el glicol con agua.

#### 4.8.5 Purgado de la instalación

En una instalación las bolsas de aire son uno de los principales problemas: afectan a las conexiones de los paneles, reducen el caudal del fluido de trabajo y, por tanto, el rendimiento del sistema, además de estropear el glicol. Por todo ello, un correcto purgado es imprescindible. Si esta operación se hace mediante purgadores, es importante colocar una llave de corte antes del purgador para asegurarse de que el circuito es completamente estanco; si se utilizan separadores de aire llevarán un purgador con

el que se eliminarán las microburbujas tantas veces como sea necesario en el transcurso de la puesta en marcha.

Existe el riesgo de que la velocidad del fluido sea capaz de arrastrar las burbujas al circuito sin que los purgadores puedan evacuarlas. Por este motivo es necesario tener un separador de aire. Éste debe instalarse en la tubería caliente y en la parte inferior del circuito, lo que facilita el mantenimiento.

Una sección mayor reduce la velocidad de circulación, dejando que las burbujas dejen de ser arrastradas por el fluido y suban. Con el purgador se expulsa el aire.

#### 4.8.6 Ajustes de presión y caudal

La presión y el caudal son los últimos parámetros a controlar en la puesta en marcha.

Para regular la presión final de la instalación, se abrirá la válvula de vaciado hasta conseguir la presión adecuada. Se recomienda que el vaso de expansión este a 0,3 bar por debajo de la presión final de la instalación. Se consigue así un remanente del fluido caloportador en el vaso que podría reponerse al circuito en el caso de temperaturas exteriores menores a las del momento del llenado, así como evitar sequedad o que éste quede adherido a la pared del vaso.

**Ejemplo de presión recomendada en el sistema:**

- **Presión inicial en la instalación = 1,3 bar + 0,1 x H (altura en metros de la instalación)**
- **Presión en el vaso de expansión = Presión inicial de la instalación sin funcionamiento**

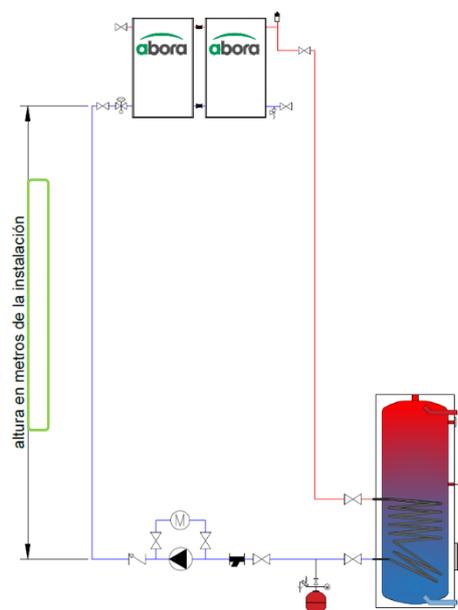


Fig. 13. Esquema recomendación de presión inicial en el circuito

En cuanto al caudal final de la instalación, será recomendable ajustarlo a 50 litros hora por panel. Su ajuste se hará a través de la velocidad de la bomba, estrangulando su válvula de cierre hasta conseguir el caudal buscado.

Utilizar un caudalímetro es imprescindible para poder leer el caudal de la instalación.

#### 4.8.7 Buenas prácticas

Disponer de un llenado automático desde la red no es recomendable. Existe riesgo de que se introduzca cal en el circuito de forma incontrolada, no se detecten posibles fugas en la instalación, el glicol se diluya sin ningún control y se pierda la concentración del fluido caloportador, con el consiguiente riesgo de congelación que causará daños en la instalación.

No es buena práctica conducir la salida de la válvula de seguridad a un desagüe ya que, de este modo, es muy difícil controlar y cuantificar las posibles pérdidas de la instalación. Además, la normativa de instalaciones térmicas no permite el desagüe a altas temperaturas. Recomendamos conducir la válvula de seguridad a un recipiente no conectado a la red de saneamiento, una garrafa, por ejemplo.

## 5 SISTEMA FOTOVOLTAICO

El subsistema fotovoltaico de un panel híbrido aH72SK funciona de la misma manera que un panel fotovoltaico de silicio cristalino de la misma potencia eléctrica. Por lo que las instrucciones y aplicaciones de los mismos son las comunes en fotovoltaica.

Los sistemas fotovoltaicos solares constan de:

- Módulos solares fotovoltaicos
- Conectores de strings
- Protecciones de corriente continua (DC) y de corriente alterna (AC)
- Inversores de corriente continua (DC) a corriente alterna (AC)

Cada instalación tiene una cantidad y configuración de paneles solares, inversores y protecciones para su aplicación particular. El diseñador del sistema solar fotovoltaico debe configurarlo para cumplir los requerimientos y los rangos de trabajo del inversor.

**El panel no puede utilizarse únicamente como un módulo fotovoltaico. Su correcto funcionamiento será como un panel híbrido, requiriéndose inevitablemente el conexionado de la parte hidráulica. El conexionado fotovoltaico no deberá realizarse antes de que el sistema hidráulico esté funcionando. Además, se deberá garantizar que la temperatura de trabajo de los paneles no supere en ningún caso los 85°C, requiriéndose para la validez de las garantías la instalación de un sistema activo de disipación de calor que asegure que no se sobrepase dicha temperatura.**

### 5.1 Recomendaciones, precauciones y características

Los instaladores deben leer y comprender este manual antes de comenzar la instalación. Al instalar los módulos, los instaladores deben respetar todas las medidas de seguridad incluidas en este manual, así como los requisitos y normativas locales por ley u organizaciones autorizadas. Solamente el personal autorizado y formado debe acceder o realizar labores sobre los paneles solares o el sistema solar, siempre con las medidas de seguridad necesarias que soporten una tensión de trabajo nunca inferior a 1000 V<sub>DC</sub>. Se recomienda contratar una empresa instaladora con capacidad para emitir los correspondientes boletines de la instalación y ponerla en servicio adecuadamente, en cumplimiento de la normativa particular de cada país.

En el hemisferio norte la orientación óptima de los paneles es al sur, mientras que, en el hemisferio sur la orientación óptima de los paneles es al norte. Los paneles que se encuentren a 30° de su orientación óptima perderán aproximadamente del 10 al 15 % de la potencia de salida. Si el panel se encuentra a 60° de su orientación óptima, la pérdida de potencia será del 20 al 30 %. Al elegir una ubicación, evite árboles, edificios u obstáculos que puedan proyectar sombras en el conjunto.

Una vez que el sistema se pone en servicio (ajustado correctamente y comprobada la instalación) los interruptores eléctricos se cierran y el sistema comienza a permitir que la energía del sol produzca corriente eléctrica. El sistema dirigirá automáticamente la energía producida al sistema de distribución de la misma.

Se recomienda usar sistemas de monitorización para que los operadores puedan estar al tanto de los posibles fallos de la instalación. Cuando surgen condiciones de alarma, se debe contratar personal capacitado para realizar la localización de fallos y las reparaciones del sistema.

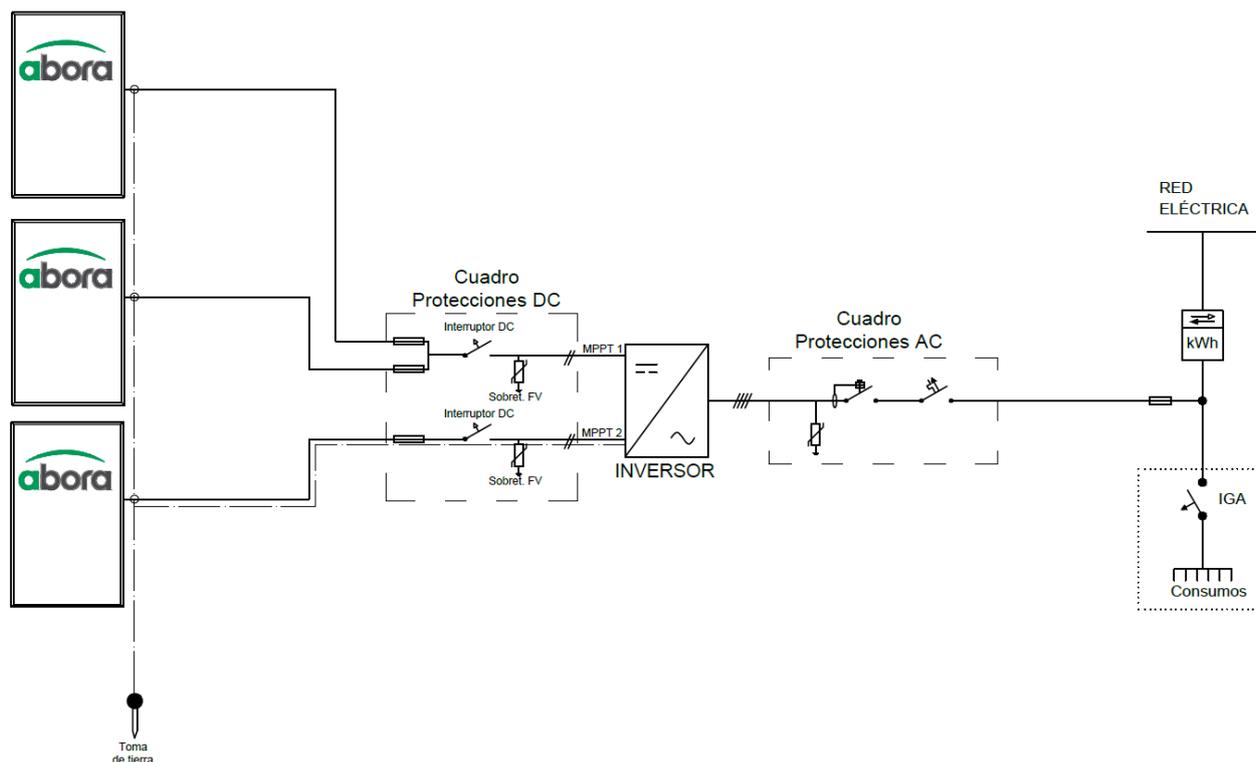


Fig. 14. Esquema tipo de la parte fotovoltaica

## ADVERTENCIA

### ¡Riesgo de electrocución!

- Antes de comenzar a trabajar en los cuadros eléctricos generales dentro del edificio, debe desconectar la red eléctrica que entra en el cuadro y aislar el sistema fotovoltaico para evitar la doble alimentación y posibles descargas eléctricas.
- En caso de emergencia se deberá aislar el suministro eléctrico de AC al inversor mediante la desconexión del interruptor magnetotérmico situado en el cuadro de protección de AC y el suministro de DC en el punto de desconexión de DC principal situado en el cuadro de protecciones DC o en el propio inversor. Todas las personas que trabajen en el cableado de DC de un sistema fotovoltaico deben ser personal cualificado para trabajar con dichos sistemas y estar familiarizados completamente con los voltajes presentes en los mismos.

**¡No seguir las instrucciones anteriores puede ocasionar la muerte o lesiones graves!**

**IMPORTANTE:** Los cables de DC conectados a un módulo FV o strings están en tensión en todo momento durante el día y la noche. Evite el contacto con partes activas eléctricamente y asegúrese de aislar los circuitos bajo tensión antes de intentar realizar o interrumpir cualquier conexión. Se recomienda realizar los tendidos de cable de DC lo más cortos posible y ser cuidadosamente conducidos y asegurados. Los instaladores deben asumir el riesgo de las lesiones posibles, incluido el de descarga eléctrica (sin limitaciones).

### **SEGURIDAD GENERAL:**

- Los paneles de Abora se ensayan según la norma **IEC 61730 2016 como Clase II** y están destinados a funcionar en instalaciones con tensiones inferiores a 1000 V<sub>DC</sub>. Esta tensión máxima no debe excederse en ningún caso y debe tenerse en cuenta a la hora de diseñar un sistema fotovoltaico que la tensión del módulo puede superar los valores indicados en la ficha técnica bajo temperaturas de funcionamiento inferiores a los 25 °C. Los módulos que entran dentro de esta clase de aplicaciones pueden utilizarse en sistemas que funcionen a más de 50 V<sub>DC</sub> o 240 W, en los que se prevé un acceso general de contacto. Se considera que los módulos con seguridad clasificada según IEC 61730-2 y en esta clase de aplicaciones cumplen los requisitos de la clase de seguridad II (solo IEC). No dirija la luz solar artificialmente concentrada al panel.
- Las especificaciones eléctricas se encuentran dentro de ±4 % de los valores de Corriente de Cortocircuito ( $I_{sc}$ ), Tensión de Circuito Abierto ( $V_{oc}$ ) y Potencia Máxima Fotovoltaica ( $P_{max}$ ) bajo STC o condiciones estándar de medida (irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>, espectro AM 1,5 y temperatura de la célula de 25 °C (77 °F)).
- Durante la instalación, proteja los paneles solares híbridos de la luz solar porque, cuando la radiación solar entra en contacto con la superficie del mismo, producirá energía eléctrica. Solo los técnicos cualificados deben instalar o realizar trabajos de mantenimiento en los paneles. Para las labores de mantenimiento habrá que tapar los paneles convenientemente. Se recomienda el tapado de los paneles hasta que se haya terminado completamente la instalación y se hayan realizado las pruebas de seguridad pertinentes. Esto incluye el llenado hidráulico y las pruebas de estanqueidad y dejar funcionando la instalación con circulación de agua, además de las conexiones eléctricas.

Los paneles suministrados por Abora incluyen un **VINILO FRONTAL** que **NO DEBERÁ SER RETIRADO** hasta que se haya terminado completamente la instalación y se hayan realizado las pruebas de seguridad pertinentes. Incluyendo el llenado hidráulico y las pruebas de estanqueidad y se deje funcionando la instalación con circulación de agua, además de las conexiones eléctricas.

**IMPORTANTE:** el vinilo no evita completamente que el panel con radiación solar tenga un voltaje en DC.

- Cuando realice alguna tarea en las conexiones eléctricas, despréndase de cualquier anillo, pulsera, pendientes y similares metálicos y utilice herramientas provistas del debido aislamiento. Póngase el equipo de protección individual apropiado a fin de reducir el riesgo de descarga eléctrica.
- Si se instalan baterías, siga las recomendaciones del fabricante.
- **En condiciones normales, es probable que un panel fotovoltaico experimente situaciones que produzcan más corriente y/o voltaje de lo que se informa en las STC. Por consiguiente, los valores de  $I_{sc}$  y  $V_{oc}$  marcados en este panel deben multiplicarse por 1,25 para determinar las clasificaciones de voltaje de los componentes, las clasificaciones de corriente de los conductores, conectores, los tamaños de fusibles y el tamaño de los dispositivos conectados a la salida de FV.**
- No conecte ningún otro dispositivo (antenas, tuberías, conductos, etc.) a la estructura de los paneles.
- Utilice equipos, conectores, cables, estructuras, grapas de anclaje adecuados para sistemas eléctricos solares.

### CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS:

Cumpliendo con el estándar IEC, los paneles de Abora son aptos para funcionar en lugares exteriores no protegidos de la intemperie, expuestos a la radiación solar directa e indirecta (albedo), en un rango de temperatura ambiental de al menos  $-40\text{ °C}$  a  $+40\text{ °C}$  y hasta el 100 % de humedad relativa, así como de lluvia. Están diseñados para soportar las tensiones eléctricas, mecánicas, térmicas y ambientales (temperatura, carga mecánica, humedad, rayos UV/clima, contaminación, etc.) que se produzcan en su uso previsto y no presentar ningún peligro para el usuario o el medio ambiente. La conformidad se verifica mediante la evaluación de los materiales, los componentes y la construcción del panel, así como los ensayos especificados en la norma IEC 61730-2.

La altitud máxima a la que debe instalarse este producto es de 2000 m sobre el nivel del mar.

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS:

El panel solar híbrido con tecnología aHTech® diseñado y fabricado por Abora tipo aH72SK, tiene las siguientes características generales:

- Máxima tensión del sistema o  $V_{sys}$ :  $V_{sys} = 1000\text{ V}_{DC}$
- Clase de aplicación A (IEC 61730-1:2004) y/o clase II (IEC 61140)
- Tensión de circuito abierto:  $V_{OC} = 48,61\text{ V} \pm 4\%$
- Corriente de cortocircuito:  $I_{SC} = 9,16\text{ A} \pm 4\%$

- Potencia máxima fotovoltaica,  $P_{max}$  o  $P_{mpp}$ :  $P_{max} = 350 \pm 4 \%$
- Máximo grado de protección de sobrecorriente (verificado por el test de sobrecarga de corriente inversa MST 26): Máxima protección contra sobre intensidades: 15 A
- Coeficientes de temperatura:
  - Corriente de cortocircuito ( $I_{SC}$ ): 0,055 %/°C
  - Voltaje Circuito Abierto ( $V_{OC}$ ): -0,255 %/°C
  - Potencia máxima ( $P_{mpp}$ ): -0,362 %/°C

Todos los datos eléctricos mostrados son relativos a las STC: 1 000 W/m<sup>2</sup>, (25 ± 2)° C, AM 1,5 (de acuerdo con IEC 60904-3).

## 5.2 Pautas de instalación

### 5.2.1 Seguridad de Instalación:

- El contacto con las partes cargadas eléctricamente de un panel, tales como los terminales, puede causar quemaduras, chispas e incluso descargas mortales, tanto si el panel está conectado como si no lo está.
- Durante el transporte y la instalación de los componentes mecánicos y eléctricos, no debería haber niños en las proximidades.
- Durante la instalación, tape por completo el módulo con un material opaco para impedir que se genere electricidad.
- Respete las normas de seguridad (por ejemplo, normas de seguridad para trabajar en estaciones de plantas eléctricas) de los demás componentes del sistema, tales como hilos y cables, conectores, reguladores de carga, inversores, baterías de almacenamiento, baterías recargables, etc.
- No abra conexiones eléctricas ni desenchufe conectores mientras el circuito esté en carga.
- Durante la instalación, no toque el panel solar innecesariamente. Las superficies de vidrio pueden estar muy calientes y existe riesgo de sufrir quemaduras y descargas eléctricas.
- Para prevenir el deterioro de los cables, impida que estén expuestos a la luz solar directa.
- Utilice únicamente herramientas aisladas que estén autorizadas para su uso en instalaciones eléctricas.
- Para unir módulos en serie o para conectarlos a otro dispositivo, utilice solamente conectores especiales de FV modelo SOLARLOK PV4-S DC del fabricante TE connectivity. La garantía quedará anulada si se quitan los conectores suministrados con el panel.

### 5.2.2 Cableado y conexión

**Nota:** Conecte los conductores entre los paneles FV en conexión en serie o en paralelo. Esto vendrá determinado por las características de entrada de DC del inversor usado, del diseño del sistema y de las condiciones ambientales.

El voltaje total de los strings no debe exceder la tensión de trabajo nominal del inversor seleccionado. Para impedir el sobrecalentamiento de cables y conectores, hay que seleccionar la sección de los cables y la capacidad de los conectores en función de la corriente máxima de cortocircuito del sistema. El cable recomendado es cable fotovoltaico con una sección de al menos 4 mm<sup>2</sup>.

No es recomendable mezclar módulos de configuraciones diferentes (toma de tierra, cableado) en el mismo sistema.

### 5.2.3 Tensión FV y voltajes de los strings

Los sistemas FV estándar para instalaciones de autoconsumo tienen tensiones máximas de 1000 V y rangos de trabajo recomendables entre los 300 y los 800 V. En este caso, el uso de cables, conectores y envolventes seleccionados adecuadamente para este tipo de sistemas, junto con técnicas de instalación controladas y realizadas por personal cualificado, adquiere una importancia fundamental para que los trabajos se realicen con todas las garantías de seguridad.

Los cables exteriores deben ser estables a los rayos UV y resistentes al agua.

Se recomienda que, una vez conectados los paneles entre sí, los cables no cuelguen por peso propio y queden fijados a la propia estructura. La tensión mecánica generada por el peso propio del cable puede generar fallos de contacto eléctrico pudiendo producir arcos eléctricos con sus correspondientes consecuencias, por ejemplo, incendios.

### 5.2.4 Conectores FV corriente continua

Los paneles híbridos disponen en su parte trasera de una caja de conexiones de donde salen dos latiguillos de cable (uno positivo y uno negativo) con conectores especiales de FV modelo SOLARLOK PV4-S DC del fabricante TE connectivity macho y hembra.

Para garantizar una conexión eléctrica fiable y evitar posible entrada de humedad, estos conectores tienen que acoplarse hasta que se escuche un clic.

Estos conectores proporcionan un contacto eléctrico seguro, duradero y efectivo. También simplifican y aumentan la seguridad de los trabajos de instalación.



Fig. 15. Conectores PV4-S DC

Los conectores PV4-S pueden utilizar la gama estándar de cables EN50618/IEC 62930. Sin embargo, el fabricante define un rango específico de 5,9 a 7,2 mm.

La exposición a largo plazo a entornos húmedos puede causar una mala conectividad de los conectores, dando lugar a fugas de corriente y mala conductividad. Ahora recomienda un manejo adecuado de los cables y conectores para evitar la entrada de humedad. Dependiendo de la cantidad de humedad, se recomienda inspecciones periódicas del sistema de instalación para mantener un rendimiento óptimo del módulo.

### 5.2.5 Interruptor o fusibles de corte de strings

El interruptor o fusibles de DC deben tener las siguientes características:

- El interruptor debe aislar todos los conductores activos (generalmente dos polos para aislar los conductores positivos y negativos de los strings o conjunto de strings FV).
- El interruptor debe estar clasificado para DC y para operar a la tensión máxima calculada del sistema (generalmente de 1000 V y 15-16 A).

### 5.2.6 Interruptor de corte total DC

Debe instalarse de una de estas formas:

- Un interruptor de desconexión separado físicamente y montado junto al inversor.
- Un interruptor de desconexión que está conectado mecánicamente al inversor, que permite que el inversor se retire de la sección que contiene el interruptor de desconexión sin riesgos eléctricos.
- Un interruptor de desconexión integrado en el inversor, si el inversor incluye un medio de aislamiento que solo puede funcionar cuando el interruptor-desconector está en la posición

abierta (por ejemplo, enchufes accesibles solo una vez que se retira el mango de desconexión del interruptor).

- Un interruptor-desconexión integral del inversor, si el inversor incluye un medio de aislamiento que solo se puede operar con una herramienta y está etiquetado con un letrero de advertencia o un texto que lo indica ("No desconectar bajo carga").

### 5.2.7 Información general de instalación eléctrica

Cada panel híbrido tiene un conector positivo y negativo en la parte posterior del mismo. Los paneles deberán ser interconectados en una secuencia en serie (string) o en paralelo según el diseño del sistema.

**Nota:** Un string (cadena) es una cantidad de paneles fotovoltaicos (la parte acristalada de los paneles híbridos) conectados en serie (módulos interconectados de manera que el positivo en un módulo se conecta con el negativo en el siguiente, y así sucesivamente).

El extremo positivo y negativo de cada string o conjunto de ellos debe conectarse al inversor.

Los cables de DC deben sujetarse de manera segura a la estructura de los paneles.

Los cables de DC deben estar visibles y deben estar sujetos de manera segura al punto de conexión con el inversor o el interruptor de DC.

Siga los requisitos del fabricante para instalar el inversor y las reglamentaciones eléctricas de las autoridades locales o código eléctrico nacional pertinente para las protecciones de la parte de corriente continua y corriente alterna de la instalación.

**Nota:** Siga los diagramas y esquemas de cableado diseñados específicamente para la conexión al servicio de distribución de energía existente.

Una vez que el sistema está completamente conectado e instalado, es importante verificar la instalación para asegurarse de que todos los terminales estén apretados.

### 5.2.8 Conexión a tierra, protección equipotencial de conexión y protección contra rayos

#### *Protección contra rayos*

Cuando se considera que los edificios o estructuras corren un mayor riesgo, por ejemplo, muy alto, o en un lugar expuesto, el diseñador del sistema eléctrico deberá prever las medidas de protección necesarias. Se dispondrán en cualquier caso protección contra sobretensiones tanto en la parte de AC como en la de DC.

Para una instalación aislada sin pararrayos, el riesgo está en inducciones de rayos cercanos o entre nubes, en ese caso, los protectores Tipo 2 serían los adecuados, para el lado de la AC y la DC. Por ejemplo, si tienes 1000 V<sub>DC</sub> y 400V 3PH+N en la salida AC, una propuesta de equipos sería:

77707852 [PSM3-40/1000 PV](#)

Los Tipo 1, o mejor, Tipo1+2, los utilizaremos cuando haya pararrayos en la instalación. Pudiendo utilizar también Tipo1+2 en la parte AC, del lado de la seguridad, cuando haya acometida aérea.

### *Conexión equipotencial de protección (puesta a tierra)*

La conexión equipotencial de protección es una medida que se aplica a partes de la instalación eléctrica que, en condiciones de fallo, pueden tener un potencial diferente a la tierra. Al aplicar esta medida, el riesgo de descarga eléctrica es limitado ya que debe haber poca o ninguna diferencia en los voltajes entre las partes (diferencia de potencial), que de otro modo podrían activarse.

La unión debe llevarse a cabo de acuerdo con las regulaciones locales. Para conocer los requisitos de puesta a tierra y de conexión, consulte las normas regionales y nacionales sobre seguridad y electricidad.

La conexión a tierra se logra mediante la fijación de la carcasa del panel a la estructura y conectando ésta a tierra, de acuerdo con dichas reglamentaciones.

Para este propósito la carcasa del panel dispone de dos remaches de puesta tierra, indicados con una pegatina verde en la parte trasera del panel. Uno de ellos se encuentra en la parte alta y otro en la parte baja del mismo.

Para la correcta conexión del cable de tierra se recomienda usar una puntera de cable tipo anilla, terminal de ojo o redondo que se fije con un tornillo de métrica 6 (M6) que atraviese la anilla enroscándola a cualquiera de los dos remaches disponibles.

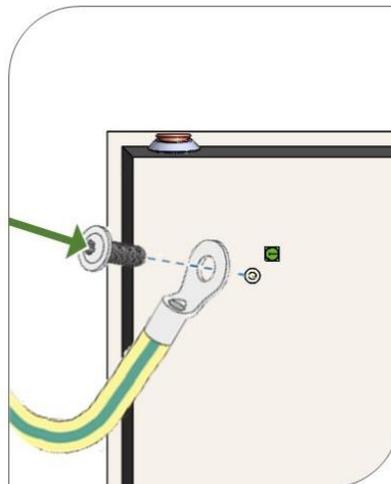


Fig. 16. Conexión a remache de puesta a tierra

Así cada una de las tomas de tierra y la estructura de soporte deben ser unidas a la tierra del sistema.

## 6 PUESTA EN MARCHA Y SOLICITUD DE GARANTÍA

El sistema debe ser instalado y puesto en servicio por técnicos competentes y según las prescripciones, planos y esquemas del proyecto y de acuerdo con estas instrucciones. Además, se debe garantizar y certificar la conformidad de la autoridad local en materia eléctrica. Del mismo modo, y dependiendo del tamaño de la instalación, se certificará también la parte térmica ante la autoridad local en esta materia. La lista de verificación de puesta en marcha debe completarse en el momento de la puesta en servicio. Una copia de la lista de verificación se debe conservarse con este manual y otra debe ser remitida a ABORA ENERGY SL. Este requisito forma parte de la garantía del fabricante.

Confiamos que los puntos aquí tratados ayuden a guiar un correcto proceso de puesta en marcha, que reduzca al máximo los fallos que las instalaciones y los usuarios padecen como consecuencia de falta de rigor durante el citado proceso y todo ello, sirva para mejorar su rendimiento y vida útil.



### Trabajos realizados y comprobados para la obtención de garantía de panel

Las estructuras, paneles y unidades se encuentran convenientemente niveladas y ancladas.	SI	NO
Las tuberías están convenientemente conectadas a las unidades interiores y a los colectores solares.	SI	NO
El conexionado fotovoltaico se ha ejecutado correctamente, comprobando la tensión de alimentación y las protecciones eléctricas.	SI	NO
El inversor está conectado, probado y sin alarmas.	SI	NO
Los equipos instalados al exterior a excepción de los paneles solares híbridos están convenientemente protegidos contra la radiación solar directa, contra la lluvia y contra las heladas.	SI	NO
Los circuitos y bancadas están ajustados a sus caudales nominales y están equilibrados.	SI	NO
En los subsistemas donde se modifiquen las propiedades físicas del agua, se deberá poder medir al menos las temperaturas en la entrada y en la salida.	SI	NO
Se han realizado las pruebas de estanquidad y presión en las redes de tuberías de agua.	SI	NO
Los sensores y las sondas de temperatura están debidamente colocadas y conectadas.	SI	NO
La alimentación eléctrica de todos los equipos está ejecutada y comprobada.	SI	NO
El sistema de control de la instalación está programado y funcionando correctamente. En ningún momento el colector híbrido supera los 85°C	SI	NO
La instalación hidráulica cuenta con un sistema de disipación, como mínimo de la misma potencia térmica total de la instalación.	SI	NO
Los vinilos protectores de los paneles están colocados tal y como se suministran.	SI	NO
Si la instalación incluye monitorizador aH monitor, el sistema está completamente instalado, conectado a internet y funcionando.	SI	NO



### Componentes de la instalación

Modelo panel:  Cantidad de paneles:  Tipo de cubierta:

Potencia intercambiador (kW):  Presión de trabajo (bar):  Caudal (l/h):

Altura entre paneles y bombas (m):  Anticongelante (%):

Modelo de bomba primario:

Modelo de bomba secundario:

Volumen acumulación (l):  Modelo regulador:

Modelo de aerotermo:

Modelo inversor FV1:

Modelo inversor FV2:

Modelo inversor FV3:

Modelo inversor FV4:

Sección de cableado FV (mm)  Numero de strings:

Adjuntar esquema hidráulico: Especificar distribución de bancadas y el caudal de cada una de ellas.

Adjuntar esquema fotovoltaico: Especificar numero de strings y cantidad de paneles por strings, así como los componentes de los cuadros DC, AC y conexión a tierra.

Nombre:  Apellidos:

Empresa:  NIF:

Dirección de la Instalación:

Fecha:

Sello y firma:

## 7 MANTENIMIENTO

### PLAN DE VIGILANCIA

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	Limpieza de cristales	1	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	Inspección visual: Condensaciones en las horas centrales del día.
	Juntas	3	Inspección visual: Agrietamientos y deformaciones.
	Absorbedor	3	Inspección visual: Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones hidráulicas y eléctricas	3	Inspección visual: Fugas y conexiones
	Estructura	3	Inspección visual: Degradación, indicios de corrosión.
Circuito primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	Inspección visual: Ausencia de humedad y fugas.
	Purgador	3	Vaciar aire de botellín
Circuito secundario	Termómetro	Diaria	Inspección visual: Temperatura.
	Tubería y aislamiento	6	Inspección visual: ausencia de humedad y fugas.
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito

### PLAN DE MANTENIMIENTO

Elemento de la instalación	Equipo	Frecuencia (meses)		Descripción	
		Superficie de captación			
		≤ 20 m <sup>2</sup>	≥ 20m <sup>2</sup>		
Sistema de captación	Captadores	12	6	Inspección visual: Diferencias entre original y entre captadores	
	Cristales	12	6	Inspección visual: Condensaciones y suciedad	
	Juntas	12	6	Inspección visual: Agrietamientos y deformaciones	
	Absorbedor	12	6	Inspección visual: Corrosión y deformaciones	
	Carcasa	12	6	Inspección visual: deformación, oscilaciones, ventanas de respiración	
	Conexiones	12	6	Inspección visual: Aparición de fugas	
	Estructura	12	6	Inspección visual: Degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos	
Sistema de acumulación	Depósitos	12	12	Presencia de lodos en fondo	
	Anodos de sacrificio	12	12	Comprobación de desgaste	
	Anodos de corriente impresa	12	12	Comprobación del buen funcionamiento	
	Aislamiento	12	12	Comprobar que no hay humedad	
Sistema de intercambio	Intercambiador de placas	12	12	Control de funcionamiento, eficiencia y prestaciones	
	Intercambiador de serpentín	12	12	Control de funcionamiento, eficiencia y prestaciones	
Circuito hidráulico	Fluido refrigerante	12	12	Comprobar su densidad y pH	
	Estanqueidad	24	24	Efectuar prueba de presión	
	Aislamiento exterior	12	6	Inspección visual: Degradación, protección de uniones y ausencia de humedad	
	Aislamiento interior	12	12	Inspección visual: Uniones y ausencia de humedad	
	Purgador automático	12	12	Control de funcionamiento y limpieza	
	Purgador manual	12	6	Vaciar aire del botellín	
	Bomba	12	12	Estanqueidad	
	Vaso de expansión cerrado	12	6	Comprobación de la presión	
	Vaso de expansión abierto	12	6	Comprobación del nivel	
	Sistema de llenado	12	6	Control de funcionamiento y actuación	
	Valvula de corte	12	12	Control de funcionamiento y actuación	
Valvula de seguridad	12	12	Control de funcionamiento y actuación		
Sistema eléctrico y de control	Cuadro eléctrico	12	12	Control de funcionamiento y actuación	
	Control diferencial	12	12	Control de funcionamiento y actuación	
	Termostatos y sondas	12	12	Control de funcionamiento y actuación	
	Verificación del sistema de medida	12	12	Visualización y control de funcionamiento	
	Elementos de seguridad	12	12	Control de funcionamiento y actuación	
	Cableado	12	12	Visualización de degradaciones y conducción	
	Inversor	12	12	Control de funcionamiento y limpieza	
Sistema de energía auxiliar	Sistema auxiliar	12	12	Control de funcionamiento y actuación	

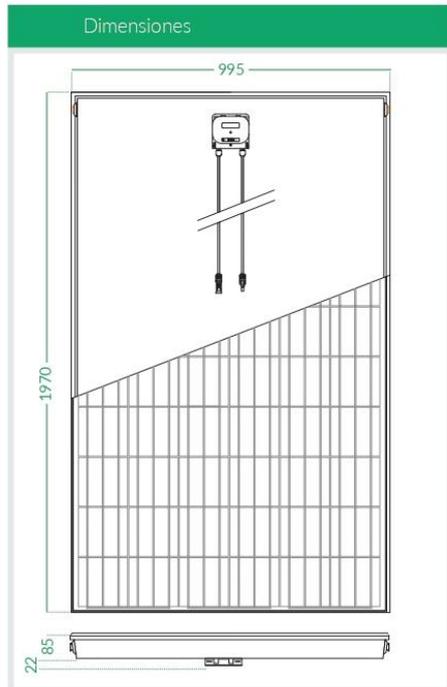
## 8 ESPECIFICACIONES GENERALES



Panel solar híbrido con producción simultánea térmica y fotovoltaica



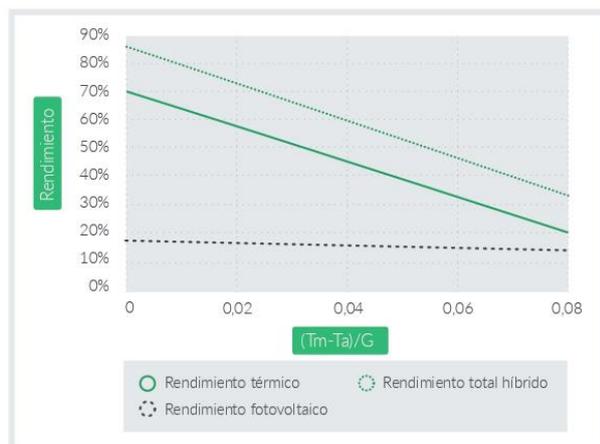
\* Todos los porcentajes de producción están condicionados al rango de Tª de trabajo de la instalación.



Especificaciones Generales	
Largo x Ancho x Espesor	1.970 x 995 x (85+22) mm
Área Total	1,96m <sup>2</sup>
Área de Apertura	1,88 m <sup>2</sup>
Nº células	72
Peso	50 kg.
Vidrio Frontal	3,2 mm. templado
Marco	Aluminio
Protección Caja de Conex.	IP65
Nº Diodos	3 diodos
Dimensiones de célula	156 x 156
Tipo de conexión FV / Longitud cables	Solarlok PV4 / 1m

Especificaciones Eléctricas	
Condiciones de prueba estándar STC: AM 1.5, Irradiación 1000 W/m <sup>2</sup> , temperatura de la célula 25 °C.	
Tipo de célula	Mono-cristalina
Potencia Nominal (W)	350 W
Tensión Máxima Potencia (Vmpp)	39,86 V
Corriente Máxima Potencia (Impp)	8,76 A
Tensión Circuito Abierto (Voc)	48,61 V
Corriente Cortocircuito (Isc)	9,16 A
Eficiencia del módulo (%)	17,8
Tolerancia de Potencia (W)	+/- 4%
Tensión Máxima del Sistema	DC 1000 V (IEC)
Backsheet	Negro
Coefficiente de temperatura de Pmpp	-0,36%/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,28%/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	+0,06%/°C
Corriente inversa máxima	15A
Temperatura NOCT*	45+/- 2 °C

Especificaciones Térmicas	
Rendimiento óptico	0,7
Coef. Pérdidas Térmicas,a1	5,98 W/m <sup>2</sup> .K
Coef. Pérdidas Térmicas,a2	0,00 W/m <sup>2</sup> .K <sup>2</sup>
Volumen liquido interior	1,78 L
Temperatura de estancamiento	126°C
Num. Conexiones hidráulicas	4 conexiones
Medida Conexión hidráulica	Conexión rápido
Presión máxima admisible	10 bar
Caudal nominal	60 L/h



Conforme a las Normas de Producto:  
 DIN EN 12975-1:2011-01; DIN EN ISO 9806:2018-04  
 SolarKeymark Schema Rules (2021-07)  
 DIN EN IEC 61730-1,-2:2018-10; EN IEC  
 61730-1,-2:2018+AC:2018; IEC 61730-1,-2:2014

Reservado el derecho de modificaciones técnicas  
 sin previo aviso.  
 Garantía de 10 años.

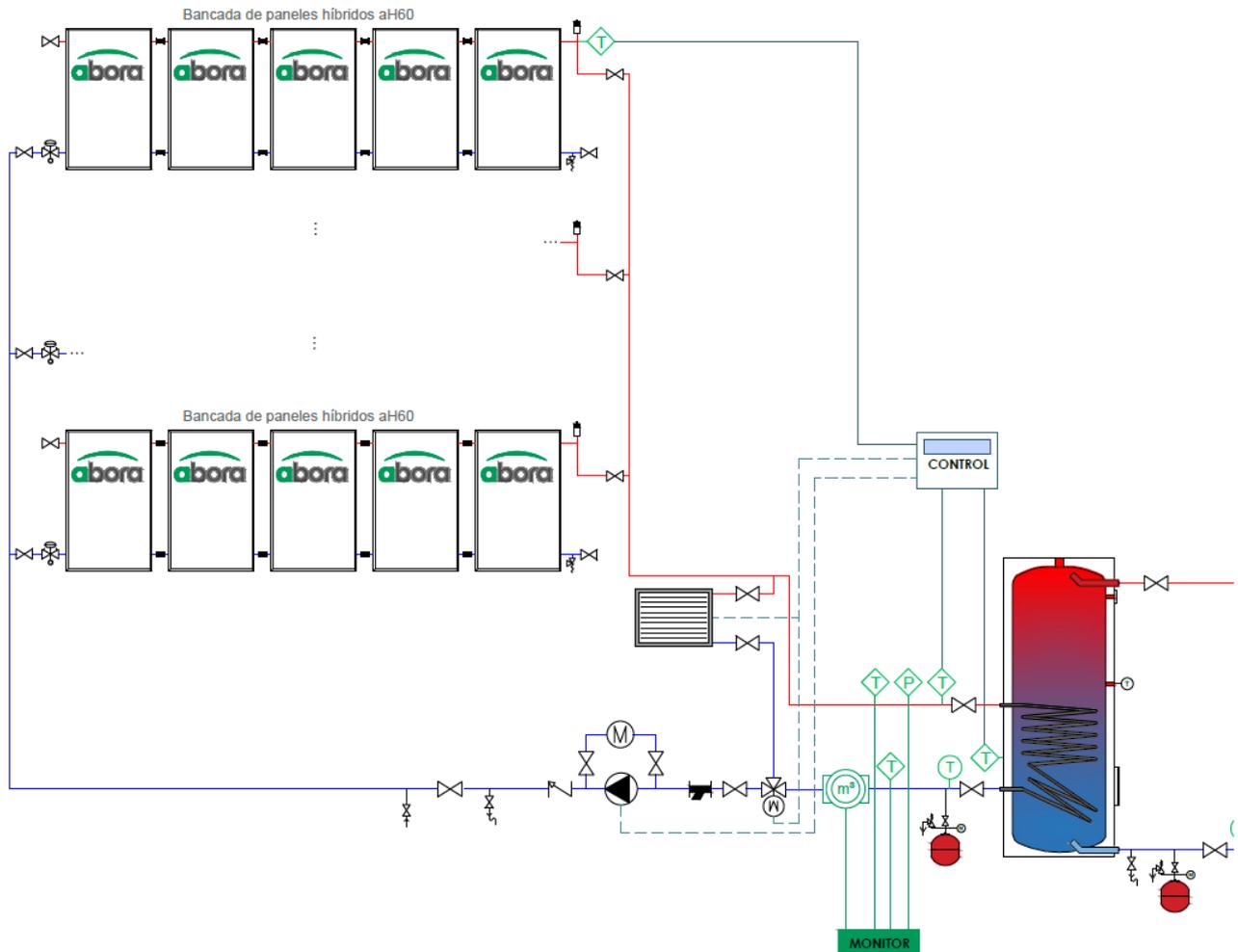
MÁS INFORMACIÓN EN  
[www.abora-solar.com](http://www.abora-solar.com)

30/11/2022



## 9 ANEXO

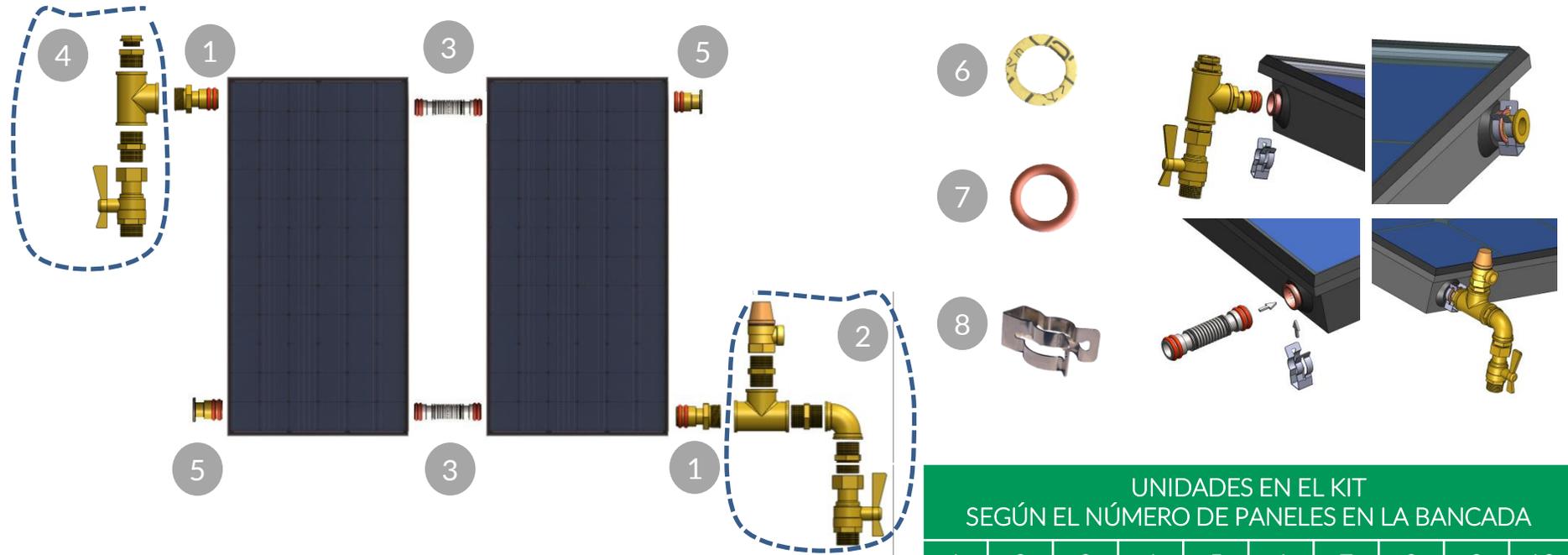
### 9.1 Esquema hidráulico para campo de captadores de hasta 50 m<sup>2</sup>



#### LEYENDA DE ESQUEMA DE PRINCIPIO DE INSTALACIÓN

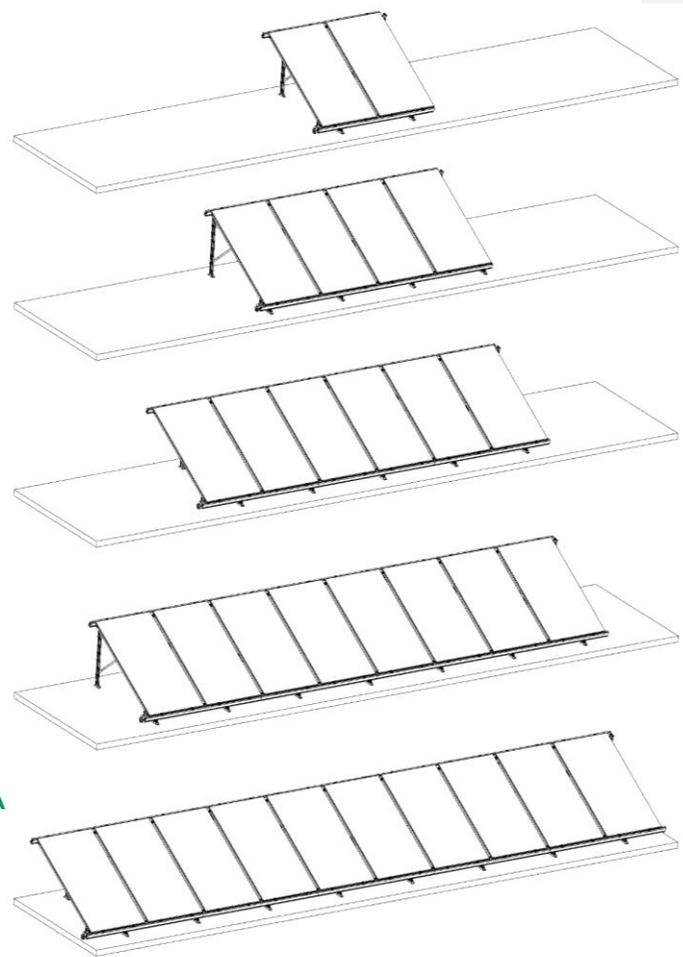
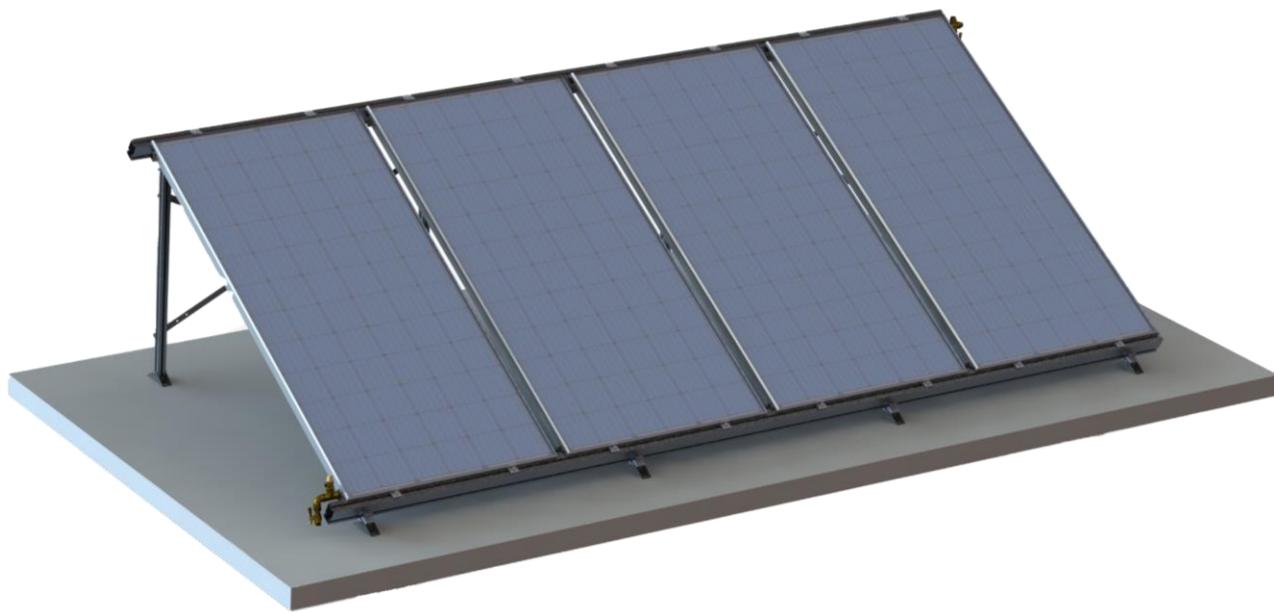
 Bomba	 Filtro	 Manómetro
 Válvula de bola	 Válvula de retención	 Manómetro diferencial
 Válvula 3 vías motorizada	 Válvula de termostática	 Termómetro visible
 Válvula de vaciado	 Válvula de llenado	 Sonda de presión
 Válvula de equilibrado	 Válvula de seguridad y vaciado	 Sonda de temperatura
 Purgador	 Compensador	 Contador de energía
 Válvula de seguridad	 Vaso de expansión	 <b>MONITOR</b> Monitorizador
 Intercambiador	 Aerotermo	 <b>CONTROL</b> Centralita de control

# KIT DE CONEXIÓN RÁPIDA aHKC para bancada estándar



UNIDADES EN EL KIT  
SEGÚN EL NÚMERO DE PANELES EN LA BANCADA

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	ENTRONQUE. De conexión rápida a rosca 3/4"	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	CONJUNTO ENTRADA DE BANCADA (piezas embolsadas) Conjunto de conexión con válvula de SEGURIDAD + llave de corte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	COMPENSADOR DE DILATACIÓN de acero inoxidable	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
4	CONJUNTO SALIDA DE BANCADA (piezas embolsadas) Purgador+llave de corte	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	TAPÓN de conexión rápida	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
6	Junta PLANA 3/4 de 250°C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
7	Junta O-RING para conexiones a panel	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
8	CLIP de sujeción	5	9	13	17	21	25	29	33	37	41



**aH-BEI**

MANUAL DE MONTAJE BANCADA  
estructura inclinada  
*Bancadas desde 1 a 10 paneles*

V 1.0  
17/01/2023

Abora Energy SL se reserva el derecho a realizar las modificaciones que considere oportunas sobre el contenido de este manual  
Abora Energy SL enviará junto con cada producto el manual de instrucciones con las últimas actualizaciones

- Elementos de una bancada
  - Elementos de la estructura
  - Elementos de racorería para conexión hidráulica

P á g . 3 - 4

- Componentes para el montaje
  - Panel y estructura
  - Racorería

P á g . 5 - 6

- P a s o 0 1 .** Replanteo en obra
- P a s o 0 2 .** Anclaje de los pórticos
- P a s o 0 3 .** Premontaje guías horizontales y grapas
- P a s o 0 4 .** Montaje de guía horizontal inferior
- P a s o 0 5 .** Montaje de guía horizontal superior
- P a s o 0 6 .** Montaje pletinas de arriostamiento
- P a s o 0 7 .** Posicionamiento y conexión de paneles
- P a s o 0 8 .** Anclaje de paneles a la estructura
- P a s o 0 9 .** Premontaje de racorería
- P a s o 1 0 .** Conexión de conjuntos premontados en bancada

P á g . 7

P á g . 8

P á g . 9

P á g . 1 0

P á g . 1 1

P á g . 1 2

P á g . 1 3 - 1 5

P á g . 1 6

P á g . 1 7

P á g . 1 8

- A n e x o 1** Distancia entre anclajes de pórtico. En función de la inclinación ( $A^*$ )
- A n e x o 2** Distribución de pórticos en bancadas. En función del número paneles ( $B^*$ )
- A n e x o 3** N° de componentes que contiene el kit

P á g . 1 9

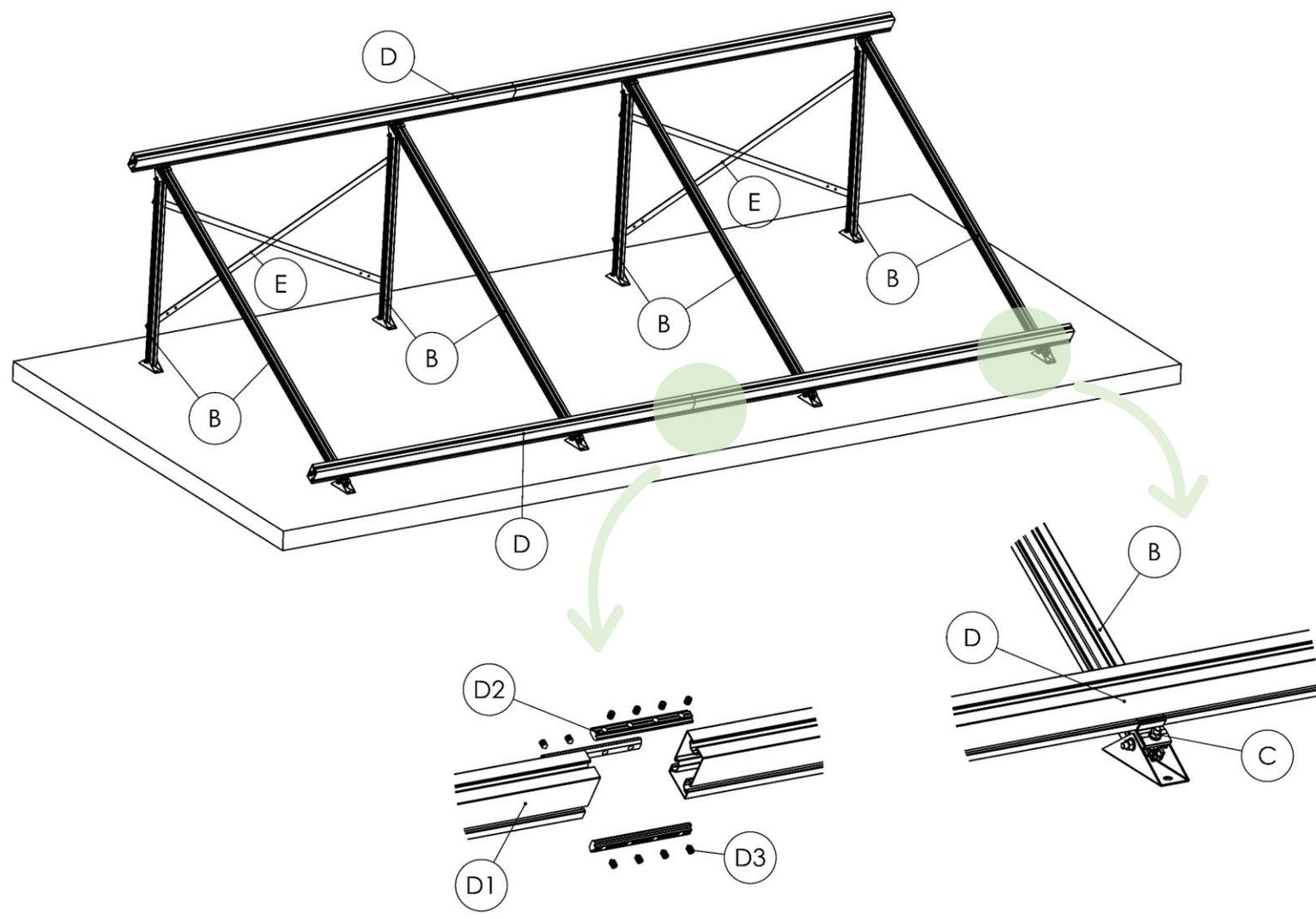
P á g . 2 0

P á g . 2 1 - 2 2

- Información general y recomendaciones

P á g . 2 3

Elementos de una bancada  
Elementos de la estructura



**B**  
Pórtico inclinado

Conjunto **C**

Pieza de anclaje de guías horizontales a pórticos.  
Formado por grapa, tornillo cabeza martillo y tuerca

Conjunto **D**

Guías horizontales para anclaje de paneles

- D1: Perfil 50x85
- D2: Regleta de unión
- D3: Tornillo Allen M8

Conjunto **E**

Pletinas de arriostramiento

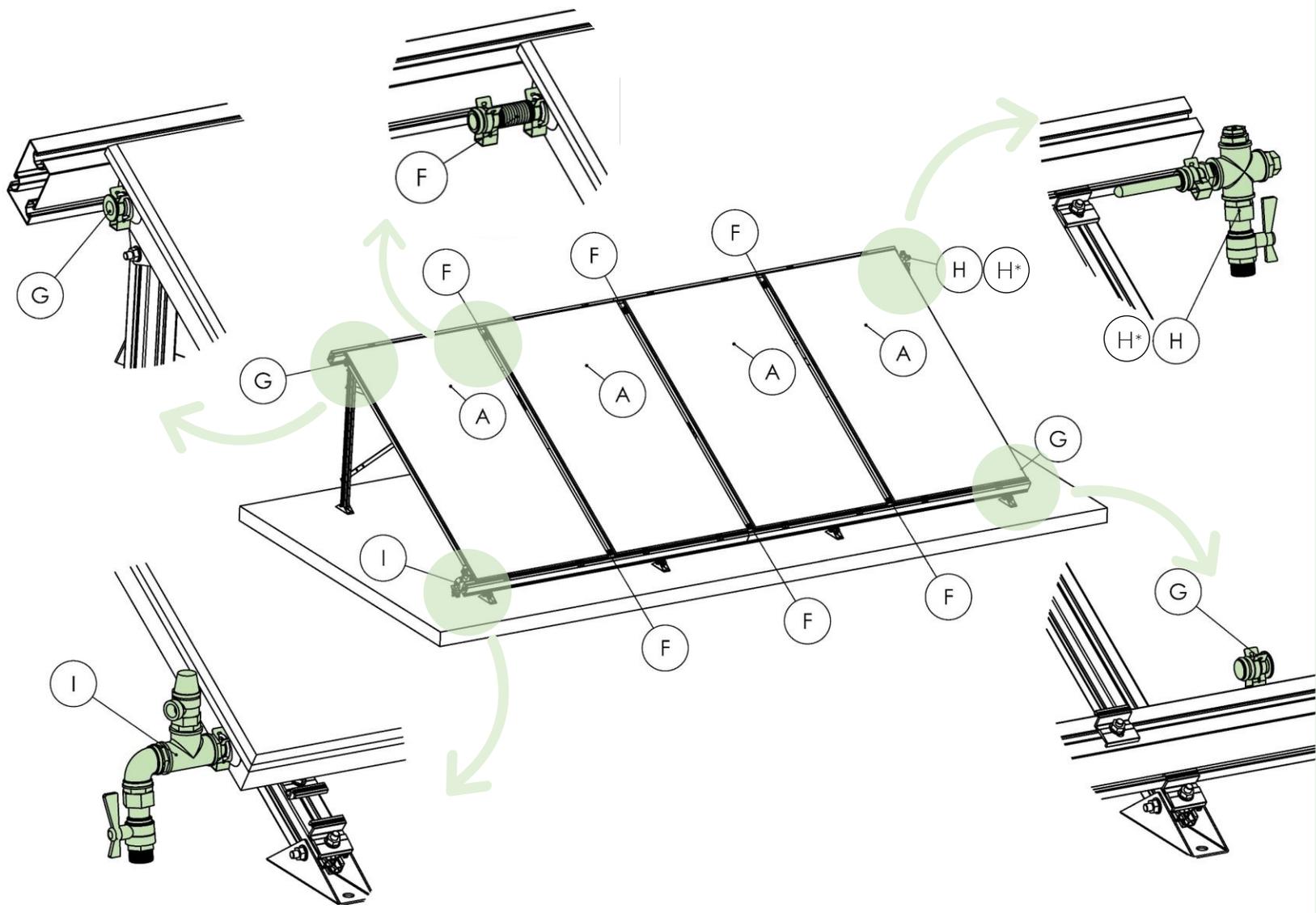


**NÚMERO MÁXIMO DE PANELES EN UNA BANCADA: 10**

Elementos Bancada

Elementos de una bancada

Elementos de racorería para conexión hidráulica



Elementos Bancada

Conjunto **A**  
Paneles Solares Híbridos  
aH72SK

Conjunto **F**  
Compensador

Conjunto **G**  
Tapón

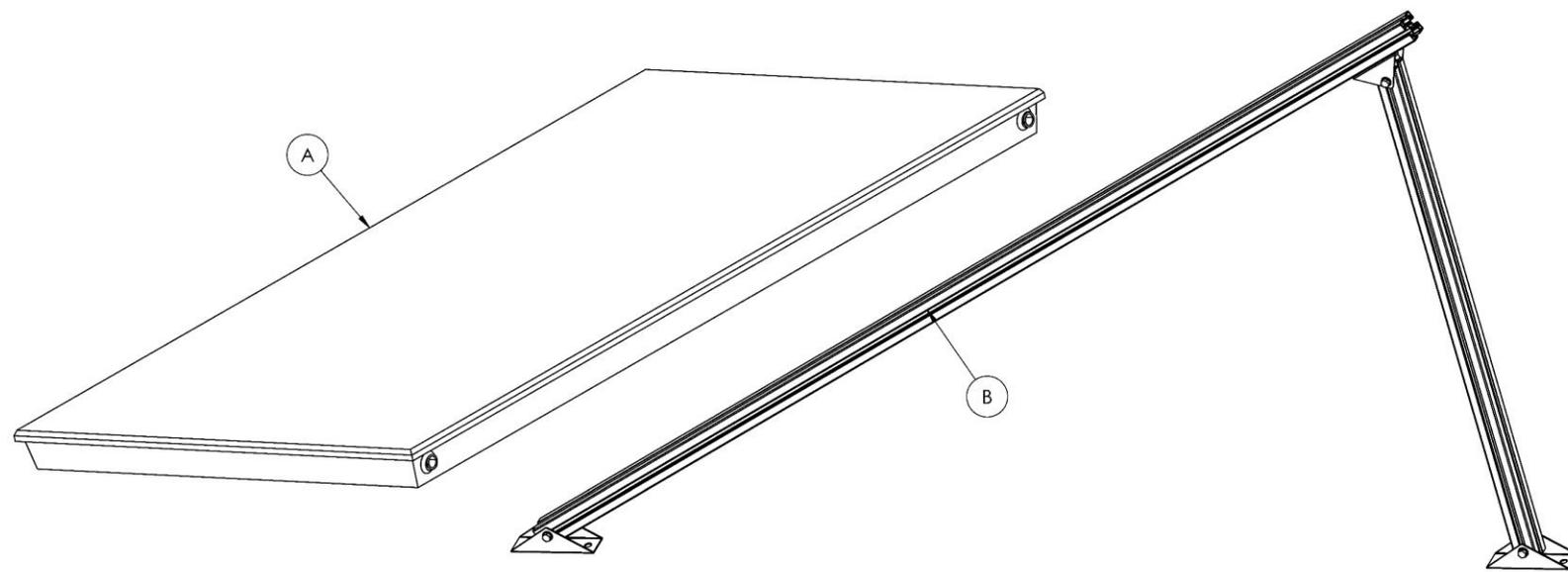
Conjunto **H**  
Conjunto salida bancada

Conjunto **H\***  
Conjunto salida bancada  
de referencia (ver pág. 17)

Conjunto **I**  
Conjunto entrada bancada

⚠  
**NÚMERO MÁXIMO  
DE PANELES EN  
UNA BANCADA: 10**

Componentes para el montaje. Panel y estructura



**A**  
Panel solar aH72SK

**B**  
Pórtico inclinado

Conjunto **C**

- C1: Tuerca con valona M8
- C2: Grapa con coliso
- C3: Tornillo cabeza martillo M8

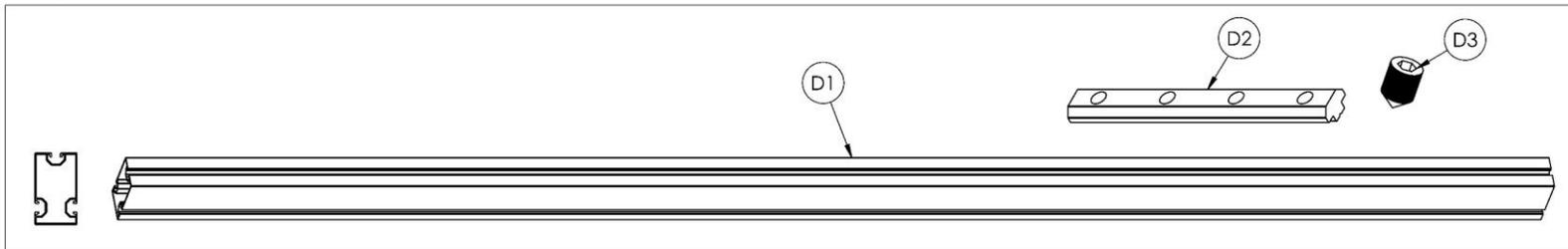
Conjunto **D**

- D1: Perfil 50x85
- D2: Regleta de unión
- D3: Tornillo Allen M8

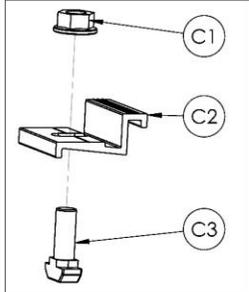
Conjunto **E**

- E1: Pletina
- E2: Tuerca con valona M8
- E3: Tornillo cabeza martillo M8

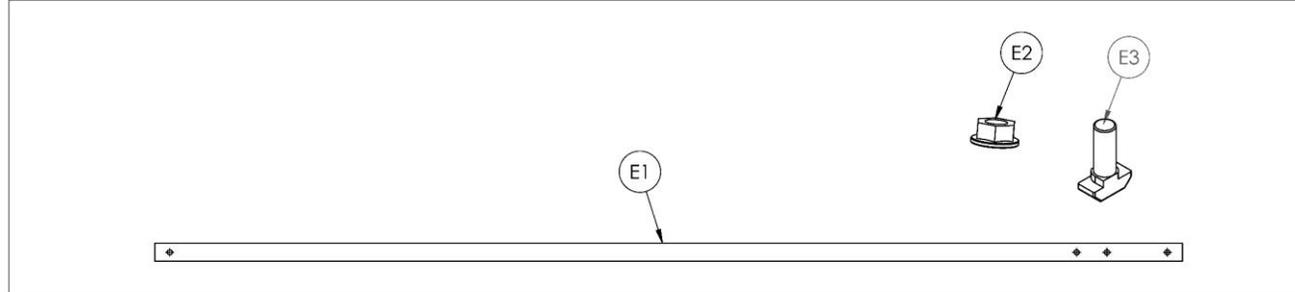
Conjunto D



Conjunto C

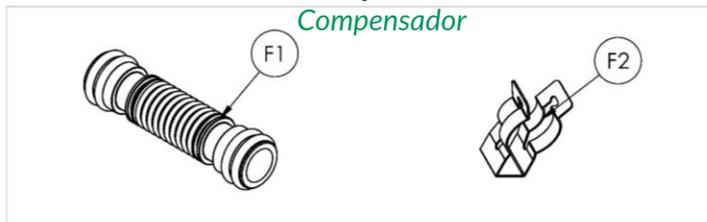


Conjunto E



**Ver Anexo 3: N.º de componentes que contienen los kits**

Conjunto F  
*Compensador*



Conjunto G  
*Tapón*



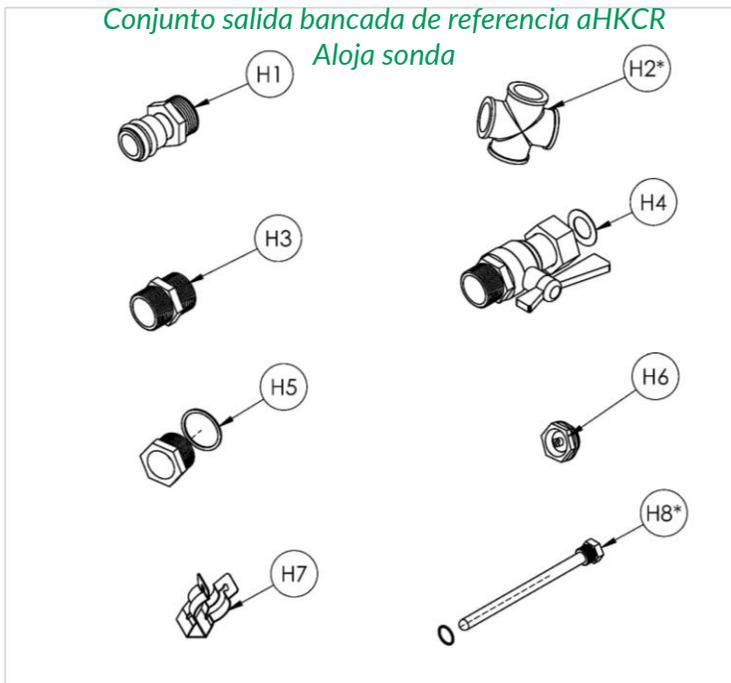
Conjunto H

*Conjunto salida bancada aHKC*



Conjunto H\*

*Conjunto salida bancada de referencia aHKCR  
Aloja sonda*



Conjunto F *(Compensador)*

F1: Compensador con juntas  
O-ring  
F2: Clip

Conjunto G *(Tapón)*

G1: Tapón con juntas O-ring  
G2: Clip

Conjunto H *(Conjunto salida  
bancada aHKC)*

Se proporciona embolsado a excepción de los clips, juntas O-ring y junta plana  
H1: Entronque rápido con juntas O-ring  
H2: T 3/4"  
H3: Machón 3/4"  
H4: Llave 3/4" con junta plana  
H5: Reductor 1/2" a 3/4"  
H6: Purgador 1/2"  
H7: Clip

Conjunto H\*

*(Conjunto salida de referencia  
bancada aHKCR. Alojamiento sonda)*

Se proporciona embolsado a excepción de los clips, juntas O-ring y junta plana  
H2\*: Cruz 3/4"  
H8\*: Portasondas

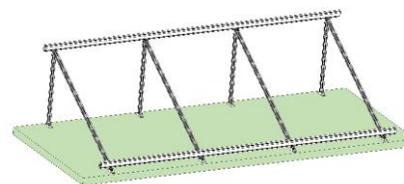
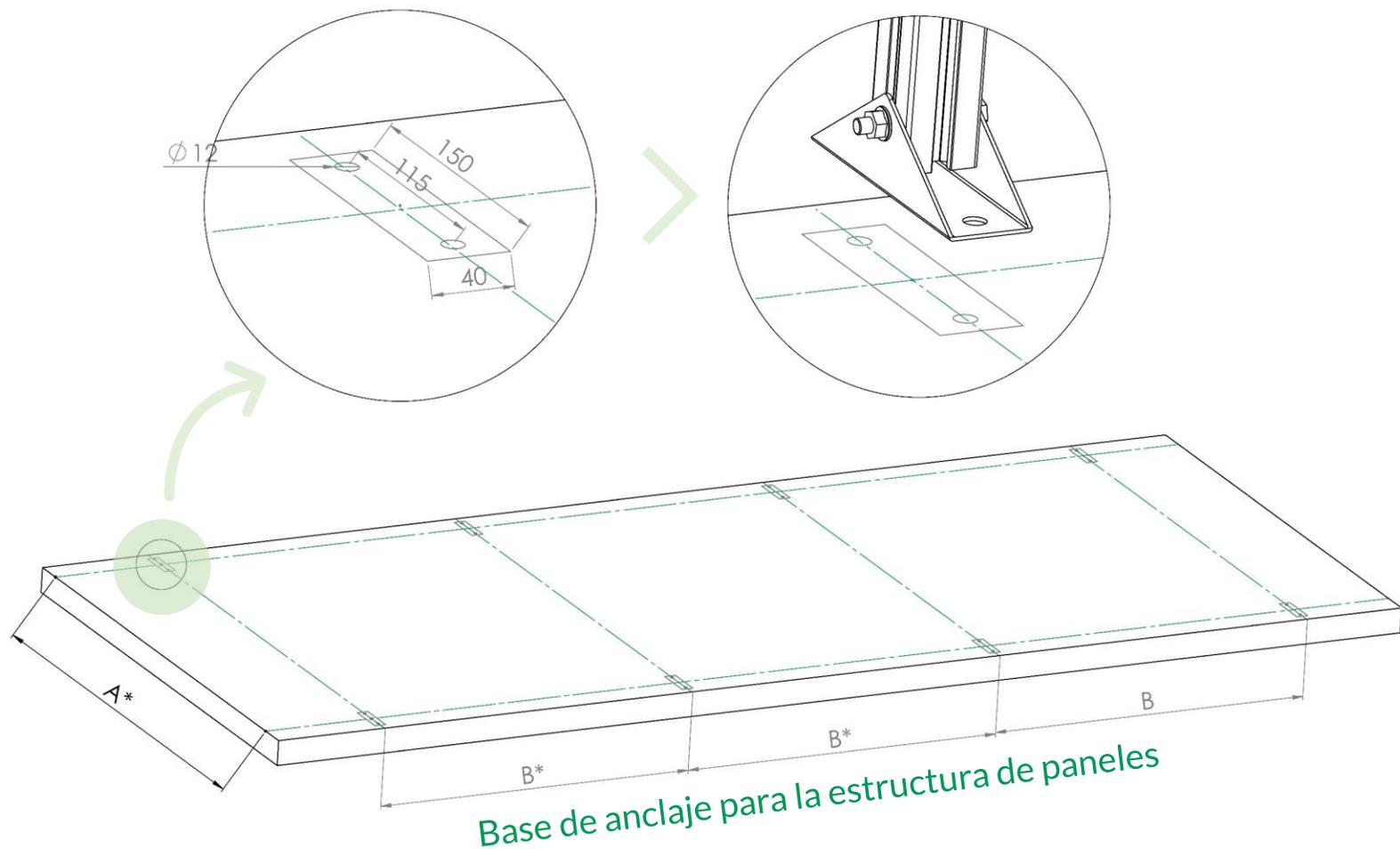
Conjunto I *(Conjunto entrada)*

Se proporciona embolsado a excepción de los clips, juntas O-ring y junta plana  
I1: Entronque rápido con juntas O-ring  
I2: T 3/4"  
I3: Machón 3/4"  
I4: Llave 3/4" con junta plana  
I5: Codo 3/4" 90°  
I6: Válvula de seguridad 3/4"  
I7: Clip

Conjunto I  
*Conjunto entrada*



## 01. Replanteo en obra



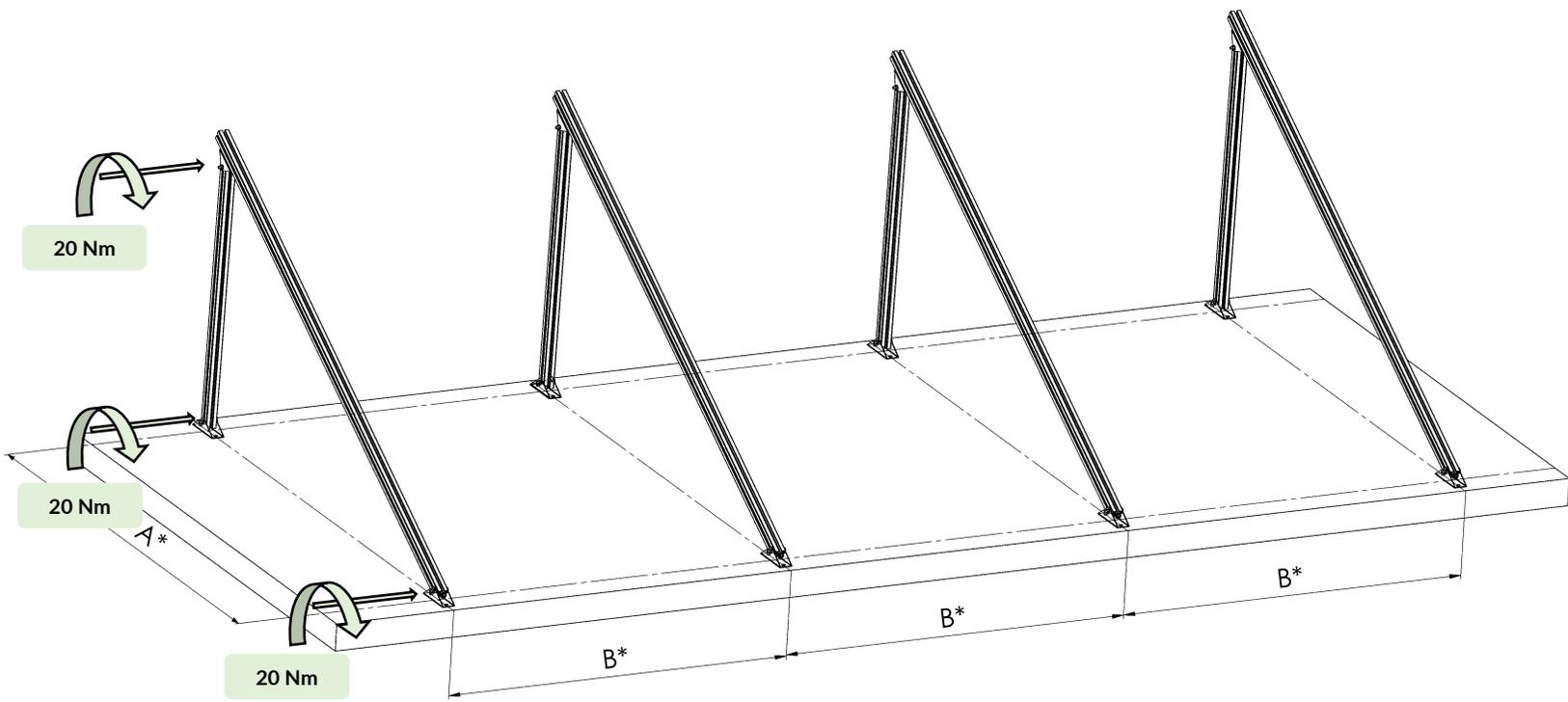
**(A\*)** Distancia entre anclajes de pórticos (elemento **B**). Esta distancia dependerá de la inclinación a la que se quieran colocar los paneles.

**Ver Anexo 1:** Distancias entre anclajes pórticos (**A\***)

**(B\*)** Distancia entre pórticos. Esta distancia dependerá del número de pórticos que haya en la bancada. A su vez este número estará en función de la carga a soportar por la estructura de los paneles y la capacidad portante de la estructura del edificio.

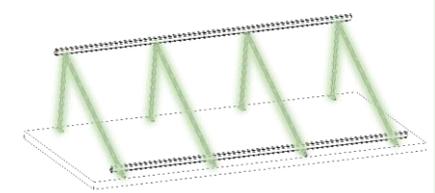
**Ver Anexo 2:** Distribución de pórticos en bancadas (**B\***)

## 02. Anclaje de los pórticos



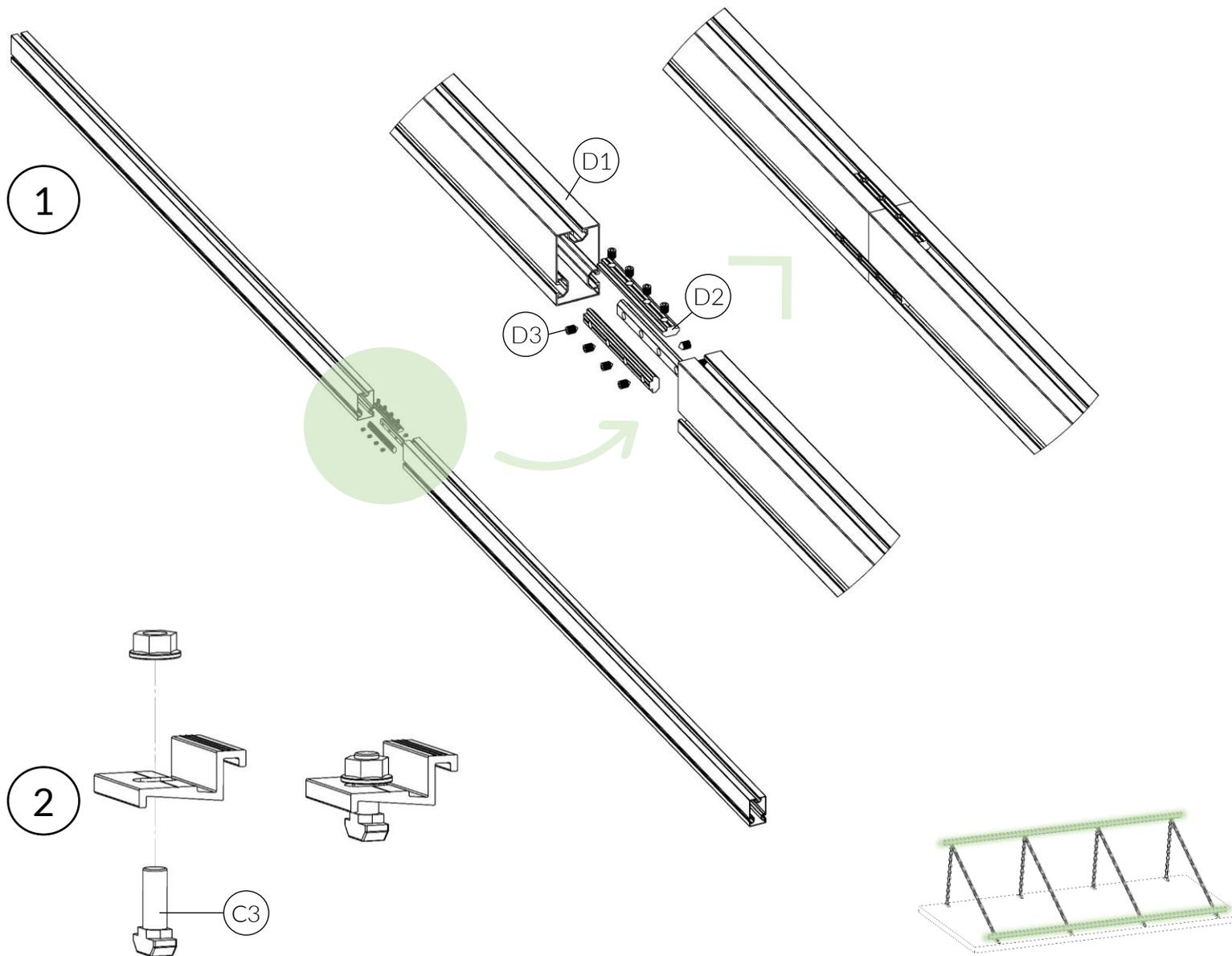
El anclaje a la cubierta debe ser dimensionado por el instalador/ingeniería en función de la carga que vaya a soportar la estructura de paneles, la capacidad portante de la estructura del edificio y el tipo de acabado de cubierta

Una vez anclados los pórticos se deben apretar los tornillos hexagonales M8x55 con un par de apriete de 20 Nm.



Anclaje Pórticos

### 03. Premontaje de las guías horizontales y grapas



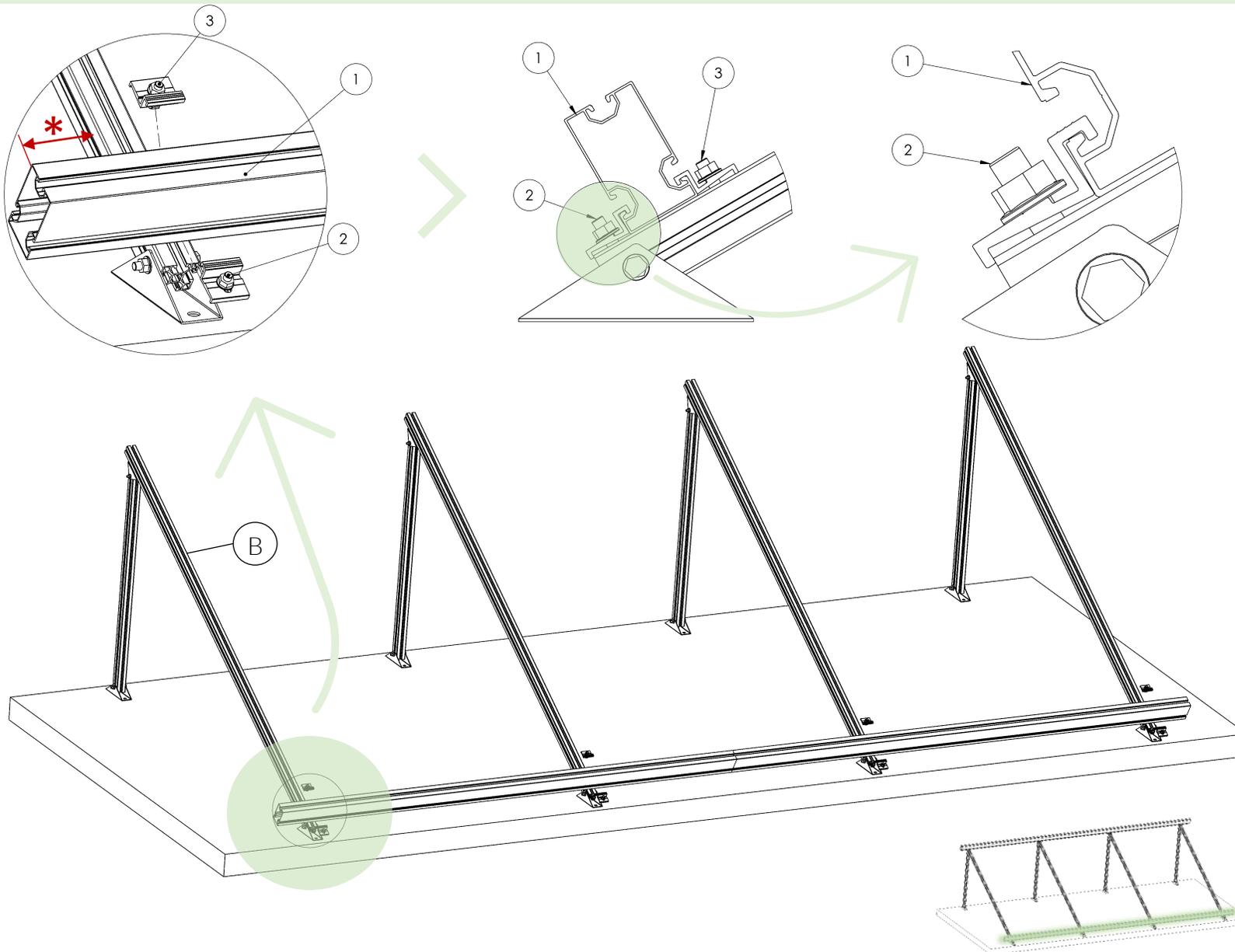
#### Paso 1. Premontaje guías horizontales

Introducir las tres regletas de unión (elemento **D2**) en los tres railes de las guías horizontales (elemento **D1**) y, a continuación, apretar los tornillos allen (elemento **D3**). Repetir este paso hasta tener las dos guías horizontales, superior e inferior, completas.

#### Paso 2. Premontaje grapas

Premontar las grapas (Conjunto **C**) sin apretar el tornillo (elemento **C3**) para que sea fácil de manipular en los siguientes pasos.

## 04. Montaje de guía horizontal inferior



Para el montaje de la guía horizontal inferior, la grapa inferior (Conjunto C) se deberá anclar justo en el borde del perfil 40x40 del pórtico (elemento B), tal como se muestra en las imágenes.

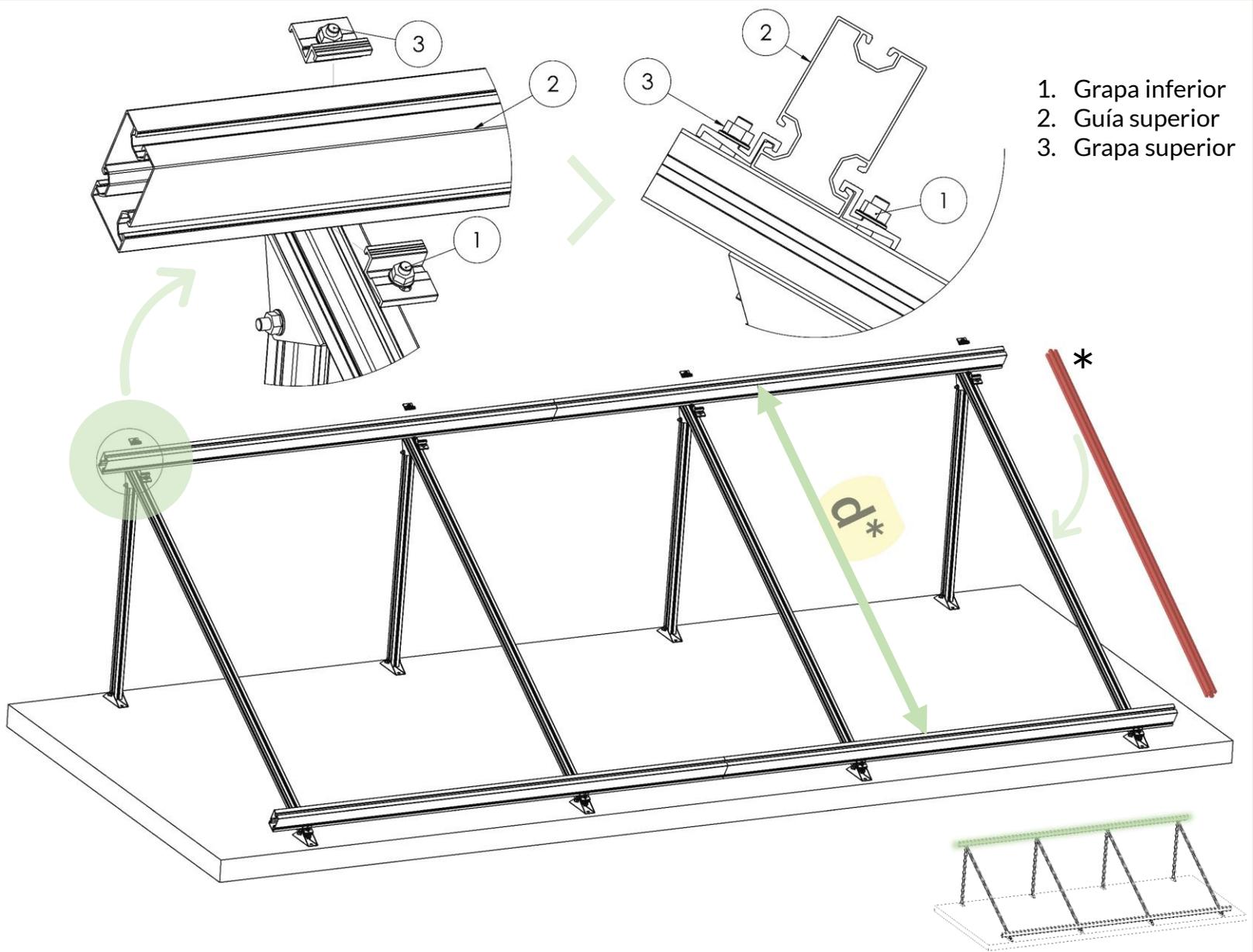
**\* Ver Anexo 2:**

*Distancia de vuelo de guía "V" en planos de distribución de pórticos en función de número de paneles por bancada.*

### Legenda

1. Guía inferior
2. Grapa inferior
3. Grapa superior

## 05. Montaje de guía horizontal superior



1. Grapa inferior
2. Guía superior
3. Grapa superior

Colocar la guía horizontal superior a la distancia  $d^*$  de la guía inferior y colocar las grapas (Conjunto C).



### DISTANCIA ENTRE GUÍAS

Paneles de longitud=1970 mm  
 $d^*=1.942 \text{ mm} \pm 4$

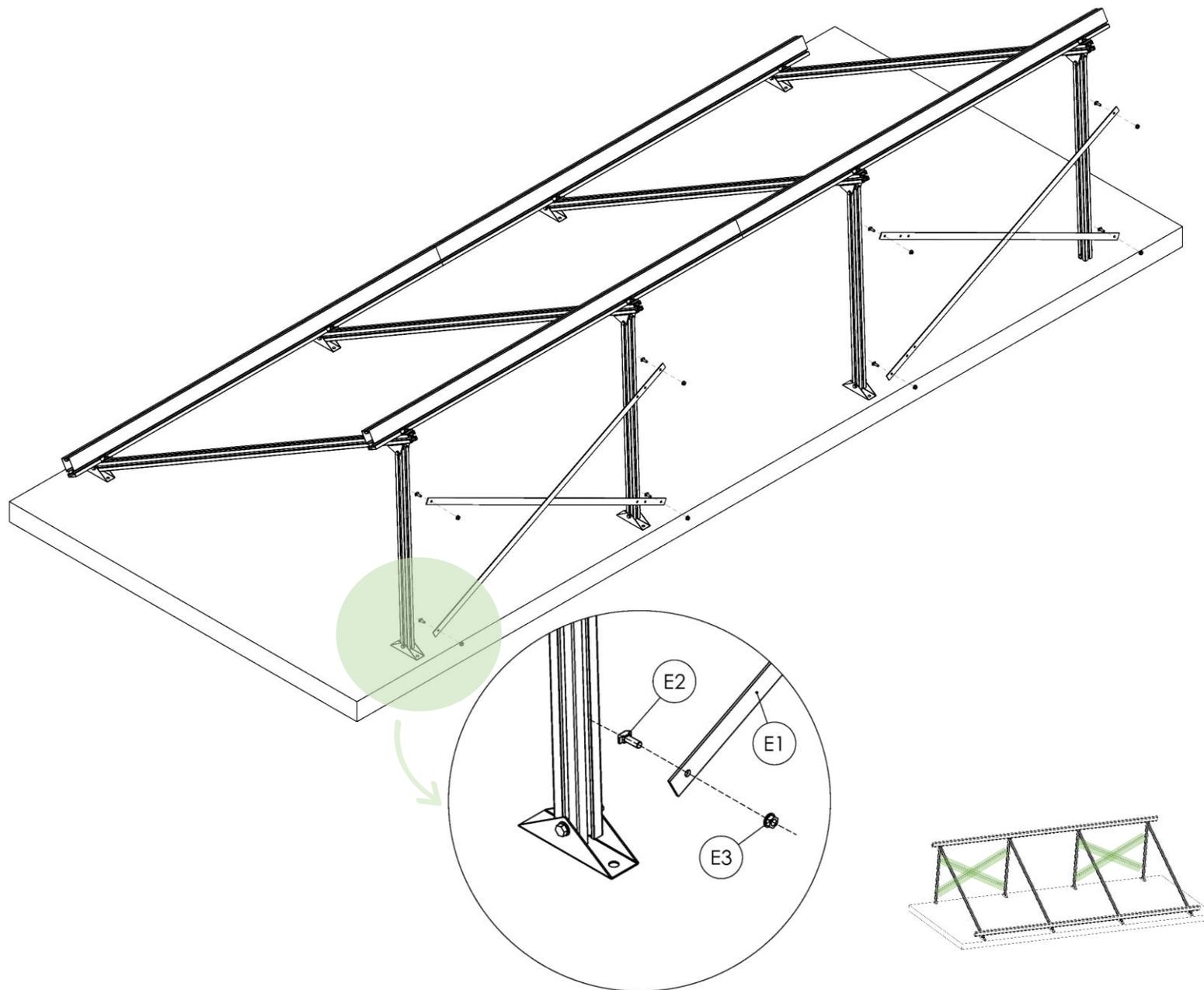
Paneles de longitud=1988 mm  
 $d^*=1.960 \text{ mm} \pm 4$



Longitud del panel en pegatina identificativa en su lateral

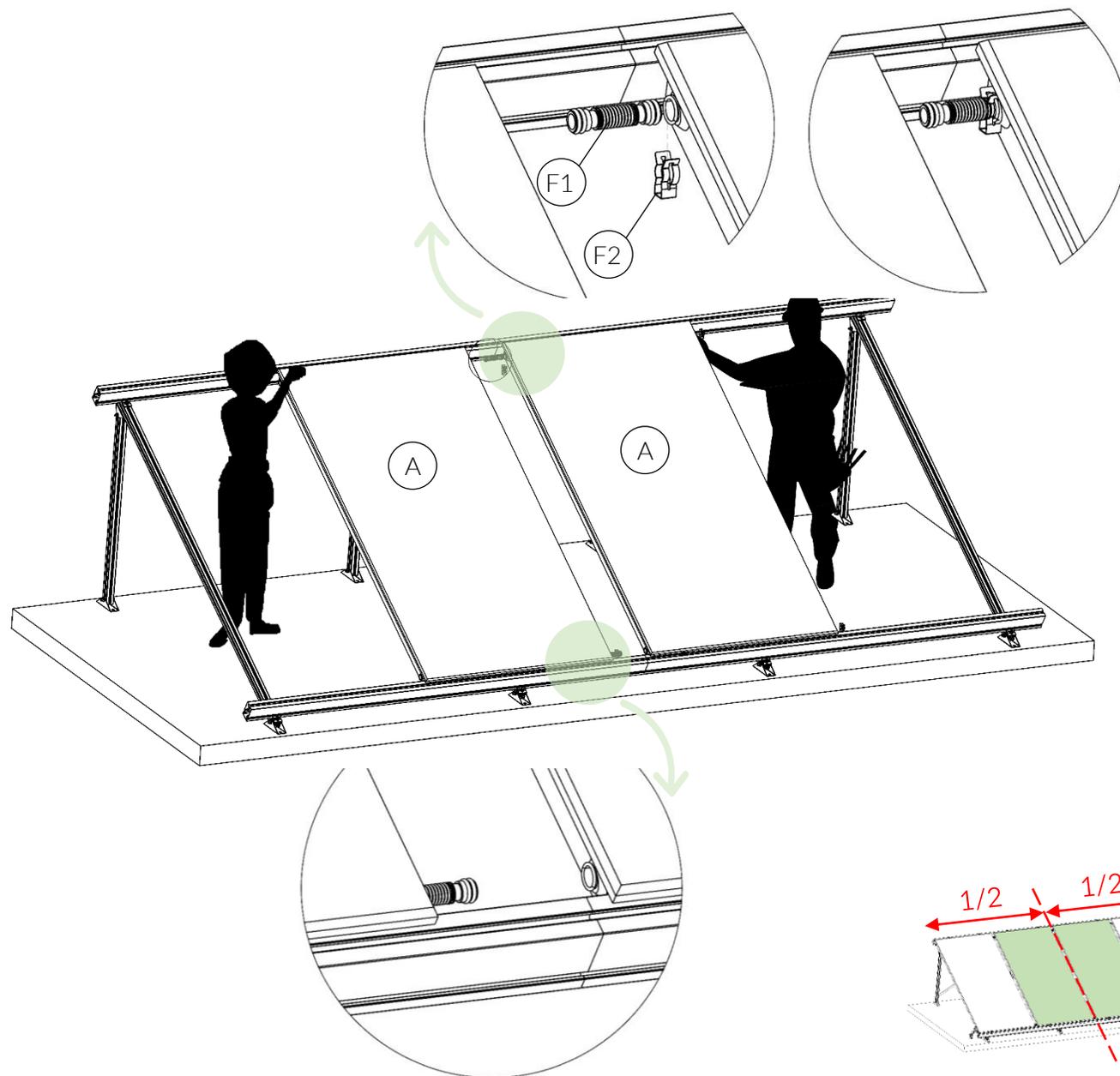
\* En pedidos superiores a 50 paneles se proporcionan 2 unidades de "perfil escantillador" con el fin de colocar la guía superior a la medida exacta.

## 06. Montaje pletinas de arriostramiento



Fijar las pletinas (elemento **E1**) mediante los tornillos cabeza martillo (elemento **E3**) y las tuercas (elemento **E2**) a los raíles de las patas de los pórticos, en los vanos de los extremos. Tal como muestra la imagen.

## 07. Posicionamiento y conexión de paneles



### Paso 1. Colocación de los paneles

Colocar 2 paneles (elemento **A**) en el punto medio de la bancada.

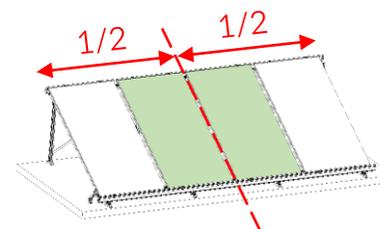
### Paso 2. Conexión de compensadores

Conectar<sup>(1)</sup> un compensador (elemento **F1**) en uno de los paneles (elemento **A**) y el segundo compensador en el otro. Colocar los clips correspondientes, tal como muestra las imágenes.

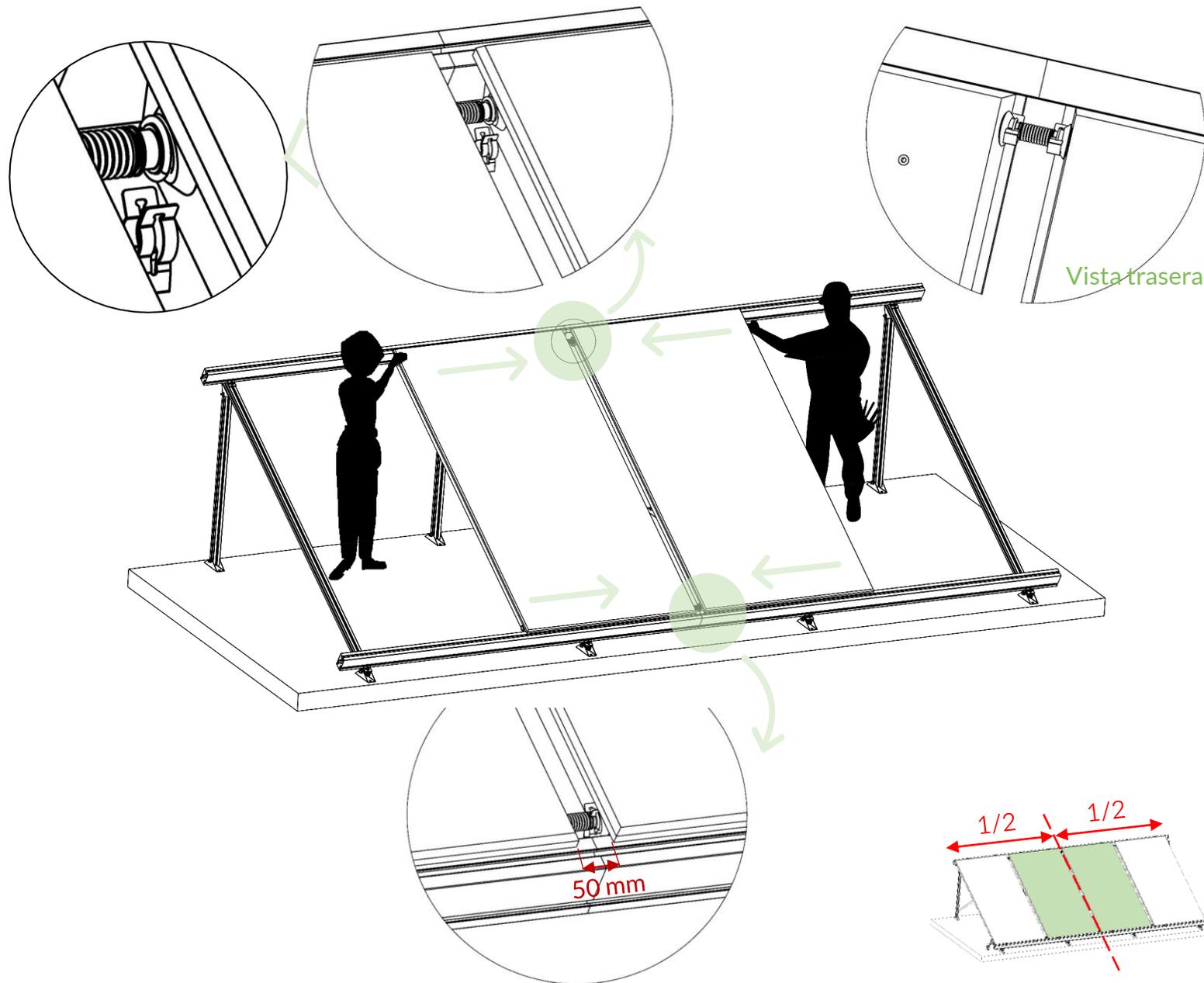
<sup>(1)</sup> Se recomienda utilizar vaselina o lubricante para facilitar la conexión entre el compensador y la tubería del panel. El producto utilizado deberá ser específico y compatible con el fluido caloportador y los materiales de los componentes.



Es necesario fijar los compensadores con el clip "F2" para que éstos no se deslicen dentro del panel



## 07. Posicionamiento y conexión de paneles



### Paso 3. Conexión de paneles

Entre dos personas y alternando el empuje en la parte superior y en la parte inferior a la altura de los compensadores, proceder a la conexión de los dos paneles. Tal como se muestra en la imagen.

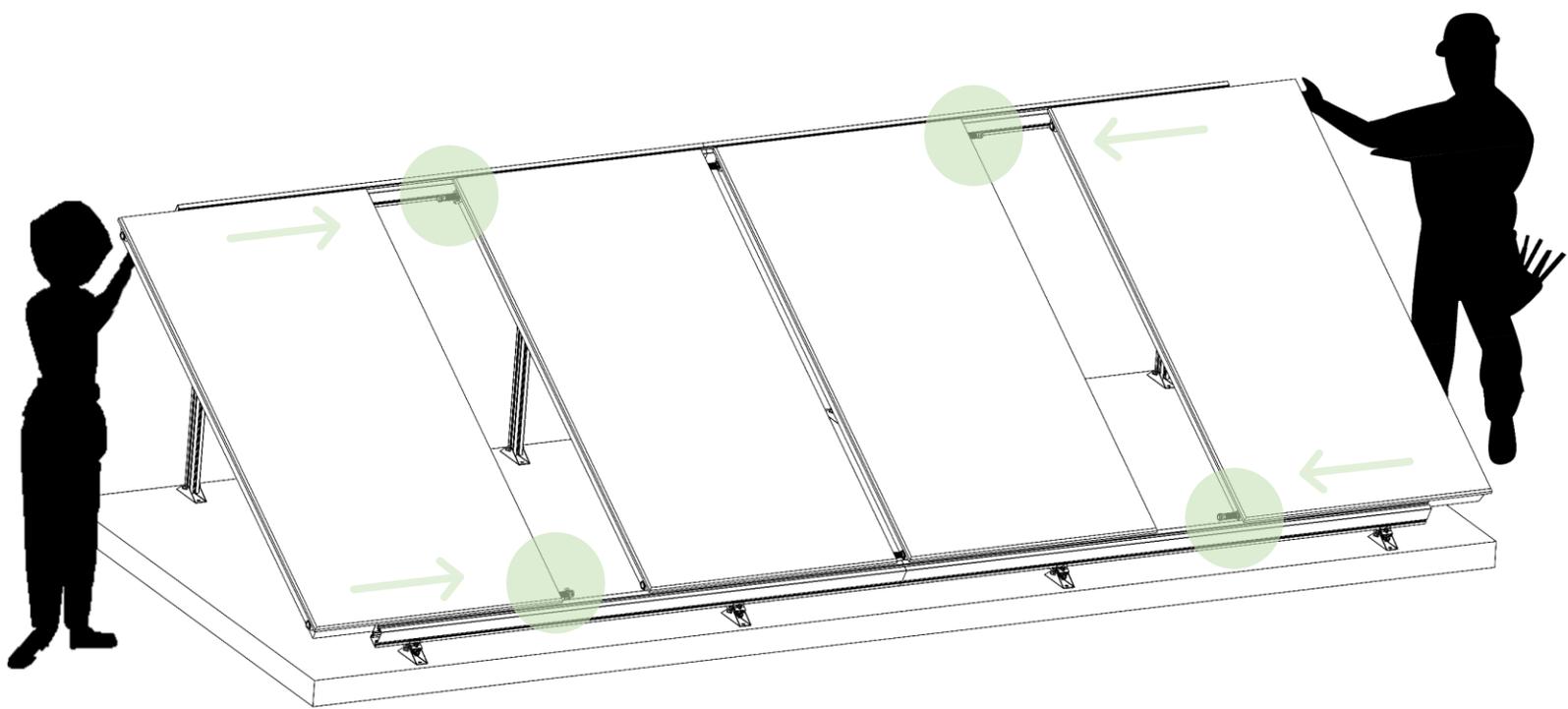
El compensador se deberá embocar en los tubos de los paneles libres antes de este paso.

Una vez introducidos se colocarán los clips correspondientes.



Los compensadores quedarán correctamente introducidos en los tubos del panel si las juntas O-ring quedan introducidas en éstos y se pueden colocar correctamente los clips utilizando la ranura del compensador para tal fin

## 07. Posicionamiento y conexión de paneles



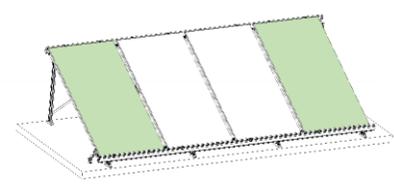
Repetir los pasos anteriores para ir conectando, de uno en uno, el resto de los paneles de la bancada.



Es necesario fijar los compensadores con el clip "F2" para que éstos no se deslicen dentro del panel

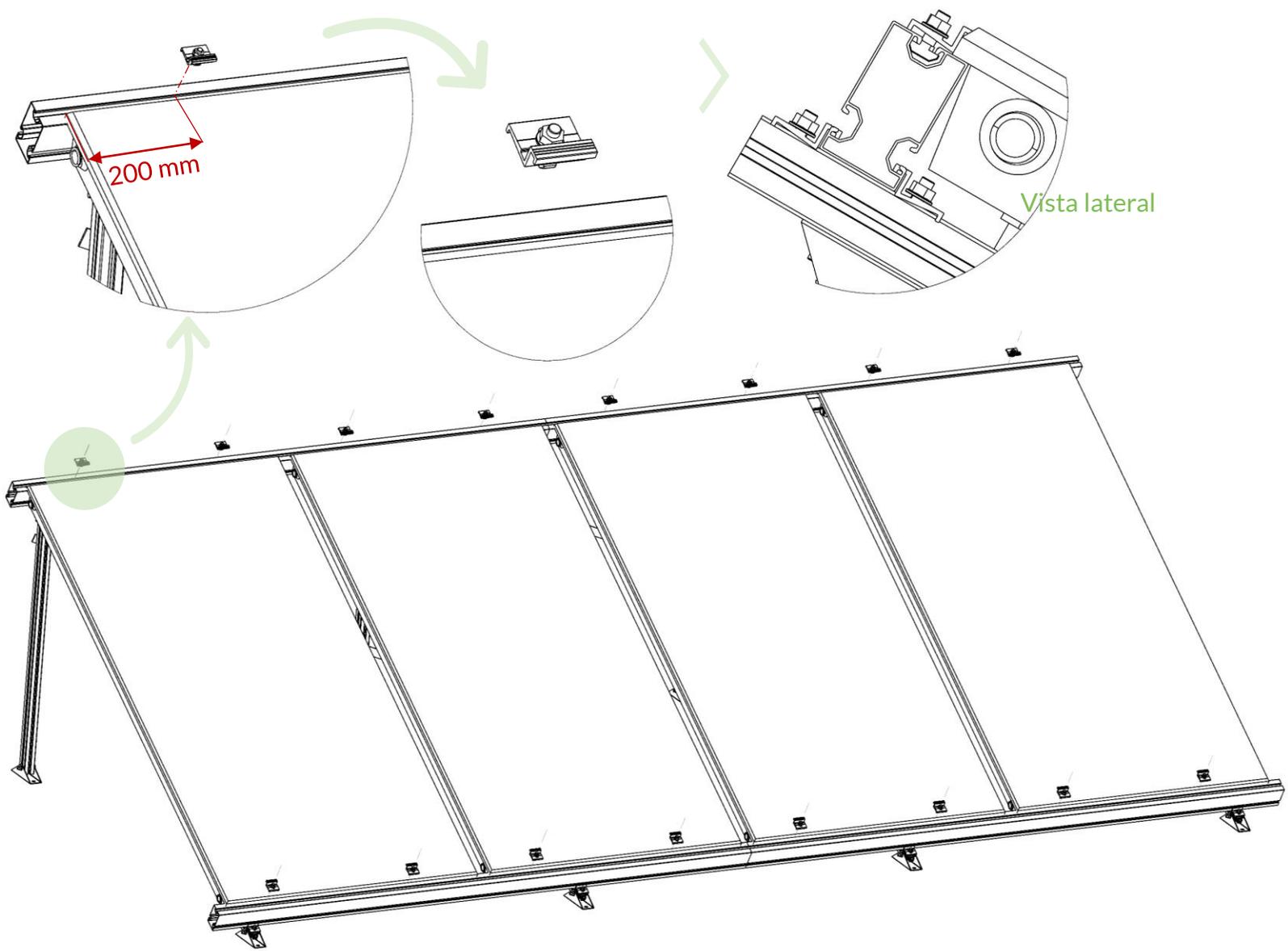


Los compensadores quedarán correctamente introducidos en los tubos del panel si las juntas O-ring quedan introducidas en éstos y se pueden colocar correctamente los clips utilizando la ranura del compensador para tal fin



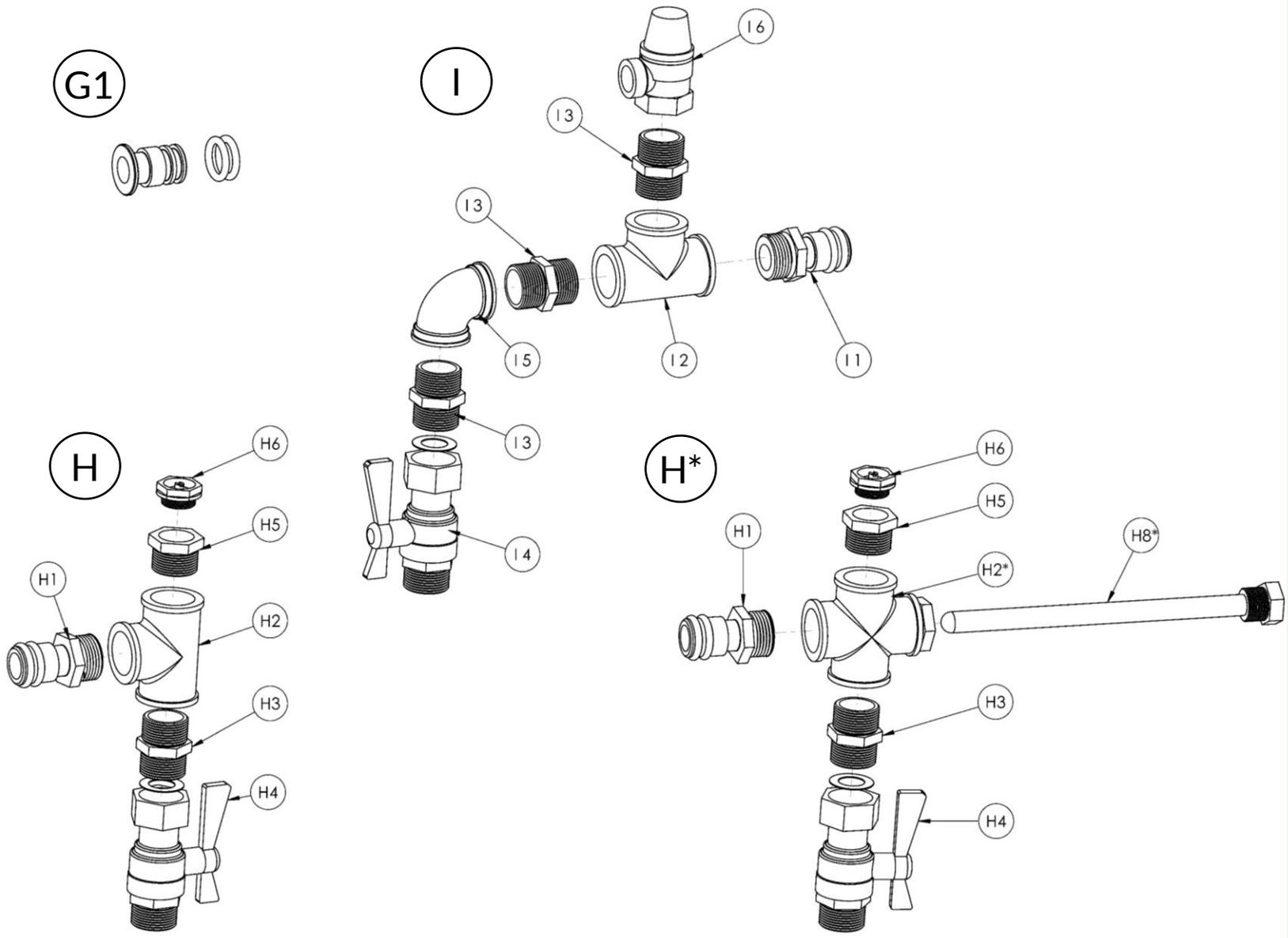
Montaje Paneles

08. Anclaje de paneles a la estructura



Una vez posicionados los paneles, anclarlos a las guías horizontales con cuatro grapas (Conjunto C) en cada panel.

09. Premontaje de la de la racorería



Paso 1. Colocación de juntas O-ring

Colocar las juntas O-ring, dos por pieza en:

- Tapón (G1)
- Entronques rápidos (H1)

Paso 2. Premontaje de conjuntos

Premontar los conjuntos de entrada (Conjunto I) y los de salida (Conjuntos H y H\*)

En una de las bancadas se ha de colocar el conjunto salida bancada de referencia aHKCR para alojar la sonda de temperatura (H\*)

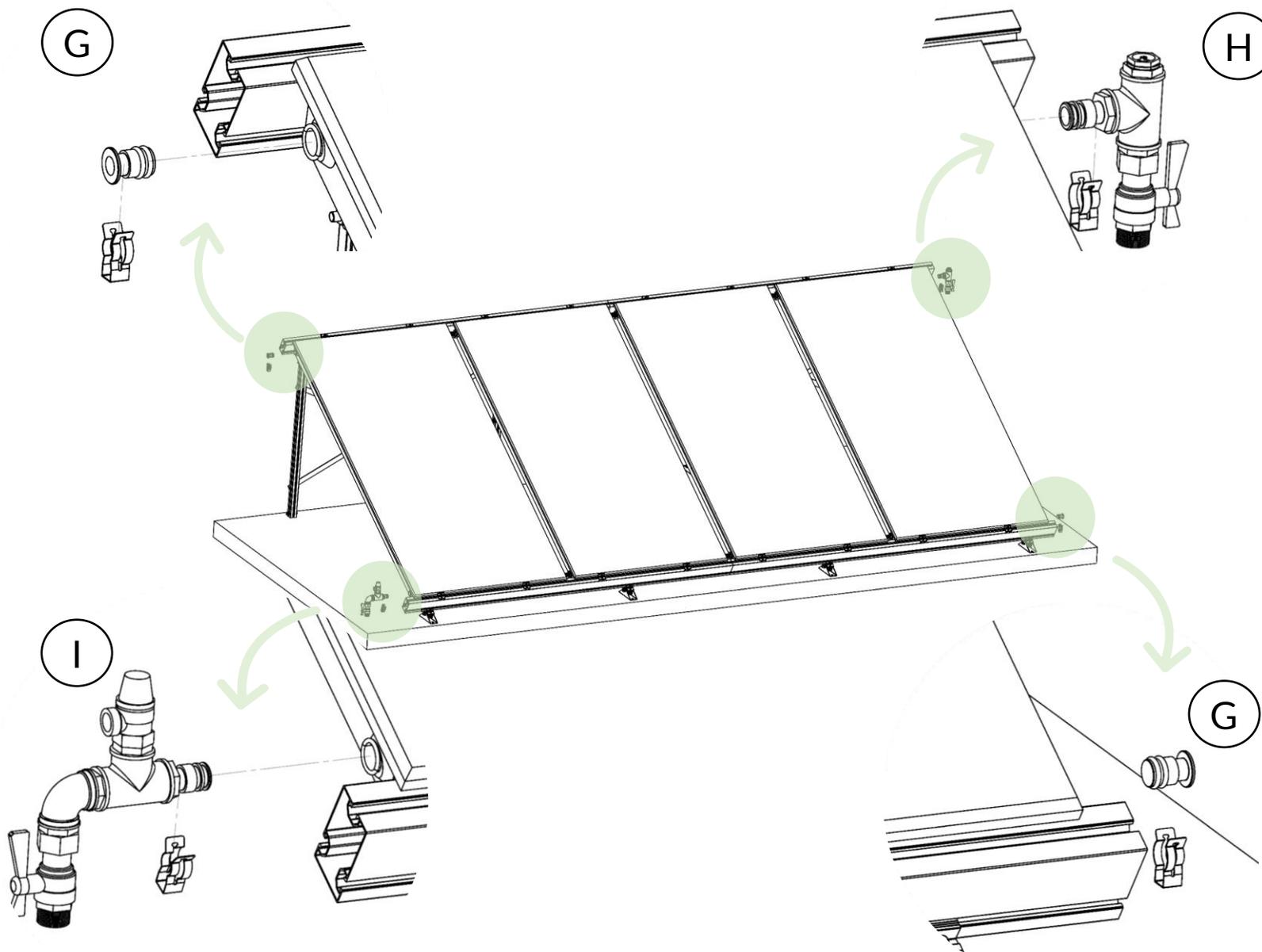
Se proporciona pasta termoconductor para aplicar en el portasonda cuando se introduzca la misma.

**!**

Se deberán sellar las uniones roscadas entre piezas con estopa de cáñamo o similar para evitar fugas del fluido caloportador. El material utilizado deberá ser compatible con éste.

Montaje Racorería

## 10. Conexión de conjuntos premontados en bancada



A la entrada de la bancada conectar el conjunto de entrada (Conjunto I).

A la salida de la bancada conectar el conjunto de salida (Conjunto H).

A la salida de la bancada de referencia conectar el conjunto H\* (ver pág. 17)

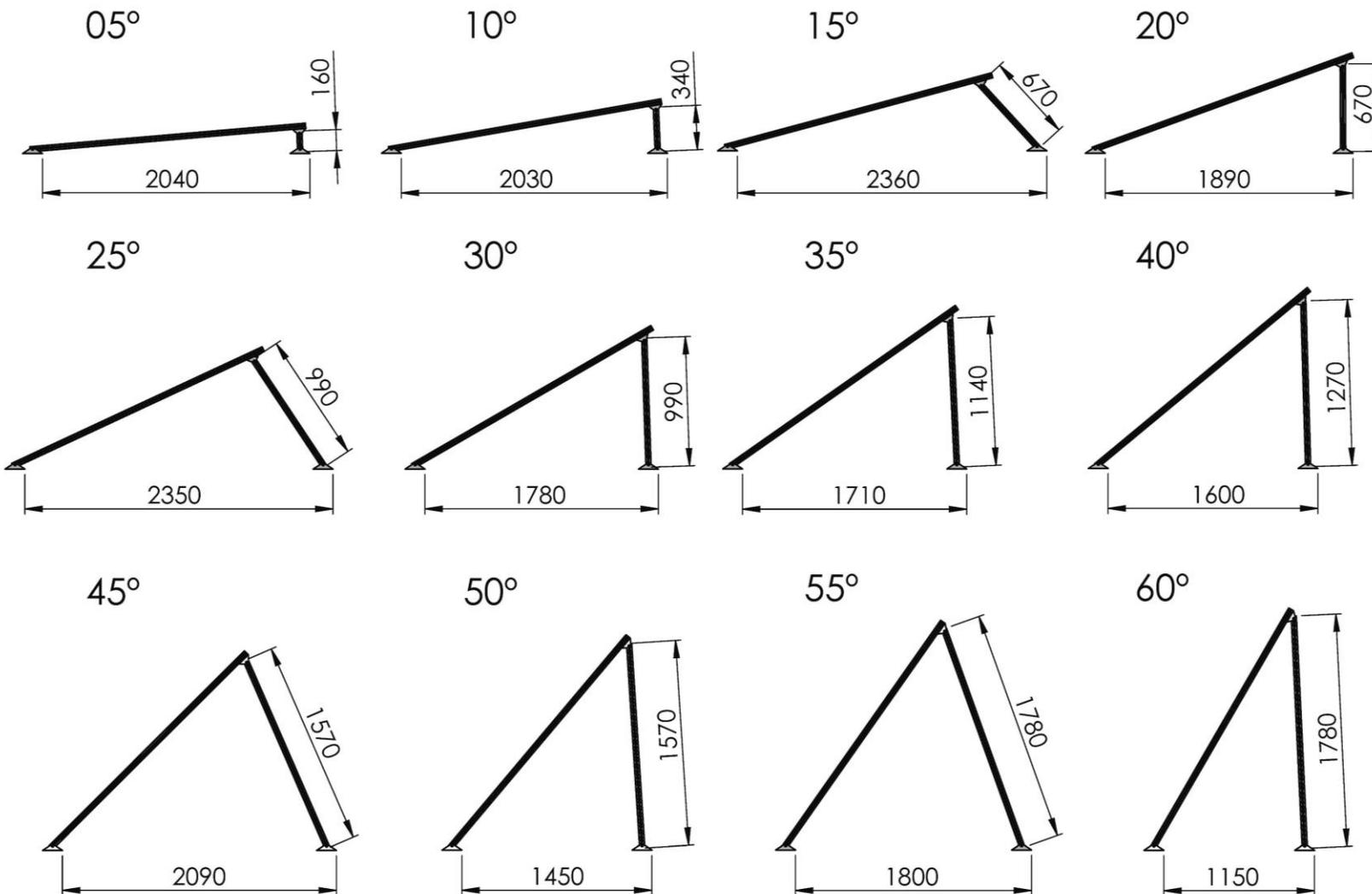
Colocar los tapones (Conjunto G) en los dos tubos de la bancada que quedan libres.

Finalmente colocar los clips en cada uno de los conjuntos.



Los conjuntos hidráulicos quedarán correctamente introducidos en los tubos del panel si las juntas O-ring quedan introducidas en éstos y se pueden colocar correctamente los clips utilizando la ranura para tal fin de las piezas de conexión rápidas

En función de la inclinación



Distancia A\* del paso "01 Replanteo en obra" que corresponde a la distancia entre anclajes para que los paneles se encuentren a la inclinación con la que se ha diseñado la instalación.

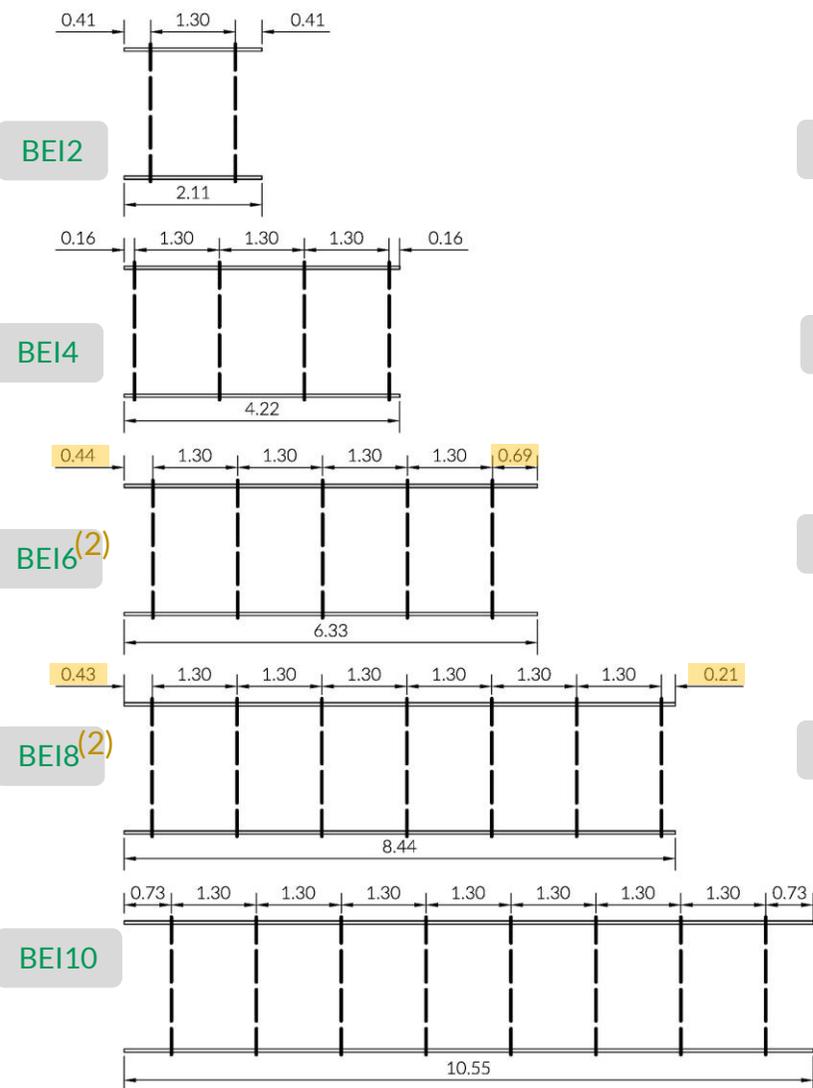
**Tabla de Distancias:**

Inclinación (°)	Distancia (A*) mm
5	2040
10	2030
15	2360
20	1890
25	2350
30	1780
35	1710
40	1600
45	2090
50	1450
55	1800
60	1150

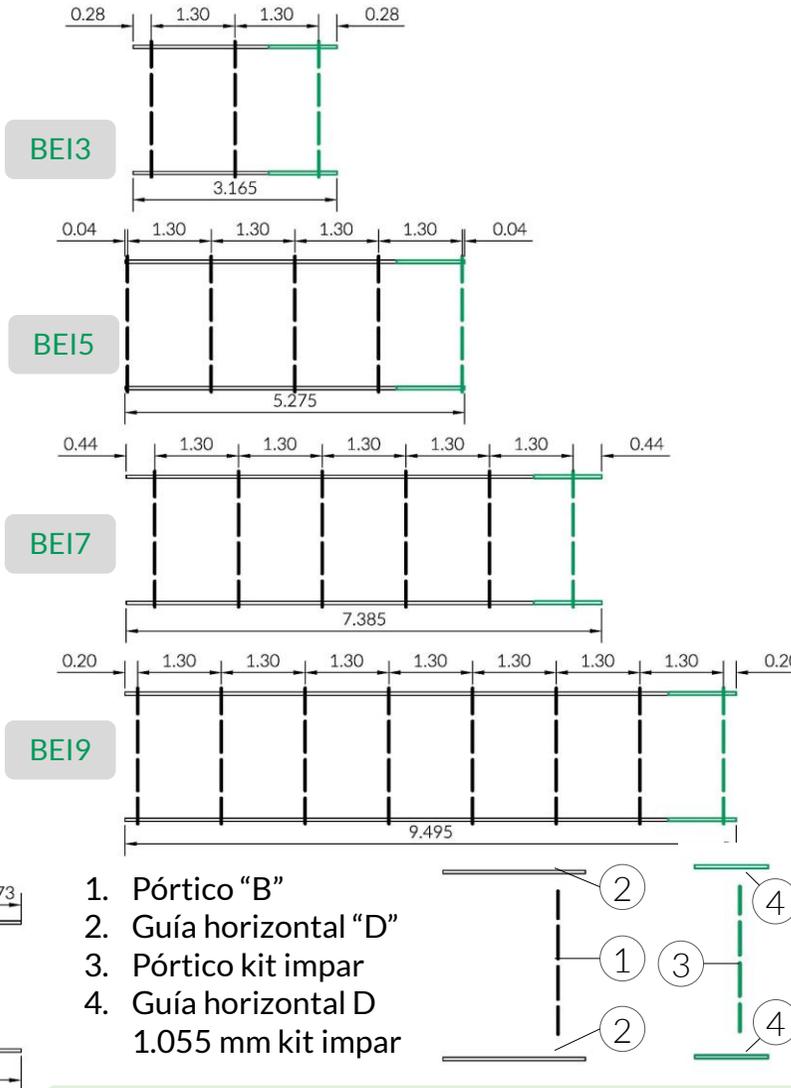
Anexo 1 (A\*)

En función del número de paneles en la bancada

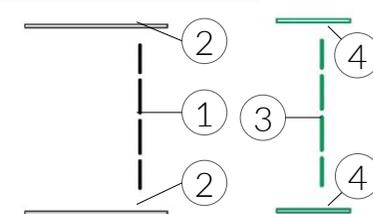
Bancadas pares



Bancadas impares



1. Pórtico "B"
2. Guía horizontal "D"
3. Pórtico kit impar
4. Guía horizontal D 1.055 mm kit impar



1,30 m entre pórticos (1)

El número de pórticos en cada bancada, en función de la separación entre éstos, es el siguiente:

Nº Paneles	Nº Pórticos
	1,3 m
1	-
2	2
4	4
6	5
8	7
10	8

\* Se han calculado las estructuras para las distancias entre pórticos de 1,3 m. Si bien, y a petición de cliente, para reducir las reacciones en los anclajes, se puede reducir en función de sus necesidades, proporcionando pórticos extras bajo pedido.

- (2) Esquemas vistos de frente a la bancada de paneles.
- (2) Distancia "V" = vuelo de la guía horizontal (D)



Los vuelos en estas bancadas son asimétricos para evitar que la caja de conexiones coincida con un pórtico, facilitando las labores de comprobación y mantenimiento.

ELEMENTO/ CONJUNTO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD						Kit impar	Pórtico extra
		72BEI1	72BEI2	72BEI4	72BEI6	72BEI8	72BEI10		
A	Paneles solares	1	2	4	6	8	10	+1	-
B	Pórtico inclinado <sup>(1)</sup>	2	2	4	5	7	8	+1	1
C conjunto	C1. Tuerca con valona M8 <sup>(2)</sup>	12	16	32	44	60	72	+8	4
	C2. Grapa con coliso <sup>(2)</sup>	12	16	32	44	60	72	+8	4
	C3. Tornillo cabeza martillo M8 <sup>(2)</sup>	12	16	32	44	60	72	+8	4
D conjunto	D1. Regleta de unión	0	0	6	12	18	24	+6	-
	D2. Tornillo allen M8 x 12	0	0	24	48	72	96	+24	-
	D3_2110. Perfil 50 x 85 x 2110	0	2	2	6	8	10	-	-
	D3_1055. Perfil 50 x 85 x 1055	2	0	0	0	0	0	+2	-
E conjunto	E1. Pletina	2	2	4	4	4	4	-	-
	E2. Tuerca con valona M8	4	4	8	8	8	8	-	-
	E3. Tornillo cabeza martillo M8	4	4	8	8	8	8	-	-

- ✓ Si las cargas que van a soportar los pórticos son elevadas, por las condiciones de la ubicación de la instalación, o la estructura de la cubierta se pueda ver comprometida por la transmisión de las cargas puntuales en cada uno de los apoyos, con el fin de disminuir las reacciones puntuales y distribuir más uniformemente la carga sobre la superficie, se pone a disposición del cliente la posibilidad de, bajo pedido, suministrar los **pórticos extras** que sean necesarios. En tal caso, la distancia entre pórticos de la bancada estará en función del número de los mismos, acortándose con respecto a las indicaciones de este manual. (*Ver anexo II Distribución de pórticos*)
- ✓ Las bancadas **72BEI impares** están formadas por una bancada 72EI PAR junto a un **“Kit Impar”**. Por ejemplo, para realizar una bancada de 7 paneles se dispondrá de una bancada de 6 paneles y un kit impar:  $72EI7=72EI6+KI_{\text{impar}}$

<sup>(1)</sup> Para bancadas con separación entre pórticos de 1,30 m

<sup>(2)</sup> Se suministra 1 unidad extra en cada kit

## Elementos independientemente del n.º de paneles en cada bancada

CONJUNTO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD
G (Tapón)	G1. Tapón con 2 juntas O-ring	2
	G2. Clip	2
H (Conjunto salida bancada aHKC)	H1. Entronque con 2 juntas O-ring	1
	H2. T ¾"	1
	H3. Machón ¾" con 2 juntas O-ring	1
	H4. Llave ¾" con junta plana	1
	H5. Reductor ½" a ¾"	1
	H6. Purgador	1
	H7. Clip	1
H* (Conjunto salida bancada de referencia aHKCR Aloja sonda Tª)	H1. Entronque con 2 juntas O-ring	1
	H2*. Cruz ¾"	1
	H3. Machón ¾" con 2 juntas O-ring	1
	H4. Llave ¾" con junta plana	1
	H5. Reductor ½" a ¾"	1
	H6. Purgador	1
	H7. Clip	1
	H8*. Portasondas	1
I (Conjunto entrada)	I1. Entronque con 2 juntas O-ring	1
	I2. T ¾"	1
	I3. Machón ¾"	3
	I4. Llave ¾" con junta plana	1
	I5. Codo 90º ¾"	1
	I6. Válvula de seguridad ¾"	1
	I7. Clip	1

Elementos de la racorería para cada bancada con cualquier número de paneles.

- ✓ Por cada instalación se entrega un conjunto aHKCR (H\*) o los necesarios por la propia configuración de la instalación, previa petición del cliente. Este conjunto es el que aloja la sonda de temperatura<sup>(1)</sup>. En función de las sondas necesarias para el correcto control de la instalación se colocarán los conjuntos de salida con portasondas necesarios.

<sup>(1)</sup> no incluida en el kit

Se proporciona pasta termoconductor para aplicar en el interior del portasondas en el momento de introducir la sonda de temperatura.



## Compensadores según el n.º de paneles en cada bancada

CONJUNTO	DESIGNACIÓN	CANTIDAD					Kit Impar
		72EI2	72EI4	72EI6	72EI8	72EI10	
F (Compensador)	F1. Compensador de dilatación	2	6	10	14	18	+2
	F2. Clip	4	12	20	28	36	+4

# Información general y recomendaciones

Se deberá respetar las instrucciones de montaje y las especificaciones del producto proporcionadas y todos los documentos que se le han entregado junto con los paneles híbridos. En caso contrario, se podrán anular todas las reclamaciones de garantía y responsabilidad del producto. Para más información sobre la duración y las condiciones de garantía consulte la póliza de garantía a través del área privada de nuestra web.

Abora Energy SL se reserva el derecho de modificación del documento, en su continua labor de mejora, sin previo aviso. Pudiendo algunos detalles o elementos del producto desviarse de lo descrito en este manual.

Se desaconseja añadir u omitir componentes ya que esto puede perjudicar la seguridad o el rendimiento del producto.

Antes del montaje, el instalador del sistema híbrido deberá asegurarse de que este se llevará a cabo por personal cualificado. También se seguirán las normativas de construcción nacionales y locales, las normativas relativas a la seguridad en el trabajo y la prevención de accidentes, así como las normas y reglamentos medioambientales. Se tendrán en cuenta las precauciones habituales para el transporte, instalación y uso tanto de la estructura como del panel incluidas en el "*Manual del panel*", disponible en nuestra web.

## Cubierta:

Deberán tenerse en cuenta las propiedades particulares de cada tejado, lo que requiere de un asesoramiento profesional. El instalador del sistema híbrido deberá asegurarse de que la cubierta y subestructura del tejado disponibles estén diseñadas para soportar las posibles cargas adicionales que puedan producirse. El estado de la estructura del tejado deberá comprobarse de manera rigurosa. Para ello, póngase en contacto con un especialista en estructuras que analice las características particulares del edificio o terreno en el que instalar los paneles. En el documento de diseño se incluyen las cargas máximas calculadas de las estructuras de los paneles proporcionadas por Abora en función de la distancia entre pórticos. Las reacciones en los apoyos que se transmitirán al edificio estarán en función de las cargas consideradas para cada ubicación y deberán ser estudiadas en cada caso. Si se quiere reducir estas reacciones para adecuarlas a la resistencia de la cubierta (o por cualquier otro motivo), se podrá optar por colocar pórticos extras a los descritos en las estructuras generales a petición del cliente.

La distancia entre los paneles solares y la cumbrera o el canalón debe ser de al menos 30 cm. La distancia entre los paneles solares y la parte lateral de la cubierta debe ser también de al menos 30 cm.

La cubierta debe estar limpia y seca cuando se vaya a proceder con la instalación, las irregularidades deben corregirse.

No se realizarán, por seguridad, trabajos en la cubierta, incluidos los de montaje de bancadas de paneles híbridos, en caso de fuertes vientos, lluvia o nieve.

En caso de tener que modificarse la cubierta del edificio, se deberá respetar los reglamentos y normativas específicas de cada país.

## Sistema eléctrico:

La conexión equipotencial de protección es una medida que se aplica a partes de la instalación eléctrica que, en condiciones de fallo, pueden tener un potencial diferente a la tierra, elevando el riesgo de descarga eléctrica.

La unión debe llevarse a cabo de acuerdo con las regulaciones locales. Para conocer los requisitos de puesta a tierra y de conexión, consulte las normas regionales y nacionales sobre seguridad y electricidad. La conexión a tierra se logra mediante la fijación de la carcasa del panel a la estructura y conectando ésta a tierra, de acuerdo con dichas reglamentaciones. Para la correcta conexión del cable a tierra se recomienda usar una puntera de cable tipo anilla, terminal de ojo o redondo que se fije con un tornillo de métrica 6 que atraviesa la anilla enroscándola a cualquiera de los dos remaches de los que dispone el panel. Tal como se indica en el "*Manual del panel*".

Los requisitos para la protección contra rayos y sobretensiones de los sistemas de montaje de sistemas fotovoltaicos deberán establecerse de conformidad con las normativas vigentes. Asimismo, se deberá respetar las especificaciones de la empresa de suministro eléctrico competente.

## Normas, reglamentos y regulación:

A la hora de instalar el sistema de montaje recomendamos prestar especial atención a las siguientes normas, reglamentos y regulaciones:

- Eurocódigos estructurales (del 0 al 9) y el Código Técnico de Edificación (CTE-DB-SE) o la normativa de referencia en cada país.
- DIN 1055 Diseño de cargas en edificaciones.
- DIN 18299 Normativa general para todos los sectores de la construcción.
- Cualquier otra que sea de aplicación en el país o región en la que se realice la instalación.

## Abora no se hace responsable de los defectos que deriven de:

- Montajes inadecuados por no seguir los manuales.
- Anclajes al suelo o cubierta mal dimensionados con pares de apriete excesivos o insuficientes.
- Modificaciones de la instalación no recomendadas por Abora.
- Montaje de elementos no suministrados por Abora.
- Manipulación inadecuada de la mercancía.
- Mantenimiento inadecuado.

Abora se reserva el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento, sin aviso previo, si son necesarias para la mejora de la calidad. Las ilustraciones en la documentación técnica, catálogos y otros documentos pueden ser solo ejemplos, por lo que la imagen puede diferir del producto.

## Desecho y desmontaje:

Deseche el producto de conformidad con las normas y leyes locales.

**INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS EN  
UN HOTEL DE CUATRO ESTRELLAS EN EL MUNICIPIO  
DE ADEJE PARA EL APROVECHAMIENTO  
ENERGÉTICO DE LA CUBIERTA DE APARCAMIENTO**



**ESTUDIO BÁSICO DE  
SEGURIDAD Y SALUD**

## **1 OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

En cumplimiento de lo dispuesto en el Art.4 Ap.2 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción se redacta el presente estudio básico de Seguridad y Salud al tratarse de una obra que no cumple con ninguno de los apartados del Art.4 ap.1.

El estudio básico precisa las normas de seguridad y salud aplicables a la obra. Contemplando la identificación de riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias para ello; relación de riesgos laborales que no puedan eliminarse especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir dichos riesgos y valorando su eficacia. Además se contemplan las previsiones y las informaciones útiles necesarias para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores

## **2 CARACTERÍSTICAS DE LA ACTIVIDAD**

Conjunto de trabajos de construcción relativos a acopios, premontaje, transporte, elevación, montaje, puesta en obra y ajuste de elementos en instalaciones térmicas.

## **3 RECURSOS CONSIDERADOS**

### **3.1 Materiales**

---

- Equipos de aire acondicionado y ventilación.
- Chapas metálicas.
- Grapas y tornillería.
- Siliconas, Cementos químicos.
- Espumas para aislamiento térmico y acústico.
- Disolventes, desengrasantes.

---

## **3.2 Energía y fluidos**

---

- Agua.
- Electricidad.
- Combustibles líquidos (gasoil, gasolina).
- Esfuerzo humano.

## **3.3 Mano de obra**

---

- Responsable técnico.
- Mando Intermedio.
- Oficial.
- Peones especialistas.

## **3.4 Herramientas**

### **3.4.1 Eléctricas portátiles**

---

- Esmeriladora radial para metales.
- Taladradora.
- Martillo picador eléctrico.

### **3.4.2 Herramientas combustibles**

---

- Pistola clavadora.

### **3.4.3 Herramientas de mano**

---

- Sierra de arco para metales.
- Cizallas.
- Palancas.
- Caja completa de herramientas.

- Reglas, escuadras, nivel, plomada.

#### **3.4.4 Herramientas de tracción**

- Ternaes, trócolas y poleas.

### **3.5 Maquinaria**

- Motores eléctricos.
- Motores de explosión.

### **3.6 Medios auxiliares**

- Andamio de estructura tubular.
- Andamio rodante.
- Andamio de borriquetas.
- Toldos, redes, cuerdas.
- Escaleras de mano.
- Grúas.
- Cabrestante.
- Montacargas.
- Señales de seguridad, vallas y balizas de advertencia e indicación de riesgos.
- Letreros de advertencia a terceros.

## **4 IDENTIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE RIESGOS**

Identificar los factores de riesgo, los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional derivados de los mismos, procediendo a su posterior evaluación, de manera que sirva de base a la posterior planificación de la acción preventiva en la cual se determinarán las medidas y acciones necesarias para su corrección (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales).

Tras el análisis de las características de la instalación y del personal expuesto a los riesgos se han determinado los riesgos que afectan al conjunto de la obra, a los trabajadores de una sección o zona de la obra y a los de un puesto de trabajo determinado.

La metodología utilizada en el presente informe consiste en identificar el factor de riesgo y asociarle los riesgos derivados de su presencia. En la identificación de los riesgos se ha utilizado la lista de " Riesgos de accidente y enfermedad profesional ", basada en la clasificación oficial de formas de accidente y en el cuadro de enfermedades profesionales de la Seguridad Social.

Para la evaluación de los riesgos se utiliza el concepto " Grado de Riesgo" obtenido de la valoración conjunta de la probabilidad de que se produzca el daño y la severidad de las consecuencias del mismo.

Se han establecido cinco niveles de grado de riesgo de las diferentes combinaciones de la probabilidad y severidad, las cuales se indican en la tabla siguiente:

GRADO DE RIESGO		Severidad		
		Alta	Media	Baja
Probabilidad	Alta	Muy Alto	Alto	Moderado
	Media	Alto	Moderado	Bajo
	Baja	Moderado	Bajo	Muy Bajo

La probabilidad se valora teniendo en cuenta las medidas de prevención existentes y su adecuación a los requisitos legales, a las normas técnicas y a los objetos sobre prácticas correctas. La severidad se valora en base a las más probables consecuencias de accidente o enfermedad profesional.

Los niveles bajo, medio y alto de severidad pueden asemejarse a la clasificación A, B y C de los peligros, muy utilizada en las inspecciones generales:

- (Alto) Peligro Clase A: condición o práctica capaz de causar incapacidad permanente, pérdida de la vida y/o una pérdida material muy grave.
- (Medio) Peligro Clase B: condición o práctica capaz de causar incapacidades transitorias y/o pérdida material grave.
- (Bajo) Peligro Clase C: condición o práctica capaz de causar lesiones leves no incapacitantes, y/o una pérdida material leve.
- Alta: Cuando la frecuencia posible estimada del daño es elevada.
- Media: Cuando la frecuencia posible estimada es ocasional.

- Baja: Cuando la ocurrencia es rara. Se estima que puede suceder el daño pero es difícil que ocurra.
- N/P: Riesgo que no procede.

## 5 PLANIFICACIÓN DE LA ACCIÓN PREVENTIVA

Tras el análisis de las características de los trabajos y del personal expuesto a los riesgos se establecen las medidas y acciones necesarias para llevarse a cabo por parte de la empresa instaladora, para tratar cada uno de los riesgos de accidente de trabajo y/o enfermedad profesional detectados. (Ley 31/1995, de 8 de noviembre, sobre Prevención de Riesgos Laborales).

EVALUACIÓN DE RIESGOS			
<b>Actividad: MONTAJE DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA</b>			
<b>Centro de trabajo:</b>		Evaluación nº: 1	
<b>Sección:</b>			
<b>Puesto de trabajo:</b>		Fecha:	
<b>Evaluación:</b>		Periódica	Hoja nº:
	X	Inicial	

Riesgos	Probabilidad				Severidad			Evaluación
	A	M	B	N/P	A	M	B	
01.- Caídas de personas a distinto nivel		X			X			ALTO
02.- Caídas de personas al mismo nivel		X					X	BAJO
03.- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento			X			X		BAJO
04.- Caídas de objetos en manipulación (1)			X				X	MUY BAJO
05.- Caídas de objetos desprendidos			X			X		BAJO
06.- Pisadas sobre objetos		X					X	BAJO
07.- Choque contra objetos inmóviles			X			X		BAJO
08.- Choque contra objetos móviles (de máquinas)(2)			X		X			MODERA.

09.- Golpes por objetos y herramientas (2)		X				X	BAJO
10.- Proyección de fragmentos o partículas		X				X	MODERA.
11.- Atrapamiento por o entre objetos		X			X		ALTO
12.- Atrapamiento vuelco de máquinas, tractores o vehículos.			X		X		MODERA.
13.- Sobreesfuerzos		X				X	MODERA.
14.- Exposición a temperaturas ambientales extremas			X			X	MUY BAJO
15.- Contactos térmicos			X			X	BAJO
16.- Exposición a contactos eléctricos			X		X		MODERA.
17.- Exposición a sustancias nocivas			X			X	BAJO
18.- Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas			X			X	BAJO
19.- Exposición a radiaciones		X				X	MODERA.
20.- Explosiones			X		X		MODERA.
21.- Incendios			X		X		MODERA.
22.- Accidentes causados por seres vivos				X		X	-
23.- Atropello o golpes con vehículos			X				MODERA.
24.- E.P. producida por agentes químicos			X			X	BAJO
25.- E.P. infecciosa o parasitaria				X			-
26.- E.P. producida por agentes físicos (3)			X				MUY BAJO
27.- Enfermedad sistemática				X			-
28.- Otros				X			-

### EVALUACIÓN DE RIESGOS

**Actividad: MONTAJE DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA**

**Centro de trabajo:**

Evaluación nº:

**Sección:**

**Puesto de trabajo:**

Fecha:  
Hoja nº:

Riesgos	Medidas de control	Formación e información	Normas de trabajo	Riesgo controlado	
				Sí	No
01.- Caídas de personas a distinto nivel	Protecciones colectivas y E.P.I.	X	X		X

02.- Caídas de personas al mismo nivel	Orden y limpieza	X	X		X
03.- Caídas de objetos por desplome o derrumbamiento	Protecciones colectivas	X	X		X
04.- Caídas de objetos en manipulación (1)	E.P.I.	X	X		X
05.- Caídas de objetos desprendidos	Protecciones colectivas	X	X		X
06.- Pisadas sobre objetos	Orden y limpieza	X	X		X
07.- Choque contra objetos inmóviles		X	X		X
08.- Choque contra objetos móviles (de máquinas)(2)	Protecciones colectivas	X	X		X
09.- Golpes por objetos y herramientas (2)	E.P.I.	X	X		X
10.- Proyección de fragmentos o partículas	Gafas o pantallas de seguridad (E.P.I.)	X	X		X
11.- Atrapamiento por o entre objetos		X	X		X
12.- Atrapamiento vuelco de máquinas, tractores o vehículos.	Manejo correcto	X	X		X
13.- Sobreesfuerzos	Limitación de pesos y levantamiento correcto	X	X		X
14.- Exposición a temperaturas ambientales extremas				X	
15.- Contactos térmicos	Cumplir el R.E.B.T. y normas de seguridad	X	X		X
16.- Exposición a contactos eléctricos	Cumplimiento R.E.B.T y uso de E.P.I.	X	X		X
17.- Exposición a sustancias nocivas	E.P.I.	X	X		X

18.- Contactos sustancias cáusticas y/o corrosivas	E.P.I.	X	X		X
19.- Exposición a radiaciones	E.P.I.	X	X		X
20.- Explosiones	Prohibición de hacer fuego y fumar	X	X	X	
21.- Incendios	Prohibición de hacer fuego y fumar	X	X		X
22.- Accidentes causados por seres vivos				X	
23.- Atropello o golpes con vehículos	Normas de circulación y pasillo de seguridad	X	X		X
24.- E.P. producida por agentes químicos	E.P.I.	X	X	X	
25.- E.P. infecciosa o parasitaria	E.P.I.	X	X		X
26.- E.P. producida por agentes físicos (3)	E.P.I.	X	X		X
27.- Enfermedad sistemática				X	
28.- Otros				X	

**INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS EN  
UN HOTEL DE CUATRO ESTRELLAS EN EL MUNICIPIO  
DE ADEJE PARA EL APROVECHAMIENTO  
ENERGÉTICO DE LA CUBIERTA DE APARCAMIENTO**



**PLIEGO DE CONDICIONES**

## **1 OBJETO**

Este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares, el cual forma parte de la documentación del presente proyecto y que regirá las obras para la realización del mismo, determina las condiciones mínimas aceptables para la ejecución de Instalaciones Térmicas en los Edificios, acorde a lo estipulado por el REAL DECRETO 1027/2007 de 20 de julio por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, el REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación, y en cumplimiento de la Ley 1/2001 de

21 de mayo sobre construcción de edificios aptos para la utilización de energía solar, en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de Canarias.

Las dudas que se planteasen en su aplicación o interpretación serán dilucidadas por el Ingeniero-Director de la obra. Por el mero hecho de intervenir en la misma, se presupone que la empresa instaladora y las subcontratas conocen y admiten el presente Pliego de Condiciones.

## **2 CAMPO DE APLICACIÓN**

El presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares se refiere al suministro, instalación, pruebas, ensayos, verificaciones y mantenimiento de materiales necesarios en el montaje de Instalaciones Térmicas en los Edificios, extendiéndose a todos los sistemas mecánicos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de estas instalaciones reguladas por el REAL DECRETO 1027/2007 por el que se aprueba el Reglamento RITE anteriormente enunciado e Instrucciones Técnicas (IT), para garantizar el cumplimiento de las exigencias de ahorro y eficiencia energética, satisfacer los fines básicos de su funcionalidad para la cual es diseñada y construida, e incluyan todos los aspectos de su seguridad, atendiendo la demanda de bienestar (bienestar térmico según CTE-HE 2 de "Rendimiento de las instalaciones térmicas") e higiene de las personas y mejorar asimismo la calidad del aire, regulando el rendimiento de las mismas y de sus equipos, principios y objetivos básicos del Plan de Fomento de las Energías Renovables (2005-2010) y del Plan Energético de Canarias (PECAN 2006-2015).

En determinados supuestos se podrá adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en el presente Pliego de Condiciones Técnicas, siempre y cuando quede suficientemente justificada su necesidad, sean además aprobadas por el Ingeniero-Director y no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad y de eficiencia energética especificadas en el mismo.

Asimismo, su ámbito se extiende y aplica a las Instalaciones Térmicas en los Edificios de nueva construcción y a las de los edificios construidos, en lo relativo a su reforma, mantenimiento, uso e inspección, con las limitaciones que en el mismo se determinan, entendiéndose como reforma de una instalación térmica todo cambio que se efectúe en ella y que suponga una modificación del proyecto o memoria técnica con el que fue ejecutada y registrada. En tal sentido, se consideran reformas las que estén comprendidas en alguno de los siguientes casos:

- a) La incorporación de nuevos subsistemas de climatización o de producción de agua caliente sanitaria o la modificación de los existentes.
- b) La sustitución por otro de diferentes características o ampliación del número de equipos generadores de calor o de frío.
- c) El cambio del tipo de energía utilizada o la incorporación de energías renovables.
- d) El cambio de uso previsto del edificio.

Igualmente, se aplicará a las instalaciones térmicas existentes en cuanto se refiere a su mantenimiento, uso e inspección.

En cumplimiento de limitación de la demanda energética, sección HE 1 del CTE, se aplicará a:

- a) Edificios de nueva construcción.
- b) Modificaciones, reformas o rehabilitaciones de edificios existentes con una superficie útil superior a 1000 m<sup>2</sup> donde se renueve más del 25% del total de sus cerramientos.

Se excluye de la aplicación:

- a) Edificaciones que por sus características de utilización deban permanecer abiertas.

- b) Edificios y monumentos protegidos oficialmente por ser parte de un entorno declarado o en razón de su particular valor arquitectónico o histórico, cuando el cumplimiento de tales exigencias pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto.
- c) Edificios utilizados como lugares de culto y para actividades religiosas.
- d) Construcciones provisionales con un plazo previsto de utilización igual o inferior a dos años.
- e) Instalaciones industriales, talleres y edificios agrícolas no residenciales.
- f) Edificios aislados con una superficie útil total inferior a 50 m<sup>2</sup>.

Asimismo, y por aplicación de lo señalado por el CTE-HE-4 “Contribución solar mínima de Agua Caliente Sanitaria” se extiende este ámbito a los edificios de nueva construcción y rehabilitación de edificios existentes de cualquier uso en los que exista una demanda de agua caliente sanitaria y/o climatización de piscina cubierta.

Finalmente, en la Comunidad Autónoma de Canarias y en el cumplimiento de la Ley 1/2001 de 21 de mayo, sobre construcción de edificios aptos para la utilización de energía solar, “todos los edificios destinados a vivienda deberán proyectarse y construirse de modo que, al ponerse en uso, sea posible dotarlos sin más obra ni trabajo que la mera conexión y puesta en funcionamiento de los aparatos, placas u otros equipos técnicos similares que sean precisos de instalaciones aptas para la producción, acumulación, almacenamiento y utilización de agua caliente para uso sanitario mediante energía solar térmica”.

Esta obligación de proyectar y construir las preinstalaciones de energía solar térmica, en las condiciones y con las características que reglamentariamente se determinen, se extiende a todas las edificaciones e instalaciones destinadas, principalmente o de manera accesoria, a usos agrícolas, ganaderos, asistenciales, de restauración, deportivos, docentes, hoteleros, culturales y recreativos y, en general, a cualquier otro donde exista la necesidad de producir agua caliente para uso humano.

No será de aplicación a las instalaciones térmicas de procesos industriales, agrícolas o de otro tipo, en la parte que no esté destinada a atender la demanda de bienestar térmico e higiene de las personas.

### 3 NORMATIVA DE APLICACIÓN

Además de las Condiciones Técnicas Particulares contenidas en el presente Pliego, serán de aplicación, a los efectos de garantizar la calidad, funcionalidad, eficiencia y durabilidad de las instalaciones térmicas en los edificios, observándose en todo momento durante su ejecución, las siguientes normas y reglamentos:

- REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, (deroga al Real Decreto 1751/1998, de 31 de julio).
- REAL DECRETO 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- REAL DECRETO 47/2007, de 19 de enero, por el que se aprueba el Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción (BOE Núm. 27 de 31 de enero de 2007).
- ORDEN de 25 de mayo de 2007, sobre instalaciones interiores de suministro de agua y de evacuación de aguas en los edificios.
- REAL DECRETO 1371/2007, de 19 de octubre, por el que se aprueba el documento básico «DB-HR Protección frente al ruido» del Código Técnico de la Edificación y se modifica el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- REAL DECRETO 2060/2008, de 12 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de Equipos a Presión y sus instrucciones técnicas complementarias.
- ORDEN de 6 de octubre de 1980, del Ministerio de Industria y Energía por la que se aprueba la ITC-MIE-AP2 "Tuberías para fluidos relativos a calderas". (BOE núm. 265, 04/11/1980)
- ORDEN de 9 de abril de 1981, por la que se especifican las exigencias técnicas que deben cumplir los sistemas solares para agua caliente y climatización, a efectos de la concesión de subvenciones a sus propietarios, en desarrollo del artículo 13 de la Ley 82/1980, de 30 de diciembre, sobre Conservación de la Energía. BOE de 25-04-81.
- RESOLUCION de 15 de julio de 1981 Diversos materiales aislantes térmicos. Sello INCE. BOE 11/09/81

- ORDEN de 2 de marzo de 1982 por la que se modifica la ORDEN 09/04/81, por la que se especifican las exigencias técnicas que deben cumplir los sistemas solares para agua caliente y climatización
- REAL DECRETO 3089/82 Radiadores y convectores de calefacción por medio de fluidos. Normas técnicas. (BOE 22/11/82)
- RESOLUCION de 25 de febrero de 1983 Complemento de las disposiciones reguladoras. Acristalamientos aislantes térmicos. Modifica la RESOLUCION de 15/07/81. BOE 09/03/83.
- ORDEN de 10 de febrero de 1983 sobre Radiadores y convectores de calefacción por medio de fluidos. Normas técnicas sobre ensayos para la homologación. (BOE 15/02/83)
- RESOLUCION de 30 de junio de 1983 Modifica la RESOLUCION de 25/02/83. BOE 11/07/83
- REAL DECRETO 363/1984 que modifica el R.D. 3089/82 (BOE 25/02/84).
- ORDEN de 8 de mayo de 1984 Aislantes térmicos en la edificación. Espumas de Urea-Formol. Normas técnicas (BOE 11/05/84)
- RESOLUCION de 31 de mayo de 1984 Materiales aislantes térmicos, para uso en edificación. Sello INCE. 03/07/84.
- ORDEN de 25 de junio de 1984 del Ministerio de Industria y Energía Instalación equipos medida en instalaciones térmicas.
- RESOLUCION de 31 de mayo de 1984 Complementa disposiciones reguladoras. Modifica la RESOLUCION 15/07/81. BOE 03/07/84
- ORDEN de 28 de marzo de 1985 (BOE núm. 89, 13/04/1985) que modifica la ORDEN de 17 de marzo de 1981, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 84, 08/04/1981) (BOE núm. 395, 22/12/1981) por la que se aprueba la ITC-MIE-AP1 "Calderas, economizadores, precalentadores, sobrecalentadores y recalentadores".
- ORDEN de 15 de abril de 1985, sobre normas técnicas de las griferías para utilizar en locales de higiene corporal, cocinas y lavaderos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.
- ORDEN de 31 de mayo de 1985, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 148, 21/06/1985) por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP11, del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a aparatos destinados a calentar o acumular agua caliente, fabricados en serie.

- ORDEN de 31 de mayo de 1985, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 147, 20/06/1985) por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP12 del Reglamento de Aparatos a Presión, referente a calderas de Agua Caliente.
- RESOLUCION de 13 de septiembre de 1985 Modifica disposiciones reguladoras. Modifica la RESOLUCION de. 15/07/81. BOE 01/02/86
- REAL DECRETO 2643/1985, de 18 de diciembre, por el que se declara de obligado cumplimiento las especificaciones técnicas de equipos frigoríficos y bombas de calor y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.
- REAL DECRETO 2532/1985, de 18 de diciembre, por la que se dictan especificaciones que deberán cumplir las chimeneas metálicas modulares para las instalaciones de calefacción, climatización y Agua Caliente Sanitaria y grupos electrógenos para usos no industriales. BOE de 03-01-86
- ORDEN de 31 de julio de 1987 Nulidad de disposición 6ª. Modifica la Orden 08/05/84 (BOE 16/09/87)
- ORDEN de 11 de octubre de 1988, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 253, 21/10/1988) por la que se aprueba la Instrucción Técnica Complementaria ITC-MIE-AP13 del Reglamento de aparatos a presión, referente a intercambiadores de calor con placas.
- ORDEN de 30 de diciembre de 1988 del Ministerio de Obras Públicas, por la que se regulan los contadores de agua caliente.
- ORDEN de 28 de febrero de 1989 Modifica la Orden 08/05/84. (BOE 03/03/89)
- ORDEN de 30 de marzo de 1991, por lo que se aprueban las especificaciones técnicas de diseño y montaje de instalaciones solar térmicas para producción de agua caliente.
- LEY 21/1992, de 16 de julio, de Industria.
- DISPOSICIONES de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92-42-CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la Directiva 93-68-CEE, del Consejo. Real Decreto 275/1995, de 24 de febrero, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 73, 27/03/1995) (C.E. - BOE núm. 125, 26/05/1995).

- REAL DECRETO 1853/1993, de 22 de octubre, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de gas en locales destinados a usos domésticos, colectivos o comerciales
- ORDEN de 8 de marzo de 1994, por la que se establece la certificación de conformidad a normas como alternativa a la homologación de las chimeneas modulares metálicas. BOE de 22-03-94
- REAL DECRETO 275/1995, de 24 de febrero, por el que se dicta las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 92/42/CEE, relativa a los requisitos de rendimiento para las calderas nuevas de agua caliente alimentadas con combustibles líquidos o gaseosos, modificada por la Directiva 93/68/CEE del Consejo. BOE de 27-03-95
- LEY 31/1995, de 8 de noviembre de prevención de riesgos laborales; modificaciones por Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales e instrucción para la aplicación de la misma (B.O.E. 8/3/1996).
- REAL DECRETO 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- RESOLUCION de 17 de mayo de 1999 Corrección de algunos errores. Modifica la RESOLUCION de 05/11/98. BOE 10/06/99
- LEY 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- ORDEN de 21 de junio de 2000, del Ministerio de Ciencia y Tecnología (BOE núm. 154, 28/06/2000) que modifica la ORDEN de 10 de febrero de 1983, del Ministerio de Industria y Energía (BOE núm. 39, 15/02/1983) por la que se aprueban las Normas técnicas de los tipos de radiadores y convectores de calefacción por medio de fluidos y su homologación por el Ministerio de Industria y Energía.
- REAL DECRETO 374/2001, de 6 de abril sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo. BOE núm. 104 de 1 de mayo de 2001.
- LEY 1/2001, de 21 de mayo, sobre construcción de edificios aptos para la utilización de energía solar (BOC 067/ 2001 de miércoles 30 de mayo de 2001)
- LEY 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación, que modifica la LEY 38/1972, de 22 de diciembre, de Protección del Ambiente Atmosférico.

- REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto de 2002, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- DIRECTIVA 2002/91/CE, de 16 de diciembre de 2002, del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.
- REAL DECRETO 142/2003 Regula el etiquetado energético de los acondicionadores de aire de uso doméstico. (BOE 14/02/03)
- REAL DECRETO. 210/2003 Regula el etiquetado energético de los hornos eléctricos de uso doméstico. (BOE 28/02/03)
- DECRETO 212/2005 de 15 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento Sanitario de Piscinas de uso colectivo de la Comunidad Autónoma de Canarias (Consejería de Sanidad)
- Ordenanzas Municipales del lugar donde se ubique la instalación, y resto de normas o reglamentación que le sean de aplicación.

Salvo que se trate de prescripciones cuyo cumplimiento esté obligado por la vigente legislación, en caso de discrepancia entre el contenido de los documentos anteriormente mencionados se aplicará el criterio correspondiente al que tenga una fecha de aplicación posterior. Con idéntica salvedad, será de aplicación preferente, respecto de los anteriores documentos lo expresado en este Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

Asimismo, se recomienda la aplicación de los siguientes documentos:

- PLAN DE ENERGIAS RENOVABLES 2005-2010 del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio-IDAE-agosto 2005.
- Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones de Baja Temperatura – Documento del IDAE. PET-REV octubre 2002.
- Comentarios RITE – Ahorro y Eficiencia Energética en Climatización 7 IDAE- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- Guía Técnica de aplicación al Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

## **4 CONDICIONES A SATISFACER POR LAS INSTALACIONES TÉRMICAS EN LA EDIFICACIÓN**

### **4.1 Condiciones de bienestar e higiene**

La instalación térmica se diseña, calcula, ejecuta, mantiene y debe utilizarse de tal forma que se obtenga una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de Agua Caliente Sanitaria aceptable para los usuarios de las edificaciones sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo los requisitos siguientes:

**Calidad térmica del ambiente:** Mantenimiento de los parámetros que definen el ambiente térmico dentro de un intervalo de valores determinados con el fin de mantener unas condiciones ambientales confortables para los usuarios de los edificios.

**Calidad del aire interior:** Mantenimiento de una calidad del aire interior aceptable, en los locales ocupados por las personas, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los mismos, aportando un caudal suficiente de aire exterior y garantizando la extracción y expulsión del aire viciado. (Según las categorías de calidad del aire interior, IDA1 (óptima calidad), IDA2 (buena calidad), IDA3 (calidad media) e IDA4 (baja calidad) contempladas en la Instrucción IT1 del RITE), con la siguiente aplicación:

- IDA 1 Hospitales, clínicas, laboratorios, guarderías y similares.
- IDA 2 Oficinas, residencias (estudiantes y ancianos), locales comunes de edificios hoteleros, salas de lecturas, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y similares, piscinas y similares.
- IDA 3 Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de edificios hoteleros, restaurantes cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo las piscinas), salas de ordenadores y similares.
- IDA 4 Nunca se empleará, salvo casos especiales que deberán ser justificados.

**Higiene:** Proporcionar una dotación de agua caliente sanitaria, en condiciones adecuadas, para la higiene de las personas. La temperatura del agua de retorno al sistema de

preparación y acumulación de agua caliente para usos sanitarios RACS será mayor que 50°C, ya que esta temperatura es suficiente para que la proliferación de la legionela esté controlada.

Calidad del ambiente acústico: Limitar, en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades producidas por el ruido y las vibraciones de estas instalaciones.

Se exigirá, en cumplimiento del apartado 3.4.1 del CTE, que los suministradores de equipos proporcionen la siguiente información técnica, de carácter obligatoria:

- Nivel de potencia acústica de equipos que producen ruidos estacionarios, como bombas, ventiladores, quemadores, maquinaria frigorífica, unidades terminales para el control y la difusión de aire, ventiloconvectores, inductores, etc.
- Rigidez mecánica y carga máxima de los lechos elásticos empleados en bancadas de inercia.
- Amortiguamiento, curva de transmisibilidad y carga máxima de los sistemas antivibratorios utilizados en el aislamiento de maquinaria y conducciones.
- Coeficiente de absorción acústica de los productos absorbentes empleados en conductos de ventilación.
- Atenuación de conductos prefabricados, expresada como pérdidas por inserción.
- Atenuación total de los silenciadores interpuestos en conductos o empotrados en elementos constructivos, como fachadas.

## **4.2 Condiciones de eficiencia energética**

---

Las instalaciones térmicas se diseñan, calculan, se ejecutan, mantienen y se utilizan de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las mismas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero (Cambio Climático) y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales, cumpliendo los requisitos siguientes:

Rendimiento energético: los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus

prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercanas posible a su régimen de rendimiento energético máximo.

Distribución de calor y frío: los equipos y las conducciones (redes de distribución de los fluidos portadores) de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación

Regulación y control: las instalaciones térmicas estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios para que se puedan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como interrumpir el servicio.

Contabilización de consumos: las instalaciones térmicas deben estar equipadas con sistemas de contabilización para que el usuario conozca su consumo de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función del consumo entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.

Recuperación de energía: las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de las energías residuales.

Utilización de energías renovables: las instalaciones térmicas aprovecharán las energías renovables disponibles, con el objetivo de cubrir con estas energías una parte de las necesidades del edificio.

### **4.3 Condiciones de seguridad**

---

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se prevenga y reduzca a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades.

#### **4.4 Condiciones de ahorro de agua**

En todos los edificios de pública concurrencia se instalarán en los grifos, dispositivos de ahorro, de alguno de los siguientes tipos: grifos con aireadores, grifería termostática, grifos con sensores infrarrojos, grifos con pulsador temporizador, fluxores y llaves de regulación antes de los puntos de consumo.

Los equipos que utilicen agua para consumo humano en la condensación de agentes frigoríficos estarán equipados con sistemas de recuperación de agua.

#### **4.5 Protección contra heladas**

Todas las partes del sistema que estén expuestas al exterior soportarán la temperatura especificada sin daños permanentes en el sistema. Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura sea inferior a 0 °C, estará protegido contra las heladas.

La instalación estará protegida con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5°C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas.

Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

#### **4.6 Protección frente a sobrecalentamientos**

Se proyectan las instalaciones solares con dispositivos de control, manuales o automáticos, que eviten los sobrecalentamientos que puedan dañar los materiales o equipos y penalicen la calidad del suministro energético. En el caso de dispositivos automáticos, se evitarán de manera especial las pérdidas de fluido anticongelante, el relleno con una conexión directa a la red y el control del sobrecalentamiento mediante el gasto excesivo de agua de red. Especial cuidado se tendrá con las instalaciones de uso estacional en las que en el periodo de no utilización se tomarán medidas que eviten el sobrecalentamiento por el no uso de la

instalación.

Cuando el sistema disponga de la posibilidad de drenajes como protección ante sobrecalentamientos, la construcción se realiza de tal forma que el agua caliente o vapor del drenaje no supongan ningún peligro para los habitantes y no se produzcan daños en el sistema, ni en ningún otro material en el edificio o vivienda.

Cuando las aguas sean duras (concentración en sales de calcio entre 100 y 200 mg/l), se realizarán las previsiones necesarias para que la temperatura de trabajo de cualquier punto del circuito de consumo no sea superior a 60 °C, sin perjuicio de la aplicación de los requerimientos necesarios contra la legionela. En cualquier caso, se dispondrán los medios necesarios para facilitar la limpieza de los circuitos.

#### **4.7 Protección contra quemaduras y altas temperaturas**

---

Se instalará un sistema automático de mezcla u otro sistema que limite la temperatura de suministro a 60°C, en los puntos de consumo que puedan exceder de 60°C aunque en la parte solar pueda alcanzar una temperatura superior para sufragar las pérdidas.

Las superficies calientes de los emisores de calor accesibles a los usuarios tendrán una temperatura menor que 80 °C, salvo cuando estén protegidas contra contactos. En cualquier caso, la temperatura de las superficies con las que exista posibilidad de contacto no será mayor que 60 °C.

#### **4.8 Comprobación de la limitación de la demanda de energía para régimen de calefacción y de refrigeración**

---

A través de la Opción general de la Sección HE 1 del CTE, se comprobarán que las demandas energéticas de la envolvente térmica de la edificación, para régimen de calefacción y refrigeración, son ambas inferiores a las del edificio de referencia, entendiéndose por régimen de calefacción, como mínimo, los

Cualquier componente que vaya a ser instalado en el interior de un recinto donde la temperatura sea inferior a 0 °C, estará protegido contra las heladas.

La instalación estará protegida con un producto químico no tóxico cuyo calor específico no será inferior a 3 kJ/kg K, en 5°C por debajo de la mínima histórica registrada con objeto de no producir daños en el circuito primario de captadores por heladas. Adicionalmente este producto químico mantendrá todas sus propiedades físicas y químicas dentro de los intervalos mínimo y máximo de temperatura permitida por todos los componentes y materiales de la instalación.

#### **4.9 Comprobación del valor de la transmitancia térmica máxima en los cerramientos y particiones de la envolvente térmica U de los edificios**

Se verificará que, en edificios de viviendas, las particiones interiores que limitan las unidades de uso con sistema de calefacción previsto, con las zonas comunes del edificio no calefactadas, tendrán cada una de ellas una transmitancia no superior a 1,2 W/m<sup>2</sup>K.

#### **4.10 Condiciones administrativas en cuanto a la necesidad de redacción de proyecto o memoria técnica sustitutiva**

Potencia Térmica Nominal en Generación de Frío/ Calor	Requiere proyecto
> 70 kW	Sí (proyecto)
> 5 y <= 70 kW	Memoria Técnica
<= 5 kW (*)	No necesario

(\*) Considera también a las instalaciones de producción de agua caliente sanitaria por medio de calentadores instantáneos, calentadores acumuladores, termos eléctricos cuando la potencia térmica nominal de cada uno de ellos por separado o su suma sea menor o igual que 70 kW y los sistemas solares consistentes en un único elemento prefabricado.

Cuando en un mismo edificio existan múltiples generadores de calor, frío, o de ambos tipos, la potencia térmica nominal de la instalación, a efectos de determinar la documentación técnica de diseño requerida, se obtendrá como la suma de las potencias térmicas nominales de los generadores de calor o de los generadores de frío necesarios para cubrir el servicio,

sin considerar en esta suma la instalación solar térmica. En el caso de las instalaciones solares térmicas la documentación técnica de diseño requerida será la que corresponda a la potencia térmica nominal en generación de calor o frío del equipo de energía de apoyo. En el caso de que no exista este equipo de energía de apoyo o cuando se trate de una reforma de la instalación térmica que únicamente incorpore energía solar, la potencia, a estos efectos, se determinará multiplicando la superficie de apertura de campo de los captadores solares instalados por 0,7kW/m<sup>2</sup>.

Toda reforma de una instalación de las contempladas en el Apartado 2 del presente Pliego de Condiciones requerirá la realización previa de un proyecto o memoria técnica sobre el alcance de la misma, en la que se justifique el cumplimiento de las exigencias del RITE y la normativa vigente que le afecte en la parte reformada.

Cuando la reforma implique el cambio del tipo de energía o la incorporación de energías renovables, en el proyecto o memoria técnica de la reforma se debe justificar la adaptación de los equipos generadores de calor o frío y sus nuevos rendimientos energéticos, así como, en su caso, las medidas de seguridad complementarias que la nueva fuente de energía demande para el local donde se ubique, de acuerdo con este reglamento y la normativa vigente que le afecte.

Cuando exista un cambio del uso previsto de un edificio, en el proyecto o memoria técnica de la reforma se analizará y justificará su explotación energética y la idoneidad de las instalaciones existentes para el nuevo uso, así como la necesidad de modificaciones que obliguen a contemplar la zonificación y el fraccionamiento de las demandas de acuerdo con las exigencias técnicas del RITE y la normativa vigente que le afecte.

## **5 CARACTERÍSTICAS, COMPONENTES Y CALIDADES DE LOS MATERIALES DE LA INSTALACIÓN**

### **5.1 Instalación de Agua Caliente Sanitaria (ACS)**

---

Los sistemas de Agua Caliente Sanitaria (ACS) son aquellos que distribuyen agua de consumo sometida a algún tratamiento de calentamiento y por ello, además de cumplir las especificaciones del Real Decreto 865/2003 deben cumplir los requisitos del Real Decreto

140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.

### **5.1.1 Clasificación general de las instalaciones de ACS**

---

A) Por su capacidad:

- Individuales: cuando tienen capacidad para un grupo muy limitado de aparatos.
- Centralizados: cuando están concebidos para abastecer a un importante número de aparatos; suelen colocarse en las salas de máquinas de los edificios, de ahí su nombre.

B) Por su función:

- Exclusivos: cuando la caldera o generador de calor sirve solo a la instalación de ACS.
- Mixtos: cuando la caldera o generador sirve tanto a la instalación de ACS como a la de calefacción.

C) Por el sistema de producción de ACS:

- Instantáneos: cuando el agua se va calentando a medida que se produce su consumo.
- De Acumulación: cuando el agua a utilizar se la prepara y acumula previamente en un depósito.

### **5.1.2 Componentes genéricos de la instalación para la producción de ACS**

---

Genéricamente, una instalación para la producción, acumulación y suministro de agua caliente sanitaria (ACS) podrá estar integrada por los siguientes elementos:

- Acometida de Agua Fría de Consumo Humano (AFCH: Elemento que aporta el agua para consumo humano de consumo público, suministrada a través de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento de aguas, normalmente constituido por grupos de presión con válvula antirretorno y depósitos, aljibes, contador, filtros, estabilizador de presión, sistema de purga, etc. El AFCH suministrada a los usuarios

debe tener una concentración mínima de cloro residual que garantice su inocuidad bacteriológica.

- **Generador de calor:** Elemento o grupo de elementos destinados a elevar la temperatura del agua fría, tales como calderas, bombas de calor o calentadores que actúan calentando directamente el AFCH ó mediante intercambiadores de calor, diferenciándose el circuito de ACS del circuito de agua de caldera. Normalmente disponen de un tanque nodriza para almacenar el combustible.
- **Red de suministro:** conjunto de tuberías que transportan el agua atemperada hasta elementos terminales, constituida por montantes horizontales (distribuidor) y verticales (columnas).
- **Acumulador:** depósito o depósitos que almacenan el agua caliente, incrementando la inercia térmica del sistema y permitiendo la utilización de generadores de calor de potencia inferior a la demanda máxima puntual del sistema.
- **Elementos terminales:** grifos, duchas, lavabos, etc., que permiten el uso y disfrute del ACS, donde la temperatura en estos puntos de consumo debe estar comprendida entre 50°C y 65°C, excepto en las instalaciones ubicadas en edificios dedicados a uso exclusivo de vivienda siempre que estas no afecten al ambiente exterior de dichos edificios.
- **Circuito de retorno:** red de tuberías que transportan el agua de regreso, desde los puntos más alejados de la red de suministro hasta el acumulador, con la finalidad de mantener un nivel aceptable de temperatura del agua caliente en toda la red de suministro, aun cuando los elementos terminales no demanden consumo durante largos periodos de tiempo. Normalmente está dotado con bomba de retorno.

Para fomentar el ahorro de agua según CTE-HS 4 “Suministro de Agua”, en las redes de ACS se dispondrá de una red de retorno cuando la longitud de la tubería de ida, al punto de consumo más alejado, sea igual o mayor que 15 m.

Las instalaciones de ACS sin depósito acumulador, denominadas comúnmente sistemas instantáneos, generan agua caliente en el momento de la demanda, con menor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionela”, según el Real Decreto 865/2003, de 4 de julio.

Válvulas de tipo Todo o Nada en bypass para tratamiento de choque térmico de la red, que garantiza el caudal de Agua Caliente sea recirculado desde el depósito de almacenamiento a través de la red de distribución.

Válvula termostática de mezcla: que evita que el agua caliente a alta temperatura se distribuya hacia las zonas habitadas causando accidentes.

#### **5.1.2.1 Acometida de agua fría de consumo humano (AFCH)**

Tanto la red de tuberías como los eventuales depósitos (montaje en serie o en paralelo) de la instalación de AFCH pueden ser una fuente de contaminación de legionela cuando se den las determinadas condiciones de temperatura, estancamiento y acumulación de suciedad. Estas condiciones pueden evitarse si se adoptan medidas y por ello:

Debe procurarse que la temperatura del agua fría no supere los 20°C aislando térmicamente dichas partes de la instalación cuando sea necesario.

#### **5.1.2.2 Generador de calor**

Es el elemento o grupo de elementos destinados a elevar la temperatura del agua fría, existiendo multitud de posibilidades para esta finalidad. En las instalaciones de menor tamaño, se utilizan calderas o calentadores que actúan calentando directamente el AFCH.

En las instalaciones de mayor tamaño, normalmente está compuesto por calderas centrales instaladas en locales acondicionados (Salas de Máquinas), pudiendo funcionar con combustibles sólidos, líquidos o gaseosos. El Agua Caliente Sanitaria se obtiene por calentamiento indirecto en intercambiadores de calor (dispositivos utilizados para transferir energía térmica de un fluido a otro), a donde llega un circuito primario desde la caldera, (en circuito cerrado), que va transfiriendo el calor al agua contenida en el circuito secundario del mismo.

Los intercambiadores suelen ser de tipo multitubular, constituido fundamentalmente por un haz tubular, por cuyo interior circula el agua caliente primaria (calentada mediante caldera), colocado en el interior de una carcasa cilíndrica, circulando el agua a calentar (ACS) por el espacio existente entre el haz tubular y la carcasa o de placas, dispositivo que permite a dos fluidos que circulan a contracorriente, cada uno por un lado de una placa metálica

corrugada, intercambiar energía térmica, estando integrados, por tanto, por un paquete de placas metálicas corrugadas de forma especial y con orificios para el paso de los fluidos, que se acoplan unas en otras en mayor o menor número, según las necesidades térmicas, en un bastidor metálico que las sostiene unidas. Dicho bastidor está formado por una placa frontal fija y otra móvil, que permite abrir o cerrar el intercambiador para su limpieza, reparación o una posible ampliación. Estas dos placas frontales se unen por una serie de tirantes para lograr la presión necesaria para el cierre hermético del conjunto. Completan el bastidor la guía portadora superior y el soporte trasero.

Los intercambiadores de calor se construyen con materiales resistentes a la corrosión tales como aceros inoxidable adecuados, titanio, etc. Los acumuladores de Agua Caliente Sanitaria son normalmente de acero al carbono con un revestimiento, aunque también se construyen en acero inoxidable.

### **5.1.2.3 Red de suministro**

---

Compuesta por tuberías de materiales como el cobre, acero inoxidable o algunos plásticos (polietileno (PEX), polibutileno (PB), polipropileno (PP), etc.) considerando los efectos de las características del agua y de su grado de agresividad frente a los diversos materiales existentes, de la experiencia de las instalaciones ya realizadas en la misma zona y con el mismo tipo de agua y de la temperatura del agua como factor de aceleración de la velocidad de corrosión.

Si se utiliza acero galvanizado se debe tener presente que, en función de la composición química del agua, se pueden presentar procesos de corrosión a partir de 50°C y más aceleradamente hasta los 70°C.

No se instalarán tuberías de cobre que precedan a las tuberías de acero galvanizado, a fin de evitar que el cobre soluble se deposite aguas abajo sobre el acero galvanizado y cause ataques galvánicos. Asimismo, no se empleará el cobre cuando el agua tenga un bajo valor de pH. También pueden emplearse materiales multicapa que combinan más de 1 material (aluminio, plástico, etc.).

#### **5.1.2.4 Acumulador**

Es el elemento que absorbe los caudales de consumo “punta”, sin perjuicio para la estabilidad de la temperatura del agua en los puntos de consumo.

Serán verticales, con la entrada del agua en la parte inferior y la salida por la parte superior, con elevada relación de altura/diámetro y estarán dotados de elementos que permitan reducir al máximo la velocidad residual del agua de entrada.

Sus revestimientos interiores serán de esmalte vitrificado o de resinas sintéticas.

### **5.1.3 Instalación solar térmica a baja temperatura para la producción de ACS**

Una instalación solar térmica está constituida por un conjunto de componentes encargados de realizar las funciones de captar la radiación solar, transformarla directamente en energía térmica cediéndola a un fluido de trabajo (agua desmineralizada o agua con aditivos, según características climatológicas del lugar de instalación y de la calidad del agua empleada, con pH a 20 °C entre 5 y 9, y salinidad del agua < 500 mg/l de sales solubles y < 200 mg/l de sales de calcio, con un contenido de dióxido de carbono libre no superior a 50 mg/l.), y, por último almacenar dicha energía térmica de forma eficiente, bien en el mismo fluido de trabajo de los captadores, bien transferirla a otro, para su posterior utilización en los puntos de consumo. Dicho sistema se complementa con una producción de energía térmica por sistema convencional auxiliar que puede o no estar integrada dentro de la misma instalación.

#### **5.1.3.1 Componentes de la instalación solar térmica a baja temperatura para la producción de ACS y clasificación**

Los sistemas que conforman la instalación solar térmica para agua caliente son los siguientes:

- a) Sistema de captación formado por los captadores solares, encargado de transformar la radiación solar incidente en energía térmica de forma que se calienta el fluido de trabajo que circula por ellos.

- b) Sistema de acumulación constituido por uno o varios depósitos que almacenan el agua caliente hasta que se precisa su uso.
- c) Circuito hidráulico constituido por tuberías, bombas, válvulas, etc., que se encarga de establecer el movimiento del fluido caliente hasta el sistema de acumulación.
- d) Sistema de intercambio que realiza la transferencia de energía térmica captada desde el circuito de captadores, o circuito primario, al agua caliente que se consume.
- e) Sistema de regulación y control que se encarga de asegurar el correcto funcionamiento del equipo para proporcionar la máxima energía solar térmica posible y actúa como protección frente a la acción de múltiples factores como sobrecalentamientos del sistema, riesgos de congelaciones, etc.
- f) adicionalmente, dispone de un Equipo auxiliar de energía convencional que se utiliza para complementar la contribución solar, suministrando la energía necesaria para cubrir la demanda prevista, garantizando la continuidad del suministro de agua caliente en los casos de escasa radiación solar o demanda superior a la prevista.

Las instalaciones solares térmicas a baja temperatura, se puede clasificar como:

- Sistemas solares de calentamiento prefabricados, de tipo compacto, suministrados como equipos completos y listos para su instalación, con configuraciones fijas.
- Sistemas solares de calentamiento a medida o por elementos contruidos de forma única o montada, seleccionándolos a partir de una lista de componentes, considerándose como un conjunto de elementos. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo.

Los sistemas solares de calentamiento a medida se subdividen en dos categorías:

- Sistemas grandes a medida son diseñados únicamente para una situación específica.
- Sistemas pequeños a medida son ofrecidos por una Compañía y descritos en el así llamado archivo de clasificación, en el cual se especifican todos los componentes y posibles configuraciones de los sistemas fabricados por la

Compañía. Cada posible combinación de una configuración del sistema con componentes de la clasificación se considera un solo sistema a medida.

En función del número de unidades atendidas: Unitarios (Calentador, Termo), Individuales (Un solo propietario), Centralizados (Todo un edificio).

En función del sistema empleado en la producción: Instantánea (calentar en cada momento el caudal preciso, sin acumulador), Por Acumulación (almacenar en depósito una vez calentada).

En función del tipo de energía empleada: Combustible (sólido, líquido, gas), Electricidad, Otras (Eólica, solar).

A) Captadores:

No se podrán utilizar, en ninguna circunstancia, captadores con absorbente de hierro. Si se emplean con absorbente de aluminio, obligatoriamente se utilizarán fluidos de trabajo con un tratamiento inhibidor de los iones de cobre y hierro.

El captador dispondrá de un orificio de ventilación de diámetro no inferior a 4 mm situado en la parte inferior para la eliminación de acumulaciones de agua. El orificio se realizará de forma que el agua pueda drenarse en su totalidad sin afectar al aislamiento.

Las características ópticas del tratamiento superficial aplicado al absorbedor no deben quedar modificadas substancialmente en el transcurso del periodo de vida previsto por el fabricante, incluso en condiciones de temperaturas máximas del captador.

El captador llevará en lugar visible una placa en la que consten, como mínimo, los siguientes datos:

- nombre y domicilio de la empresa fabricante, y eventualmente su anagrama.
- modelo, tipo, año de producción.
- número de serie de fabricación.

- área total del captador.
- peso del captador vacío, capacidad de líquido.
- presión máxima de servicio.

Esta placa estará redactada, como mínimo, en idioma español y podrá ser impresa o grabada con la condición de que asegure que los caracteres permanecen indelebles.

#### B) Acumuladores:

Cuando el intercambiador esté incorporado al acumulador, la placa de identificación indicará, además, los siguientes datos:

- Superficie de intercambio térmico en m<sup>2</sup>.
- Presión máxima de trabajo, del circuito primario.

Cada acumulador estará equipado de fábrica con los correspondientes manguitos de acoplamiento, soldados antes del tratamiento de protección, para las siguientes funciones:

- Manguitos roscados para la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.
- Registro embridado para inspección del interior del acumulador y eventual acoplamiento del serpentín.
- Manguitos roscados para la entrada y salida del fluido primario.
- Manguitos roscados para accesorios como termómetro y termostato.
- Manguito para el vaciado.

La placa característica del acumulador indicará la pérdida de carga del mismo.

Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm, fácilmente accesible, situada en uno de los laterales del acumulador y cerca del suelo, que permita la entrada de una persona en el interior del depósito de modo sencillo, sin necesidad de desmontar tubos ni accesorios.

El acumulador estará enteramente recubierto con material aislante con protección mecánica realizada en chapa pintada al horno, PRFV, o lámina de material plástica.

Podrán utilizarse acumuladores de las características y tratamientos descritos a continuación:

- Acumuladores de acero vitrificado con protección catódica.
- Acumuladores de acero con un tratamiento que asegure la resistencia a temperatura y corrosión con un sistema de protección catódica
- Acumuladores de acero inoxidable adecuado al tipo de agua y temperatura de trabajo.
- Acumuladores de cobre.
- Acumuladores no metálicos que soporten la temperatura máxima del circuito y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.
- Acumuladores de acero negro (sólo en circuitos cerrados, cuando el agua de consumo pertenezca a un circuito terciario).

Los acumuladores se ubicarán en lugares adecuados que permitan su sustitución por envejecimiento o averías.

C) Intercambiador de calor:

No se deberá reducir la eficiencia del captador debido a un incremento en su temperatura de funcionamiento por instalación de intercambiador de calor entre el circuito de captadores y el sistema de suministro.

Si sólo se usa un intercambiador entre el circuito de captadores y el acumulador, la transferencia de calor del intercambiador de calor por unidad de área de captador no deberá ser menor que  $40 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

D) Bombas de circulación:

La bomba del circuito primario estará fabricada con materiales compatibles con las mezclas anticongelantes y en general con el fluido de trabajo utilizado.

Cuando las conexiones de los captadores son en paralelo, el caudal nominal será el igual caudal unitario de diseño multiplicado por la superficie total de captadores en paralelo.

La potencia eléctrica parásita para la bomba no debería exceder los valores siguientes:

<b>Sistema</b>	<b>Potencia eléctrica de la bomba</b>
<b>Sistema pequeño</b>	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica que pueda suministrar el grupo de captadores
<b>Sistemas grandes</b>	1 % de la mayor potencia calorífica que puede suministrar el grupo de captadores

La potencia máxima de la bomba especificada anteriormente excluye la potencia de las bombas de los sistemas de drenaje con recuperación, que sólo es necesaria para rellenar el sistema después de un drenaje. La bomba permitirá efectuar de forma simple la operación de desaireación o purga.

#### E) Tuberías:

Se utilizarán, en el circuito primario, tuberías de cobre o de acero inoxidable, con uniones roscadas, soldadas o embridadas y protección exterior con pintura anticorrosiva. Se evitará el empleo del cobre cuando el pH del agua presente valores bajos por el riesgo de cesión del metal.

#### F) Válvulas:

Las válvulas a emplearse en los distintos circuitos serán las siguientes en función del servicio que prestan y de las condiciones de presión y temperatura:

- para aislamiento: válvulas de esfera.
- para equilibrado de circuitos: válvulas de asiento.
- para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
- para llenado: válvulas de esfera.
- para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
- para seguridad: válvula de resorte.

- para retención: válvulas de disco de doble compuerta, o de clapeta.

Las válvulas de seguridad deberán derivar la potencia máxima del captador o grupo de captadores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del captador o del sistema.

#### G) Vasos de expansión:

Serán abiertos o cerrados. Los de tipo abierto, cuando se utilicen como sistemas de llenado o de rellenado, dispondrán de una línea de alimentación, mediante sistemas tipo flotador o similar.

En cuanto a los cerrados, deberá estar dimensionado de tal forma que, incluso después de una interrupción del suministro de potencia a la bomba de circulación del circuito de captadores, justo cuando la radiación solar sea máxima, se pueda restablecer la operación automáticamente cuando la potencia esté disponible de nuevo.

El depósito de expansión compensará el volumen del medio de transferencia de calor en todo el grupo de captadores completo incluyendo todas las tuberías de conexión entre captadores más un 10 %.

El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes, siendo además resistente a los efectos de la intemperie, pájaros y roedores.

#### H) Purgadores:

Se evitará el uso de purgadores automáticos cuando se prevea la formación de vapor en el circuito. Los purgadores automáticos soportarán, al menos, la temperatura de estancamiento del captador y en cualquier caso hasta 130°C en las zonas climáticas I, II y III, y de 150°C en las zonas climáticas IV y V establecidas en el documento CTE-HE 4.

#### I) Sistemas de llenado:

Los circuitos con vaso de expansión cerrado deben incorporar un sistema de llenado manual o automático que permita llenar el circuito y mantenerlo presurizado. En general, es muy recomendable la adopción de un sistema de llenado automático con la inclusión de un depósito de recarga u otro dispositivo, de forma que nunca se utilice directamente un fluido para el circuito primario cuyas características incumplan

esta Sección del Código Técnico o con una concentración de anticongelante más baja. Será obligatorio cuando, por el emplazamiento de la instalación, en alguna época del año pueda existir riesgo de heladas o cuando la fuente habitual de suministro de agua incumpla las condiciones de pH y pureza requeridas en esta Sección del Código Técnico. En cualquier caso, nunca podrá rellenarse el circuito primario con agua de red si sus características pueden dar lugar a incrustaciones, deposiciones o ataques en el circuito, o si este circuito necesita anticongelante por riesgo de heladas o cualquier otro aditivo para su correcto funcionamiento. Las instalaciones que requieran anticongelante deben incluir un sistema que permita el relleno manual del mismo. Para disminuir los riesgos de fallos se evitarán los aportes incontrolados de agua de reposición a los circuitos cerrados y la entrada de aire que pueda aumentar los riesgos de corrosión originados por el oxígeno del aire. Es aconsejable no usar válvulas de llenado automáticas.

J) Sistema eléctrico y de control:

Los sensores de temperatura se localizarán e instalarán asegurando permanentemente un buen contacto térmico con la parte en la cual hay que medir la temperatura; para conseguirlo, en el caso de las sondas de inmersión (recomendadas), se instalarán en contra corriente con el fluido. Los sensores de temperatura estarán aislados contra la influencia de las condiciones ambientales que le rodean. Las sondas se ubicarán de forma que midan exactamente las temperaturas que se desean controlar, instalándose los sensores en el interior de vainas y evitándose las tuberías separadas de la salida de los captadores y las zonas de estancamiento en los depósitos. Se prestará especial cuidado para asegurar una adecuada unión entre las sondas de contactos y la superficie metálica.

K) Red de retorno:

Para fomentar el ahorro de agua, por aplicación de lo estipulado en el CTE-HS 4 "Suministro de Agua", en las redes de ACS (individuales o centralizadas) se dispondrá de una red de retorno si la longitud de la tubería de ida, al punto de consumo más alejado, es igual o supera los 15 m.

La red de retorno se compondrá de:

- Un colector de retorno en las distribuciones por grupos múltiples de columnas. El colector debe tener canalización con pendiente descendente desde el extremo superior de las columnas de ida hasta la columna de retorno; Cada

colector puede recoger todas o varias de las columnas de ida, que tengan igual presión.

- Columnas de retorno: desde el extremo superior de las columnas de ida, o desde el colector de retorno, hasta el acumulador o calentador centralizado.

Las redes de retorno discurrirán paralelamente a las de impulsión. En los montantes, se realizará el retorno desde su parte superior y por debajo de la última derivación particular. En la base de dichos montantes se dispondrán válvulas de asiento para regular y equilibrar hidráulicamente el retorno.

Excepto en viviendas unifamiliares o en instalaciones pequeñas, se dispondrá una bomba de recirculación doble, de montaje paralelo o "gemelas", funcionando de forma análoga a como se especifica para las del grupo de presión de agua fría. En el caso de las instalaciones individuales podrá estar incorporada al equipo de producción

#### L) Puntos de consumo:

En los edificios en los que sea de aplicación la contribución mínima de energía solar para la producción de agua caliente sanitaria, de acuerdo con la sección HE-4 del DB-HE, se dispondrán, además de las tomas de agua fría, previstas para la conexión de la lavadora y el lavavajillas, sendas tomas de agua caliente para permitir la instalación de equipos bitérmicos.

### **5.1.4 Instalación de calefacción**

---

Son las instalaciones destinadas al calentamiento de recintos compuesto generalmente por un sistema de generación (caldera, bomba de calor, energía solar, etc.) de chapa de acero inoxidable, fundición, cobre, etc., pudiendo producir además ACS, de forma individual o colectiva, con acumulador o sin él. Podrán asimismo utilizar combustibles sólidos, líquidos y gaseosos o bien mediante electricidad. Dispone además de un sistema de evacuación de productos de la combustión. Los sistemas de calefacción utilizan principalmente agua o aire caliente para calentar el aire de los recintos. Al agua, proveniente de una caldera, se hace circular por tuberías "remansándola" en unos elementos, estratégicamente situados, denominados técnicamente "emisores", de modo que transfieran parte de su calor al aire

del local. Otros sistemas que utiliza el agua como vehículo calorífico es el denominado de "paneles radiantes", en el que un serpentín coloca, bien bajo el pavimento, bien sobre el cielo raso de los locales. La distribución puede realizarse mediante circuitos de tuberías de agua o conductos de aire, en materiales de cobre, acero estirado, acero negro, acero galvanizado, fibra de vidrio, polipropileno, polietileno reticulado de doble capa y preaislamiento, etc., disponiendo de un sistema de bombeo para la circulación del fluido, llaves de corte, etc. Cuenta esta instalación con un sistema de control por válvulas termostáticas o termostatos situados en locales y/o en exteriores y de elementos auxiliares como equipos de presión y de regulación para el combustible, así como chimenea para evacuación de los productos de la combustión, normalmente en acero inoxidable, aislada de doble pared. El sistema de regulación controlará de la temperatura de impulsión en función de las condiciones exteriores con limitación de la temperatura mínima de retorno a la caldera, disponiendo de sonda de temperatura de inmersión, sonda de temperatura exterior, central electrónica con reloj programable y submódulo de limitación de la temperatura mínima de retorno. Los elementos de consumo normalmente son radiadores (circuitos a alta temperatura), convectores y ventiloconvectores, arotermos, paneles radiantes (circuitos a baja temperatura), rejillas difusoras, etc. Como elementos accesorios de esta instalación se encuentran las válvulas (esfera, mariposa, de tres vías, de retención), dilatadores elásticos, filtros, purgadores, intercambiador, vaso de expansión, conductos de humo, aislantes térmicos, etc. Los quemadores estarán dotados de regulación del aire, seguridad contra fallo de la llama, y electroválvula en la bomba del quemador. La instalación podrá contemplar acumuladores nocturnos, de tipo dinámico o de tipo estático, estando los primeros compuestos por material cerámico de acumulación con magnesita capaz de alcanzar 600/650°C, aislamiento alta calidad microporoso, estando e, conjunto recubierto de carcasa de chapa de acero, entrega de calor por radiación térmica y también por turbina impulsora de aire, con ventilador radial, regulador electrónico de carga y limitador de seguridad. En cuanto a los estáticos, estarán compuesto por material cerámico de acumulación con magnesita capaz de alcanzar 600/650°C, aislamiento alta calidad microporoso, envolvente con chapa de acero pintada con resinas, entrega de calor por radiación térmica, con regulador de carga de salida del calor, limitador de seguridad.

### **5.1.4.1 Calderas**

---

Son los elementos encargados de generar el calor y se fabrican para todo tipo de combustibles: sólidos (carbón o leña) líquidos (gasóleo) y gaseoso (propano, gas natural). Existen asimismo las llamadas calderas "policombustibles" que, mediante la incorporación de los equipos adecuados, pueden utilizar combustibles alternativos (biocombustibles, etc.). Las más usadas son las de gas y gasóleo, y se clasifican en función de sus potencias caloríficas expresadas en Kcal./hora ó kw. Pueden suministrarse formando equipos compactos dotados con sus elementos fundamentales, como son el quemador, circulador (bombas), depósito de expansión y cuadro de control. Una misma caldera, en general, puede utilizarse para los servicios combinados de calefacción y ACS de los edificios.

#### A) Calderas de combustibles sólidos:

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

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

#### B) Calderas de combustibles líquidos y gaseosos:

Podrán ser construidas por elementos de hierro fundido o como un monobloque con cuerpo de acero. En cualquier caso, llevarán envolvente metálica calorifugada como protección. Dispondrán de los siguientes elementos:

- Placa para acoplamiento de quemador.
- Termostato de caldera.
- Compuertas de registro y limpieza.
- Conducto por expulsión de gases de combustión, dotado de regulador de tiro.
- Orificios para la conexión con las tuberías de agua

En el caso de calderas presurizadas, se incluirán los datos oportunos para conocer la presión de funcionamiento del hogar, expresada en milímetros de columna de agua (mm. c.a.). En el caso de calderas con quemador atmosférico para gas, se incluirá:

- Válvula de gas con sistema de seguridad.
- Regulador de presión de gas.
- Encendido automático

#### **5.1.4.2 Quemadores**

---

Los quemadores se clasifican inicialmente por el combustible a utilizar, pudiendo emplearse los de gasoil, propano, fuel-oil, gas ciudad y gas natural. Pueden ser de una llama ó etapa, de dos etapas o, por último, modulantes (con potencias escalonadas, conforme a la demanda). Estos últimos reducen sobremanera las secuencias "encendido-paro" con el consiguiente ahorro energético. Asimismo, pueden estar preparados para trabajar bien con la cámara de combustión con entradas de aire (a depresión) o bien hermética (a sobrepresión).

Para potencias pequeñas y medianas resulta usual que el quemador se suministre formando bloque con la caldera, realizándose, entonces, la elección y acople en fábrica. Los quemadores se encuentran automatizados donde el circulador del circuito de calefacción excita el funcionamiento de una micro bomba de la que van provistos; asimismo mediante sondas, que realizan lecturas térmicas en la instalación - incluso en el exterior -, se envían señales a una central electrónica que, por medio de electroválvulas, modula o cierra el paso del combustible, incluso cuando no funciona el circulador. Los quemadores estarán compuestos por: cuadro eléctrico incorporado, ventilador y cañón adaptador. Sus elementos funcionales más importantes son:

- Sistema de control de la presión del aire mediante presostato regulable.
- Sistema de seguridad de presión máxima, o tope, del gas mediante presostato regulable.

Los elementos en la "línea de gas" son:

- Electroválvula de regulación: mecanismos con el que se regula el caudal de gas que se necesita. Su funcionamiento viene comandado desde la central.
- Electroválvula de seguridad: su misión es doblar la acción de cierre de la electroválvula de regulación del quemador al pararse éste.

- Presostato de mínima del gas: su misión en la línea es controlar la presión mínima de gas para una perfecta combustión.

#### **5.1.4.3 Sistemas de distribución**

---

- A) Sistema bitubular: En este sistema no se reutiliza el agua que ya ha pasado por un radiador - como ocurre en el sistema monotubular - sino que se recoge mediante una red paralela para ser reconducida a la caldera. En este sistema no hay limitación en el número de radiadores. Es el apropiado para grandes instalaciones. Ambos sistemas pueden combinarse.
- B) Sistema bitubular: En este sistema no se reutiliza el agua que ya ha pasado por un radiador - como ocurre en el sistema monotubular - sino que se recoge mediante una red paralela para ser reconducida a la caldera. En este sistema no hay limitación en el número de radiadores. Es el apropiado para grandes instalaciones. Ambos sistemas pueden combinarse.

#### **5.1.4.4 Circuladores**

---

Los circuladores son unas pequeñas electrobombas centrífugas intercaladas en los circuitos, cuya misión es impulsar el agua caliente y, a la vez, vencer las resistencias que tal impulsión genera. Pueden ir tanto en la tubería de ida como en la de retorno. Para potencias de bombeo superiores a 5 kW. se recomienda la instalación de dos bombas en paralelo, una de ellas en reserva.

#### **5.1.4.5 Vasos de expansión**

---

Para evitar que al calentarse, el agua aumenta su volumen, las instalaciones de calefacción estarán dotadas de vaso de expansión, existiendo los de tipo abiertos y los cerrados, aunque los primeros se encuentran en desuso por elevadas pérdidas por evaporación, longitudes excesivas de tubos y por dificultades de montaje. El orden de montaje adecuado es el siguiente: generador de calor-vaso de expansión-bomba de recirculación, para determinar la situación correcta de conexión del vaso de expansión abierto con respecto al generador de calor y a la bomba de recirculación, en el circuito.

#### **5.1.4.6 Válvulas de seguridad**

---

Las calderas con vaso de expansión cerrado, equipos de producción y almacenamiento de agua caliente y, en general, los circuitos que no estén en contacto con la atmósfera llevarán una válvula de seguridad generalmente acompañada de un manómetro. Teniendo en cuenta que a mayor temperatura mayor presión suele colocarse en el tubo de ida y en las proximidades de la caldera.

#### **5.1.4.7 Cuadro de control**

---

Deberá contar al menos con un termómetro, que indique la temperatura de ida del agua, y un hidrómetro que indique la presión a que está trabajando la caldera. Estos aparatos se complementan habitualmente con los siguientes:

- Pulsadores-interruptores del circulador y del quemador.
- Termostato regulable de la temperatura de ida.
- Termostato de seguridad que actúe automáticamente.

Podrán contar además con central electrónica de programación del quemador (de tipo modular) donde la temperatura de diseño (y consecuentemente la del agua de ida) queda prefijada en función de la temperatura exterior, ajustándose las temperaturas de diseño en las horas diurnas y en las horas nocturnas.

#### **5.1.4.8 Purgadores y separadores de aire**

---

Para evitar la formación de burbujas de diferentes tamaños que ocasionan los siguientes indeseados efectos, se instalan purgadores y separadores de aire:

- Bolsas de aire que impiden la circulación del agua.
- Ruidos.
- Disminución del rendimiento de los circuladores, con posibilidad de daños en los rodets por cavitación.
- Disminución del rendimiento de las calderas.
- Corrosiones.
- Normalmente se instalan.
- Purgador automático.

- Separador.
- Purgador en los emisores.
- Pendiente de la instalación.

Los purgadores automáticos consisten en un pequeño vaso que tiene en su interior un flotador que cierra o abre una válvula para la salida del aire. Todos los sistemas de agua caliente, incluidos los de ACS, deben prolongar sus montantes y colocar en el final un purgador. Como separadores, habitualmente se emplean los centrífugos, con una mayor eficacia situándolo en el punto de mayor velocidad y de menor presión, condiciones en las que el agua tiene su menor capacidad de disolución. Los purgadores de emisores pueden ser automáticos y manuales y se colocan en uno de los tapones superiores de los emisores.

#### **5.1.4.9 Emisores**

---

##### A) Radiadores:

Para todo tipo de calefacción, queda prohibido que las superficies calefactoras accesibles normalmente por el usuario tengan una temperatura superficial exterior superior a 90° C, sin estar protegidas contra contactos casuales. La emisión calorífica, para un salto de 60° C, no será menor que la potencia calorífica nominal. Estarán homologados por parte del Ministerio de Industria; Turismo y Comercio. Se construirán de materiales resistentes a la corrosión y con todos sus elementos inalterables al agua caliente (formados por unión de módulos o elementos como chapa de acero, fundición, aluminio, termominerales, acero, etc.). Estarán provistos de todos los soportes de fijación a la pared o suelo y con los accesorios adecuados para su instalación. Dispondrán, en todo caso, de válvula de reglaje y detector. Dispondrán de purgador en aquellos casos en que se prevea una posible acumulación de aire que impida su buen funcionamiento.

##### B) Suelo radiante:

El sistema de suelos radiantes consta de uno o varios colectores de alimentación de los que arrancan distribuidores que se desarrollan en serpentines bajo los pavimentos que, después de aportar su calor al ambiente, convergen en uno o varios colectores de retornos. Los elementos que componen un suelo radiante son, genéricamente los siguientes:

- Tubos: Fabricados en acero mediante emparrillados, pudiendo ser también de cobre, igualmente en serpentines, dada su ductilidad tanto en suelos como, sobre todo, en techos radiantes; en este último caso se interpone entre el forjado y las tuberías una capa de aislamiento y, después de las necesarias fijaciones, se enyesan los serpentines desde abajo. También con tubos de plásticos en rollos como el polietileno reticular (PEX), donde los empalmes son siempre soldados y las conexiones se realizan mediante accesorios de compresión.
- Termostato del loca.
- Servomotores que controlan el suministro de las válvulas de 3 vías, pudiendo ser del tipo "on-off" (dos posiciones) y válvulas de 3 vías del tipo "todo-nada", si bien, actualmente, son sustituidos por sistemas proporcionales.

#### **5.1.4.10 Convectores y aerotermos**

---

Los aerotermos para instalaciones de calefacción podrán ser por agua caliente con conducción forzada de aire caliente y equipado con batería de intercambio de calor en cobre-aluminio, ventilador helicoidal silencioso, que descarga de aire en cualquier posición, disponiendo de aletas orientables, soportes fijos u orientables, con envolvente de plancha de acero pintada. También podrán ser eléctricos para proyección forzada de aire caliente o ventilación dotada de batería de resistencias blindadas, ventilador helicoidal, y termostato, con carcasa metálica pintada con pintura epoxi. Las pendientes deben realizarse en aquellos recorridos en los que el aire vaya a favor de la corriente de agua para converger en un montante propio o en la parte superior de uno existente provisto de purgador.

#### **5.1.4.11 Dilatadores**

---

Por efecto de cambios de temperatura el movimiento axial de un tramo de tubería comprendido entre dos puntos de anclaje puede ser total o parcialmente impedido y, en consecuencia, generarse en el material de los mismos esfuerzos superiores al máximo admisible. Es necesario, entonces, intercalar un elemento flexible que absorba dicho movimiento. Como elementos flexibles podrán utilizarse cambios de dirección de la tubería, preferentemente en forma de U, o bien dilatadores deslizantes o de fuelles.

### **5.1.5 Instalación de aire acondicionado**

Es la instalación destinada al enfriamiento de recintos, que además de la temperatura pueden modificar la humedad, movimiento y pureza del aire, creando un microclima confortable en el interior de los edificios, según condiciones de confort), de eficiencia energética, calidad del aire y de seguridad establecida por el RITE y el CTE, teniendo como finalidad procurar el bienestar de los ocupantes de los edificios, tanto térmica como acústicamente, cumplimentando además los requisitos para su seguridad y con el objetivo de un uso racional de la energía.

#### **5.1.5.1 Componentes de la instalación de aire acondicionado**

Normalmente está compuesta por una o varias unidades frigoríficas o sistema por absorción, formada por un compresor, un evaporador, un condensador y un sistema de expansión, dotada de termostato de control y sistema de control, sensores, etc. Asimismo, contempla subsistemas tanto para el tratamiento previo del aire como para el agua. Como redes de distribución, tuberías y accesorios de chapa metálica de cobre o acero, de fibra de vidrio, etc., con conductos lisos, que no presentarán imperfecciones interiores ni exteriores, rugosidades ni rebabas, estando limpios, no desprendiendo fibras ni gases tóxicos, así como no permitirán la formación de esporas ni bacterias; serán estancos al aire y al vapor de agua, no propagarán el fuego y resistirán los esfuerzos a los que se vean sometidos. Como elementos de consumo, rejillas, difusores, etc., dotados de otros elementos como filtros, ventiladores, paneles radiantes, etc.

##### A) Sistema de regulación:

Consta, genéricamente, de los siguientes componentes:

- Sensor: elemento sensible a la variable controlada, también llamado captor, detector o sonda (termómetros, manómetros, amperímetros, voltímetros, caudalímetros, etc.).
- Dispositivo gobernado: parte de la instalación operativa sobre la que se actúa. Por ejemplo: válvulas, ventiladores, compresores, etc.
- Órgano de mando: receptor de información procedente de los sensores, que compara el valor de la variable controlada con el valor de consigna dado (valor deseado), y decide la orden a adoptar, mandándola al dispositivo que la ejecuta. (termostatos, presostatos, etc.).

- Actuador: dispositivo que recibe las órdenes del órgano de mando, y las ejecuta accionando el dispositivo gobernado de la instalación operativa. (servomotores, contactos eléctricos, contactores, etc.).

### **5.1.5.2 Clasificación de los sistemas de acondicionamiento de aire**

Según la forma mediante la cual se enfría o se calienta el mismo, dentro del local que se pretende acondicionar, se encuentran los siguientes sistemas:

- Expansión directa (equipos de ventana, unidades partidas, etc).
- Todo agua (fan-coils, etc.).
- Todo aire (unidades de tratamiento de aire).
- Aire - agua (inducción).

Los Sistemas Todo Aire son aquellos donde el aire es utilizado para compensar las cargas térmicas en el recinto climatizado y por tanto basados en la distribución de aire, en el cual no tiene lugar ningún tratamiento posterior. Tienen capacidad para controlar la renovación del aire y la humedad del ambiente. Un sistema puramente todo aire sería el basado en una Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) aunque también se denominan así a los sistemas dotados de climatizadores que acondicionan el aire de una zona y que posteriormente se distribuye en los locales. El conducto actúa como elemento estático de la instalación, a través del cual circula el aire en el interior del edificio, conectando todo el sistema: aspiración del aire exterior con las unidades de tratamiento de aire, locales de uso, retorno y evacuación del aire viciado. Las instalaciones Todo Aire, a su vez se pueden clasificar en: Dentro de los sistemas todo aire se clasifica las siguientes variantes, en función del control de la temperatura efectuado.

1. Un solo conducto con volumen de aire constante.
  - Instalaciones de una zona.
  - Instalaciones de varias zonas (multizonas).
2. Un solo conducto con volumen de aire variable (VAV).
3. Doble conducto.
  - Volumen de aire constante.
  - Volumen de aire variable.

Los Sistemas Todo Agua, también denominados hidrónicos son aquellos en que el agua es el agente que se ocupa de compensar las cargas térmicas del recinto acondicionado donde el agua se enfría y calienta en unidades centralizadas y se lleva a los elementos terminales ubicados en los locales a climatizar. (Aunque también puede tener aire exterior para la renovación), entre las que se encuentran las instalaciones de calefacción con radiadores o con suelo radiante, y las instalaciones de aire acondicionado con fan-coils. Los sistemas toda agua pueden clasificarse en sistemas de tubería simple (dos tubería) y sistemas de varias tuberías. En los sistemas de tubería simple cada unidad terminal recibe la entrada de agua fría o caliente, según la estación del año y termina en una tubería de retorno. En los sistemas de varias tuberías cada unidad terminal tiene una doble entrada de agua (caliente y fría) y una tubería (tres tuberías) o dos tuberías de retorno (cuatro tuberías). Los Sistema Aire-Agua: Son aquellos donde llega tanto agua como aire para compensar las cargas del local. El aire exterior es tratado en separadamente para todo el edificio. El agua (fría o caliente) se distribuye hasta los elementos terminales, donde pasa el aire tratado junto con el aire de recirculación en el mismo local. Un ejemplo de este tipo de instalaciones son los sistemas de inducción.

Las instalaciones Aire-Agua, a su vez se pueden clasificar en:

- Instalaciones de Inducción a dos tubos.
- Instalaciones de Inducción a tres tubos.
- Instalaciones de Inducción a Cuatro.
- Instalaciones de paneles Radiantes con aire primario.

Los Sistemas Todo Refrigerante: son aquellos donde el fluido que se encarga de compensar las cargas térmicas del local es el refrigerante. Dentro de estos sistemas se engloban los pequeños equipos autónomos (split y multisplit), donde su regulación puede ser todo o nada o los sistemas de refrigerante variable mediante inverter. Los sistemas Todo Refrigerante sólo se emplean en instalaciones de pequeña o mediana potencia. En estos sistemas se emplean tuberías de refrigerante que transportan el frío y calor hasta los locales a climatizar. Se distinguen los siguientes sistemas: Sistemas individuales Es el sistema de climatización más elemental formado por una pequeña unidad. Si el sistema es de una capacidad adecuada puede servir a un espacio de mayores dimensiones mediante una pequeña red de conductos de aire. Estas unidades autónomas encuentran su

aplicación en las habitaciones pequeñas o grandes y zonas segregadas. También se instalan estas unidades en residencias particulares, oficinas, establecimientos comerciales o grupos de oficinas que constituyen zonas individuales.

Sistemas centralizados: También se pueden clasificar en función de si se trata de un sistema unitario o un sistema centralizado:

- Sistema unitario utiliza un equipo donde todos los elementos son montados por el fabricante y se suministran en una sola pieza.
- Sistema centralizado es aquel donde los componentes se encuentran separados y deben ser instalados y montados por un instalador autorizado.

Otra clasificación en función de la zona a que climatiza, distinguiendo así sistemas de una única zona y sistemas multizona:

- Sistemas de una única zona son aquellos que climatizan sólo una zona del local.
- Sistemas multizona son aquellos que pueden acondicionar de forma satisfactoria un número de diferentes zonas.

Mediante combinación de los diferentes factores expuestos, se encuentra los siguientes tipos:

- Sistema de aire acondicionado por conducto único, con temperatura variable y recirculación.
- Sistema de aire acondicionado por conducto único, con temperatura variable multizona.
- Sistema de aire acondicionado por conducto único, de volumen de aire variable (VAV).
- Sistema de aire acondicionado por conducto único, de temperatura y volumen variable.
- Sistema de aire acondicionado por conducto único, de volumen variable y calentamiento perimetral.
- Sistema de aire acondicionado de por conducto único, con unidades de inducción.
- Sistema de aire acondicionado por conducto único, con unidades fan-coil.

- Sistema de aire acondicionado por conducto único, con bomba de calor reversible.
- Sistema de aire acondicionado por doble conducto, con temperatura de aire variable.
- Sistema de aire acondicionado por doble conducto, con volumen de aire variable (VAV).
- Sistema de aire acondicionado por unidad autónoma compacta.
- Sistema de aire acondicionado por unidad autónoma partida (split, bisplit, multisplit).
- Sistema de aire acondicionado por bomba de calor reversible.
- Sistema de aire acondicionado por enfriadores de techo.
- Sistema de aire acondicionado por refrigeración discrecional.

### **5.1.5.3 Red de conductos**

---

Son los elementos de la instalación a través de los cuales se distribuye el aire por todo el sistema; aspiración, unidades de tratamiento de aire, locales de uso, retorno, extracción de aire, etc. Pueden ser de chapa metálica, de lana de vidrio o de tipo flexible. Normalmente la red de conductos está compuesta por tramos rectos, donde la velocidad y dirección del aire son constantes y por tramos curvos donde el aire cambia de velocidad y/o dirección. Los conductos se realizan a base de paneles sujetos con perfiles, montándose con distintos métodos y herramientas, siendo posteriormente sellados interna y externamente con colas y cintas homologadas. Las uniones entre tramos se realizan con las correspondientes piezas (codos, té, derivaciones, reducciones, etc.) De acuerdo con lo estipulado por el CTE-DB-SI, los conductos y sus aislamientos deben de ser Euroclase B-s3, d0 como mínimo, certificada mediante ensayo normalizado en laboratorios acreditados por la administración.

#### A) Conductos de chapa metálica:

Son los realizados a partir de planchas de chapa metálica (acero galvanizado o inoxidable, cobre, aluminio, etc.), las cuales se cortan y se conforman para dar al conducto la geometría necesaria para la distribución de aire. Los conductos de chapa metálica deben aislarse térmicamente, empleándose habitualmente, mantas de lana de vidrio para colocar en el lado exterior del conducto. Estas mantas incorporan un revestimiento de aluminio que actúa como barrera de vapor (generalmente con protección asfáltica). También pueden colocarse, en el interior del conducto, mantas de lana de vidrio con un tejido de vidrio que permita la absorción acústica por parte

de la lana y refuerce el interior del conducto. Los conductos de chapa se clasifican en función de la máxima presión que pueden soportar y de su grado de estanqueidad.

B) Conductos de lana o fibra de vidrio:

Fabricados a partir de paneles de lana o fibra de vidrio de alta densidad y aglomerada con resinas termoendurecibles. El conducto se conforma a partir de planchas, cortándolas y doblándolas para obtener la sección deseada. Las planchas a partir de las cuales se fabrican los conductos se suministran con un doble revestimiento:

- La cara que constituirá la superficie externa del conducto está recubierta por un complejo de aluminio reforzado, que actúa como barrera de vapor y proporciona estanqueidad al conducto.
- La cara que constituirá el interior del conducto dispondrá de un revestimiento de aluminio, un velo de vidrio, o bien un tejido de vidrio, según las características que se deseen exigir al conducto.

Estarán contruidos con paneles rígidos de fibra de vidrio, con una densidad mínima de 60kg/m<sup>3</sup>. Su cara exterior estará dotada de un revestimiento estanco al aire y al vapor de agua y resistente a la llama tipo de 800° C durante treinta minutos. La densidad y rigidez del panel será adecuada a la presión estática máxima que deba soportar y por lo menos:

- 60Kg./m<sup>3</sup> y 25mm. espesor para 35mm. c.d.a.
- 80Kg./m<sup>3</sup> y 25mm. espesor para 40mm. c.d.a.
- 95Kg./m<sup>3</sup> y 25mm. espesor para 50mm. c.d.a.

La rigidez del conducto podrá reforzarse con dispositivos rigidizadores de acuerdo con el cuadro siguiente: La velocidad máxima del aire, admitida en los conductos de fibra de vidrio, será tal que se garantice la ausencia de desprendimiento de fibras en la cara interna del conducto. Los conductos sin revestimiento interno de neopreno o con revestimiento de resina, sólo podrán emplearse para velocidades inferiores a doce metros y medio (12,5m.). Para velocidades superiores, se requerirán conductos con densidad mínima de 80kg/m<sup>3</sup> y dotados de un revestimiento interno a base de neopreno solidarizado o similar. Los conductos cuyo ancho sea superior a sesenta

centímetros (60cm.), estarán provistos de refuerzos transversales, cada sesenta centímetros (60cm.), constituidos por un perfil 2LD de chapa galvanizada, de anchura de ala ocho centímetros (8cm.) y canto H y espesor e. Los conductos de anchura superior a ciento cincuenta (150), llevarán interiormente y centrado un tubo de chapa de diez milímetros (10mm.) fijado con redondo de dos milímetros (2mm.) de diámetro y arandelas en el exterior e interior. Se dispondrá uno cada ciento veinte centímetros (120cm.) y separados seis centímetros (6cm.) como máximo de la junta.

C) Conductos flexibles:

Con forma de fuelle, son los constituidos generalmente por dos tubos de aluminio y poliéster entre los cuales se dispone un fieltro de lana de vidrio que actúa como aislamiento térmico. Están regulados por la norma UNE-EN- 13180. Su uso se limita, reglamentariamente (RITE) a longitudes de 1,2 m debido a su elevada pérdida de carga y a los problemas acústicos que pueden originar; por lo que se utilizan principalmente para la conexión entre el conducto principal de aire y las unidades terminales (difusores, rejillas).

D) Compuertas:

Las compuertas de tipo mariposa tendrán sus lamas rígidamente unidas al vástago, de forma que no vibren ni originen ruidos. El ancho de cada lama de una compuerta en la dirección perpendicular a su eje no será superior a veinticinco centímetros (25cm.) en conductos con velocidad de paso menor de doce metros por segundo (12m/s.) ni superior a diez centímetros en conductos con velocidad de paso superior. En caso de que las lamas de las compuertas tengan perfil aerodinámico, estas dimensiones podrán aumentarse en un 50%. Cuando la compuerta haya de tener mayores dimensiones que las antes indicadas, deberá estar formada por varias palas de accionamiento opuesto, con las mismas limitaciones cada pala y con un mando único para el conjunto de las palas. En las compuertas múltiples, las hojas adyacentes girarán en sentido contrario para evitar que en una compuerta se formen direcciones de aire privilegiadas, distintas a la del eje del conducto. Las compuertas tendrán una indicación exterior que permita conocer su posición de abierta o cerrada. Cuando las compuertas deban producir un cierre estanco, dispondrán en el borde de sus palas de las puntas elásticas adecuadas al efecto. Las compuertas estancas no tendrán una fuga de aire superior a 500mm.c.d.a. Las compuertas de regulación manual tendrán los dispositivos necesarios para que puedan fijarse en cualquier

posición. Cuando las compuertas sean de accionamiento mecánico, sus ejes girarán sobre cojinetes de bronce o antifricción

E) Rejillas:

Las rejillas de toma y expulsión de aire exterior estarán construidas en un material inoxidable y diseñadas para impedir la entrada de gotas de lluvia al interior de los conductos, siempre que la velocidad de paso no supere los tres metros por segundo (3 m/s.). Estarán dotados de una protección de tela metálica antipájaros. Su construcción será robusta, con lamas fijas que no produzcan vibraciones ni ruido. Podrán ser para conducto circular con doble deflexión y regulación, o de tipo intemperie de chapa de acero galvanizado con lamas fijas horizontales antilluvia y malla metálica posterior de protección antipájaros y antiinsectos para toma de aire o salida de aire de condensación, instalada sobre muro de fábrica de ladrillo, s/NTE-ICI-27.

#### **5.1.5.4 Condiciones a satisfacer por los conductos de la instalación de aire acondicionado en materia de aislamiento acústico impuestas por el CTE**

Los conductos de aire acondicionado deben llevarse por conductos independientes y aislados de los recintos protegidos y los recintos habitables.

- Se evitará el paso de las vibraciones de los conductos a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios, tales como abrazaderas, manguitos y suspensiones elásticas.
- En conductos vistos se usarán recubrimientos con aislamiento acústico a ruido aéreo adecuado.
- Los conductos de aire acondicionado deben revestirse de un material absorbente y deben utilizarse silenciadores específicos de tal manera que la atenuación del ruido generado por la maquinaria de impulsión o por la circulación del aire sea mayor que 40dBa a las llegadas a las rejillas y difusores de inyección en los recintos protegidos.
- Se usarán rejillas y difusores terminales cuyo nivel de potencia generado por el paso del aire acondicionado cumplan la condición:  
$$l_w \leq l_{eq,T} + 10 \cdot \lg V - 10 \lg T - 14 \text{ (dB)}$$

$l_w$  nivel de potencia acústica de la rejilla (dB).

leq<sub>a</sub>, T valor del nivel sonoro continuo equivalente estandarizado, ponderado a, establecido en la tabla d1 del CTE-DB-HR, del anejo d, en función del uso del edificio, del tipo de recinto y del tramo horario, (dBa).

T tiempo de reverberación del recinto que se puede calcular según la expresión anterior. V volumen del recinto (m<sup>3</sup>).

#### **5.1.5.5 Aislamiento de los conductos**

---

Para los equipos o aparatos que vengan aislados de fábrica se aceptarán los espesores calculados por el fabricante. Los materiales aislantes utilizados para las planchas no deben estar incluidos en el anexo 1 de la Directiva 67/548/CEE. Los productos MW incluidos en esta norma deben estar clasificados como no carcinógenos, cumpliendo los requisitos especificados en el artículo 1 de la Directiva 97/69/CE. Los materiales utilizados no deben facilitar (o ser nutrientes para) la proliferación microbiana. El aislamiento térmico de las redes de impulsión de aire será suficiente para evitar pérdida de calor superior al 4% de la potencia que transportan para que no se formen condensaciones.

Si las conducciones y los equipos, aparatos, depósitos y sus accesorios están a la intemperie, será necesario aumentar el nivel de aislamiento térmico al mismo tiempo que se procederá a su protección contra la lluvia y la radiación solar. Las conducciones que estén en un aparcamiento tendrán el mismo nivel de aislamiento térmico que las conducciones instaladas al exterior, aun cuando las condiciones del entorno sean menos extremas que las de las conducciones dispuestas en el ambiente exterior.

En patinillos y falsos techos se aplicarán los niveles de aislamiento exigidos para conducciones interiores. El material aislante instalado en tuberías, conductos y equipos no debe interferir con partes móviles de los componentes de la instalación.

#### **5.1.5.6 Plenums**

---

Los plenums entre forjados y falsos techos o entre forjados y suelos elevados pueden ser empleados como conductos de retorno o impulsión, siempre que cumplan con los requisitos indicados por el RITE. Los plenums deben ser accesibles para las operaciones periódicas de limpieza y desinfección, así como para el mantenimiento de las unidades terminales.

### **5.1.5.7 Aperturas de servicio en conductos**

---

Para su diseño se aplicará la norma UNE-ENV 12097. Las aperturas de servicio se realizarán en la red de conductos durante su montaje.

### **5.1.5.8 Conductos flexibles**

---

Los conductos flexibles cumplirán la norma UNE-EN 13180. Su longitud se limitará, desde una red de conductos hacia las unidades terminales, como máximo a 1,2 m, al objeto de reducir las pérdidas de presión, exigiéndose además que se instalen totalmente extendidos. Las rugosidades absolutas que considerar para diferentes tipos de conducciones son, de menos a más, las siguientes, según ASHRAE (2005 Handbook, Fundamentals, página 35.7):

- Conductos de aluminio: 0,03mm.
- Conductos de chapa de acero galvanizado: desde 0,09 a 0,15mm.
- Conductos rígidos de fibra o revestimientos interiores de conductos: 0,9mm.
- Conductos flexibles de cualquier tipo, totalmente extendidos: 3mm.

### **5.1.5.9 Pasillos**

---

Los pasillos y los vestíbulos pueden emplearse como recintos de paso para extraer directamente el aire o para la extracción del aire de ventilación desde los locales de servicio, considerando en todo momento el cumplimiento de las condiciones impuestas por la normativa en materia de incendios.

### **5.1.5.10 Señalización de conductos**

---

La señalización de las conducciones se hará de acuerdo con la normativa.

## **5.1.6 Instalación de ventilación**

---

Las instalaciones de ventilación son las encargadas de extraer o introducir aire del exterior en un ambiente o zona interior de las edificaciones. La ventilación de locales está regulada por el RITE, que determina los caudales mínimos de cada local, en función de su uso y ocupantes.

Es necesaria en los recintos para:

- Aportar aire nuevo con oxígeno para la respiración de las personas.
- Extraer el aire viciado producido por la respiración, humos, gases, incluidos los generados en los ambientes de trabajo (\*), etc.
- Rebajar la temperatura interior en locales no climatizados.

(\*) Especialmente en:

- Cocinas.
- Extracción de humos en garajes de automóviles.
- Extracción de gases en zonas de pintura.
- Extracción de aire en zonas de soldaduras.
- Renovación de ambientes en locales cerrados, cines, auditorios, discotecas, locales de pública concurrencia, etc.
- Ventilación en instalaciones agropecuarias, granjas para rebajar la temperatura del ambiente.
- Ventilación en automóviles.

#### **5.1.6.1 Clasificación de los sistemas de ventilación**

---

La ventilación de los locales se realiza por diferentes sistemas, bien por sobrepresión (impulsión de aire del exterior hacia el local a ventilar, saliendo éste por rejillas o puertas), bien por depresión (mediante extractores).

Atendiendo a lugar donde se instalen y a la aplicación para la que se diseñan los sistemas de ventilación se clasifican en:

- De extracción localizada (fundamentalmente en industrias, cocinas, etc.) mediante instalación de campanas.
- De extracción centralizada (locales de pública concurrencia, centros comerciales, edificios administrativos y de oficinas, garajes, etc.) con instalación de una red de conductos.

### **5.1.6.2 Componentes de las instalaciones de ventilación**

Genéricamente, una instalación de ventilación está compuesta por los siguientes elementos:

- Ventiladores: máquinas que hacen moverse el aire al generar una presión.
- Conducciones: por donde circula el aire de un local a otro.
- Elementos de difusión: rejillas o bocas de entrada y salida de aire.
- Elementos accesorios: compuertas, mandos, reguladores.

A) Ventiladores: Generan una corriente de aire y normalmente son de accionamiento eléctrico, estando caracterizados y definidos por su curva de presión (mm.d.c.a.) - caudal (m<sup>3</sup>/h) para cada velocidad, facilitándose otros parámetros (potencia, nivel sonoro, régimen de giro, etc.). Están compuesto por: Motor de accionamiento (generalmente eléctrico, monofásico o trifásico), Rotor con forma de hélice o de rodete con álabes o palas (de chapa de acero, aluminio, poliéster, o plástico) y Envolvente o carcasa, de tipo caracol o tubular. Los ventiladores se pueden acoplar en serie o en paralelo. Por su configuración, los ventiladores pueden ser de tres tipos:

- Axiales o helicoidales: El flujo se induce en la dirección del eje por presión de las palas.
- Centrífugos: El flujo se induce dentro del rodete, y sale perpendicular al eje, por centrifugación.
- Tangenciales: El flujo atraviesa el rodete perpendicular al eje.

Los ventiladores axiales, a su vez se clasifican en:

- De pala libre.
- Ventiladores murales o de pared. Trabajan a descarga libre, sin ningún conducto. Se denominan de acuerdo con su diámetro (300, 400, 600), con presiones de 10 a 30mm.d.c.a.
- Ventiladores tubulares. Dotados con una envolvente tubular, que canaliza el flujo. Producen una mayor presión con grandes caudales, utilizados principalmente en

garajes y extracciones localizadas con un pequeño conducto. Su presión disponible va de 10 a 25mm.d.c.a.

Por su presión en los ventiladores, a su vez, se clasifican en:

- Baja presión: presión de 10 a 100mm.d.c.a. Dan un gran caudal. Se denominan de acuerdo con las medidas del rodete, ancho por diámetro (20/20 = 20 cm ancho y 20 cm de rodete). Pueden construirse envueltos por una caja, denominándose “cajas de ventilación”.
- Media presión: de 100 a 800mm.d.c.a. Tienen un rodete de mayor diámetro y son más estrechos. Se utilizan en extracciones localizadas y para aspirar o arrastrar partículas.
- Alta presión: presiones hasta 1500mm.d.c.a. Se utilizan en aplicaciones de transporte de polvos y otras aplicaciones industriales.

Por sus condiciones de funcionamiento:

- Ambientes normales: Cuando el aire a mover es el normal.
- Ambientes agresivos: Construidos con materiales capaces de resistir el gas a mover, como vapores ácidos, corrosivos, partículas, etc.
- Ambientes de alta temperatura: Para mover humos y gases a alta temperatura. Empleados en garajes y túneles, deben de soportar una temperatura en caso de incendio de 400° C durante 2 horas.

Por su accionamiento:

- Accionamiento directo: llevan el motor eléctrico acoplado al eje de rotación del ventilador.
- Transmisión por correas: el motor eléctrico está desplazado, y mediante dos poleas, transmite su potencia al ventilador.

B) Rejillas y difusores: los difusores podrán ser cuadrados, con plenum, circulares y lineales, construido en perfil de aluminio extruido. Las rejillas y difusores para la distribución de aire a los locales estarán contruidos con un material inoxidable o tratado en forma que se garantice su inalterabilidad por el aire húmedo Las rejillas y

difusores se suministrarán con una junta elástica que impida, una vez montadas, todo escape de aire entre la pared o techo y el marco de la rejilla o el aro exterior del difusor. En caso de estar dotados de un dispositivo de regulación de caudal, dicho dispositivo será fácilmente accionable desde la parte frontal de la rejilla o difusor. No producirá ruidos de vibración y en su posición de cerrado al 50 por 100 (50%) no producirá un incremento en el nivel de presión sonora respecto al de apertura completa, superior a 2 NC para caudal de funcionamiento.

Las difusiones podrán montarse con o sin dispositivo de regulación e instalados con puente de montaje, homologado.

### **5.1.6.3 Regulación**

---

La regulación de una instalación de ventilación dependerá del tipo de funcionamiento de la misma, distinguiéndose entre las siguientes:

- Funcionamiento permanente durante la actividad: Mediante interruptor propio, o conectado el sistema a la iluminación del local (se utiliza en fábricas, aseos, etc.).
- Funcionamiento intermitente: su arranque o paro lo gobierna un temporizador, cuyo intervalo se ajusta según las necesidades (se usa en almacenes, garajes, salones, etc.).
- Funcionamiento según la ocupación del local: instalando un medidor de nivel de CO<sub>2</sub>, que indique si el ambiente precisa ser renovado. Se emplea en grandes salones públicos, discotecas, cines, etc., manteniendo un nivel de CO<sub>2</sub> inferior a 0,1%.

### **5.1.6.4 Condiciones a satisfacer por la instalación de ventilación en materia de aislamiento acústico impuesta por el CTE**

---

Se aislarán los conductos y conducciones verticales de ventilación que discurren por recintos habitables y protegidos dentro de una unidad de uso. Cuando estén adosados a elementos de separación verticales entre unidades de uso diferentes o fachadas, se revestirán de tal forma que no se disminuya el aislamiento acústico del elemento de separación y se garantice la continuidad de la solución constructiva.

## **5.2 Condiciones específicas de eficiencia energética y de seguridad que deben cumplir los generadores de calor y frío y de sus instalaciones auxiliares y anexas**

### **5.2.1 Generador de calor**

Obligatoriamente deberán satisfacer los requisitos que el RITE establece en cuanto a eficiencia energética y de fraccionamiento de potencia. No podrán instalarse calderas de las siguientes características a partir de las fechas indicadas:

- Calderas atmosféricas (01.01.2010).
- Calderas con marcado de prestación energética según RD 275/1995 de 24 de febrero, de 1 estrella (01.01.2010).
- Calderas con marcado de prestación energética según RD 275/1995 de 24 de febrero, de 2 estrellas (01.01.2012).

En función de la potencia térmica nominal de la instalación y del tipo de combustible (líquido o gaseoso), se instalará 1 generador (Pot < 400 kW. para uso conjunto de calefacción y ACS) o se instalarán 2 generadores en instalaciones de Pot > 400 kW. Los requisitos de rendimiento energético de las calderas de 4 kW. a 400 kW. de potencia nominal, alimentadas con combustibles fósiles líquidos y gaseosos, a la potencia nominal y a la carga parcial del 30%, a la temperatura media del agua que indique el fabricante., quedan establecidos por el RD 275/1995 de 24 de febrero, transposición de la Directiva Europea 92/42/CEE (RD 275 de 1995).

Los generadores de calor que empleen combustibles gaseosos dispondrán obligatoriamente de certificación de conformidad. Estarán equipados con un interruptor de flujo. Los que empleen combustibles líquidos (no gaseosos) tendrán dispositivos para interrumpir el funcionamiento del quemador, tanto en caso de retroceso de los productos de la combustión como en la situación de superarse la temperatura de diseño, siendo este último de rearme manual.

Si se emplean biocombustibles, el generador de calor dispondrá de los siguientes elementos de seguridad: dispositivos para interrumpir el funcionamiento del quemador, tanto en caso de retroceso de los productos de la combustión como en la situación de

superarse la temperatura de diseño, siendo este último de rearme manual. También estará dotado con sistemas de eliminación del calor residual de la caldera y válvula de seguridad tarada 1 bar por encima de su presión de trabajo, siendo conducida su descarga a sumidero. Al menos su rendimiento será, a plena carga del 75%. En cualquier circunstancia, se exigirá el cumplimiento del reglamento de aparatos a presión, así como el marcado CE. Los generadores de calor por radiación, aparatos de generación de aire caliente y equipos de absorción de llama directa, que empleen combustibles gaseosos incluidos en el RD 1428/1992 de 27 de noviembre cumplirán dicha reglamentación. La evacuación de los productos de la combustión y la ventilación de locales donde se instalen estos equipos, asimismo cumplirán la legislación vigente.

### **5.2.2 Generador de frío**

---

Obligatoriamente deberán satisfacer los requisitos que el RITE establece en cuanto a eficiencia energética y de fraccionamiento de potencia. Se exigirá al fabricante de los equipos frigoríficos las prestaciones energéticas de los mismos (EER para el régimen de refrigeración y COP para el de bomba de calor) al variar la carga desde el máximo hasta el límite inferior de parcialización en las condiciones de diseño. Si el equipo dispone de etiquetado energético, éste indicará la clase de eficiencia energética del mismo. Para una máquina de acondicionamiento de tipo doméstico deberá proporcionarse la siguiente información:

- Parte para la identificación del fabricante.
- Modelo de equipo • Clase energética a la que pertenece (de A a G).
- Logotipo de etiquetado ecológico (en su caso).
- Consumo anual en condiciones estándar, kWh/año.
- Potencia de refrigeración, kW.
- Índice de eficiencia energética.
- Tipo de aparato.
- Clase de eficiencia energética en bomba de calor
- Ruido, dB.

Esta información es válida para sistemas aire-aire y agua-aire, con potencia frigorífica hasta 12 kW, de tipo split, multi-split, compactos y portátiles, en modo frío o bomba de calor.

Cuando se empleen torres de refrigeración, se deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los equipos deben instalarse en lugares aislados y alejados de lugares con riesgo de exposición, preferentemente en la cubierta de los edificios.
- Los aparatos deben situarse a sotavento de los lugares antes citados, en relación con los vientos dominantes en la zona de emplazamiento.
- Los equipos deben estar dotados de separadores de gotas de eficiencia muy elevada; el caudal de agua arrastrado será inferior al 0,05% del caudal de agua en circulación, como se ha comentado anteriormente.
- Los equipos se situarán en lugares accesibles y deben tener puertas amplias y de fácil acceso.
- Sus superficies interiores serán lisas y sin obstáculos para facilitar las operaciones de limpieza y desinfección.
- Los paneles de cerramiento serán desmontables para facilitar las operaciones de limpieza y desinfección del material de relleno.
- La bandeja tendrá un pozo en el que se acumule la suciedad; el pozo debe estar equipado de válvula de vaciado. Se recomienda que la bandeja trabaje en seco, recogiendo el agua por gravedad en un tanque cerrado situado en un lugar resguardado de la intemperie.
- Los materiales del aparato serán resistentes a fuertes concentraciones de desinfectantes, particularmente de cloro. Se recomienda evitar el empleo de materiales basados en celulosa.
- Asimismo, las torres de refrigeración estarán dotas de los siguientes sistemas:
  - Un sistema de filtración para eliminar la contaminación producida por sustancias sólidas procedentes del ambiente (hojas, insectos, etc.).
  - Un sistema de tratamiento químico, fisicoquímico o físico con el fin de reducir la acumulación de depósitos calcáreos.
  - Un sistema de tratamiento químico, fisicoquímico o físico para evitar la acción de la corrosión sobre las partes metálicas del circuito.
  - Un sistema permanente de tratamiento por medio de agentes biocidas, sistema físico o químico-físico.

Además, las torres deben estar dotadas de un sistema de purga automática para controlar la concentración de sales en el circuito.

### 5.2.3 Salas de máquinas

Se considera como “Sala de máquinas” aquel recinto donde se alojan los generadores térmicos y otros equipos auxiliares, así como los accesorios necesarios para su funcionamiento, cuando la suma de las potencias térmicas nominales instaladas de los generadores sea mayor que 70 kW. Se consideran parte de la sala de máquinas los locales a los que se acceda desde la misma sala, que comuniquen con el resto del edificio o con el exterior.

No tendrán consideración de salas de máquinas:

- Los recintos que contengan equipos cuya suma de potencia sea menor que 70 kW.
- Los recintos con generadores de aire caliente, tubos radiantes de gas o aparatos similares, siempre que se tengan en cuenta los requisitos de ventilación de la norma UNE-EN 13410.
- Los equipos de generación de frío y calor de cualquier potencia, diseñados para ser instalados en exteriores, con fluido portador aire o agua. Alrededor de los cuatro lados de estos equipos se dejarán las distancias para ventilación y mantenimiento determinadas por el fabricante.

En todo caso se deberá cumplir las condiciones de riesgo de incendio, en función de las potencias, que para estas salas de máquinas impone el CTE (tabla 2.1 del DB-SI del CTE). La sala de máquina tendrá un camino desde su interior hacia el exterior por el que se podrá pasar con el equipo más pesado y voluminoso contenido en la misma sin dificultad alguna y sin necesidad de tener que eliminar del camino elementos constructivos o puertas. La distancia entre generadores de calor y entre éstos y las paredes de la sala de máquinas contemplará la posibilidad de abrir la puerta frontal sin necesidad de desmontar el quemador.

La distancia mínima entre equipos y entre éstos y los cerramientos no será nunca inferior a 80 cm. En la parte frontal de calderas y máquinas frigoríficas deberá existir un espacio libre de longitud igual, por lo menos, a la del equipo, con el fin de poder efectuar las operaciones de limpieza de los tubos de los intercambiadores de calor. La altura de este espacio deberá ser la que marque el haz de tubos.

En cualquier caso, la altura mínima del techo de la sala de máquinas será de 2,5m. En caso de sala de máquinas para calderas de combustible sólido, el diseño de la situación de los generadores y el silo de almacenamiento y de los espacios alrededor de los diferentes componentes se hará siguiendo las instrucciones del fabricante.

Los requisitos mínimos de ventilación de las salas de máquinas están indicados en el RAP (Reglamento de Aparatos a Presión, MIE-AP1 capítulo 5) para los generadores de calor y en el RSF (Reglamento de Seguridad para plantas e instalaciones Frigoríficas, MI IF 007) para generadores de frío. Se procurará que las salas de máquinas estén situadas en contacto con el ambiente exterior, de manera que la ventilación tenga lugar siempre por medios naturales (ventilación natural directa por aperturas, por ejemplo, en las cubiertas de los edificios). En cualquier caso, todas las aberturas de ventilación estarán protegidas por medio de rejillas y mallas metálicas antiinsectos. Las entradas de aire se harán en la parte inferior de las paredes, con área libre mínima de 5 cm<sup>2</sup> por cada kW de potencia térmica instalada.

Además, en la parte superior de las paredes se practicarán aberturas de superficie igual, por lo menos, a una milésima parte de la superficie en planta de la sala de máquinas. Cuando sea posible, las aberturas se practicarán en diferentes fachadas, para favorecer la creación de corrientes de aire por efecto de los vientos. En la sala de máquinas, concretamente, los elementos antivibratorios se deberán instalar a la salida de las tuberías de la misma. En la sala de máquinas deberá figurar el esquema de principio de la instalación, dividido en uno o más planos, según el tamaño de los mismos.

Las instrucciones de seguridad, manejo y mantenimiento de la instalación deberán estar disponibles en cualquier momento, junto con la memoria técnica, los planos "as built" y los manuales de todos los equipos.

### **5.3 Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones térmicas**

---

Los equipos y materiales que se incorporen con carácter permanente a los edificios, en función de su uso previsto, llevarán el marcado CE, siempre que se haya establecido su entrada en vigor, de conformidad con la normativa vigente. Por tanto, la Dirección

Facultativa velará porque todos los materiales, productos, sistemas y equipos que formen parte de la instalación térmica en los edificios sean de marcas de calidad (UNE, EN, CE, AENOR, etc.), y dispongan de la documentación que acredite que todas sus características (mecánicas, eléctricas, de eficiencia energética, etc.) se ajustan a la normativa vigente, así como de los certificados de conformidad con las normas UNE, EN, CE u otras que le sean exigibles por normativa o por prescripción del proyectista y por lo especificado en el presente Pliego de Condiciones Técnicas Particulares. La Dirección Facultativa asimismo podrá exigir muestras de los materiales a emplear y sus certificados de calidad, ensayos y pruebas de laboratorios, rechazando, retirando, desmontando o reemplazando dentro de cualquiera de las etapas de la instalación los productos, elementos o dispositivos que a su parecer perjudiquen en cualquier grado el aspecto, seguridad o bondad de la obra.

Cuando proceda hacer ensayos para la recepción de los productos o verificaciones para el cumplimiento de sus correspondientes exigencias técnicas, según su utilización, estos podrán ser realizadas por muestreo u otro método que indiquen los órganos competentes de las Comunidades Autónomas, además de la comprobación de la documentación de suministro en todos los casos, debiendo aportarse o incluirse, junto con los equipos y materiales, las indicaciones necesarias para su correcta instalación y uso debiendo marcarse con las siguientes indicaciones mínimas:

- Identificación del fabricante, representante legal o responsable de su comercialización.
- Marca y modelo.
- Potencia térmica nominal.
- Etiquetado energético y clase.
- Cualquier otra indicación referente al uso específico del material o equipo, asignado por el fabricante.

El contratista o instalador autorizado entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en idioma español para facilitar su correcta interpretación. Los equipos y materiales llevarán marcado CE, siempre que se haya establecido su entrada en vigor, de conformidad con la normativa vigente. La

certificación de conformidad de los equipos y materiales, con los reglamentos aplicables y con la legislación vigente, se realizará mediante procedimientos establecidos en la normativa correspondiente. Se aceptarán marcas, sellos, certificaciones de conformidad u otros distintivos de calidad voluntarios, legalmente concedidos en cualquier Estado miembro de la Unión Europea, en un Estado integrante de la Asociación Europea de Libre Comercio que sea parte contratante del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, o en Turquía, siempre que sean éstos reconocidos por la Administración pública competente así como garanticen un nivel de seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente, equivalente a las normas aplicables en España. Se aceptan, para su instalación y uso en los edificios, los productos procedentes de otros Estados miembros de la Unión Europea o de un Estado integrante de la Asociación Europea de Libre Comercio que sea parte contratante del Espacio Económico Europeo, o de Turquía que cumplan lo exigido en cuanto a certificación de conformidad. Antes de la puesta en servicio de todos los elementos éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad. El Ingeniero-Director rechazará todas aquellas partes de la instalación térmica que no cumplan los requisitos para ellas exigidas, obligándose la empresa instaladora autorizada o Contratista a sustituirlas a su cargo.

Se cumplirán, además, todas las disposiciones legales que sean de aplicación en materia de seguridad y salud en el trabajo.

### **5.3.1 Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones de calefacción**

---

Concretamente a continuación se indican las condiciones particulares de control para la recepción de los equipos y materiales de las instalaciones de calefacción. Todos los equipos y materiales deberán llevar el marcado CE.

**Generadores de calor (calderas, bombas de calor):** - Identificación, según especificaciones de proyecto. - Distintivo de calidad: Marca de Calidad homologada por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MICT). Por cada equipo se hará una inspección de la instalación de calderas, de su correcta colocación, uniones, dimensiones, etc. Asimismo, se comprobará su anclaje a los soportes e instalación de mecanismos necesarios para no transmitir ruidos ni vibraciones.

**Calderas:** Marca CE según las Directivas Europeas: Gas 90/396/CEE, rendimiento 92/42/CEE y baja tensión 72/23 CEE. Alto rendimiento.

**Depósitos de combustibles líquidos:** Prueba de presión por parte del Contratista. Comprobación de datos/características en placa identificativa: nombre del fabricante, fecha de construcción, Potencia, etc.

**Quemadores:** Identificación, según especificaciones de proyecto. - Distintivo de calidad: Marca de Calidad homologada por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (MICT).

**Tuberías:** Comprobación de diámetros, fijaciones, uniones y recubrimientos de minio, calorifugado, y distancias mínimas.

El resto de los componentes de la instalación deberán recibirse en obra conforme a: la documentación del fabricante, marcado de calidad, la normativa si la hubiere, especificaciones del proyecto y a las indicaciones de la Dirección Facultativa durante la ejecución de las obras.

**Elementos terminales:** Identificación, según especificaciones de proyecto. - Distintivo de calidad, marcado CE.

Asimismo, aquellos materiales no especificados en el presente proyecto que hayan de ser empleados para la realización del mismo, dispondrán de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

### **5.3.2 Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones de aire acondicionado**

---

Concretamente a continuación se indican las condiciones particulares de control para la recepción de los equipos y materiales de las instalaciones de aire acondicionado. Los materiales y componentes tendrán las características definidas en la documentación del fabricante, en la normativa correspondiente, en proyecto y por la Dirección facultativa. Llevarán una placa en la que se indique el nombre del fabricante, el modelo, número de serie, características y carga de refrigerante. Se harán controles de la puesta en obra en

cuanto a la situación de elementos, dimensiones, fijaciones, uniones, y calidad de los elementos y de la instalación.

**Superficies frías de equipos frigoríficos:** Espesor del aislamiento térmico. El resto de los componentes de la instalación deberán recibirse en obra conforme a: la documentación del fabricante, marcado de calidad, la normativa si la hubiere, especificaciones del proyecto y a las indicaciones de la Dirección Facultativa durante la ejecución de las obras. Asimismo, aquellos materiales no especificados en el presente proyecto que hayan de ser empleados para la realización del mismo, dispondrán de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

Control y aceptación de los elementos y equipos que conforman las instalaciones solares térmicas a baja temperatura en los edificios En general la empresa instaladora o en su caso el Ingeniero Director de las obras, cuando la participación de este último sea preceptiva, realizarán los controles relativos a:

- a) Control de la recepción en obra de equipos y materiales.
- b) Control de la ejecución de la instalación.
- c) Control de la instalación terminada.

### **5.3.3 Controles que realizar en la recepción, sobre la documentación y de los distintivos de calidad de materiales y equipos**

---

#### **5.3.3.1 Recepción de materiales y equipos en obra**

---

Por parte del Ingeniero-Director de las obras y en el momento de acopiar los materiales y equipos, se comprobarán que las características técnicas de los suministrados, satisfacen lo exigido en el presente proyecto (o memoria técnica) mediante control de la documentación de los suministros, control mediante distintivos de calidad y control mediante ensayos y pruebas. Asimismo, se comprobará que los equipos y materiales recibidos corresponden a los especificados en el presente pliego de condiciones del proyecto o en la memoria técnica, disponen de la documentación exigida, cumplen con las propiedades exigidas en el proyecto o memoria técnica y han sido sometidos a los ensayos y pruebas exigidos por la normativa en vigor o cuando así se establezca en el pliego de condiciones.

Se utilizarán materiales, en contacto con el agua de consumo humano, capaces de resistir una desinfección mediante elevadas concentraciones de cloro u otros desinfectantes o por elevación de temperaturas, evitando aquellos que favorezcan el crecimiento microbiano y la formación de biocapa en el interior de la instalación.

### **5.3.3.2 Verificación de la documentación de materiales y equipos**

El instalador autorizado o el Ingeniero-Director de la obra, cuando la participación de este último sea preceptiva, verificará la documentación facilitada por los suministradores de los equipos y materiales, los cuales entregarán los documentos de identificación exigidos por las disposiciones de obligado cumplimiento y por el proyecto o memoria técnica. En cualquier caso, esta documentación comprenderá al menos los siguientes documentos:

- a) Documentos de origen, hoja de suministro y etiquetado.
- b) Copia del certificado de garantía del fabricante, de acuerdo con la Ley 23/2003, de 10 de julio, de garantías en la venta de bienes de consumo.
- c) Documentos de conformidad o autorizaciones administrativas exigidas reglamentariamente, incluida la documentación correspondiente al mercado CE, cuando sea pertinente, de acuerdo con las disposiciones que sean transposición de las Directivas Europeas que afecten a los productos suministrados.

Además, se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes que integran la instalación. Por motivos de seguridad y operación de los equipos, las indicaciones, instrucciones, etiquetas, etc. de los mismos estarán en idioma español.

### **5.3.3.3 Control de recepción de materiales y equipos mediante distintivos de calidad**

También se realizará un control de recepción mediante distintivos de calidad, por parte del el instalador autorizado y el Ingeniero-Director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, los cuales verificarán que la documentación proporcionada por los suministradores sobre los distintivos de calidad que ostenten los equipos o materiales suministrados, que aseguren las características técnicas exigidas en el proyecto o memoria técnica sea correcta y suficiente para la aceptación de los equipos y materiales amparados por ella.

Finalmente se realizará un control de recepción mediante ensayos y pruebas, al objeto de verificar el cumplimiento de las exigencias técnicas del RITE, puede ser necesario, en determinados casos y para aquellos materiales o equipos que no estén obligados al marcado CE correspondiente, realizar ensayos y pruebas sobre algunos productos, según lo establecido en la reglamentación vigente, o bien según lo especificado en el proyecto o memoria técnica u ordenado por el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva.

Se vigilará que todos los equipos que consumen energía lleven la correspondiente etiqueta de eficiencia energética que, en una escala de siete valores, de la letra A a la letra G, indique la categoría a la que pertenece el equipo.

#### **5.3.3.4 Tipos de controles a efectuar por cada elemento**

##### **Sistema de captación:**

Certificación emitida por el organismo competente en la materia según lo regulado en el RD 891/1980 de 14 de Abril, sobre homologación de los captadores solares y en la Orden de 28 de Julio de 1980 por la que se aprueban las normas e instrucciones técnicas complementarias para la homologación de los captadores solares, o la certificación o condiciones que considere la reglamentación que lo sustituya. Todos serán del mismo modelo y fabricante. Coeficiente global de pérdidas, referido a la curva de rendimiento en función de la temperatura ambiente y temperatura de entrada, menor de 10 Wm<sup>2</sup>/°C.

##### **Aislantes térmicos:**

Los materiales aislantes térmicos empleados para aislamiento de conducciones, aparatos y equipos, así como los materiales para la formación de barreras antivapor, cumplirán lo especificado en la normativa que le sea de aplicación. Las características básicas exigibles a los materiales empleados para el aislamiento térmico son: Conductividad térmica, Densidad aparente, Permeabilidad al vapor de agua y Absorción de agua por volumen.

##### **Tuberías y accesorios:**

Las tuberías y sus accesorios cumplirán los requisitos de las normas UNE correspondientes, en relación con el uso al que vayan a ser destinadas.

**Válvulas:**

Cumplimiento de requisitos de las normas correspondientes. El fabricante deberá suministrar la pérdida de presión a obturador abierto (o el CV) y la hermeticidad a obturador cerrado a presión diferencial máxima.

**Conductos y accesorios:**

Las pruebas de recepción de conductos metálicos se realizarán bajo la norma UNE-EN 1507. Se verificarán el tipo de material suministrado en los conductos, así como la comprobación de la inexistencia de materiales sueltos dentro de los conductos y la comprobación de inexistencia de rugosidades en las superficies internas de los conductos. Las canalizaciones de aire y accesorios cumplirán lo establecido en las normas UNE que les sean de aplicación. También cumplirán lo establecido en la normativa de protección contra incendios que les sea aplicable.

**Chimeneas y conductos de humos:**

Los materiales con que se construyen los conductos de humos para la evacuación al exterior de los productos de la combustión de los generadores de calor cumplirán lo indicado en UNE 123001. Las chimeneas modulares metálicas cumplirán lo prescrito en la normativa sobre homologación que les afecta.

**Unidades de tratamiento y unidades terminales:**

Se verificarán el tipo de material suministrado en las unidades, así como la comprobación de inexistencia de rugosidades en las superficies internas.

**Sistemas de control de humos y calor:**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004) Aireadores naturales de extracción de humos y calor. UNEEN12101- 2. Aireadores extractores de humos y calor. UNE-ENE12101-3.

### **Paneles radiantes montados en el techo alimentados con agua a una temperatura inferior a 120 °C:**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por resolución de 28 de junio de 2004 (BOE 16/07/2004).

### **Radiadores y convectores:**

Obligatoriedad del marcado CE para estos productos aprobada por resolución de 1 de febrero de 2005 (BOE 19/02/2005).

### **Suelos y techos radiantes:**

Marcado AENOR. El resto de los componentes de las instalaciones térmicas deberán recibirse en obra conforme a: la documentación del fabricante, marcado de calidad, la normativa si la hubiere, especificaciones del proyecto y a las indicaciones de la Dirección Facultativa durante la ejecución de las obras.

Asimismo, aquellos materiales no especificados en el presente proyecto que hayan de ser empleados para la realización del mismo dispondrán de marca de calidad y no podrán utilizarse sin previo conocimiento y aprobación de la Dirección Facultativa.

## **6 DE LA EJECUCIÓN O MONTAJE DE LA INSTALACIÓN TÉRMICA**

### **6.1 Condiciones generales**

---

La ejecución de las Instalaciones Térmicas en los Edificios se realizará por empresas instaladoras autorizadas y se llevará a cabo con sujeción al proyecto o memoria técnica, según corresponda, y se ajustará a la normativa vigente. Esta documentación deberá estar disponible al momento de completarse la instalación. Las modificaciones que se pudieran

realizar al proyecto (o memoria técnica) deberán ser autorizadas y documentadas por el Ingeniero-Director de la obra, cuando la participación de este último sea preceptivo, previa conformidad de La Propiedad o titular de la instalación. Aquellas instalaciones que requieran la redacción de un proyecto, de acuerdo con el artículo 15 del RITE, se ejecutarán bajo la dirección de un técnico titulado competente (Ingeniero-Director), en funciones de Director de la obra. Durante la ejecución e instalación de los materiales, accesorios y productos de construcción en la instalación interior, se utilizarán técnicas apropiadas al objeto de no empeorar la calidad del agua suministrada y en ningún caso incumplir los valores paramétricos establecidos en el Anexo I del Real Decreto 140/2003. La ejecución de las instalaciones térmicas y preinstalaciones, entendidas como instalaciones especificadas, pero no montadas parcial o totalmente, deben ser ejecutadas de acuerdo al proyecto (o memoria técnica) que las diseñó y dimensionó. El instalador autorizado o el Ingeniero-Director de la obra, cuando la participación de este último sea preceptiva, realizarán los controles de recepción en obra de equipos y materiales, el control de la ejecución de la instalación y el control de la instalación terminada. La instalación térmica incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro. Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la misma.

El transporte, manipulación y empleo de los materiales se hará de forma que no queden alteradas sus características ni sufran deterioro sus formas o dimensiones. Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas, asegurando incluso la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente. Todos los componentes que sean suministrados con aislamiento de fábrica cumplirán su normativa específica en materia de aislamiento.

## **6.2 Comprobaciones iniciales**

Se comprobará que todos los elementos y componentes de la instalación térmica coinciden con su desarrollo en el proyecto, y en caso contrario se redefinirá en presencia de la

Dirección Facultativa. Se marcará por Instalador autorizado y en presencia de la Dirección Facultativa el lugar de montaje los diversos componentes de la instalación.

### **6.3 Control durante la ejecución de la instalación**

Éste se realizará de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto (o de la memoria técnica sustitutiva), y las modificaciones autorizadas por el instalador autorizado o el Ingeniero-Director de la obra, cuando la participación de este último sea preceptiva. Se comprobará que la ejecución de la obra se realiza de acuerdo con los controles establecidos en el presente Pliego de Condiciones Técnicas. Cualquier modificación o replanteo a la instalación que pudiera introducirse durante la ejecución de su obra, debe ser reflejada en la documentación de la obra. Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del Ingeniero-Director de la instalación cuando la participación de este último sea preceptiva, quien debe dar su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos. Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación. Cuando para extender el certificado de la instalación sea necesario disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará, a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas por parte del instalador autorizado o por el Ingeniero-Director de la obra a los que se refiere el RITE, y bajo su responsabilidad.

### **6.4 Montaje de los elementos**

#### **6.4.1 Condiciones acústicas a satisfacer y contemplar en el montaje de los elementos**

Los equipos se instalarán sobre soportes elásticos antivibratorios cuando se trate de equipos pequeños y compactos. Cuando se trate de equipos que no posean una base propia y necesiten la alineación de sus componentes (por ejemplo, motor y ventilador o bomba), se necesitará una bancada suficientemente rígida para soportar los esfuerzos causados por el movimiento y de masa e inercia suficiente para evitar el paso de vibraciones al edificio. Los equipos se conectarán a las conducciones mediante conexiones flexibles. No se instalarán silenciadores en salidas de humos de calderas, de cocinas o de laboratorios por el enorme riesgo de ensuciamiento. Las bombas deben instalarse de manera que la presión absoluta del fluido en la boca de succión sea siempre mayor que la

presión de saturación del fluido a la temperatura de funcionamiento, para evitar que las burbujas de vapor colapsen y, en consecuencia, se produzcan ruidos y la eventual destrucción del rodete. Se evitará el paso de las vibraciones de las conducciones a los elementos constructivos mediante sistemas antivibratorios como pasamuros, coquillas, manguitos elásticos, abrazaderas y suspensiones elásticas. Para las tuberías empotradas se emplearán siempre envolturas elásticas. Las tuberías vistas estarán recubiertas por un material que proporcione un aislamiento acústico a ruido aéreo mayor que 15 dB. El anclaje de tubería se realizará a elementos constructivos de masa unitaria mayor que 150 kg/m<sup>2</sup>. La velocidad de circulación del agua en los sistemas mixtos (calefacción y refrigeración) situados en el interior de las viviendas se limitará a 1 m/s. En conductos vistos se amortiguará adecuadamente la transmisión de ruido aéreo.

Los sistemas de conductos para el transporte de aire de ventilación y de acondicionamiento estarán aislados del ruido generado por los ventiladores y la misma circulación de aire mediante revestimientos interiores de material absorbente y/o atenuadores acústicos, dimensionados de manera que la atenuación sea mayor que 40 dB a la llegada a los elementos de difusión y retorno de aire.

Se evitará el empleo de revestimientos interiores en conductos de chapa por las siguientes razones:

- Dificultad que presentan para la instalación de registros de inspección, según la norma UNE-EN 12097.
- Dificultad para efectuar las operaciones de limpieza interior La difusión y el retorno de aire en los locales se harán mediante unidades terminales diseñadas de manera que el nivel generado de potencia sonora no supere los valores indicado en la ecuación (3.36) del apartado 3.4.3.2 del CTE.

#### **6.4.2 Instalación de calefacción**

Todos los equipos y componentes deben ser fácilmente accesibles para la revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección. Las calderas y bombas de calor quedarán bien ancladas a los soportes, disponiendo de los mecanismos necesarios para que no transmitan ruidos ni vibraciones, cumpliendo además lo expuesto en la condición acústica anterior. La

evacuación de los productos de la combustión se realizará siempre por la cubierta del edificio, empleándose una chimenea metálica prefabricada, de sección circular, debidamente aislada cuando se trate de calderas convencionales y de baja temperatura. Las terminaciones de las chimeneas será de tal manera que se favorezca la dispersión de los productos de la combustión al exterior y, al mismo tiempo, se minimice la entrada del agua de lluvia. Los tubos de calefacción se mantendrán a una distancia mínima de 25 cm. del resto de instalaciones, ejecutados con los recorridos más cortos posible evitando los cambios de dirección y sección. Se instalarán paralelos a la estructura o a escuadra, tendrán tres ejes perpendiculares, quedarán distanciados 3 cm. de los paramentos y en caso de conductos para líquidos tendrán pendientes del 0,5 %. Todos los conductos quedarán aislados térmicamente según condiciones establecidas por el RITE. Si las uniones entre conductos se realizan con brida, se colocará una junta fibrosa o elástica para garantizar la unión. Si las uniones se realizan con rosca, éstas se recubrirán con cáñamo, teflón, u otro material. Si las uniones se realizan mediante soldadura, se asegurará de que están limpios los elementos a unir. Los elementos de consumo (radiadores, etc.) quedarán fijados, nivelados y de forma que se puedan manipular sus llaves. Las válvulas quedarán colocadas en lugares accesibles. Una vez montada la instalación se procederá al equilibrado hidráulico, manipulando las válvulas de asiento de las columnas de retorno y las llaves de doble reglaje de los elementos de consumo (radiadores). En caso de utilizar depósitos enterrados de combustibles, deberán anclarse cuando se prevea riesgo de ascensión por flotabilidad. Si se utiliza arena para el relleno del foso, deberá estar exenta de sales. Las cubetas de depósitos de superficie tendrán el fondo impermeable y con inclinación hacia una tubería de evacuación. Los depósitos de superficie en interiores estarán situados en locales ventilados, colocados sobre tacos de hormigón, y distanciados de la pared un mínimo de 40 cm. Las conducciones colectivas de un edificio se llevarán por patinillos que estarán aislados de los recintos protegidos y de los recintos habitables.

Las unidades terminales de sistemas mixtos de cualquier tipo tendrán válvulas de cierre a la entrada y a la salida del fluido portador para poder efectuar cambios de distribución u operaciones de mantenimiento. Las unidades terminales deberán ser fácilmente accesibles para su limpieza, desinfección, mantenimiento y reparación o sustitución.

#### **6.4.2.1 Calderas de combustibles sólidos**

En instalaciones con calderas de combustibles sólidos con potencia superior a 50kW, se construirá un almacén de cenizas. Su capacidad será superior a dos toneladas (2Tm.) cuando la potencia sea superior a 300 kW. Si la potencia es superior a 1.500kW se instalará un sistema rápido de carga de camiones de escoria. Las paredes y suelo de los almacenes de escorias tendrán una terminación de mortero de cemento, chapa o cualquier otro material apto para resistir, sin deterioro, los esfuerzos y maniobras a que van a ser sometidos. Los depósitos de escorias y cenizas se ocultarán de la vista de los locales o viviendas adyacentes y estarán ventilados al exterior, de tal forma que los gases o polvo que puedan salir no molesten al resto de las edificaciones o la vía pública. La parrilla de las calderas con sistema de carga manual no será superior a dos metros (2m.). Se podrán usar parrillas de hasta tres metros (3m.) de longitud, siempre que se dispongan puertas opuestas. Las calderas de carbón en las que sea necesaria la accesibilidad al hogar, para carga o reparto del combustible, tendrán un espacio libre frontal igual por lo menos, a vez y media la profundidad de la caldera.

#### **6.4.2.2 Calderas de combustibles líquidos y gaseosos**

En el caso de hogares de combustible líquido o gaseoso, no podrá cerrarse por completo el registro de humos que lleve éstos a la chimenea, en caso de no disponer de un dispositivo de barrido de gases, previo a la puesta en marcha. El ajuste de puertas y registros será de forma que se eviten todas las entradas imprevistas de aire que puedan perjudicar el funcionamiento y rendimiento de la caldera. En el caso de hogares presurizados, los cierres impedirán la salida, al exterior de la caldera, de los gases de combustión.

#### **6.4.2.3 Quemadores de combustibles líquidos**

Se montarán, perfectamente alineados con la caldera, sujetos a la misma o a una base soporte. Su funcionamiento será silencioso y no transmitirán vibraciones ni ruidos a la instalación o al suelo y a través de él al resto de la edificación. El nivel de presión sonora máximo (referencia 20  $\mu$ Pa), que los quemadores deben producir en la sala de calderas, no excederá de 70 dB A con todos en marcha, realizando la medida en el centro de la sala a un metro y medio (1,5 m.) de altura. Serán fácilmente accesibles todas las partes de los mismos que requieran limpieza, entretenimiento o ajuste. Para realizar estas operaciones,

se admite la posibilidad de desplazar el quemador de su posición definitiva, siempre que esta operación sea sencilla y se pueda volver con la misma facilidad a su posición de trabajo, sin necesidad de realizar nuevos ajustes en su colocación. Se instalará un dispositivo que impida que siga saliendo combustible, cuando hayan transcurrido como máximo 10 segundos sin que se haya producido la ignición, para quemadores con potencia inferior a 350 kW y como máximo cinco segundos, para potencias superiores. Este control será independiente de los demás. Cuando exista entrada de aire forzado, lo que será obligatorio para potencias superiores a 50 kW, el quemador no inyectará combustible si no funciona el ventilador que provoca la entrada de aire. En estos quemadores existirá, antes de inyectar el combustible, un barrido de los gases que pudieran quedar en el hogar. Cuando el quemador no funcione, se cortará la circulación del aire a través del hogar. El quemador no podrá funcionar, ni impulsar combustible por él, cuando no esté acoplado correctamente a la caldera. Cuando exista impulsión de aire de combustión, lo que será obligatorio para quemadores con potencia superior a 80 kW, el quemador principal no podrá funcionar si el ventilador está fuera de servicio. En quemadores modulantes y de varias etapas, la regulación de aire de combustión será automática. Además de los elementos mencionados anteriormente, estos quemadores tendrán los siguientes elementos de seguridad: Control de llama por célula fotoeléctrica y dispositivos de prebarrido, cuando no existe llama permanente. Se recomiendan dispositivos de postventilación para eliminar los gases de combustión que pudieran quedar en la caldera cuando tengan una potencia útil superior a 2.000 kW. Los barridos y postventilaciones serán, como mínimo, equivalentes a cuatro veces el volumen de la cámara de combustión.

#### **6.4.2.4 Quemadores para combustibles gaseosos**

Todos los quemadores podrán quemar cualquier tipo de gas de la misma familia sin más que cambiar la relación gas/aire. En quemadores modulantes o demás de una etapa, la regulación de aire de combustión será automática. Podrá existir una regulación manual del aire de combustión en quemadores de potencia inferior a 350 kW, que podrá ser bloqueada a voluntad en cualquier posición. El control de aire estará dispuesto de forma que, en caso de perderse o aflojarse el dispositivo de bloqueo, no se reduzca la entrada de aire primario a causa del desplazamiento del dispositivo por la acción de la gravedad. En quemadores modulantes o de varias etapas, la regulación del aire de combustión será automática. No se utilizarán elementos de aluminio en sitios en que se presuma que puede haber

condensaciones o que la temperatura vaya a ser superior a 400° C. Las válvulas que controlen la llama piloto serán fácilmente distinguibles de las que controlen el quemador principal. El funcionamiento del quemador será silencioso, las llamas de las distintas toberas, cuando existan varias, serán uniformes y no se depositarán partículas de materiales carbónicos en ninguna de las partes del quemador ni en la cámara de combustión. En el suministro del quemador se incluirán todos los elementos de seguridad que se indican más adelante, las válvulas automáticas que sean necesarias y en los que el control está realizado por un sistema eléctrico, se incluirá en el suministro un transformador siempre que sea necesario. El quemador estará soportado rígidamente sobre una base incombustible, que puede ser la caldera, sin que los tubos conectados a él estén sometidos a tensión alguna y de forma que sea fácilmente desmontable para cuando su limpieza e inspección así lo requieran. La instalación se realizará de forma que todas las partes y controles puedan ser objeto de inspección, limpieza, ajuste y reparación. En los quemadores con encendido auxiliar, en ningún caso podrá salir gas por las toberas del quemador principal cuando esté en funcionamiento el dispositivo de ignición eléctrica del citado encendido auxiliar. Debe interrumpirse automáticamente la entrada de gas cuando falte entrada de aire impulsado o falte corriente eléctrica.

Estos quemadores tendrán los siguientes elementos de seguridad:

- Control de llama por célula fotoeléctrica o sonda iónica.
- Dispositivo de barrido previo cuando no exista llama permanente.
- Presostatos de mínima de gas.

Los barridos previos serán equivalentes, al menos, a cuatro veces el volumen de la cámara de combustión. En la conducción de gas a quemador deberá existir un filtro adecuado. Se recomienda, además de la electroválvula de quemador, una segunda electroválvula de seguridad para instalaciones que superen los 350kW, de sección y características adecuadas a la instalación. Cuando el quemador tenga partes eléctricas, éstas irán protegidas para soportar, sin perjuicio ninguno para ellas, las temperaturas a que van a ser sometidas. En ningún caso, se instalarán conductores con una sección inferior a un milímetro cuadrado (1 mm<sup>2</sup>) Las instalaciones eléctricas correspondientes a elementos de control o de seguridad, partirán directamente de la acometida general a través de unos fusibles independientes para ella, de forma que el fallo de cualquier fusible de otro aparato

independiente del control (bombas, ventiladores, etc.) no pueda afectar al funcionamiento normal de los controles. En todo caso, si falla el suministro de energía eléctrica, los controles se colocarán automáticamente en la posición que signifique una mayor seguridad. El montaje del quemador estará hecho, en general, con limpieza y cuidado. No tendrá en ninguna de sus partes deformaciones, fisuras ni señales de haber sido sometido a malos tratos antes o durante la instalación. Todas las piezas y uniones del quemador serán perfectamente estancas. Las válvulas que controlen la llama de encendido serán fácilmente distinguibles de las que controlen el quemador principal.

#### **6.4.2.5 Vasos de expansión**

En las instalaciones con vasos de expansión cerrados, se constituye un circuito que a su vez queda también cerrado y que va a ser sometido a aumento de temperatura y presión, colocándose por tanto y obligatoriamente, una válvula de seguridad y un manómetro. El vaso de expansión cerrado se colocará, preferentemente, en la tubería de retorno y del lado de la aspiración de la bomba de recirculación. El vaso de expansión cerrado se colocará de forma que no puedan formarse bolsas de aire. De igual forma que con los vasos de expansión abiertos (salvo mediante válvulas de tres vías y en las condiciones antes mencionadas), en el caso de vasos de expansión cerrados, no se permitirá ninguna válvula que pueda cerrarse y aislar el circuito del propio vaso de expansión cerrado. Se colocará el vaso de expansión en el circuito de retorno, con el fin de evitar que la temperatura del agua no llegue a los límites de trabajo de la membrana. Se evitarán radiaciones cerca del vaso de expansión para proteger la membrana de posibles excesos de temperatura. No deberán colocarse en el conducto de enlace del vaso, llaves de paso o accesorios que puedan interrumpirlo.

#### **6.4.2.6 Radiadores**

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

Se desaconseja su instalación en nicho, pero cuando ésta sea necesaria, el techo del mismo dispondrá de pendiente, de forma que la distancia del radiador al techo sea mayor de sesenta y cinco milímetros (65 mm.) en su parte exterior y de cuarenta milímetros (40 mm.) en la interior. Antes de cada superficie de calefacción se pondrá una válvula de asiento

de doble reglaje (uno de ellos no accesible a los usuarios) para regulación del circuito y del calor emitido por el elemento calefactor. Los elementos calefactores serán fácilmente desmontables, sin necesidad de desmontar parte de la red de tuberías. Todas las válvulas de las superficies de calefacción serán fácilmente accesibles. Cuando las superficies de calefacción estén situadas junto a un cerramiento exterior, se recomienda poner, entre la superficie de calefacción y el muro exterior, un aislamiento de un material apropiado cuya conductancia sea, como máximo de  $1,5 \text{ W/m}^2\text{C}$ . En ningún caso se debilitará el aislamiento del cerramiento exterior por la ubicación en hornacina de la superficie de calefacción. En radiadores de tipo panel, la distancia a la pared podrá ser de dos centímetros y medio (2,5cm.) Si se coloca un radiador recubierto con un envolvente, se tendrá la precaución de que entre la parte superior del radiador y el techo de la envoltura exista una distancia mínima de cinco centímetros (5cm.), así como entre los laterales de la envoltura y el radiador. En cualquier caso, deberán existir aberturas en la parte alta y baja de la envoltura como mínimo de cinco centímetros (5cm.) de altura para facilitar la convección natural. En este caso, además, el acuerdo entre la pared del fondo y el techo se hará de forma que tienda a facilitar la salida de aire situada detrás del radiador. La envoltura del radiador permitirá el fácil acceso a llaves y purgadores. El radiador permanecerá sensiblemente horizontal apoyado sobre todas sus patas o apoyos, cualesquiera que sean las condiciones en que funcione. No ejercerá esfuerzo alguno sobre las canalizaciones. Los radiadores de hasta 10 elementos o cincuenta centímetros (50cm.) de longitud tendrán dos apoyos o cuelgues y por cada cincuenta centímetros (50cm.) de longitud o fracción tendrán un elemento más de cuelgue o apoyo. La instalación del radiador y su unión con la red de tuberías se efectuará de forma que el radiador se pueda purgar bien de aire hacia la red, sin que queden bolsas que eviten el completo llenado del radiador, o impidan la buena circulación del agua a través del mismo, en caso contrario, cada radiador dispondrá de un purgador automático o manual. Cuando se utilicen radiadores infrarrojos como calefacción permanente, se instalarán como mínimo a dos metros (2m.) de las personas y de cualquier tipo de combustible. Llevarán un soporte metálico y una pantalla reflectante.

#### **6.4.2.7 Aerotermos y convectores**

Se anclarán en las paredes o al techo de forma que su sujeción dependa únicamente de estos anclajes y no se confíe en absoluto a la rigidez que le puedan dar las tuberías. Al conectarlos a éstas, no se originarán esfuerzos suplementarios ni se variará la posición que

tenía el unitermo anclado. Las unidades se colocarán de modo que el aire caliente roce las paredes frías, sin chocar directamente contra ellas. Se recomienda colocarlos de manera que el ángulo formado por la proyección horizontal de la corriente de aire caliente y la pared fría sea de unos 30° como máximo. Cuando varios unitermos se coloquen en un recinto muy espacioso deberán situarse de tal manera que la corriente de aire de cada uno coincida con la adyacente, formándose una corriente circulatoria general. En los talleres grandes con cubiertas muy frías, tales como las de "dientes de sierra" o en almacenes situados en el piso superior de los edificios de las fábricas, las unidades deberán colocarse de modo que la corriente circulatoria de aire producida tenga el menor recorrido posible. Se recomienda para estos casos, utilizar convectores con toma de aire inferior. Los unitermos, en general, no deberán montarse a alturas mayores que las indicadas en las instrucciones del fabricante. Para conseguir un funcionamiento económico, las unidades deberán montarse todo lo bajas que le permitan las tuberías del recinto en que se instalen, pero no tanto que la corriente del aire caliente moleste a los ocupantes del mismo. Es recomendable situar la toma de aire de retorno del aparato a unos treinta centímetros (30 cm.) del suelo.

#### **6.4.2.8 Suelos y techos radiantes**

Cuando se trate de techos tipo radiante, los tubos serán de acero estirado sin soldadura, cobre o material plástico homologado para este uso, con un diámetro interior mínimo de quince milímetros (15mm.). Los tubos calefactores utilizados para la construcción de paneles radiantes irán con juntas soldadas, las cuales, en el caso de ser de acero, al ser ensayadas a estanquidad, serán golpeadas con un martillo. Se recubrirán todos los tubos con mortero de cemento no agresivo (después del ensayo de estanquidad), con un espesor mínimo de dos centímetros (2cm.). El cintrado de los tubos podrá hacerse en frío, cuando el radio de curvatura del cintrado sea por lo menos cinco veces el diámetro de la tubería. Estos tubos se probarán a una presión de 3 MPa, antes de ser recubiertos. En el caso de suelos radiantes con circulación de agua, se usará tubo de polipropileno o polietileno. En ningún caso se permitirán uniones bajo el suelo, empleando en todo momento material enterizo.

Cada circuito dispondrá de doble sistema de corte. Se instalará mediante un sistema eficaz de fijación y dispondrá en todo momento, de un sistema de aislamiento inferior y periférico, que limite las pérdidas en dichos sentidos. En el montaje de suelo radiante, los tubos de alimentación y colectores se fijan a la pared - éstos últimos tras caja registrable - a unos 50

cms del suelo, en un lugar centrado respecto a los locales. Se procurará que los tubos de alimentación estén cercanos a los montantes y bajantes principales. Acoplados a los elementos de regulación y control están los ramales de ida y de retorno de los respectivos serpentines calefactores. Los tubos de alimentación y los ramales no irán nunca por una zona más baja que la de los serpentines. Los trazados del suelo radiante podrán realizarse en "greca simple", "greca doble" y en espiral.

Las fases de montaje del suelo radiante serán las siguientes:

1. Colocación de aislamientos. - Ajustando bien, colocar primero las franjas laterales y, posteriormente las zonas centrales, sin que queden huecos o rendijas.
2. Colocación del sistema de fijación.
3. Colocación de los tubos. - Cuidar que quede, al menos, 15cm bajo ellos para el mortero.
4. Soldadura de tubos. - Encarar los tubos, amarrarlos provisionalmente y acabar de colocar; después realizar las soldaduras conforme las normas de la casa comercial.
5. Prueba de presión. - Imprescindible e insustituible. Someter la instalación a una sobrepresión al menos durante 24 horas, dejando conectado un manómetro. Si en este tiempo baja la presión es señal de que existe una fuga. La presión utilizada para la prueba suele ser de 1kg/cm<sup>2</sup>.
6. Colocación del mortero. - Utilizar plastificantes para evitar coqueas que dificultarían la adecuada transmisión del calor.
7. Pavimentación.

#### **6.4.2.9 Componentes auxiliares de las instalaciones de calefacción**

- A) Circuladores: Los circuladores podrán colocarse tanto en posición horizontal como en vertical, pero en todas las circunstancias con el eje del motor en posición horizontal. Los extremos de las tuberías donde se instalen estarán perfectamente alineados para evitar esfuerzos y tensiones de montaje en el cuerpo principal del circulador.

### **6.4.3 Instalaciones de aire acondicionado**

Todos los equipos y componentes deben ser fácilmente accesibles para la revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección. La situación, recorrido y características de la instalación serán las indicadas en proyecto. Se procurará que los recorridos sean lo más cortos posible. La sección mínima de los conductos será la de la boca a la que esté fijado. El agua que pueda condensarse en su interior irá a la red de evacuación. Las fijaciones serán sólidas de forma que no se produzcan vibraciones y no transmitan tensiones a los conductos. No vibrará ningún elemento de la instalación, especial cuidado se prestará a la maquinaria susceptible de provocar ruidos o vibraciones molestas, quedando aislados los locales que las alberguen y desolidarizados con elementos rígidos o estructurales del edificio. En todo caso cumplirán con lo estipulado por el CTE-DB-HR de protección frente al ruido. En las tuberías para refrigerantes las uniones se harán con manguitos, pudiendo dilatarse y contraerse libremente atravesando forjados y tabiques con camisas metálicas o de plástico. Las uniones entre tuberías convergentes se harán en "Y" y no en "T". Los cortes de tuberías se harán perpendiculares a eje y se limpiarán las rebabas. Los doblados se harán de forma que no se retuerza ni aplaste la tubería. Los conductos se aislarán de forma individual, no pudiendo proteger varios tubos un mismo aislamiento. Los soportes de fijación para conductos estarán protegidos contra la oxidación. Las uniones entre conductos de chapa galvanizada se harán engatilladas, con tiras transversales entre conductos y los equipos serán de material flexible e impermeables. Los difusores y rejillas serán de aluminio y llevarán compuertas de regulación de caudal. Una vez terminada la instalación se harán todas las conexiones, se colocarán los elementos de regulación, control y accesorios, se limpiará su interior y se comprobará la estanquidad antes de introducir el refrigerante. Para la limpieza de los conductos de transporte de aire deberán instalarse unos registros de inspección. Los materiales y equipos utilizados formando parte de un circuito hidráulico, deberán soportar, sin deformación, goteos y fugas, no presentarán roturas ni oxidación, una presión hidrostática de prueba equivalente a una vez y media la de trabajo con un mínimo de 400kpa. Todos los materiales que intervienen en la construcción de un equipo deberán ser adecuados a las temperaturas y presiones a las que su funcionamiento normal, e incluso extraordinario por avería, pueda someterlos. Todos los materiales que intervienen en la instalación de acondicionamiento de aire serán resistentes al fuego con llama estándar de 800° durante un mínimo de treinta minutos. No propagarán la llama.

Los materiales que por su funcionamiento estén en contacto con el agua o el aire húmedo presentarán una resistencia a la corrosión que evite un envejecimiento o deterioro prematuro. Los puntos de engrase, ajuste, comprobación y puesta a punto serán fácilmente accesibles desde el exterior del equipo, sin necesidad de remover el equipo de su lugar de instalación ni desconectarlo del circuito de fluido al que pertenezca. Las cubiertas, carcasas o protecciones que para el mantenimiento fuera necesario remover, estarán fijadas en su posición mediante dispositivos que permitan las maniobras de desmontar y montar con facilidad, sin herramientas especiales y tantas veces como sea necesario sin sufrir deterioro. No se emplearán para la sujeción de estas protecciones tornillos rosca-chapa, ni con cabeza ranurada. La colocación de cubiertas, tapas y cierres estará diseñada de tal forma que físicamente sólo sea posible su colocación en la manera correcta. El fabricante de todo equipo deberá garantizar la disponibilidad de repuestos necesarios durante la vida útil del mismo. Junto con los documentos técnicos del equipo, se exigirá una lista de despiece, con esquema de despiece referenciado numéricamente de tal forma que cualquier pieza de repuesto necesaria sea identificable fácilmente. Junto a la documentación técnica del equipo se entregará por el fabricante, normas e instrucciones para el mantenimiento preventivo del equipo, así como un cuadro de diagnóstico de averías y puesta a punto. Todo equipo estará provisto de las indicaciones y elementos de comprobación, señalización y tarado necesarios para poder realizar con facilidad todas las verificaciones y comprobaciones precisas para su puesta a punto y control de funcionamiento. Todo equipo en que deba ajustarse y comprobarse la velocidad de rotación llevará un extremo del eje accesible para la conexión del tacómetro. Todo equipo en cuyo funcionamiento se modifique la presión de un fluido estará dotado de los manómetros de control correspondientes. Todo equipo en cuyo funcionamiento se modifique la temperatura de un fluido estará dotado de los termómetros correspondientes. Todo equipo cuyo engrase se realice por un sistema de engrase a presión llevará el correspondiente indicador de la presión de engrase. En caso de disponer de un cárter de aceite, el nivel del aceite será fácilmente comprobable. Los anteriores dispositivos de control y temperaturas llevarán una indicación de los límites de seguridad de funcionamiento. El rendimiento de cualquier máquina componente de una instalación de aire acondicionado será el indicado por el fabricante en su documentación técnica, con una tolerancia de +/- 5 por 100 (+/- 5%). Las condiciones de ensayo se especificarán en cada caso.

La eficiencia de intercambio de cualquier equipo, recuperador o intercambiador, será la indicada por el fabricante en su documentación técnica con una tolerancia del 3 por 100 (3%) Los motores eléctricos para el accionamiento de los equipos deberán seleccionarse para trabajar lo más próximo posible a las condiciones de plena carga, pues en estas condiciones en las que la eficiencia de un motor es máxima, y las variaciones de voltaje respecto al teórico producen la mínima perturbación y pérdida de eficiencia. No obstante, en los ventiladores centrífugos deberá ponerse especial cuidado para evitar sobrecargas en un motor muy justamente dimensionado, debidas a una sobreestimación de las pérdidas de carga del circuito. Ningún equipo podrá desprender en su funcionamiento gases u olores desagradables o nocivos, sin que los mismos estén debidamente controlados y canalizados para su adecuada evacuación. El funcionamiento de cualquier equipo no producirá vibraciones desagradables o que puedan afectar al edificio y el nivel del ruido producido estará en los límites establecidos para que en el espacio habitable no se sobrepase los valores indicados para cada caso. En la instalación de equipos autónomos se tendrán en cuenta las siguientes condiciones: En pasillos, vestíbulos de locales no industriales, así como en habitaciones de locales institucionales, sólo podrán colocarse equipos compactos y partidos, que utilicen refrigerante del grupo primero (no tóxico y no inflamable). Todos los equipos frigoríficos deberán estar provistos de carcasas de protección, de tal forma que los hagan inaccesibles a personas no autorizadas. Queda prohibida la instalación de equipos frigoríficos en los pasillos, escaleras y sus rellanos, entradas y salidas de edificios, siempre que dificulten la libre circulación de personas. En función del empleo y condiciones en que vaya a colocarse el material aislante sobre los conductos, se especificarán los siguientes datos técnicos:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.
- Envejecimiento ante la humedad, el calor y las radiaciones.
- Módulo de elasticidad.
- Coeficiente de dilatación lineal.
- Comportamiento frente a parásitos.
- Comportamiento frente a agentes químicos.
- Comportamiento frente al fuego.

En cuanto al montaje de los elementos aislantes en los conductos, los soportes estarán secos y limpios, y carecerán de resaltes que impidan la fijación del aislamiento. El aislamiento debe cubrir toda la superficie a aislar. El aislamiento no presentará huecos o roturas. Tendrá una superficie plana sin abombamientos o resaltes. No se someterán a esfuerzos para los que no han sido previstos. Se impedirá el acceso al personal de la obra, limitándose al mantenimiento o reparación. Los daños producidos por cualquier causa se repararán inmediatamente. No se colocarán elementos que perforen el aislamiento.

#### **6.4.3.1 Unidades de tratamiento de aire (UTA)**

Todos los componentes de una Unidad de Tratamiento de Aire (UTA) deben ser accesibles para su mantenimiento y limpieza a través de puertas de acceso; en su caso, los componentes se deben extraer de forma fácil. Los perfiles que conforman la estructura portante de la unidad no deben ser en forma de U, porque pueden ser receptáculos de suciedad y, además, su limpieza resulta difícil. Todos los materiales porosos y fibrosos, salvo los filtros, deben estar protegidos contra la erosión por medio de un material que puede soportar frecuentes operaciones de limpieza. En las unidades con elevados requerimientos de higiene (hospitales y laboratorios, por ejemplo), los tornillos y otros componentes similares no deben sobresalir en el interior. Todas las unidades deben estar provistas de ventanas de inspección y alumbrado interior, por lo menos en las secciones de ventilación, filtros y humectadores. Las bandejas de condensados deben disponer de desagües dotados de sifón con sello de altura adecuada a la depresión existente en el lugar, con un mínimo de 50 mm. Las conducciones colectivas de un edificio se llevarán por patinillos que estarán aislados de los recintos protegidos y de los recintos habitables. Las unidades terminales de sistemas mixtos de cualquier tipo tendrán válvulas de cierre a la entrada y a la salida del fluido portador para poder efectuar cambios de distribución u operaciones de mantenimiento. Las unidades terminales deberán ser fácilmente accesibles para su limpieza, desinfección, mantenimiento y reparación o sustitución. Con el fin de facilitar estas labores y evitar molestias para los usuarios, las unidades terminales pueden situarse en un recinto que no sea permanentemente ocupado por las personas, como, por ejemplo, en pasillos. Las unidades terminales que queden ocultas en falsos techos o suelos elevados, se debe prever un acceso que sea cercano al aparato y se pueda abrir sin recurrir a herramientas. Como se ha dicho, es conveniente que tales unidades terminales se sitúen en recintos adyacentes a los locales a climatizar, como los pasillos, para que las

operaciones de mantenimiento puedan llevarse a cabo con más facilidad y evitando molestias para los usuarios. Se prestará especial importancia a la accesibilidad y visibilidad de los instrumentos de medida, control, protección y maniobra. Las unidades exteriores de los equipos autónomos quedarán ocultas a la vista en edificios de nueva construcción. Los edificios multiusuarios con instalaciones térmicas situadas en el interior de sus locales (por ejemplo, edificios de viviendas), deberán disponer de patinillos verticales accesibles para alojar todas las conducciones correspondientes, con la holgura necesaria para poder efectuar las operaciones de mantenimiento.

#### **6.4.3.2 Refrigeración por techo**

Será mediante circuito cerrado por paneles de tubos capilares instalados en falsos techos con tuberías de polietileno reticulado homologado, montado con accesorios de unión a tuberías de polietileno provisto de colector de ida, colector de retorno, detentores, purgadores automáticos, válvulas de paso, termómetros, llaves de llenado y vaciado, tapones, soportes y adaptadores, caja para colectores.

#### **6.4.3.3 Conductos de lana o fibra de vidrio**

En tramos horizontales, uno de cada tres refuerzos se recibirá al forjado mediante redondo de acero de seis milímetros (6 mm.) de diámetro y si la anchura del conducto es superior a ciento cincuenta centímetros (150 cm.), se recibirá uno cada dos. En tramos verticales, los soportes se espaciarán como máximo trescientos sesenta centímetros (360 cm.) y se apoyarán en forjado o anclados a la pared. El apoyo en forjado se hará con perfil de 30 x 30 x 3 mm., fijado al conducto y con refuerzo de chapa galvanizada de quince centímetros (15 cm.) de ancho por 8/10 mm. de espesor. Su anclaje en pared se hará con el mismo perfil fijado al refuerzo transversal y disponiendo interiormente en manguito de iguales características.

#### **6.4.4 Instalación solar térmica a baja temperatura para ACS**

Todos los equipos y componentes deben ser fácilmente accesibles para la revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección. Se seleccionarán depósitos de acumulación dotados de una boca de registro para la limpieza interior. Se establece un criterio para la catalogación de los depósitos de acumulación:

- Los depósitos mayores de 750 l dispondrán de una boca de hombre fácilmente accesible, con un diámetro mínimo de 400 mm o un sistema equivalente para permitir realizar operaciones de limpieza, desinfección y protección contra la corrosión.
- En los depósitos menores de 750 l será suficiente disponer de un acceso que permita la limpieza manual de todas las superficies interiores.

Es recomendable que los puntos terminales, como grifos y duchas, cuenten con elementos desmontables que permitan su correcta limpieza y desinfección. Se instalarán manguitos electrolíticos entre elementos de diferentes materiales para evitar el par galvánico. Las conducciones colectivas de un edificio se llevarán por patinillos que estarán aislados de los recintos protegidos y de los recintos habitables.

#### **6.4.4.1 Captadores**

Se montará el captador siguiendo siempre las especificaciones y recomendaciones dadas por el fabricante. La carcasa del captador debe asegurar que en la cubierta se eviten tensiones inadmisibles, incluso bajo condiciones de temperatura máxima alcanzable por el captador.

- A) Conexión de sistema captador solar: Se prestará especial atención en la estanqueidad y durabilidad de las conexiones del captador. Los captadores se dispondrán en filas constituidas, preferentemente, por el mismo número de elementos. Las filas de captadores se conectarán entre sí en paralelo, en serie o en serie-paralelo, debiéndose instalar válvulas de cierre, en la entrada y salida de las distintas baterías de captadores y entre las bombas, de manera que puedan utilizarse para aislamiento de estos componentes en labores de mantenimiento, sustitución, etc. Además, se instalará una válvula de seguridad por fila con el fin de proteger la instalación. Dentro de cada fila los captadores se conectarán en serie o en paralelo. El número de captadores que se pueden conectar en paralelo tendrá en cuenta las limitaciones del fabricante. En el caso de que la aplicación sea exclusivamente de ACS se podrán conectar en serie hasta 10 m<sup>2</sup> en las zonas climáticas I y II, hasta 8 m<sup>2</sup> en la zona climática III y hasta 6 m<sup>2</sup> en las zonas climáticas IV y V establecidas en el Documento CTE-DB-HE4 – Zonas Climáticas. La conexión entre captadores y entre filas se realizará de manera que el circuito

resulte equilibrado hidráulicamente recomendándose el retorno invertido frente a la instalación de válvulas de equilibrado.

#### **6.4.4.2 Estructura soporte**

Se aplicará a la estructura soporte las exigencias del Código Técnico de la Edificación en cuanto a seguridad. La construcción de la estructura y el sistema de fijación de captadores permitirán las necesarias dilataciones térmicas, sin transferir cargas que puedan afectar a la integridad de los captadores o al circuito hidráulico. Los puntos de sujeción del captador serán suficientes en número, teniendo el área de apoyo y posición relativa adecuados, de forma que no se produzcan flexiones en el captador, superiores a las permitidas por el fabricante. Los topes de sujeción de captadores y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los captadores. En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, la estructura y la estanqueidad entre captadores se ajustarán a las exigencias indicadas en la parte correspondiente del Código Técnico de la Edificación y demás normativa de aplicación.

#### **6.4.4.3 Sistema de acumulación social**

Las conexiones de entrada y salida se situarán de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido y, además:

- a) La conexión de entrada de agua caliente procedente del intercambiador o de los captadores al interacumulador se realizará, preferentemente a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del mismo.
- b) La conexión de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los captadores se realizará por la parte inferior de éste.
- c) La conexión de retorno de consumo al acumulador y agua fría de red se realizarán por la parte inferior. d) la extracción de agua caliente del acumulador se realizará por la parte superior.

En los casos en los debidamente justificados en los que sea necesario instalar depósitos horizontales las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos. La conexión de los acumuladores permitirá la desconexión individual de los mismos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación. No se permite la conexión de un

sistema de generación auxiliar en el acumulador solar, ya que esto puede suponer una disminución de las posibilidades de la instalación solar para proporcionar las prestaciones energéticas que se pretenden obtener con este tipo de instalaciones. Para los equipos de instalaciones solares que vengán preparados de fábrica para albergar un sistema auxiliar eléctrico, se deberá anular esta posibilidad de forma permanente, mediante sellado irreversible u otro medio.

#### **6.4.4.4 Sistema de intercambio**

En cada una de las tuberías de entrada y salida de agua del intercambiador de calor se instalará una válvula de cierre próxima al manguito correspondiente.

#### **6.4.4.5 Circuito hidráulico (tuberías, bombas, vasos de expansión, purga de aire, drenaje)**

- A) Redes de tuberías: La ejecución de las redes de tuberías se realizará de manera que se consigan los objetivos previstos en el proyecto sin dañar o deteriorar al resto del edificio, conservando las características del agua de suministro respecto de su potabilidad, evitando ruidos molestos, procurando las condiciones necesarias para la mayor duración posible de la instalación, así como las mejores condiciones para su mantenimiento y conservación. Las tuberías ocultas o empotradas discurrirán por patinillos o cámaras de fábrica, realizados al efecto o prefabricados, techos o suelos técnicos, muros cortina o tabiques técnicos. Si no fuera posible, se realizará mediante rozas en paramentos de espesor adecuado, no estando permitido su empotramiento en tabiques de ladrillo hueco sencillo. Cuando discurran por conductos, éstos estarán debidamente ventilados y contarán con un adecuado sistema de vaciado. El trazado e instalación de las tuberías vistas se efectuará en forma limpia y ordenada. Si estuvieran expuestas a cualquier tipo de deterioro por golpes o choques fortuitos, se protegerán adecuadamente. La ejecución de redes enterradas atenderá preferentemente a la protección frente a fenómenos de corrosión, esfuerzos mecánicos y daños por la formación de hielo en su interior. Las conducciones no se instalarán en contacto con el terreno, disponiendo siempre de un adecuado revestimiento de protección. Si fuese preciso, además del revestimiento de protección, se procederá a realizar una protección catódica, con ánodos de sacrificio y, si fuera el caso, con corriente impresa. Las tuberías

empleadas serán del tipo que impidan la formación de obturaciones o depósitos calcáreos para las condiciones de trabajo de diseño. La longitud de tuberías del sistema será tan corta como sea posible y evitarán al máximo el montaje de codos y pérdidas de carga en general. Los tramos horizontales de tuberías tendrán siempre una pendiente mínima del 1% en el sentido de la circulación. El tendido de las tuberías de agua fría se hará de forma que no resulten afectadas por los focos de calor, discurriendo siempre separadas de las canalizaciones de agua caliente (ACS o calefacción) a una distancia de 4cm, como mínimo. Cuando las dos tuberías estén en un mismo plano vertical, la de agua fría irá siempre por debajo de la de agua caliente. Las tuberías se instalarán siempre debajo de cualquier canalización o elemento que contenga dispositivos eléctricos o electrónicos, así como de cualquier red de telecomunicaciones, guardando una distancia en paralelo de al menos 30cm. Con respecto a las conducciones de gas se guardará al menos una distancia de 3cm. Las tuberías de intemperie estarán dotadas de protección externa de aislamiento que asegure la durabilidad ante las acciones climatológicas admitiéndose revestimientos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio o pinturas acrílicas. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. En todo tramo recto sin conexiones intermedias con longitud superior a 25m se adoptarán las medidas oportunas para evitar posibles tensiones excesivas de la tubería, motivadas por las contracciones y dilataciones producidas por las variaciones de temperatura. Se evitará la formación de zonas de estancamiento del agua, como tuberías de desviación, equipos y aparatos de reserva, tramo de tuberías con fondo ciego, etc. Los tramos de tubería en los que no se pueda asegurar una circulación del agua y una temperatura mínima superior a 50°C no pueden tener una longitud superior a 5 metros o un volumen de agua almacenado superior a 3litros. Se instalarán manguitos electrolíticos entre elementos de diferentes materiales para evitar el par galvánico.

En instalaciones superiores a 50m<sup>2</sup> se montarán dos bombas idénticas en paralelo, dejando una de reserva, tanto en el circuito primario como en el secundario. En este caso se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática. En los puntos altos de la salida de baterías de captadores y en todos aquellos puntos de la instalación donde pueda quedar aire acumulado, se colocarán sistemas de purga constituidos por botellines de desaireación y purgador manual o

automático. El volumen útil del botellín será superior a 100 cm<sup>3</sup>. Este volumen podrá disminuirse si se instala a la salida del circuito solar y antes del intercambiador un desaireador con purgador automático. En el caso de utilizar purgadores automáticos, adicionalmente, se colocarán los dispositivos necesarios para la purga manual. La purga del acumulador permitirá la toma de muestras. En termoacumuladores de pequeño volumen la toma de muestra se podrá realizar del punto más cercano. Los conductos de drenaje de las baterías de captadores se diseñarán en lo posible de forma que no puedan congelarse. Las redes de conductos estarán equipadas con aperturas para el servicio para permitir las operaciones de desinfección y limpieza. Los elementos instalados en la red de conductos deberán ser desmontables con apertura de acceso o una sección desmontable de conducto para permitir las operaciones de mantenimiento. Estos registros serán construidos con gran precisión y dotados de juntas de estanquidad, para no aumentar las fugas. Si la red de conductos discurre por falsos techos, éstos también deberán disponer de la correspondiente apertura de acceso o una sección desmontable. Las redes de tuberías deberán estar dotadas de válvulas de drenaje en todos los puntos bajos. Los drenajes se deberían conducir a un lugar visible y estar dimensionados para permitir la eliminación de los detritos acumulados. Siempre que sea posible, las bombas en línea se montarán en las zonas más frías del circuito, teniendo en cuenta que no se produzca ningún tipo de cavitación y siempre con el eje de rotación en posición horizontal. Los vasos de expansión se conectarán en la aspiración de la bomba. La altura en la que se situarán los vasos de expansión abiertos será tal que asegure el no desbordamiento del fluido y la no introducción de aire en el circuito primario. Los depósitos de acumulación deberán contar con una válvula de desagüe en el punto más bajo del mismo, de forma que permita su completo vaciado. Durante la fase de montaje se evitará la entrada de materiales extraños. En la puesta en marcha se realizará una limpieza y desinfección. La tubería de acometida de agua a la cabeza difusora y la misma cabeza deben quedar vacías cuando las duchas o grifos no estén en uso.

Las uniones de los tubos serán estancas y resistirán adecuadamente la tracción, o bien la red la absorberá con el adecuado establecimiento de puntos fijos, y en tuberías enterradas mediante estribos y apoyos dispuestos en curvas y derivaciones. En las uniones de tubos de acero galvanizado o zincado las roscas de los tubos serán del tipo cónico. Los tubos sólo se soldarán si la protección interior se puede

restablecer o si puede aplicarse una nueva. Son admisibles las soldaduras fuertes, siempre que se sigan las instrucciones del fabricante. Los tubos no se podrán curvar salvo cuando se verifiquen los criterios de la normativa. En las uniones tubo-accesorio se observarán las indicaciones del fabricante. Las uniones de tubos de cobre se podrán realizar por medio de soldadura o por medio de manguitos mecánicos. La soldadura, por capilaridad, blanda o fuerte, se podrá realizar mediante manguitos para soldar por capilaridad o por enchufe soldado. Los manguitos mecánicos podrán ser de compresión, de ajuste cónico y de pestañas. Las uniones de tubos de plástico se realizarán siguiendo las instrucciones del fabricante.

- B) Protección contra la corrosión: Las tuberías metálicas estarán protegidas contra la agresión de todo tipo de morteros, del contacto con el agua en su superficie exterior y de la agresión del terreno mediante la interposición de un elemento separador de material adecuado e instalado de forma continua en todo el perímetro de los tubos y en toda su longitud, no dejando juntas de unión de dicho elemento que interrumpan la protección e instalándolo igualmente en todas las piezas especiales de la red, tales como codos, curvas. Los revestimientos adecuados, cuando los tubos discurren enterrados o empotrados, según el material de los mismos, serán:
- Para tubos de acero con revestimiento de polietileno, bituminoso, de resina epoxídica o con alquitrán de poliuretano.
  - Para tubos de cobre con revestimiento de plástico.
  - Para tubos de fundición con revestimiento de película continua de polietileno, de resina epoxídica, con betún, con láminas de poliuretano o con zincado con recubrimiento de cobertura.

Los tubos de acero galvanizado empotrados para la conducción de agua fría se recubrirán con lechada de cemento, y los que se utilicen para transporte de agua caliente se recubrirán con una coquilla o envoltura aislante de un material que no absorba humedad y que permita las dilataciones y contracciones provocadas por las variaciones de temperatura. Las conducciones exteriores y aquellas al aire libre se protegerán igualmente. En este caso, los tubos de acero estarán protegidos, además, con recubrimientos de cinc. Para los tubos de acero que discurren por cubiertas de hormigón se dispondrá de manera adicional a la envuelta del tubo de una lámina de retención de 1 m de ancho entre éstos y el hormigón. Cuando los tubos discurren por canales de suelo, ha de garantizarse que estos son

impermeables o bien que disponen de adecuada ventilación y drenaje. En las redes metálicas enterradas, se instalará una junta dieléctrica después de la entrada al edificio y antes de la salida. Para evitar la corrosión por el uso de materiales, no se montarán tuberías de metales con diferentes valores de potencial electroquímico excepto cuando, según el sentido de circulación del agua, se instale primero el de menor valor. Las tuberías de cobre no se colocarán antes de las conducciones de acero galvanizado, según el sentido de circulación del agua, para evitar la aparición de fenómenos de corrosión por la formación de pares galvánicos y arrastre de iones  $\text{Cu}^+$  hacia las conducciones de acero galvanizado, que aceleren el proceso de perforación. De la misma forma, no se instalarán aparatos de producción de ACS en cobre colocados antes de canalizaciones en acero. Excepcionalmente y tras la correspondiente justificación, por requisitos insalvables de la instalación, se admitirá el uso de manguitos antielectrolíticos, de material plástico, en la unión del cobre y el acero galvanizado. Se autoriza el acoplamiento de cobre, después de acero galvanizado, siempre y cuando se instale una válvula de retención entre ambas tuberías. Se podrán acoplar al acero galvanizado elementos de acero inoxidable. En los vainas pasamuros, se interpondrá un material plástico para evitar contactos inconvenientes entre distintos materiales. Para evitar la corrosión por elementos contenidos en el agua de suministro, además de lo reseñado anteriormente, se instalarán filtros.

- C) Protección contra las condensaciones: Tanto en tuberías empotradas u ocultas como en tuberías vistas, se evitará la formación de condensaciones en su superficie exterior mediante empleo de un elemento separador de protección, el cual no necesariamente sea aislante pero si con capacidad de actuación como barrera antivapor, que evite los daños que dichas condensaciones pudieran causar al resto de la edificación. Este elemento se instalará de la misma forma que la descrita para la protección contra los agentes externos, pudiendo en cualquier caso utilizarse el mismo para ambas.
- D) Protecciones térmicas: Los materiales utilizados como aislante térmico que cumplan la norma UNE 100 171:1989 se considerarán adecuados para soportar altas temperaturas. Si la temperatura exterior del espacio por donde discurre la red alcance valores capaces de helar el agua de su interior se aislará térmicamente la misma empleando un aislamiento adecuado al material de constitución y al diámetro

de cada tramo afectado, considerándose adecuado el indicado por la norma UNE EN ISO 12 241:1999.

- E) Protección contra esfuerzos mecánicos: Las tuberías que atraviesen cualquier paramento de la edificación u otro tipo de elemento constructivo que pudiera transmitirle esfuerzos perjudiciales de tipo mecánico, lo harán dentro de una funda, también de sección circular, de mayor diámetro y suficientemente resistente. En instalaciones vistas, el paso se produzca en sentido vertical y el pasatubos sobresaldrá al menos 3 centímetros por el lado en que pudieran producirse golpes ocasionales, con el fin de proteger al tubo. Igualmente, si se produce un cambio de sentido, éste sobresaldrá como mínimo una longitud igual al diámetro de la tubería más 1 centímetro. Si la red de tuberías atraviesa, en superficie o de forma empotrada, una junta de dilatación constructiva del edificio, se instalará un elemento o dispositivo dilatador, de forma que los posibles movimientos estructurales no le transmitan esfuerzos de tipo mecánico. La suma de golpe de ariete y de presión de reposo no debe sobrepasar la sobrepresión de servicio admisible. La magnitud del golpe de ariete positivo en el funcionamiento de las válvulas y aparatos medido inmediatamente antes de estos no debe sobrepasar 2bar; el golpe de ariete negativo no debe descender por debajo del 50% de la presión de servicio.
- F) Protección contra ruidos: Sin perjuicio de lo que establezca el CTE-DB HR “Protección frente al ruido” al respecto, se adoptarán las siguientes medidas:
- Los huecos o patinillos, tanto horizontales como verticales, por donde discurran las conducciones estarán situados en zonas comunes.
  - A la salida de las bombas se instalarán conectores flexibles para atenuar la transmisión del ruido y las vibraciones a lo largo de la red de distribución. Dichos conectores serán adecuados al tipo de tubo y al lugar de su instalación.

Los soportes y colgantes para tramos de la red interior con tubos metálicos que transporten el agua a velocidades de 1,5 a 2,0 m/s serán antivibratorios. Igualmente, se utilizarán anclajes y guías flexibles que vayan a estar rígidamente unidos a la estructura del edificio.

#### **6.4.4.6 Accesorios**

- A) Grapas y abrazaderas: Para la fijación de los tubos a los paramentos se emplearán grapas y abrazaderas, colocándose de forma tal que los tubos queden perfectamente alineados con dichos paramentos, guarden las distancias exigidas y no transmitan ruidos y/o vibraciones al edificio. El tipo de grapa o abrazadera será siempre de fácil montaje y desmontaje, así como aislante eléctrico. Si la velocidad del tramo correspondiente es igual o superior a 2 m/s, se interpondrá un elemento de tipo elástico semirrígido entre la abrazadera y el tubo.
- B) Soportes: Se dispondrán soportes de manera que el peso de los tubos cargue sobre estos y nunca sobre los propios tubos o sus uniones. No podrán anclarse en ningún elemento de tipo estructural, salvo que bajo determinadas circunstancias no sea posible otra solución, para lo cual se adoptarán las medidas preventivas necesarias. La longitud de empotramiento será tal que garantice una perfecta fijación de la red sin posibles desprendimientos. De igual forma que para las grapas y abrazaderas se interpondrá un elemento elástico en los mismos casos, incluso cuando se trate de soportes que agrupan varios tubos. La máxima separación que habrá entre soportes dependerá del tipo de tubería, de su diámetro y de su posición en la instalación.

#### **6.4.4.7 Sistemas de medición del consumo. Contadores**

- A) Condiciones generales: Cada usuario deberá disponer de sus propios contadores de energía, de cualquier tipo (eléctrica y térmica).
- Para instalaciones de más de 70kW térmicos será obligatorio medir la energía consumida por la instalación de climatización.
  - Con el mismo fin, se exige que las centrales frigoríficas de más de 400kW térmicos dispongan de dispositivos de medición y registro del consumo de energía eléctrica de las máquinas frigoríficas y sus accesorios, incluidas las torres, en su caso.
  - Los generadores de calor y frío de potencia mayor que 70 kW dispondrán de un registrador de las horas de funcionamiento, así como del número de arrancadas de los compresores frigoríficos.
- B) Alojamiento del contador general: La cámara o arqueta de alojamiento estará construida de tal forma que una fuga de agua en la instalación no afecte al resto del edificio, estando impermeabilizada y contando con un desagüe en su piso o fondo

para garantizar la evacuación del caudal de agua máximo previsto en la acometida. El desagüe lo conformará un sumidero de tipo sifónico provisto de rejilla de acero inoxidable recibida en la superficie de dicho fondo o piso. El vertido se hará a la red de saneamiento general del edificio, si ésta es capaz para absorber dicho caudal, y si no lo fuese, se hará directamente a la red pública de alcantarillado. Las superficies interiores de la cámara o arqueta, cuando ésta se realice "in situ", se terminarán adecuadamente mediante un enfoscado, bruñido y fratasado, sin esquinas en el fondo, que a su vez tendrá la pendiente adecuada hacia el sumidero. Si la misma fuera prefabricada cumplirá los mismos requisitos de forma general. En cualquier caso, contará con la pre-instalación adecuada para una conexión de envío de señales para la lectura a distancia del contador. Estarán cerradas con puertas capaces de resistir adecuadamente tanto la acción de la intemperie como posibles esfuerzos mecánicos derivados de su utilización y situación. En las mismas, se practicarán aberturas fijas, taladros o rejillas, que posibiliten la necesaria ventilación de la cámara. Irán provistas de cerradura y llave, para impedir la manipulación por personas no autorizadas, tanto del contador como de sus llaves.

- C) Contadores individuales aislados: Se alojarán en cámara, arqueta o armario según las distintas posibilidades de instalación y cumpliendo los requisitos establecidos en el apartado anterior en cuanto a sus condiciones de ejecución. En cualquier caso, este alojamiento dispondrá de desagüe capaz para el caudal máximo contenido en este tramo de la instalación, conectado, o bien a la red general de evacuación del edificio, o bien con una red independiente que recoja todos ellos y la conecte con dicha red general.

#### **6.4.4.8 Sistemas de control de la presión**

- A) Montaje del grupo de sobreelevación
- a) Depósito auxiliar de alimentación: Almacenará el agua de consumo humano bajo las siguientes condiciones:
- El depósito será fácilmente accesible y ser fácil de limpiar. Contará con tapa y estará asegurada contra deslizamiento, disponiendo, en la zona más alta, de suficiente ventilación y aireación.
  - Se asegurarán todas las uniones con la atmósfera contra la entrada de animales e inmisiones nocivas mediante dispositivos eficaces

como tamices de trama densa para ventilación y aireación, sifón para el rebosado.

Ser capaz de resistir las cargas previstas debidas al agua contenida más las debidas a la sobrepresión de la red si es el caso. Estarán, en todos los casos, provistos de un rebosadero, considerando las disposiciones contra retorno del agua. Se dispondrá, en la tubería de alimentación al depósito de uno o varios dispositivos de cierre para evitar que el nivel de llenado del mismo supere el máximo previsto. Dichos dispositivos serán válvulas pilotadas. En el caso de existir exceso de presión habrá de interponerse, antes de dichas válvulas, una que limite dicha presión con el fin de no producir el deterioro de las anteriores. La centralita de maniobra y control del equipo dispondrá de un hidronivel de protección para impedir el funcionamiento de las bombas con bajo nivel de agua. Se dispondrá de los mecanismos necesarios que permitan la fácil evacuación del agua contenida en el depósito, para facilitar su mantenimiento y limpieza. Así mismo, se construirán y conectarán de manera que el agua se renueve por su propio modo de funcionamiento evitando siempre la existencia de agua estancada.

b) Bombas: Se instalarán sobre bancada de hormigón u otro tipo de material que garantice la suficiente masa e inercia al conjunto e impida la transmisión de ruidos y vibraciones al edificio. Entre la bomba y la bancada irán, además interpuestos elementos antivibratorios adecuados al equipo a instalar, sirviendo estos de anclaje del mismo a la citada bancada. A la salida de cada bomba se instalará un manguito elástico, con el fin de impedir la transmisión de vibraciones a la red de tuberías. Igualmente, se dispondrán llaves de cierre, antes y después de cada bomba, de manera que se puedan desmontar sin interrupción del abastecimiento de agua. Los sistemas antivibratorios tendrán unos valores de transmisibilidad inferiores a los establecidos en el apartado correspondiente del CTE-DB-HR. Se considerarán válidos los soportes antivibratorios y los manguitos elásticos que cumplan lo dispuesto en la norma UNE 100 153:1988. Se realizará siempre una adecuada nivelación. Las bombas de impulsión se instalarán preferiblemente sumergidas.

c) Depósito de presión: Estará dotado de un presostato con manómetro, tarado a las presiones máxima y mínima de servicio, haciendo las veces de interruptor, comandando la centralita de maniobra y control de las bombas, de tal manera que estas sólo funcionen en el momento en que disminuya la presión en el interior del depósito hasta los límites establecidos, provocando el corte de corriente, y por tanto la parada de los equipos de bombeo, cuando se alcance la presión máxima del aire contenido en el depósito. Los valores correspondientes de reglaje figurarán, de forma visible, en el depósito. En equipos con varias bombas de funcionamiento en cascada, se instalarán tantos presostatos como bombas se desee hacer entrar en funcionamiento. Dichos presostatos, se tararán mediante un valor de presión diferencial para que las bombas entren en funcionamiento consecutivo para ahorrar energía. Cumplirán la reglamentación vigente sobre aparatos a presión y su construcción atenderá, en cualquier caso, al uso previsto. Dispondrán, en lugar visible, de una placa en la que figure la contraseña de certificación, las presiones máximas de trabajo y prueba, la fecha de timbrado, el espesor de la chapa y el volumen. El timbre de presión máxima de trabajo del depósito superará, al menos, en 1 bar, a la presión máxima prevista a la instalación. Dispondrá de una válvula de seguridad, situada en su parte superior, con una presión de apertura por encima de la presión nominal de trabajo e inferior o igual a la presión de timbrado del depósito. Con objeto de evitar paradas y puestas en marcha, demasiado frecuente del equipo de bombeo, con el consiguiente gasto de energía, se otorgará un margen suficientemente amplio entre la presión máxima y la presión mínima en el interior del depósito, tal como figura en los puntos correspondientes a su cálculo. Si se instalaran varios depósitos, estos pueden disponerse tanto en línea como en derivación. Las conducciones de conexión se instalarán de manera que el aire comprimido no pueda llegar ni a la entrada al depósito ni a su salida a la red de distribución.

B) Funcionamiento alternativo del grupo de presión convencional: Se preverá una derivación alternativa (by-pass) que una el tubo de alimentación con el tubo de salida del grupo hacia la red interior de suministro, de manera que no se produzca una interrupción total del abastecimiento por la parada de éste y que se aproveche la

presión de la red de distribución en aquellos momentos en que ésta sea suficiente para abastecer nuestra instalación. Esta derivación llevará incluidas una válvula de tres vías motorizada y una válvula antirretorno posterior a ésta. La válvula de tres vías estará accionada automáticamente por un manómetro y su correspondiente presostato, en función de la presión de la red de suministro, dando paso al agua cuando ésta tome valor suficiente de abastecimiento y cerrando el paso al grupo de presión, de manera que éste sólo funcione cuando sea imprescindible. El accionamiento de la válvula también podrá ser manual para discriminar el sentido de circulación del agua en base a otras causas tal como avería, interrupción del suministro eléctrico, etc. Cuando en un edificio se produzca la circunstancia de tener que recurrir a un doble distribuidor principal para dar servicio a plantas con presión de red y servicio a plantas mediante grupo de presión podrá optarse por no duplicar dicho distribuidor y hacer funcionar la válvula de tres vías con presiones máxima y/o mínima para cada situación. Dadas las características de funcionamiento de los grupos de presión con accionamiento regulable, no será imprescindible, aunque sí aconsejable, la instalación de ningún tipo de circuito alternativo.

- C) Ejecución y montaje del reductor de presión: Cuando existan baterías mezcladoras, se instalará una reducción de presión centralizada. Se instalarán libres de presiones y preferentemente con la caperuza de muelle dispuesta en vertical. Asimismo, se dispondrá de un racor de conexión para la instalación de un aparato de medición de presión o un puente de presión diferencial. Para impedir reacciones sobre el reductor de presión debe disponerse en su lado de salida como tramo de retardo con la misma medida nominal, un tramo de tubo de una longitud mínima de cinco veces el diámetro interior. Si en el lado de salida se encuentran partes de la instalación que por un cierre incompleto del reductor serán sobrecargadas con una presión no admisible, hay que instalar una válvula de seguridad. La presión de salida del reductor en estos casos ha de ajustarse como mínimo un 20% por debajo de la presión de reacción de la válvula de seguridad. Si por razones de servicio se requiere un bypass, éste se proveerá de un reductor de presión. Los reductores de presión se elegirán de acuerdo con sus correspondientes condiciones de servicio y se instalarán de manera que exista circulación por ambos.

#### **6.4.4.9 Montaje de los filtros**

El filtro ha de instalarse antes del primer llenado de la instalación, y se situará inmediatamente delante del contador según el sentido de circulación del agua. Deben instalarse únicamente filtros adecuados. En la ampliación de instalaciones existentes o en el cambio de tramos grandes de instalación, es conveniente la instalación de un filtro adicional en el punto de transición, para evitar la transferencia de materias sólidas de los tramos de conducción existentes. Para no interrumpir el abastecimiento de agua durante los trabajos de mantenimiento, se instalarán filtros retroenjuagables o mediante instalaciones paralelas. Se conectará una tubería con salida libre para la evacuación del agua del autolimpiado.

- A) Instalación de aparatos dosificadores: Sólo deben instalarse aparatos de dosificación conformes con la reglamentación vigente. Cuando se deba tratar toda el agua potable dentro de una instalación, se instalará el aparato de dosificación a continuación de la instalación de contador y, en caso de existir, detrás del filtro y del reductor de presión. Si sólo ha de tratarse el agua potable para la producción de ACS, entonces se instala delante del grupo de válvulas en la alimentación de agua fría al generador de ACS.
- B) Montaje de los equipos de descalcificación: La tubería para la evacuación del agua de enjuagado y regeneración debe conectarse con salida libre. Cuando se deba tratar toda el agua potable dentro de una instalación, se instalará el aparato de descalcificación detrás de la instalación de contador, del filtro incorporado y delante de un aparato de dosificación eventualmente existente. Cuando sólo deba tratarse el agua potable para la producción de ACS, entonces se instalará, delante del grupo de valvulería, en la alimentación de agua fría al generador de ACS. Cuando sea pertinente, se mezclará el agua descalcificada con agua dura para obtener la adecuada dureza de la misma. Cuando se monte un sistema de tratamiento electrolítico del agua mediante ánodos de aluminio, se instalará en el último acumulador de ACS de la serie.

#### **6.4.4.10 Montaje de elementos en instalaciones de climatización de piscinas**

En instalaciones de climatización de piscinas la disposición de los elementos será la siguiente: el filtro ha de colocarse siempre entre la bomba y los captadores, y el sentido de la corriente ha de ser bomba-filtro-captadores; para evitar que la resistencia de este provoque una sobrepresión perjudicial para los captadores, prestando especial atención a su mantenimiento. La impulsión del agua caliente deberá hacerse por la parte inferior de la piscina, quedando la impulsión de agua filtrada en superficie. La temperatura del agua de una piscina, salvo las de usos terapéuticos, se mantendrá entre 24 y 30 °C. La red de distribución de agua caliente debe ser independiente de la de tratamiento sanitario (filtración y tratamientos químicos o físicos). En piscinas al aire libre sólo está permitido el uso de energía renovables (solar, biomasa) o residuales, estando prohibido el empleo de energía eléctrica en forma de bomba de calor.

#### **6.4.4.11 Sistema de energía convencional auxiliar**

Queda prohibido el uso de sistemas de energía convencional auxiliar en el circuito primario de captadores. Sólo deberá entrar en funcionamiento cuando sea estrictamente necesario y de forma que se aproveche al máximo posible la energía extraída del campo de captación. Dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que en condiciones normales de funcionamiento permitirá cumplir con la legislación vigente en cada momento referente a la prevención y control de la legionelosis, cuando el aporte de energía convencional auxiliar sea con acumulación o en línea. Si no dispone de acumulación, (fuente instantánea), el equipo será modulante, capaz de regular su potencia de forma que se obtenga la temperatura de manera permanente con independencia de cual sea la temperatura del agua de entrada al mismo. Para el control de la temperatura del agua en climatización de piscinas, se instalará una sonda de temperatura en el retorno de agua al intercambiador de calor y un termostato de seguridad dotado de rearme manual en la impulsión que enclave el sistema de generación de calor. La temperatura de tarado del termostato de seguridad será, como máximo, 10°C mayor que la temperatura máxima de impulsión.

#### **6.4.4.12 Sistema de control**

En circulación forzada, el control de funcionamiento normal de las bombas del circuito de captadores deberá ser siempre de tipo diferencial y, en caso de que exista depósito de acumulación solar, actuará en función de la diferencia entre la temperatura del fluido portador en la salida de la batería de los captadores y la del depósito de acumulación. El sistema de control actuará y estará ajustado de manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menor de 2°C y no estén paradas cuando la diferencia sea mayor de 7°C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada de termostato diferencial no será menor que 2°C. Las sondas de temperatura para el control diferencial se colocarán en la parte superior de los captadores de forma que representen la máxima temperatura del circuito de captación. El sensor de temperatura de la acumulación se colocará preferentemente en la parte inferior, en una zona no influenciada por la circulación del circuito secundario o por el calentamiento del intercambiador si éste fuera incorporado. El sistema de control asegurará que en ningún caso se alcancen temperaturas superiores a las máximas soportadas por los materiales, componentes y tratamientos de los circuitos. El sistema de control asegurará que en ningún punto la temperatura del fluido de trabajo descienda por debajo de una temperatura tres grados superior a la de congelación del fluido. Alternativamente al control diferencial, se podrán usar sistemas de control accionados en función de la radiación solar. Las instalaciones con varias aplicaciones deberán ir dotadas con un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas, complementado con otro que regule la aportación de energía a la misma. Puede realizarse por control de temperatura o caudal actuando sobre una válvula de reparto, de tres vías del tipo “todo o nada”, bombas de circulación, o por combinación de varios mecanismos.

#### **6.4.4.13 Sistema de medida**

En instalaciones mayores de 20 m<sup>2</sup> se dispondrá al menos de un sistema analógico de medida local y de registro de datos que indique como mínimo las siguientes variables:

- a) Temperatura de entrada agua fría de red.
- b) Temperatura de salida acumulador solar.
- c) Caudal de agua fría de red.

El tratamiento de los datos proporcionará al menos la energía solar térmica acumulada a lo largo del tiempo.

#### **6.4.4.14 Protección contra retornos**

Todos los aparatos y dispositivos se instalarán de forma que se impida la introducción de cualquier fluido en la instalación y el retorno del agua salida de ella. Al ejecutar la instalación, está terminantemente prohibido empalmar ésta directamente a una conducción de evacuación de aguas residuales. No se establecerán uniones entre las conducciones interiores empalmadas a las redes de distribución pública y otras instalaciones, tales como las de aprovechamiento de agua que no sea procedente de la red de distribución pública.

Las instalaciones de suministro que dispongan de sistema de tratamiento de agua estarán provistas de un dispositivo para impedir el retorno; este dispositivo debe situarse antes del sistema y lo más cerca posible del contador general si lo hubiera. En todos los aparatos que se alimentan directamente de la distribución de agua, tales como bañeras, lavabos, bidés, fregaderos, lavaderos, y en general, en todos los recipientes, el nivel inferior de la llegada del agua debe verter a 20 mm, por lo menos, por encima del borde superior del recipiente. Los rociadores de ducha manual incorporarán un dispositivo antirretorno. En los depósitos cerrados, aunque estén en comunicación con la atmósfera, el tubo de alimentación desembocará 40 mm por encima del nivel máximo del agua (por encima del punto más alto de la boca del aliviadero). Este aliviadero debe tener una capacidad suficiente para evacuar un caudal doble del máximo previsto de entrada de agua. En las derivaciones de uso colectivo, los tubos de alimentación que no estén destinados exclusivamente a necesidades domésticas estarán provistos de un dispositivo antirretorno y una purga de control. En los edificios, éstas no pueden conectarse directamente a la red pública de distribución, salvo que fuera una instalación única en el edificio. Las calderas de vapor o de agua caliente con sobrepresión no se empalmarán directamente a la red pública de distribución. Cualquier dispositivo o aparato de alimentación que se utilice partirá de un depósito, para el que se cumplirán las anteriores disposiciones. Las bombas no se podrán conectar directamente a las tuberías de llegada del agua de suministro, sino que deben alimentarse desde un depósito, excepto cuando estén equipadas con los dispositivos de protección y aislamiento que impidan que se produzca depresión en la red. Esta protección alcanzará también a las bombas de caudal variable instaladas en los grupos de presión de acción regulable e incluirá un dispositivo que provoque el cierre de la aspiración y la parada

de la bomba en caso de depresión en la tubería de alimentación y un depósito de protección contra las sobrepresiones producidas por golpe de ariete. En los grupos de sobreelevación de tipo convencional, se instalará una válvula antirretorno, de tipo membrana, para amortiguar los posibles golpes de ariete.

#### **6.4.4.15 Señalización**

Las tuberías de agua de consumo humano estarán señalizadas con los colores verde oscuro o azul. Si el agua no sea apta para el consumo, las tuberías, los grifos y los demás puntos terminales de esta instalación estarán adecuadamente señalados para que puedan ser identificados como tales de forma fácil e inequívoca.

#### **6.4.4.16 Requisitos a satisfacer por los materiales de la construcción necesarios para la ejecución de la instalación térmica**

De forma general, todos los materiales que se vayan a utilizar en las instalaciones de agua de consumo humano cumplirán los siguientes requisitos:

- a) Todos los productos empleados deben cumplir lo especificado en la legislación vigente para aguas de consumo humano.
- b) No deben modificar las características organolépticas ni la salubridad del agua suministrada.
- c) Serán resistentes a la corrosión interior.
- d) Serán capaces de funcionar eficazmente en las condiciones previstas de servicio.
- e) No presentarán incompatibilidad electroquímica entre sí.
- f) Deben ser resistentes, sin presentar daños ni deterioro, a temperaturas de hasta 40°C, sin que tampoco les afecte la temperatura exterior de su entorno inmediato.
- g) Serán compatibles con el agua a transportar y contener y no deben favorecer la migración de sustancias de los materiales en cantidades que sean un riesgo para la salubridad y limpieza del agua de consumo humano su envejecimiento, fatiga, durabilidad y todo tipo de factores mecánicos, físicos o químicos, no disminuirán la vida útil prevista de la instalación.

Para que se cumplan las condiciones anteriores, se podrán utilizar revestimientos, sistemas de protección o los ya citados sistemas de tratamiento de agua.

#### **6.4.4.17 Condiciones particulares de las conducciones**

En función de las condiciones expuestas en el apartado anterior, se consideran adecuados para las instalaciones de agua de consumo humano los siguientes tubos:

- a) Tubos de acero galvanizado.
- b) Tubos de cobre.
- c) Tubos de acero inoxidable.
- d) Tubos de fundición dúctil.
- e) Tubos de policloruro de vinilo no plastificado (PVC).
- f) Tubos de policloruro de vinilo clorado (PVC-C).
- g) Tubos de polietileno (PE).
- h) Tubos de polietileno reticulado (PE-X).
- i) Tubos de polibutileno (PB).
- j) Tubos de polipropileno (PP).
- k) Tubos multicapa de polímero / aluminio / polietileno resistente a temperatura (PE-RT).
- l) Tubos multicapa de polímero / aluminio / polietileno reticulado (PE-X).

No podrán emplearse para las tuberías ni para los accesorios, materiales que puedan producir concentraciones de sustancias nocivas que excedan los valores permitidos por el Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero.

El ACS se considera igualmente agua de consumo humano y cumplirá por tanto con todos los requisitos al respecto. Dada la alteración que producen en las condiciones de potabilidad del agua, quedan prohibidos expresamente los tubos de aluminio y aquellos cuya composición contenga plomo. Todos los materiales utilizados en los tubos, accesorios y componentes de la red, incluyendo también las juntas elásticas y productos usados para la estanqueidad, así como los materiales de aporte y fundentes para soldaduras, cumplirán igualmente las condiciones expuestas.

#### **6.4.4.18 Aislantes térmicos**

El aislamiento térmico de las tuberías utilizado para reducir pérdidas de calor, evitar condensaciones y congelación del agua en el interior de las conducciones, se realizará con coquillas resistentes a la temperatura de aplicación.

#### **6.4.4.19 Válvulas y llaves**

El material de válvulas y llaves no será incompatible con las tuberías en que se intercalen. El cuerpo de la llave ó válvula será de una sola pieza de fundición o fundida en bronce, latón, acero, acero inoxidable, aleaciones especiales o plástico. Solamente pueden emplearse válvulas de cierre por giro de 90° como válvulas de tubería si sirven como órgano de cierre para trabajos de mantenimiento. Serán resistentes a una presión de servicio de 10 bar.

#### **6.4.4.20 Acumuladores e interacumuladores**

Podrán ser eléctricos o a gas. Los eléctricos, con montaje de tipo vertical, dotados de termostato exterior regulable y testigos de funcionamiento luminosos, construidos en acero de elevado espesor recubierta en la parte inferior de un esmalte especial vitrificado y con aislamiento de espuma de poliuretano y ánodo de sacrificio de magnesio. Válvula de seguridad y antirretorno de 6 Kg./cm<sup>2</sup> y latiguillo. Los de gas (gas natural y GLP), con cámara de combustión abierta y tiro natural, encendido piezoeléctrico y seguridad por termopar (con piloto), dotado de quemador multigás y selector de temperatura de ACS. (de 35°C a 75°C), con protección por ánodo de magnesio y aislamiento de espuma de poliuretano y sonda antidesbordamiento de gases. Los interacumuladores podrán ser verticales u horizontales para producción y acumulación de agua caliente, construidos en acero galvanizado calorifugado o chapa de acero vitrificado o esmaltado y diseñados para protección catódica contra la corrosión, dotados de serpentín desmontable de doble envolvente, incluidas bomba circuito primario, red tuberías de acero negro, etc.

### **6.5 Instalación de ventilación**

El sistema de ventilación mecánica se colocará sobre el soporte de manera estable y utilizando elementos antivibratorios. Los aspiradores mecánicos, en su caso, deben instalarse aplomados y sujetos al conducto de extracción o a su revestimiento.

Los empalmes y conexiones deben ser estancos y estar protegidos para evitar la entrada o salida de aire en esos puntos. De forma general, todos los materiales que se vayan a utilizar en los sistemas de ventilación cumplirán las siguientes condiciones:

- a) Lo especificado en el CTE-DB-HS-3.
- b) Lo especificado en la legislación vigente.
- c) Que sean capaces de funcionar eficazmente en las condiciones previstas de servicio.

Si se instalan compuertas que deban atravesar elementos delimitadores (muros, forjados, etc.) éstas serán de tipo cortafuegos. Si el espesor del elemento delimitador es insuficiente, la parte de la compuerta o del conducto que sobresalga se revestirá con un material resistente al fuego, de resistencia igual a la del elemento delimitador. Los huecos de paso de los forjados deben proporcionar una holgura perimétrica de 20 mm y debe rellenarse dicha holgura con aislante térmico. El tramo de conducto correspondiente a cada planta debe apoyarse sobre el forjado inferior de la misma. Para conductos de extracción para ventilación híbrida, las piezas deben colocarse cuidando el aplomado, admitiéndose una desviación de la vertical de hasta 15° con transiciones suaves. Cuando las piezas sean de hormigón en masa o cerámicas, deben recibirse con mortero de cemento tipo M-5a (1:6), evitando la caída de restos de mortero al interior del conducto y enrasando la junta por ambos lados. Cuando sean de otro material, deben realizarse las uniones previstas en el sistema, cuidándose la estanquidad de sus juntas. Las aberturas de extracción conectadas a conductos de extracción deben taparse adecuadamente para evitar la entrada de escombros u otros objetos en los conductos hasta que se coloquen los elementos de protección correspondientes. El marco de la compuerta quedará fijado firmemente al elemento delimitador, directamente o a través de un manguito, de manera que la dilatación de los conductos no afecte a la posición de la compuerta y a su integridad. La lama (o lamas) de la compuerta, cuando está cerrada, deberá ajustarse al marco mediante un elemento de solape de, al menos, 20mm. El juego entre lama y marco será suficiente para permitir la libre dilatación de la lama y será igual a una centésima parte del lado o diámetro de la compuerta, por lo menos. Todos los componentes de las compuertas deberán estar protegidos contra la corrosión mediante la selección de materiales adecuados o la aplicación de barreras protectoras (pinturas o galvanizado). En el conducto que acomete a la compuerta del lado del mecanismo se practicará un registro de inspección de medidas adecuadas para efectuar pruebas y facilitar las operaciones de mantenimiento. Bajo ningún

concepto se instalarán compuertas, de cualquier tipo, en conductos de extracción de aire de aparcamientos, de evacuación de humos de cocinas y de evacuación de productos de la combustión, por evidentes razones de seguridad, por lo que estas conducciones deberán estar totalmente situadas en una misma zona de fuego. Los revestimientos de los conductos, interiores o exteriores deben interrumpirse donde esté instalada una compuerta, para no interferir con su funcionamiento. Cuando las aberturas se dispongan directamente en el muro debe colocarse un pasamuros cuya sección interior tenga las dimensiones mínimas de ventilación previstas y deben sellarse los extremos en su encuentro con el mismo. Los elementos de protección de las aberturas deben colocarse de tal modo que no se permita la entrada de agua desde el exterior. Los elementos de protección de las aberturas de extracción cuando dispongan de lamas deben colocarse con éstas inclinadas en la dirección de la circulación del aire.

## **6.6 Señalización**

Toda la instalación térmica deberá estar correctamente señalizada y deberán disponerse las advertencias e instrucciones necesarias que impidan los errores de interpretación, maniobras incorrectas y contactos accidentales con puntos calientes, superficies frías y elementos en tensión o cualquier otro tipo de accidentes. A este fin se tendrá en cuenta que todas las máquinas y aparatos principales, paneles de cuadros y circuitos, deben estar diferenciados entre sí con marcas claramente establecidas, señalizados mediante rótulos de dimensiones y estructura apropiadas para su fácil lectura y comprensión. Particularmente deben estar claramente señalizados todos los elementos de accionamiento de los aparatos de maniobra y de los propios aparatos, incluyendo la identificación de las posiciones de apertura y cierre, salvo en el caso en el que su identificación pueda hacerse a simple vista.

## **7 ACABADOS, CONTROL Y ACEPTACIÓN, MEDICIÓN Y ABONO**

Para la recepción provisional de las obras una vez terminadas, el Ingeniero Director procederá, en presencia de los representantes del Contratista o empresa instaladora autorizada, a efectuar los reconocimientos y ensayos precisos para comprobar que las obras han sido ejecutadas con sujeción al presente proyecto y cumplen las condiciones técnicas exigidas.

---

## **7.1 Acabados**

---

Terminada la instalación térmica, se vigilará especialmente los siguientes apartados: Todos los materiales de la instalación quedarán protegidos frente a impactos, materiales agresivos, humedades y suciedad. Adecuada fijación a los paramentos-soporte, de los elementos de la instalación, evitándose ruidos y vibraciones, y comprobación de la correcta conexión a las redes. Comprobación de aquellos elementos que deban quedar en condiciones de servicio, completamente estanco y conectado a la red que debe alimentar, como depósitos.

Inexistencia de taponamientos y rebose de aguas, por la acumulación de sólidos que obstruye las tuberías de saneamiento disminuyendo la sección efectiva de las mismas. Inexistencia de humedades y deterioro de pavimentos y otros elementos constructivos debido a fugas provocadas por la falta de estanqueidad en las uniones de tuberías, por soldaduras mal realizadas, por el empleo de material no adecuado como aporte en soldaduras, empotramientos que impiden la libre dilatación de las tuberías. Inexistencia de interferencias con otros elementos constructivos, pudiendo deteriorar éstos últimos. Condensaciones y congelación por la falta de aislamiento en las tuberías. Estado y ejecución de los aislamientos. Corrosión de las tuberías por falta de protección exterior, empleo de materiales no adecuados o por trabajar a temperaturas excesivas. Corrosión y manchas en falsos techos. Desprendimientos, por la sujeción inadecuada de los tubos. Daños en elementos estructurales, por apertura de huecos en vigas, ábacos, etc. por el paso de instalaciones a través de elementos o en zonas no previstas debido a un mal replanteo o improvisaciones de última hora. En los sistemas de calefacción, la Dirección Facultativa realizará una inspección, una vez finalizadas las obras, para el control de los acabados consistente en la apertura de paneles, registros, etc., e inspeccionando los equipos de calefacción instalados, los sistemas de ventilación, los conductos de salida de humos y chimeneas. En los sistemas de aire acondicionado, se procederá a inspeccionar, abriendo paneles y registros, el equipo central y los sistemas de distribución.

---

## **7.2 Control y aceptación**

---

Controles durante la ejecución: puntos de observación.

### **7.2.1 Controles funcionales en los sistemas de climatización y ventilación**

Comprobación que los equipos de la instalación cumplen las exigencias de funcionamiento de las especificaciones del proyecto.

#### **Trabajos preliminares:**

- Comprobación de la terminación de todos los trabajos de montaje e instalación.
- Puesta en marcha de los equipos.
- Efectuar ajustes y regulación de la instalación.
- Ensayo y funcionamiento del sistema completo a diferentes cargas.
- Ajuste de caudal y de distribución de aire en condiciones especiales de funcionamiento.
- Ajuste de elementos de regulación en los conductos de aire.
- Ajuste y registro del equipo de seguridad. – Ajuste de sistemas de mando y antihielo.
- Ajuste de mandos automáticos.
- Determinación del aire impulsado en cada elemento terminal, con regulación eventual.
- Ajuste de los elementos de regulación en las redes de conductos de calefacción, refrigeración y humidificación en relación con los datos de funcionamiento requeridos.
- Ajuste de la alimentación eléctrica según condiciones de diseño.
- Documento en el que se recogen los resultados de las pruebas realizados.
- Instrucciones para formar el personal encargado del manejo de la instalación.

#### **Modo operativo de los controles funcionales:**

- Establecimiento de listado de verificaciones sobre todos los equipos.
- Extensión de los controles funcionales.
- Localización de los controles, acordándose previamente entre las partes interesadas.
- Instrucciones relativas al modo operar y lista de controles funcionales corrientes.

#### **Controles separados de los dispositivos.**

**Dispositivos centrales, ventiladores:**

- Sentido de rotación de ventiladores.
- Regulación de velocidad o de caudal de aire de los ventiladores.
- Conmutador de puesta a cero.
- Puesta en marcha y parada de sistemas de regulación y mando de las compuertas.
- Sistema antihielo.
- Sentido de movimiento de compuertas de hojas múltiples.
- Sentido de funcionamiento y de regulación de los dispositivos de mando.
- Dispositivos de seguridad de los motores de accionamiento.

**Intercambiadores de calor:**

- Sentido de funcionamiento y de regulación de los dispositivos de mando.
- Sentido de rotación de las bombas de circulación en los cambiadores de calor.
- Función de mando de los cambiadores de calor rotativos.
- Alimentación de fluidos portadores de calor y de frío.

**Filtro de aire:**

- Indicación y control de la diferencia de presión.

**Humidificador:**

- Función de mando.
- Alimentación y evacuación.
- Funcionamiento y sentido de giro de la bomba de circulación.

**Compuertas de las hojas múltiples:**

- Control del sentido de marcha de los servomotores.

**Compuertas cortafuegos:**

- Ensayo del dispositivo y de la señal de enclavamiento.
- Ensayo del sentido y de los límites de la marcha de la compuerta y del indicador.

### **Sección de mezcal, cámara de reposo, recalentamiento secundario, etc.**

- Control de funciones de regulación y mando.

### **Red de conductos:**

- Elementos de regulación en las redes de calefacción, refrigeración y humidificación.
- Accesibilidad de la red de conductos.

### **Elementos de regulación terminales de aire (impulsión/extracción) y caudal de aire en el local.**

- Ensayo de funcionamiento por control localizado.
- Ensayo de humo para una evaluación inicial del caudal de aire en el local y también de una iniciación de la circulación de aire en las zonas de conductos.

### **Aparatos de mando y armarios de distribución:**

Comprobación localizada de las uniones de mando automático y de cierre en los diversos estados de funcionamiento, ajustando los valores de consigna, en particular:

- Valor de consigna de la temperatura interior.
- Valor de consigna de la humedad interior.
- Interruptor de arranque.
- Funciones antihielos.
- Compuertas de incendios (enclavamiento y señal).
- Regulación del caudal de aire.
- Sistemas de recuperación de calor.
- Unión con sistemas de protección contra incendios.

### **7.3 Medición y abono**

Las conducciones se medirán y valorarán por metro lineal de longitud de iguales características, todo ello completamente colocado incluyendo el tubo, aislamientos, piezas de sujeción, bridas, acoplamientos elásticos, piezas especiales, etc., incluidas ayudas de albañilería cuando existan. Asimismo, los suelos radiantes (y el mortero que lo recubre) se medirán y valorarán por metro cuadrado de film de polietileno, colocado incluyendo, por unidad los elementos como paneles machihembrados de poliestireno expandido para aislamiento, cintas perimetrales de montaje, piezas especiales, racores, válvulas de esfera, grifos de purga, etc. Los aditivos plastificantes necesarios, por Kg. Los sistemas capilares de refrigeración por techo se medirán y valorarán por metro lineal de conducto o tubo y por unidad de panel de tubos capilares, incluido colector, manguitos, tubos flexibles, etc. Los sistemas de conductos de aire se medirán y valorarán por unidad instalada en cuanto a ventiladores centrífugos, piezas de conductos circulares, rejillas de impulsión, rejillas para fan-colis de techo, difusores, silenciadores, bocas de ventilación, toberas, unidades de tratamiento de aire, compuertas, registros. Por metro lineal, el conducto circular, los tubos flexibles. Por metro cuadrado, los conductos de chapa galvanizada, los conductos de lana mineral. Los demás elementos de las instalaciones térmicas (calefacción, aire acondicionado, ACS, ventilación), por unidad totalmente colocada y comprobada incluyendo todos los accesorios y conexiones necesarios para su correcto funcionamiento, como generadores de calor (calderas, grupos térmicos, termos, calentadores, bombas de calor, etc.), intercambiadores, captadores solares (incluye, por litro, el líquido de relleno) acumuladores, depósitos de combustibles, intercambiadores, chimeneas, contadores, emisores (radiadores, aerotermos, ventiloconvectores, etc.), generadores de frío, unidades centralizadas, emisores por agua, fan-coils, sondas, termostatos, etc.

### **7.4 Control de la instalación terminada**

En la instalación terminada, bien sobre su conjunto o bien sobre sus diferentes partes, se realizarán las comprobaciones y pruebas de servicio previstas en el proyecto o memoria técnica u ordenadas por el instalador autorizado o el Ingeniero-Director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, las previstas en la IT 2 y las exigidas por la normativa vigente.

## **8 RECONOCIMIENTOS, PRUEBAS Y ENSAYOS**

### **8.1 Reconocimiento de las obras**

Previamente al reconocimiento de las obras, el Contratista habrá retirado todos los materiales sobrantes, restos (a vertedero autorizado), embalajes, etc., hasta dejarlas completamente limpias y despejadas. En este reconocimiento se comprobará que todos los materiales instalados coinciden con los admitidos por la Dirección Facultativa en el control previo efectuado antes de su instalación y que corresponden exactamente a las muestras que tenga en su poder, si las hubiera y, finalmente comprobará que no sufren deterioro alguno ni en su aspecto ni en su funcionamiento. Análogamente se comprobará que la realización de la instalación térmica ha sido llevada a cabo y terminadas, rematadas correcta y completamente.

### **8.2 Pruebas y ensayos**

Las pruebas de la instalación se efectuarán por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales de la instalación, de acuerdo a los requisitos de la IT 2. Todas las pruebas se efectuarán en presencia del instalador autorizado o del Ingeniero-Director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, quien otorgará su conformidad tanto al procedimiento seguido como a los resultados obtenidos. Los resultados de las distintas pruebas realizadas a cada uno de los equipos, aparatos o subsistemas pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación.

Si para extender el certificado de la instalación fuese necesaria disponer de energía para realizar pruebas, se solicitará, a la empresa suministradora de energía un suministro provisional para pruebas por el instalador autorizado o por el Ingeniero Director de la instalación a los que se refiere este reglamento, y bajo su responsabilidad. Después de efectuado el reconocimiento, se procederá a realizar las pruebas y ensayos por parte del Contratista que se indican a continuación con independencia de lo indicado con anterioridad en este Pliego de Condiciones Técnicas. La empresa instaladora estará obligada a efectuar una prueba de resistencia mecánica y estanquidad de todas las tuberías, elementos y accesorios que integran la instalación, estando todos sus componentes vistos y accesibles

para su control. Se comprobará que los componentes del sistema instalados corresponden a las especificaciones técnicas de los fabricantes de los equipos. Asimismo, se comprobará que los componentes del sistema instalados coinciden con los que contempla el proyecto de ejecución. Se controlará la conformidad con las reglas técnicas y reglamentos en vigor así como la accesibilidad del sistema en lo relativo al funcionamiento, la limpieza y el mantenimiento. Se revisará la limpieza del sistema. Se revisará que estén todos los documentos necesarios para realiza la puesta en funcionamiento del sistema.

### **8.2.1 Pruebas generales en sistemas de climatización y ventilación**

De forma genérica las pruebas serán las siguientes:

- Accesibilidad de los componentes para el funcionamiento y el mantenimiento.
- Estado de limpieza de los aparatos, intercambiadores de calor y el sistema de distribución.
- Disposición de accesibilidad de las aberturas para la limpieza de los dispositivos y de las redes de conductos. • Integridad del marcado y del tipo de designación.
- Medidas de protección contra incendios previstas (compuertas cortafuegos, revestimientos ignífugos, etc.).
- Calorifugados previstos y dispositivos d estanqueidad del vapor.
- Protección prevista contra la corrosión de la estructura de montaje y de los apoyos.
- Dispositivos antivibratorios, sujeción de conductos, etc.
- Medidas tomadas de puerta a tierra de los componentes y del sistema de conductos.

#### **Aparatos centrales, ventiladores:**

- Comprobación de la disposición lógica o no de los diversos elementos.
- Control de la placa de características. (Identificación de las prestaciones).
- Construcción (por ejemplo, doble envolvente).
- Pruebas de estanqueidad de los elementos y de las uniones flexibles por observación.
- Instalación de los amortiguadores de vibraciones.
- Fijación del motor.
- Número de correas trapeciales. (incluyendo repuestos).

- Protección de la transmisión.
- Purga con sifón.
- Prueba de la velocidad del ventilador y del motor de acuerdo con las características de la placa de identificación.

**Intercambiadores de calor:**

- Control de la placa de características. (Identificación de las prestaciones)
- Comprobación de la estanqueidad de la envolvente.
- Comprobación concerniente al peligro. (curvatura de las aletas)
- Verificación del material de los cambiadores de calor.
- Comprobación de la entrada y salida en la conexión de agua.
- Comprobación de las condiciones de montaje de las válvulas de mando.
- Control de los dispositivos antivaho para detectar los eventuales peligros.
- Dispositivos antihelio dentro y fuera del cambiador de calor.

**Filtro de aire:**

- Revisión del sistema de filtrado y su calidad en función del tipo escogido.
- Inspección y montaje y sellado del marco.
- Verificación del filtrado para detectar los peligros eventuales.
- Controlar el indicador de presión diferencial con respecto a los peligros eventuales y verificar el nivel del fluido.
- Examinar el juego de filtros de repuesto previsto en el contrato).
- Comprobación de la limpieza.

**Humidificador:**

- Control de la placa de características. (Identificación de las prestaciones).
- Revisión de las condiciones de montaje, incluido el volumen de la cámara de humidificación.
- Comprobación de los elementos separados que lo integran (bombas, mando de nivel de agua, evacuación).
- Control del sistema de distribución de agua (vapor).

**Entrada de aire exterior:**

- Inspección de las dimensiones, del material y diseño de la rejilla exterior resistente a la intemperie.

**Compuertas corta fuegos:**

- Revisión de las condiciones de montaje.
- Marca de certificación.
- Control de la adecuación del tipo de mecanismo de enclavamiento.

**Red de conductos:**

- Ensayo de estanqueidad de las uniones por controles localizados e inspecciones manuales.
- Verificación de la calidad de los accesorios de conformidad con el contrato.
- Control del sellado del material del filtro.

**Sección de mezcla, cámaras de reposo, recalentamiento secundario, etc.**

- Comprobaciones localizadas a verificar la conformidad al proyecto.

**Elementos terminales de difusión (impulsión/extracción de aire):**

- Comprobaciones de los tipos, disposición, correspondencia con los de proyecto.

**Dispositivos de mando y armarios de distribución:**

- Control de cada circuito de mando para verificar que el sistema está conforme al esquema general.
- Control de la disposición de los sensores.
- Comprobación del perfecto estado y de la disposición de los reguladores.
- Inspección de los armarios de distribución para verificar su conformidad con el contrato.
- Emplazamiento, accesibilidad.

- Sistema de protección.
- Ventilación.
- Marcado.
- Tipos de cables.
- Puerta a tierra.
- Esquemas de montaje enmarcados.

### **8.2.2 Prueba de estanqueidad de las redes de tuberías (instalaciones interiores)**

Todas las partes de la red o el tramo de red de tuberías en prueba deberán ser accesibles para la observación de fugas y su reparación; no deberá estar instalado el aislamiento térmico. Todos los extremos de la sección de tuberías en prueba deberán sellarse herméticamente. Antes de realizar la prueba y, por supuesto, antes del sellado de las extremidades, la red de tubería deberá limpiarse de todos los residuos procedentes del montaje, como cascarillas, aceites, barro, etc. La limpieza se efectuará llenando la red de agua y vaciándola el número de veces que sea necesario. El agua podrá estar aditivada con algún producto detergente; esta práctica no está permitida cuando se trata de redes de agua para usos sanitarios. Deberá comprobarse que los equipos, aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se prueba puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales elementos deberán quedar excluidos mediante el cierre de válvulas o la sustitución por tapones. La fuente de presurización deberá tener una presión igual o mayor que la presión de prueba. La conexión estará dotada de los siguientes accesorios:

- Válvula de interceptación de tipo de esfera.
- Filtro para agua.
- Válvula de retención.
- Válvula graduable reductora de presión o, en caso de no existir una fuente con presión suficiente, bomba dotada de VFD (variador de frecuencia) que aspira, de un depósito de capacidad adecuada, el volumen de agua necesario para el llenado de la red en prueba.
- Manómetro calibrado y de escala adecuada.
- Válvula de seguridad, tarada a la presión máxima admisible en la red.
- Manguito flexible de unión con la red o la sección de red en prueba.

Las fugas se detectarán por la formación de un goteo o un chorro de agua o, en caso de aberturas muy pequeñas, por la formación de superficies mojadas. La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se ha manifestado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo. Se prohíbe el empleo de masillas u otros materiales o medios improvisados o provisionales. Después de haber preparado la red, se procederá a efectuar la prueba preliminar de estanquidad. Para iniciar la prueba se llenará de agua toda la instalación, desde su parte baja, dejando que el aire sea evacuado por los puntos altos, manteniendo abiertos los grifos terminales hasta que se tenga la seguridad de que la purga ha sido completa y no queda nada de aire. A continuación, bajo la presión hidrostática determinada por la altura de la red, se recorrerá ésta y se comprobará la presencia de fugas, en particular en las uniones. Se procederá a la reparación, en su caso, y se volverá a repetir esta prueba hasta tanto no se detecten fugas. A continuación, se realizará la prueba de resistencia mecánica. Una vez llenada la red, se sube la presión hasta el valor de prueba y se cierra la acometida del agua. Si la presión en el manómetro bajara, se comprobará, primero, que las válvulas o tapones de las extremidades estén herméticamente cerrados. En caso afirmativo, se recorrerá la red para buscar señales de pérdidas de líquido. Esta prueba tendrá la duración necesaria para verificar visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones. Seguidamente se cerrarán los grifos que han servido de purga y el de la fuente de alimentación. A continuación, se empleará la bomba, la cual estará conectada previamente y se mantendrá su funcionamiento hasta alcanzar la presión de prueba. Una vez acondicionada, se procederá en función del tipo del material como sigue:

- a) Para tuberías metálicas se considerarán válidas las pruebas realizadas según se describe en la norma UNE 100 151:1988.
- b) Para tuberías termoplásticas y multicapas se considerarán válidas las pruebas realizadas conforme al Método A de la Norma UNE ENV 12 108:2002.

Los circuitos se someterán a una prueba de presión de 1,5 veces el valor de la presión máxima de servicio. Se ensayará el sistema con esta presión durante al menos una hora no produciéndose daños permanentes ni fugas en los componentes del sistema y en sus interconexiones. Transcurrido este tiempo, la presión hidráulica no deberá caer más de un 10 % del valor medio medido al principio del ensayo. El circuito de consumo deberá soportar la máxima presión requerida por las regulaciones nacionales/europeas de agua potable

para instalaciones de agua de consumo abierta o cerrada. En caso de sistemas de consumo abiertos con conexión a la red, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión. Al terminar las pruebas se reducirá la presión, se conectarán a la red los equipos, aparatos y accesorios que hayan sido excluidos de la prueba, se actuará sobre las válvulas de corte y las válvulas de evacuación de aire y se volverán a instalar los aparatos de medida y control. El manómetro que se utilice en esta prueba debe apreciar como mínimo intervalos de presión de 0,1 bar. Las presiones aludidas anteriormente se refieren a nivel de la calzada. Seguidamente se resumen los pasos a seguir para la realización de la prueba de estanquidad de una red:

#### 1. Preparación de la red:

- Eliminación de equipos, aparatos y accesorios que no soporten la presión de prueba.
- Cierre de todos los terminales abiertos, mediante válvula o tapones, delimitando la sección que va a ser sometida a prueba.
- Eliminación de todos los aparatos de medida y control.
- Apertura de todas las válvulas incluidas en la red en prueba.
- Comprobación de que todos los puntos altos de la red estén equipados de purgadores de aire.
- Comprobación de que la unión entre la fuente de presión y la red está fuertemente apretada.
- Antes de aplicar la presión asegurarse de que todas las personas hayan sido alejadas de los tramos de tuberías en prueba.

#### 2. Prueba preliminar:

- Llenado de la red desde la parte baja, asegurándose de que el aire se escapa por los puntos más elevados sin aplicar presión.
- Se deberá recorrer toda la red para comprobar la presencia de fugas. Si se detectan fugas se procederá a su reparación.

#### 3. Prueba de estanquidad:

- Una vez llenada toda la red y eliminado el aire eventualmente presente, se aumentará la presión hasta el valor de prueba.
- Se recorre la red para comprobar la presencia de fugas.
- Se verificará visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones.

La prueba tendrá la duración necesaria para recorrer toda la red. Cuando la presión del manómetro bajará sin que se manifiesten fugas, se podrá alargar la duración de la prueba tomando nota de las variaciones de temperatura del ambiente, que pueden alterar la presión a la que está sometida la red. Habrá que tener cuidado cuando las condiciones del ambiente puedan reducir la temperatura del agua debajo del punto de congelación.

4. Reparación de fugas:

- La reparación de las uniones donde se han originados las fugas se hará desmontando la parte defectuosa o averiada y sustituyéndola por otra nueva.
- Una vez reparadas las anomalías, se volverá a repetir las pruebas desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá todas las veces que sea necesario, hasta tanto la red no sea estanca.

5. Terminación de la prueba:

- Reducción de la presión.
- Conexión a la red de los equipos, aparatos y accesorios que hayan sido excluidos de las pruebas.
- Instalación de los aparatos de medida y control que hayan sido desmontado para la prueba.

Las presiones a las que se deben someter las redes de distribución del fluido portador serán las indicadas a continuación.

- Circuitos cerrados de fluidos portadores (incluidas torres de refrigeración): 1,5 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 6 bar.
- Circuitos abiertos de torres de refrigeración: 2 veces la presión hidrostática máxima, con un mínimo de 6 bar. Circuitos de agua para usos sanitarios: 2 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 6 bar.
- Agua sobrecalentada o vapor: 2 veces la presión máxima de trabajo, con un mínimo de 10 bar.

Para cada prueba se redactará una ficha técnica en la que se anoten los valores obtenidos.

### **8.2.3 Pruebas de las redes de conductos de aire**

Las redes de conductos se probarán de acuerdo a lo que se indica a continuación. Las pruebas se realizarán antes de que la red de conductos quede oculta por la instalación del aislamiento térmico, el cierre de obras de albañilería o de falsos techos o suelos. Las pruebas se realizarán sobre la totalidad de la red de conductos. Si, por razones de ejecución de obra, se necesita ocultar parte de la red antes de su ultimación, las pruebas podrán realizarse subdividiéndola en tramos. Las aberturas de terminación de los conductos, donde se conectarán las unidades terminales o los difusores, se cerrarán por medio de tapones de chapa metálica u otro material. El montaje de los elementos de cierre se hará al momento del montaje de los conductos para evitar la introducción de materiales extraños y de suciedad. El ventilador, directamente acoplado al motor, será capaz de suministrar un caudal entre el 2 al 3% del caudal de la red de conductos, con una presión estática igual, por lo menos, a vez y media la presión máxima de trabajo de la red o a la presión máxima de trabajo de la red más 500Pa, la mayor entre las dos.

El acoplamiento entre la boca de descarga del ventilador y la entrada al tramo de conducto de medida es crítico; las uniones se harán mediante juntas de goma y soldadura a estaño. La unión entre el conducto de medida y la red de conductos en prueba se sellará mediante masilla y cinta adhesiva. El tramo de conducto de unión entre el ventilador y la red en pruebas será calandrado de chapa galvanizada de 15/10 de mm de espesor, de 80 mm de diámetro y una longitud mínima de 1,6 m. En este tramo se instalará un enderezador de flujo y una brida calibrada, con un taladro central de  $22 \pm 0,025$  mm de diámetro. Antes y después de la brida calibrada se soldarán al conducto dos manguitos de acoplamiento al manómetro en U. Éste, a su vez, se acoplará a los manguitos mediante dos tubos flexibles de plástico de 6 mm de diámetro interior. Las pruebas se realizarán según el siguiente procedimiento.

Prueba preliminar:

Se procede al reconocimiento auditivo del sistema de conductos. Se pone en marcha el ventilador gradualmente, hasta alcanzar una presión igual a la presión máxima de trabajo más 500 Pa. Se procede al reconocimiento auditivo de la red en prueba, detectando las fugas de aire. Se para el ventilador y se procede al sellado de todas las uniones

defectuosas. Se dejará transcurrir el tiempo necesario para que el material sellante tenga tiempo de fraguar. Se procede de nuevo a efectuar esta prueba hasta que hayan sido eliminadas todas las fugas.

#### Prueba estructural:

Esta prueba sólo se debe hacer para conductos de forma rectangular. En esta prueba se debe alcanzar una presión igual a una vez y media la presión máxima de trabajo. Las uniones transversales y longitudinales deben ser capaces de resistir la presión sin deformarse y sin perder la estanquidad. Para los refuerzos transversales de los conductos o sus uniones transversales, cuando éstas actúan como refuerzos, la deflexión máxima permitida es de 6 mm.

La deflexión máxima permitida para las chapas de las paredes de los conductos será la siguiente:

- Lados de hasta 300mm: 10mm.
- Lados de hasta 450mm: 12mm.
- Lados de hasta 600mm: 15mm.
- Lados de más de 600mm: 20mm.

#### Prueba de estanqueidad:

Para asegurar que el caudal de aire en las unidades terminales sea igual al de diseño, es necesario sobredimensionar el caudal del ventilador en una cantidad igual a las pérdidas por exfiltración (fugas), cuando la red de conducto trabaje con presión positiva, o a las ganancias por infiltración, cuando la red de conducto trabaje con presión negativa. En adelante, todas las pérdidas y ganancias de caudal se denominarán con la palabra "pérdidas".

Las pérdidas son proporcionales a la longitud total de las uniones transversales y longitudinales, que, a su vez, está relacionada con la superficie exterior de los conductos y con la complejidad del sistema. A efectos prácticos, puede considerarse que las pérdidas sean proporcionales a la superficie exterior de los conductos. Se pone en marcha el ventilador y, gradualmente, se llega a la presión máxima de servicio. En estas condiciones,

la lectura del manómetro indica la pérdida de presión a través de la brida taladrada y, en consecuencia, el caudal de fugas. Para cada prueba se redactará una ficha técnica en la que se anoten los valores obtenidos.

#### **8.2.4 Prueba de estanqueidad de las chimeneas**

La prueba de estanqueidad de los conductos para la evacuación de los productos de la combustión se realizará de acuerdo a las instrucciones del fabricante.

#### **8.2.5 Pruebas finales**

Para las pruebas finales se seguirán las instrucciones indicadas en la norma UNE-EN 12599. Para el subsistema solar se llevará a cabo una prueba de seguridad en condiciones de estancamiento del circuito primario.

#### **8.2.6 Pruebas particulares de las instalaciones de ACS**

En las instalaciones de preparación de ACS se realizarán las siguientes pruebas de funcionamiento:

- a) Medición de caudal y temperatura en los puntos de agua.
- b) Obtención de los caudales exigidos a la temperatura fijada una vez abiertos el número de grifos estimados en la simultaneidad.
- c) Comprobación del tiempo que tarda el agua en salir a la temperatura de funcionamiento una vez realizado el equilibrado hidráulico de las distintas ramas de la red de retorno y abiertos uno a uno el grifo más alejado de cada uno de los ramales, sin haber abierto ningún grifo en las últimas 24 horas.
- d) Medición de temperaturas de la red.
- e) Con el acumulador a régimen, comprobación con termómetro de contacto de las temperaturas del mismo, en su salida y en los grifos. La temperatura del retorno no debe ser inferior en 3°C a la de salida del acumulador.

Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasarán a la fase de la Recepción Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del

suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 24 horas seguidas y además se hayan cumplido los siguientes requisitos, además de los contemplados en el presente apartado: Entrega de toda la documentación requerida en este Pliego de Condiciones Técnicas. Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación instalación o diseño por una garantía de dos años, contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional. No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se apreciase que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos. Antes de proceder a la recepción definitiva de las obras, se realizará nuevamente un reconocimiento de las mismas, con objeto de comprobar el cumplimiento de lo establecido sobre la conservación y reparación de las obras.

### **8.2.7 Pruebas de eficiencia energética**

Se exigirá a la empresa instaladora autorizada la realización y documentación de las siguientes pruebas de eficiencia energética de la instalación:

- Comprobación del funcionamiento de los equipos de generación de calor (temperaturas, caudal, potencia, temperaturas de humos, etc.) a plena carga y a carga parcial (para su realización, consúltese la guía técnica nº 5 del IDAE “Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas”).
- Comprobación del funcionamiento de los equipos de generación de frío (temperaturas, caudal, potencia, etc.) a plena carga y a carga parcial. (Para su realización, consúltese la guía técnica nº 2 del IDAE “Procedimientos para la determinación del rendimiento energético de plantas enfriadoras y equipos autónomos de tratamiento de aire” y la nº 4 “Torres de refrigeración”).
- Comprobación de la aportación energética de los sistemas de generación de energía de origen renovable.
- Equipos de transferencia energética, como baterías, intercambiadores, etc. Serán de ayuda las fichas técnicas.
- Comprobación del sistema de automatización y control del edificio.

- Comprobación de caudales y temperaturas de impulsión y retorno de todos los circuitos de distribución de energía térmica y de sus pérdidas de energía. Esta comprobación está relacionada con la puesta en marcha de la instalación.
- Comprobación de los consumos energéticos en diferentes situaciones de carga térmica, lo que impone el seguimiento de la instalación durante un año completo.
- Comprobación del funcionamiento de los motores eléctricos, en particular, de su rendimiento.

## **9 CONDICIONES DE MANTENIMIENTO Y USO**

Las actuaciones de mantenimiento sobre las instalaciones térmicas en los edificios son independientes de las inspecciones periódicas que preceptivamente se tengan que realizar. Las operaciones de mantenimiento de las instalaciones sujetas al RITE se realizarán por empresas mantenedoras autorizadas.

Las instalaciones térmicas se utilizarán adecuadamente, de conformidad con las instrucciones de uso contenidas en el Manual de Uso y Mantenimiento, absteniéndose realizar un uso incompatible con el previsto. Al hacerse cargo del mantenimiento, el titular de la instalación entregará al representante de la empresa mantenedora una copia del Manual de Uso y Mantenimiento de la instalación térmica, contenido en el Libro del Edificio. La empresa mantenedora será responsable de que el mantenimiento de la instalación térmica sea realizado correctamente de acuerdo con las instrucciones del Manual de Uso y Mantenimiento y con las exigencias del RITE. Las instrucciones de uso y mantenimiento, de acuerdo con las características específicas de la instalación, quedarán reflejadas mediante la elaboración de un “Manual de Uso y Mantenimiento” anteriormente mencionado, que contendrá las instrucciones de seguridad, manejo y operación, así como los programas de funcionamiento, mantenimiento preventivo y gestión energética de la instalación proyectada, de acuerdo con la IT 3. Será obligación del mantenedor autorizado y del Ingeniero-Director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, la actualización y adecuación permanente de la documentación contenida en el Manual de Uso y Mantenimiento a las características técnicas de la instalación. Las instalaciones mantendrán sus características originales. Si son necesarias reformas, éstas deben ser efectuadas por empresas autorizadas para ello de acuerdo a lo prescrito por el Reglamento RITE. Las operaciones de mantenimiento relativas a las instalaciones de

fontanería recogerán detalladamente las prescripciones contenidas para estas instalaciones en el Real Decreto 865/2003 sobre criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, y particularmente todo lo referido en su Anexo 3. Los equipos que necesiten operaciones periódicas de mantenimiento, tales como elementos de medida, control, protección y maniobra, así como válvulas, compuertas, unidades terminales, que deban quedar ocultos, se situarán en espacios que permitan la accesibilidad. Las tuberías se emplazarán en lugares que permitan la accesibilidad a lo largo de su recorrido para facilitar la inspección de las mismas y de sus accesorios. Si fuese necesario interrumpir el funcionamiento de un generador, por desarrollar operaciones de mantenimiento o reparación, por razones de seguridad o explotación, etc., también deberá interrumpirse el funcionamiento de todos los equipos accesorios y/o auxiliares directamente relacionados con el mismo.

En caso de contabilización del consumo mediante batería de contadores, los montantes, hasta cada derivación particular, se considerarán formando parte de la instalación general, a efectos de conservación y mantenimiento puesto que discurren por zonas comunes del edificio.

Los elementos y equipos de la instalación tales como el grupo de presión, los sistemas de tratamiento de agua o los contadores, se instalarán en locales cuyas dimensiones sean suficientes para que pueda llevarse a cabo su mantenimiento adecuadamente. El mantenimiento de las instalaciones sujetas al RITE será realizado de acuerdo con lo establecido en la IT 3, atendiendo a los siguientes casos:

- a) Instalaciones térmicas con potencia térmica nominal total instalada en generación de calor o frío igual o superior a 5kW e inferior o igual a 70kW. Se mantendrán por una empresa mantenedora, que debe realizar su mantenimiento de acuerdo con las instrucciones contenidas en el «Manual de Uso y Mantenimiento».
- b) Instalaciones térmicas con potencia térmica nominal total instalada en generación de calor o frío mayor que 70kW. Se mantendrán por una empresa mantenedora con la que el titular de la instalación térmica debe suscribir un contrato de mantenimiento, realizando su mantenimiento de acuerdo con las instrucciones contenidas en el «Manual de Uso y Mantenimiento».

- c) Instalaciones térmicas cuya potencia térmica nominal total instalada sea igual o mayor que 5.000kW en calor y/o 1.000kW en frío, así como las instalaciones de calefacción o refrigeración solar cuya potencia térmica sea mayor que 400kW. Se mantendrán por una empresa mantenedora con la que el titular debe suscribir un contrato de mantenimiento. El mantenimiento debe realizarse bajo la dirección de un técnico titulado competente con funciones de director de mantenimiento, ya pertenezca a la propiedad del edificio o a la plantilla de la empresa mantenedora.

En el caso de las instalaciones solares térmicas la clasificación en los apartados anteriores será la que corresponda a la potencia térmica nominal en generación de calor o frío del equipo de energía de apoyo. En el caso de que no exista este equipo de energía de apoyo la potencia, a estos efectos, se determinará multiplicando la superficie de apertura de campo de los captadores solares instalados por 0,7kW/m<sup>2</sup>. El titular de la instalación podrá realizar con personal de su plantilla el mantenimiento de sus propias instalaciones térmicas siempre y cuando acredite cumplir con los requisitos exigidos en el artículo 41 para el ejercicio de la actividad de mantenimiento, y sea autorizado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma. Sin perjuicio de aquellas operaciones de mantenimiento derivadas de otras normativas, para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida de la instalación, para asegurar el funcionamiento, aumentar la fiabilidad y prolongar la duración de la misma, se definen dos escalones complementarios de actuación:

- a) Plan de vigilancia.
- b) Plan de mantenimiento preventivo.
- c) Programa de gestión energética.

## 9.1 Plan de vigilancia

Se define como el conjunto de operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación son los correctos. Es un plan de observación simple (Inspecciones Visuales) de los parámetros funcionales principales, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación, con el siguiente alcance:

Elemento	Operación	Frecuencia (meses)	Descripción

<b>CAPTADORES</b>	Limpieza de cristales	A determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3	IV condensaciones en horas centrales del día
	Juntas	3	IV Agrietamientos y deformaciones
	Absorbedor	3	IV Corrosión, deformación, fugas, etc.
	Conexiones	3	IV Fugas
	Estructuras	3	IV Degradación, indicios de corrosión
<b>CIRCUITO PRIMARIO</b>	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6	IV Ausencia de humedad y fugas
	Purgador manual	3	Vaciado del botellín
<b>CIRCUITO SECUNDARIO</b>	Termómetro	Diario	IV Temperatura
	Tubería y aislamiento	6	IV Ausencia de humedad y fugas
	Acumulador solar	3	Purgado de la acumulación de lodos de la parte inferior del depósito

IV: Inspección visual.

## 9.2 Plan de mantenimiento

Se definen como el conjunto de operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación permitan mantener, dentro de límites aceptables, las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Implicará, como mínimo, una revisión anual de la instalación para instalaciones con superficie de captación inferior a 20 m<sup>2</sup> y una revisión cada seis meses para instalaciones con superficie de captación superior a 20 m<sup>2</sup>. Se realizará por personal técnico competente con conocimientos demostrados de la tecnología solar térmica y de las instalaciones mecánicas en general. Se anotarán las operaciones de mantenimiento en un "Libro de mantenimiento" en el que quedarán convenientemente reflejadas así como el mantenimiento correctivo que fuese necesario practicar. El mantenimiento incluirá todas las operaciones y la sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar que el sistema funcione correctamente durante su vida útil. De forma detallada las operaciones de mantenimiento que deben realizarse en las instalaciones de energía solar térmica para producción de agua caliente, la periodicidad mínima establecida (en meses) y observaciones en relación con las prevenciones a observar, son las siguientes.

### Sistema de captación:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Captadores	6	IV diferencias sobre original
		IV diferencias entre captadores
Cristales	6	IV condensaciones y suciedad
Juntas	6	IV corrosión, deformación
Absorbedor	6	IV deformación, osciladores, ventanas de respiración

<b>Carcasa</b>	6	IV aparición de fugas
<b>Conexiones</b>	6	IV degradación, indicios de corrosión, y apriete de tornillos
<b>Estructura</b>	6	Tapado parcial del campo de captadores
<b>Captadores*</b>	12	Destapado parcial del campo de captadores
<b>Captadores*</b>	12	Vaciado parcial del campo de captadores
<b>Captadores*</b>	12	Llenado parcial del campo de captadores
<b>*Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1. (1)IV: inspección visual</b>		

Sistema de acumulación:

Equipo	(meses)	Descripción
Depósito	12	Presencia de lodos en fondo
Ánodos de sacrificio	12	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12	Comprobar que no hay humedad

Sistema de intercambio:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Intercambiador de placas		CF eficiencia y prestaciones
		Limpieza
Intercambiador de serpentín		CF eficiencia y prestaciones
		Limpieza

(1)CF: control de funcionamiento

Circuito hidráulico:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Fluido refrigerante	12	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24	Efectuar prueba de presión
Aislamiento al exterior	6	IV degradación protección uniones y ausencia de humedad
Aislamiento al interior	12	IV uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12	CF y limpieza
Purgador manual	6	Vaciar el aire del botellín
Bomba	12	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6	Comprobación de la presión
Vaso de expansión abierto	12	Comprobación del nivel
Sistema de llenado	6	CF actuación
Válvula de corte	6	CF actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	6	CF actuación

(1)IV: inspección visual (2)CF: control de funcionamiento

Sistema eléctrico y de control:

Equipo	Frecuencia (meses)	Descripción
Cuadro eléctrico	12	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12	CF actuación
Termostato	12	CF actuación
Verificación del sistema de medida	12	CF actuación
(1) CF: control de funcionamiento		

Para las instalaciones menores de 20 m<sup>2</sup> se realizarán conjuntamente en la inspección anual las labores del plan de mantenimiento que tienen una frecuencia de 6 y 12 meses. En general, se revisará el estado de conservación y limpieza, con el fin de detectar la presencia de sedimentos, incrustaciones, productos de la corrosión, lodos, y cualquier otra circunstancia que altere o pueda alterar el buen funcionamiento de la instalación.

### 9.3 Programa de gestión energética

La empresa de mantenimiento deberá también llevar un registro de las mediciones de algunos parámetros de los generadores de calor (Tabla 3.2) y los de frío (Tabla 3.3), con el fin de evaluar periódicamente la eficiencia energética de estos equipos. Para las instalaciones solares térmicas de más de 20 m<sup>2</sup> de superficie de captación la empresa de mantenimiento realizará mediciones del consumo de agua caliente sanitaria y de la contribución solar. Una vez al año se comprobará el cumplimiento de la exigencia de la sección HE4 del CTE. La empresa mantenedora deberá realizar un seguimiento de la evolución del consumo de energía y de agua para instalaciones de más de 70 kW térmicos,

con el fin de detectar posibles desviaciones de los valores iniciales y tomar las medidas correctoras necesarias. Las instrucciones de seguridad de las instalaciones térmicas de más de 70kW serán visibles y comprenderán los aspectos relativos a paradas de equipos, indicaciones de seguridad, advertencias, cierre de válvulas, etc. Las instrucciones de manejo y maniobra, así como las instrucciones de funcionamiento, deberán estar situadas en salas de máquinas y otros locales técnicos.

Será obligatorio efectuar la contabilización del consumo de energía de todos los usuarios (véase la guía técnica nº 6 “Contabilización de consumos” del IDAE).

#### **9.4 Limpieza y programa de desinfección**

Durante la realización de los tratamientos de desinfección se han de extremar las precauciones para evitar que se produzcan situaciones de riesgo tanto entre el personal que realice los tratamientos como todos aquellos ocupantes de las instalaciones a tratar. En general para los trabajadores se cumplirán las disposiciones de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y su normativa de desarrollo. El personal deberá haber realizado los cursos autorizados para la realización de operaciones de mantenimiento higiénico-sanitario para la prevención y control de la legionelosis, según Orden SCO 317/2003, de 7 de febrero.

Se distinguen tres tipos de actuaciones en la instalación:

1. Limpieza y programa de desinfección de mantenimiento.
2. Limpieza y desinfección de choque.
3. Limpieza y desinfección en caso de brote.

Al existir distintas configuraciones de instalaciones de ACS, desde el punto de vista de las actuaciones para evitar el crecimiento de Legionela, se distinguirán las siguientes:

- a) Instalaciones de ACS con lavabos y sin duchas ni otros elementos que produzcan aerosoles.

Estas instalaciones generalmente al no producir aerosoles se pueden considerar que están fuera del ámbito de aplicación del Real Decreto, pero por ser susceptibles de crear hábitat adecuados para el desarrollo de Legionela, es recomendable, al menos, realizar una

analítica de Legionela anual y en caso de detectar presencia, realizar una limpieza y desinfección según protocolos. Dado que estos sistemas pueden ser reservorios de agua conectados a otras instalaciones es preciso cumplir los requisitos de temperaturas establecidos en el Real Decreto 865/2003.

- b) Instalaciones con generador de calor instantáneo y sin depósito acumulador con duchas u otros elementos que produzcan aerosoles:

Al menos una vez al año, los elementos desmontables, como grifos y duchas, se limpiarán a fondo con los medios adecuados que permitan la eliminación de incrustaciones y adherencias. Se sumergirán en una solución que contenga 20mg/l de cloro residual libre, durante 30 minutos, aclarando posteriormente con abundante agua fría; si por el tipo de material no es posible utilizar cloro, se deberá utilizar otro desinfectante apto para su uso en agua fría de consumo humano. Los elementos difíciles de desmontar o sumergir se cubrirán con un paño limpio impregnado en la misma solución durante el mismo tiempo y posteriormente se aclarará con agua fría.

Se realizará análisis de Legionela con periodicidad mínima anual, si el resultado es positivo se realizará una desinfección, térmica o química, de la red de ACS según protocolos detallados en las tablas 6 y 7.

Aproximadamente quince días después se realizará analítica de Legionela para comprobar la efectividad de la desinfección. Para los elementos terminales se deben cumplir los requisitos de temperaturas establecidos en el Real Decreto 865/2003 (> 50C).

- c) Instalaciones con acumulador y sin circuito de retorno (con duchas o elementos que producen aerosoles).

Para definir el protocolo de limpieza y desinfección en estas instalaciones se tendrá en cuenta tanto la capacidad como la accesibilidad y otras variables que se describen en la siguiente tabla:

	<300 litros	litros	>750 litros
Accesibilidad	Recomendable	Mínimo boca de mano	Obligatorio (> 400 mm) boca de hombre
Temperatura operación	Mantener T < 60°C en depósito. Alcanzar T > 50°C en puntos terminales aprox. 1 minuto	Mantener T < 60°C en depósito. Alcanzar T >= 50°C en puntos terminales aprox. 1 minuto	Mantener T < 60°C en depósito. Alcanzar T >= 50°C en puntos terminales aprox. 1 minuto
Limpieza	A través de purga	Anual	Anual
Desinfección periódica	Mínimo Anual	Mínimo Anual	Mínimo Anual
Purga	Mínimo semanal	Mínimo semanal Disponer desagüe de pura en el punto más bajo	Mínimo semanal Disponer desagüe de pura en el punto más bajo

Al menos una vez al año, los elementos desmontables, como grifos y duchas, se limpiarán a fondo con los medios adecuados que permitan la eliminación de incrustaciones y adherencias. Se sumergirán en una solución que contenga 20 mg/l de cloro residual libre, durante 30 minutos, aclarando posteriormente con abundante agua fría; si por el tipo de material no es posible utilizar cloro, se deberá utilizar otro desinfectante apto para su uso en agua fría de consumo humano. Los elementos difíciles de desmontar o sumergir se cubrirán con un paño limpio impregnado en la misma solución durante el mismo tiempo y

posteriormente se aclarará con agua fría. Se realizará análisis de Legionela con periodicidad mínima anual, en instalaciones especialmente sensibles tales como hospitales, residencias de ancianos, balnearios, etc. la periodicidad mínima recomendada es trimestral, y en establecimientos lúdicos, turísticos y deportivos la periodicidad mínima recomendada es semestral. Si se detecta presencia de Legionela se realizará una desinfección, preferiblemente térmica, de toda la instalación incluyendo la red de ACS según protocolos. Aproximadamente quince días después se realizará analítica de Legionela para comprobar la efectividad de la desinfección. Se deben cumplir los requisitos de temperaturas establecidos en el Real Decreto 865/2003 ( $^3$  50°C en elementos terminales y  $>$  60°C en depósitos acumuladores).

- d) Instalaciones con acumulador y circuito de retorno. (con duchas o elementos que producen aerosoles).

Para definir el protocolo de limpieza y desinfección en estas instalaciones es preciso tener en cuenta tanto la capacidad como la accesibilidad y otras variables que se describen en la siguiente tabla:

	$\leq$ 750 litros	$>$ 750 litros
Accesibilidad	Mínimo boca de mano	Obligatorio ( $>$ 400 mm) boca de hombre
Temperatura operación	Mantener $T < 60^{\circ}\text{C}$ en depósito. Alcanzar $T > 50^{\circ}\text{C}$ en puntos terminales aprox. 1 minuto	Mantener $T < 60^{\circ}\text{C}$ en depósito. Alcanzar $T > 50^{\circ}\text{C}$ en puntos terminales aprox. 1 minuto
Limpieza	Anual	Anual

Desinfección periódica	Mínimo Anual	Mínimo Anual
Purga	Mínimo semanal Disponer desagüe de pura en el punto más bajo	Mínimo semanal Disponer desagüe de pura en el punto más bajo

En todos los casos, se realizará desinfección anual, térmica o química, de la red completa de ACS, incluyendo acumulador, red de impulsión, red de retorno y elementos terminales. Se realizará análisis de Legionela con periodicidad mínima anual, en instalaciones especialmente sensibles tales como hospitales, residencias de ancianos, balnearios, etc. la periodicidad mínima recomendada es trimestral y en establecimientos lúdicos, turísticos y deportivos la periodicidad mínima recomendada es semestral. Si se detecta presencia de Legionela se realizará una desinfección, química o preferiblemente térmica, de toda la instalación de ACS (acumulador, redes y elementos terminales) según protocolos. Aproximadamente quince días después se realizará analítica de Legionela para comprobar la efectividad de la desinfección. Se deben cumplir los requisitos de temperaturas establecidos en el Real Decreto 865/2003 (> 50°C en elementos terminales y > 60°C en depósitos acumuladores).

## **9.5 Limpieza y desinfección en caso de brote de Legionela**

En el caso de producirse un brote se realizará un tratamiento en todo el sistema de distribución de Agua Caliente Sanitaria, tal y como se especifica en el anexo 3 del Real Decreto 865/2003. Todas las actividades realizadas con motivo de la aparición de un brote de legionelosis en una instalación han de quedar reflejadas en el registro de mantenimiento de forma que estén siempre disponibles para las Autoridades Sanitarias. Todos los elementos desmontables deberán tratarse según lo establecido en anteriores apartados, teniendo en cuenta que sólo puede utilizarse cloro, procediendo a la renovación de aquellos elementos de la red en los que se aprecie alguna anomalía, en especial los que se vean afectados por procesos de corrosión e incrustación.

## **9.6 Registros asociados a las instalaciones de ACS**

Se dispondrá en estas instalaciones de un Registro de Mantenimiento donde se deberán indicar:

- A) Para las instalaciones catalogadas de mayor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionela:
- Plano señalado con la descripción de flujos de agua y de las temperaturas de consigna en los diferentes puntos del sistema.
  - Operaciones de mantenimiento realizadas incluyendo las inspecciones de las diferentes partes del sistema.
  - Análisis de agua realizados incluyendo registros de temperatura en los depósitos de acumulación.
  - Certificados de limpieza-desinfección.
  - Resultado de la evaluación del riesgo.
- B) Para las instalaciones catalogadas de menor probabilidad de proliferación y dispersión de Legionela:
- Esquema del funcionamiento hidráulico de la instalación.
  - Operaciones de revisión, limpieza, desinfección y mantenimiento realizadas incluyendo las inspecciones de las diferentes partes del sistema.
  - Análisis realizados y resultados obtenidos.
  - Certificados de limpieza y desinfección. – Resultado de la evaluación del riesgo.

El contenido del registro y de los certificados de los tratamientos deberá ajustarse al Real Decreto 865/2003.

## **9.7 Prevención de riesgos laborales**

Con el fin de prevenir los accidentes de trabajo y los riesgos para la salud de los operarios de las instalaciones y del personal de mantenimiento, limpieza y desinfección, especialmente los riesgos derivados de la inhalación de aerosoles con legionela y de la exposición a productos químicos y agentes físicos utilizados en el tratamiento de las instalaciones y del agua de las mismas, deben tomarse las siguientes precauciones. Planificar y diseñar las tareas de revisión, mantenimiento, limpieza y desinfección de forma

que los riesgos para los trabajadores sean mínimos, mediante procedimientos de trabajo escritos. Aquellas tareas en las cuales el riesgo pueda ser importante, como, por ejemplo, las que se realicen en espacios confinados, o las que impliquen la utilización de agentes químicos o la exposición a agentes físicos, no deben realizarse nunca en solitario. Aunque sean llevadas a cabo por un solo trabajador, siempre debe haber en las inmediaciones otra persona con los equipos de protección individual (EPI) y medios apropiados para que, en caso de producirse un accidente o una exposición excesiva, pueda socorrer al afectado sin que ella misma se exponga al riesgo. Informar a los trabajadores sobre los riesgos a los que pueden verse expuestos y sobre los medios y medidas preventivas establecidas y adiestrarles en la ejecución segura de sus tareas y la observancia de las medidas de prevención. Guardar los productos químicos en un almacén a ellos dedicado y deben existir normas escritas sobre su almacenamiento y manipulación, redactadas de acuerdo a las fichas de seguridad suministradas por los fabricantes. Suministrar a los trabajadores equipos de protección individual acordes al riesgo al que puedan estar expuestos en la realización de sus tareas, que no supongan un riesgo o esfuerzo añadido o sean penosos de llevar.

Los trabajadores deben ser adiestrados en su uso, limpieza, descontaminación, mantenimiento y conservación adecuados. Es recomendable que existan procedimientos escritos para ello. De acuerdo a la tarea que se realice y a los riesgos derivados de la exposición a agentes químicos y biológicos, se recomienda la utilización de los equipos de protección individual que se señalan en la siguiente tabla.

TAREA	FACTOR DE RIESGO	EPI	
		Protección respiratoria	Ropa de protección
Revisión	Aerosol	Mascarilla autofiltrante contra partículas	No es necesaria
Limpieza y tratamiento químico en espacio bien ventilado	Aerosol y concentración baja de cloro u otros agentes químicos	Mascarilla con filtro contra partículas, gases y vapores	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas
Limpieza y tratamiento químico en espacio ventilado, sin movimiento de aire	Aerosol y concentración no muy alta de cloro u otros agentes químicos	Mascarilla completa con filtro contra partículas, gases y vapores	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas
Limpieza y tratamiento químico en espacio confinado	Aerosol y concentración alta de cloro u otros agentes químicos; posible falta de oxígeno	Equipo de protección respiratoria aislante autónomo, con adaptador facial tipo máscara completa	Traje completo resistente a agentes químicos, con protección de la cabeza, guantes, botas y gafas

---

## **9.8 Interrupción del servicio**

---

En las instalaciones de agua de consumo humano que no se pongan en servicio después de 4 semanas desde su terminación, o aquellas que permanezcan fuera de servicio más de 6 meses, se cerrará su conexión y se procederá a su vaciado. Las acometidas que no sean utilizadas inmediatamente tras su terminación o que estén paradas temporalmente, deben cerrarse en la conducción de abastecimiento. Las acometidas que no se utilicen durante 1 año deben ser taponadas.

---

## **9.9 Nueva puesta en servicio**

---

Todas las instalaciones de Agua Caliente Sanitaria se limpiarán y desinfectarán cuando se ponga en marcha la instalación por primera vez, tras una parada superior a un mes, tras una reparación o modificación estructural, cuando una revisión así lo aconseje o cuando lo determine la Autoridad Sanitaria. Las instalaciones de agua de consumo humano que hayan sido puestas fuera de servicio y vaciadas provisionalmente deben ser lavadas a fondo para la nueva puesta en servicio. Para ello se podrá seguir el procedimiento siguiente:

- A) Para el llenado de la instalación se abrirán al principio solo un poco las llaves de cierre, empezando por la llave de cierre principal. A continuación, para evitar golpes de ariete y daños, se purgarán de aire, durante un tiempo, las conducciones por apertura lenta de cada una de las llaves de toma, empezando por la más alejada o la situada más alta, hasta que no salga más aire. A continuación, se abrirán totalmente las llaves de cierre y lavarán las conducciones.
- B) Llenadas y lavadas las conducciones y con todas las llaves de toma cerradas, se comprobará la estanqueidad de la instalación por control visual de todas las conducciones accesibles, conexiones y dispositivos de consumo.

En instalaciones de descalcificación se iniciará una regeneración por arranque manual.

---

## **9.10 Certificado de mantenimiento**

---

Anualmente el mantenedor autorizado titular del carné profesional y el Director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el

certificado de mantenimiento, que será enviado, si así se determina, al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quedando una copia del mismo en posesión del titular de la instalación. La validez del certificado de mantenimiento expedido será como máximo de un año. El certificado de mantenimiento, según modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, tendrá como mínimo el contenido siguiente:

- A) Identificación de la instalación.
- B) Identificación de la empresa mantenedora, mantenedor autorizado responsable de la instalación y del director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva.
- C) Resultados de las operaciones realizadas de acuerdo con la IT 3 del RITE.
- D) Declaración expresa de que la instalación ha sido mantenida de acuerdo con el «Manual de Uso y Mantenimiento» y que cumple con los requisitos exigidos en la IT 3 del RITE.

Las comprobaciones y chequeos a realizar por los responsables del mantenimiento se efectuarán con la periodicidad acordada, atendiendo al tipo de instalación, su nivel de riesgo y el entorno ambiental, todo ello sin perjuicio de las otras actuaciones que proceda realizar para corrección de anomalías o por exigencia de la reglamentación. Los detalles de las averías o defectos detectados, identificación de los trabajos efectuados, lista de piezas o dispositivos reparados o sustituidos y el resultado de las verificaciones correspondientes deberán quedar registrados en soporte auditable por la Administración.

### 9.11 Mantenimiento de la instalación de ventilación

Operación	Trabajos	Periodicidad
Limpieza de rejillas	Aspirar la pelusa con un aspirador. Soplar lamas con aire a presión. Pasar un trapo por las lamas.	Cuando se vean sucias
Limpieza de rodetes y palas	Desconectada la alimentación eléctrica y bloqueando el rodete, pulverizar con desengrasante y limpiar con paño y agua a presión. Dejar secar	Anual o cuando vibre

Limpieza de conductos	Realizada por empresa de mantenimiento	Cada 5 años
Engrase de cojinetes	Desconectada la alimentación eléctrica y bloqueando el rodete, con engrasador llenar de grasa	Anual
Controlar arranque automático	Verificar el sistema de arranque por temporizador o sensor de CO2	Anual
Tensado de correas	Si lleva correas de transmisión, verificar tensado	Semestral

### 9.12 Reparación. Reposición

Siempre que se revisen las instalaciones, se repararán los defectos encontrados y, en el caso que sea necesario, se repondrán las piezas que lo precisen. Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador. El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 15 días naturales.

## 10 INSPECCIONES

Las inspecciones, iniciales y periódicas de eficiencia energética sobre las instalaciones térmicas son independientes de las actuaciones de mantenimiento que preceptivamente se tengan que realizar. Serán realizadas, bien por personal facultativo de los servicios de Seguridad Industrial del órgano competente de la Comunidad Autónoma, o mediante Organismos o Entidades de Control Autorizadas (O.C.A.) en este campo reglamentario, siendo, en este último caso, de libre designación y elección por parte de La Propiedad o titular de la instalación. Las inspecciones incluirán el análisis y evaluación del rendimiento y la revisión del registro oficial de las operaciones de mantenimiento. Cuando la instalación térmica tenga más de 15 años de antigüedad y la potencia térmica nominal sea más de 20

kW de potencia térmica nominal, incluida la instalación de energía solar, y para equipos de producción de frío de más de 12 kW de potencia térmica nominal, se deberá realizar una inspección de toda la instalación térmica desde el punto de vista de la eficiencia energética. Dos serán los tipos de inspecciones a realizar sobre las instalaciones térmicas, clasificándose en Inspecciones Iniciales e Inspecciones Periódicas de Eficiencia Energética. Como resultado de la inspección, se emitirá el correspondiente Certificado de Inspección, el cual señalará si el proyecto o memoria técnica y la instalación ejecutada cumple los preceptos del RITE, la posible relación de defectos, la calificación de la instalación y plazo de subsanación.

### **10.1 Inspecciones iniciales**

Ejecutada la instalación térmica y presentada la documentación de la misma para la solicitud de su puesta en marcha, el órgano competente de la Comunidad Autónoma podrá disponer de una inspección inicial de estas instalaciones con la finalidad de comprobar el cumplimiento reglamentario del RITE.

Ésta se realizará sobre la base del cumplimiento de las condiciones de bienestar e higiene, eficiencia energética y de seguridades establecidas por el RITE y contempladas en el presente Pliego de Condiciones, asimismo acorde a la reglamentación industrial en vigor, y para las instalaciones que empleen gases combustibles, a través de su específica reglamentación.

### **10.2 Inspecciones periódicas de eficiencia energética**

Se inspeccionarán con la finalidad de verificar su cumplimiento reglamentario, según tipología, potencia, contenidos, plazos, criterios de valoración y medidas a adoptar como resultado de las mismas, en función de las características de la instalación.

El órgano competente de la Comunidad Autónoma establecerá:

- a) El calendario de inspecciones periódicas de eficiencia energética, coordinando su realización con otras inspecciones a las que vengan obligadas por razón de otros reglamentos.

- b) Los requisitos de los agentes autorizados para llevar a cabo estas inspecciones, que podrán ser, entre otros, organismos o entidades de control autorizadas para este campo reglamentario, o técnicos independientes, cualificados y acreditados por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, elegidos libremente por el titular de la instalación de entre los autorizados para realizar estas funciones.

## **10.2.1 Alcance de las inspecciones de eficiencia energética**

### **10.2.1.1 Generador de calor**

Se inspeccionarán aquellos generadores de Potencia instalada  $\geq 20$  kW, comprendiendo las siguientes tareas:

- a) Análisis y evaluación del rendimiento (no tendrá un valor inferior a 2 unidades con respecto al rendimiento determinado en la puesta en servicio).
- b) Inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento establecidas en la IT3 del RIT, relacionadas con el generador de calor y la energía solar.
- c) Incluirá la instalación de energía solar térmica, caso de existir y comprenderá la evaluación de la contribución mínima en la producción de agua caliente sanitaria y calefacción solar.

### **10.2.1.2 Generador de frío**

Se inspeccionará los generadores de frío de potencia térmica nominal  $> 12$  kW y comprenderá las siguientes actuaciones:

- a) Análisis y evaluación del rendimiento
- b) Inspección de registro oficial de operaciones de mantenimiento establecidas en la IT3 del RITE, relacionadas con el generador de frío para verificar su realización periódica y el cumplimiento y adecuación del “Manual de Uso y Mantenimiento” a la instalación existente.
- c) Inspección de la instalación de energía solar, caso de existir ésta y comprenderá la evaluación de la contribución de energía solar al sistema de refrigeración solar

### 10.2.1.3 Instalación térmica completa

Transcurridos quince (15) años desde la emisión del primer certificado de instalación, y con potencia térmica nominal  $> 20\text{kW}$  en calor o  $12\text{kW}$  en frío, se realizará una inspección global, comprendiendo ésta las siguientes tareas:

- a) ) Inspección del sistema relacionado con la eficiencia energética según la IT1 del RITE.
- b) Inspección del registro oficial de las operaciones de mantenimiento establecidas en la IT3 del RITE para la instalación térmica completa y comprobación del cumplimiento y adecuación del “Manual de Uso y Mantenimiento” a la instalación existente.
- c) Elaboración de informe-dictamen de asesoramiento y de adopción de mejoras de la eficiencia energética con posibilidad de incorporar energía solar. Este informe será entregado a La Propiedad y contemplará propuestas de rentabilidad energética, económica y de sostenibilidad medioambiental.

## 10.2.2 Periodicidad de las inspecciones

### 10.2.2.1 Generadores de calor

Los generadores de calor de las instalaciones existentes deberán superar su primera inspección de acuerdo con el calendario que al respecto establezca el órgano competente de la Comunidad Autónoma en función de la potencia, tipo de combustible y antigüedad.

Potencia Térmica Nominal (kW)	Tipo de combustible	Periodo de Inspección
$20 \leq P < 70$	Gases y combustibles renovables	Cada 5 años
	Otros combustibles	Cada 5 años
$P > 70$	Gases y combustibles renovables	Cada 4 años
	Otros combustibles	Cada 2 años

### 10.2.2.2 Generadores de frío

Los generadores de frío de las instalaciones térmicas de potencia térmica nominal superior a  $12\text{ kW}$  se inspeccionarán periódicamente de acuerdo con el calendario que al respecto

establezca el órgano competente de la Comunidad Autónoma, en función de su antigüedad y de que su potencia térmica nominal sea mayor de 70 kW o igual, o inferior a dicho valor.

### **10.2.2.3 Instalación térmica completa**

Esta inspección se hará coincidir con la primera inspección del generador de calor o frío, una vez que la instalación haya superado los quince (15) años de antigüedad. Posteriormente, este tipo de inspección completa se hará cada 15 años.

## **10.3 Calificación de las instalaciones en función del resultado de la inspección de eficiencia energética y emisión del certificado de inspección**

**Aceptable:** Si no se determina la existencia de algún defecto grave o muy grave, donde los posibles defectos leves se anotarán para constancia del titular, con la indicación de que debe establecer los medios para subsanarlos, acreditando su subsanación antes de tres (3) meses.

**Condicionada:** Si se detecta la existencia de, al menos, un defecto grave o de un defecto leve descubierto en otra inspección anterior y que no se haya corregido. En este caso:

- a) Las instalaciones nuevas que sean objeto de esta calificación no podrán entrar en servicio y ser suministradas de energía en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de aceptable.
- b) A las instalaciones ya en servicio se les fijará un plazo para proceder a su corrección, acreditando su subsanación antes de quince (15) días. Transcurrido dicho plazo sin haberse subsanado los defectos, el organismo que haya efectuado ese control debe remitir el certificado de inspección al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quién podrá disponer la suspensión del suministro de energía hasta la obtención de la calificación de aceptable.

**Negativa:** cuando se observe, al menos, un defecto muy grave. En este caso:

- a) Las instalaciones nuevas objeto de esta calificación no podrán entrar en servicio, en tanto no se hayan corregido los defectos indicados y puedan obtener la calificación de aceptable.
- b) A las instalaciones ya en servicio se les emitirá certificado de calificación negativa, que se remitirá inmediatamente al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quién deberá disponer la suspensión del suministro de energía hasta la obtención de la calificación de aceptable.

Los certificados de inspección periódica se presentarán ante el órgano competente de la Administración de la Comunidad Autónoma haciendo mención expresa al grado de cumplimiento de las condiciones reglamentarias, la calificación del resultado de la inspección, la propuesta de las medidas correctoras necesarias y el plazo máximo de corrección de anomalías, según proceda. Los certificados deberán ser firmados por los autores de la inspección estando visados por el Colegio Oficial correspondiente en el plazo máximo de UN (1) MES desde su realización. Cuando se trate de un técnico adscrito a un OCA, éste estampará su sello oficial.

Los certificados se mantendrán en poder del titular de las instalaciones, quien deberá enviar copia a la Administración competente en materia de energía durante el mes siguiente al cumplimiento de los plazos máximos establecidos en el párrafo anterior.

#### **10.4 De los plazos de entrega y de validez de los certificados de inspección OCA**

El OCA hará llegar, en el plazo de CINCO (5) días de la inspección, el original del certificado al titular de la instalación y copia a los profesionales presentes en la inspección. En cada acto de inspección, el OCA colocará, en el generador de frío o de calor, una etiqueta identificativa o placa adhesiva de material indeleble con la fecha de la intervención. Si la inspección detecta una modificación en la instalación que no haya sido previamente legalizada o autorizada, según corresponda, deberá ser calificada como negativa por defecto grave. Para instalaciones nuevas, tal circunstancia implicará la no autorización de su puesta en servicio, y para instalaciones en servicio será considerado un incumplimiento grave, todo ello sin perjuicio de las infracciones en que incurran los sujetos responsables, conforme a las leyes vigentes. Los profesionales habilitados adscritos a los OCA estarán

obligados a cumplimentar y firmar los certificados de las inspecciones, ya sean periódicas, iniciales o extraordinarias, de las instalaciones donde intervengan, debiendo consignar y certificar expresamente los resultados de la revisión y custodiar las plantillas de control utilizadas y las notas de campo de tales reconocimientos.

### **10.5 Tipos de defectos detectados en las inspecciones de las instalaciones térmicas y de las obligaciones del titular y de la empresa instaladora**

Los defectos en las instalaciones térmicas se clasificarán en: muy graves, graves o leves. Defecto muy grave: es aquel que suponga un peligro inmediato para la seguridad de las personas, los bienes o el medio ambiente.

**Defecto grave:** es el que no supone un peligro inmediato para la seguridad de las personas o de los bienes o del medio ambiente, pero el defecto puede reducir de modo sustancial la capacidad de utilización de la instalación térmica o su eficiencia energética, así como la sucesiva reiteración o acumulación de defectos leves.

**Defecto leve:** es aquel que no perturba el funcionamiento de la instalación y por el que la desviación respecto de lo reglamentado no tiene valor significativo para el uso efectivo o el funcionamiento de la instalación.

Para la puesta en servicio de una instalación con Certificado de Inspección "negativo", será necesaria la emisión de un nuevo Certificado de Inspección sin dicha calificación, por parte del mismo OCA una vez corregidos los defectos que motivaron la calificación anterior. En tanto no se produzca la modificación en la calificación dada por dicho Organismo, la instalación deberá mantenerse fuera de servicio. Con independencia de las obligaciones que correspondan al titular, el OCA deberá remitir a la Administración competente en materia de energía el certificado donde se haga constar la corrección de las anomalías.

Si en una inspección los defectos técnicos detectados implicasen un riesgo grave, el OCA está obligado a requerir, al titular de la instalación y a la empresa instaladora, que dejen fuera de servicio la parte de la instalación o aparatos afectados, procediendo al precinto total o parcial de la instalación y comunicando tal circunstancia a la Administración competente en materia de energía. La inspección del OCA para poner de nuevo en

funcionamiento la instalación se hará dentro de las 24 horas siguientes a la comunicación del titular de que el defecto ha sido subsanado. Si a pesar del requerimiento realizado el titular no procede a dejar fuera de servicio la parte de la instalación o aparatos afectados, el OCA lo pondrá en conocimiento de la Administración competente en materia de energía, identificando a las personas a las que comunicó tal requerimiento, a fin de que adopte las medidas necesarias.

## **11 CONDICIONES DE ÍNDOLE FACULTATIVO**

### **11.1 De la responsabilidad de las partes en el cumplimiento reglamentario**

La responsabilidad del cumplimiento del RITE recae sobre:

1. Los agentes que participan en el diseño, dimensionado, montaje y puesta en marcha de las instalaciones.
2. Los agentes que participan en el mantenimiento e inspección de las instalaciones.
3. Las entidades e instituciones que intervienen en el visado, supervisión o informes de los proyectos o memorias técnicas.
4. Los titulares y usuarios de las instalaciones.

### **11.2 Del titular de la instalación térmica y sus obligaciones**

Son obligaciones y responsabilidades del titular/usuario de la instalación térmica, las siguientes: Es responsable del cumplimiento del RITE desde el momento en que se realiza su recepción provisional, de acuerdo con lo dispuesto en el artículo 12.1.c) de la Ley 21/1992, de 16 de julio, de Industria, en lo que se refiere a su uso y mantenimiento, y sin que este mantenimiento pueda ser sustituido por la garantía.

No está autorizado a realizar operaciones de modificación, reparación o mantenimiento. Estas actuaciones deberán ser ejecutadas siempre por una empresa instaladora autorizada. Mantener, durante la vida útil de la instalación, y con carácter permanente, su buen estado de seguridad y funcionamiento, utilizándola de acuerdo con sus características funcionales.

Se pondrá en conocimiento del responsable de mantenimiento cualquier anomalía que se observe en el funcionamiento normal de las instalaciones térmicas.

Asimismo, será responsable de que se realicen las siguientes acciones:

- a) Encargar a una empresa mantenedora, la realización del mantenimiento de la instalación térmica.
- b) Realizar las inspecciones obligatorias y conservar su correspondiente documentación.
- c) Conservar la documentación de todas las actuaciones, ya sean de reparación o reforma realizadas en la instalación térmica, así como las relacionadas con el fin de la vida útil de la misma o sus equipos, consignándolas en el Libro del Edificio.

También podrá realizar, con personal de su plantilla el mantenimiento de sus propias instalaciones térmicas siempre y cuando acredite cumplir con los requisitos exigidos en el artículo 41 del RITE, para el ejercicio de la actividad de mantenimiento, y sea autorizado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma.

### **11.3 De la dirección facultativa**

El Ingeniero-Director es la máxima autoridad en la obra o instalación. Con independencia de las responsabilidades y obligaciones que le asisten legalmente, será el único con capacidad legal para adoptar o introducir las modificaciones de diseño, constructivas o cambio de materiales que considere justificadas y sean necesarias en virtud del desarrollo de la obra. En el caso de que la dirección de obra sea compartida por varios técnicos competentes, se estará a lo dispuesto en la normativa vigente.

### **11.4 De la empresa instaladora autorizada o contratista**

Se define como “Empresa instaladora autorizada” a la persona física o jurídica que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional, realiza las actividades industriales relacionadas con la ejecución, montaje, reforma, ampliación, revisión, reparación y desmantelamiento de las instalaciones térmicas que se le encomiende y esté autorizada para ello en el ámbito del RITE. Para el ejercicio de esta

actividad, deben, además de haber sido autorizadas para ello, encontrarse inscritos en el Registro de empresas instaladoras autorizadas, en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde radique su sede social. Además de poseer la correspondiente autorización del órgano competente en materia de energía, contará con la debida solvencia reconocida por el Ingeniero-Director. Tendrá obligación de extender un Certificado de Instalación y un redactar un Manual de Uso y Mantenimiento por cada instalación térmica que ejecute, ya sea nueva o reforma de una existente.

Las empresas instaladoras registradas están obligadas a tener una copia del certificado de registro a disposición del público y deben hacerlo constar en sus documentos técnicos y comerciales.

El certificado de registro de empresa instaladora tendrá validez por un período de cinco (5) años, siempre y cuando se mantengan las condiciones que permitieron su concesión, debiendo ser renovado, a solicitud del interesado, antes de la finalización de dicho plazo.

### **11.5 De la empresa mantenedora autorizada**

Se define como “Empresa mantenedora autorizada” a la persona física o jurídica que usando sus medios y organización y bajo la dirección técnica de un profesional, realiza las actividades industriales relacionadas realiza con el mantenimiento y la reparación de las instalaciones térmicas en el ámbito del RITE. Para el ejercicio de esta actividad, deben, además de haber sido autorizadas para ello, encontrarse inscritas en el Registro de empresas mantenedoras autorizadas, en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde radique su sede social. Las empresas mantenedoras registradas están obligadas a tener una copia del certificado de registro a disposición del público y deben hacerlo constar en sus documentos técnicos y comerciales. El certificado de registro de empresa mantenedora tendrá validez por un período de cinco (5) años, siempre y cuando se mantengan las condiciones que permitieron su concesión, debiendo ser renovado, a solicitud del interesado, antes de la finalización de dicho plazo. Formalizará un contrato de mantenimiento con el titular o Propietario de una instalación térmica, y tendrá las siguientes obligaciones, sin perjuicio de las que establezcan otras legislaciones:

- a) Comunicar al órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente, y en el plazo de un (1) mes, las altas y bajas de los trabajadores con carné profesional.
- b) Mantener permanentemente las instalaciones en adecuado estado de seguridad y funcionamiento.
- c) Interrumpir el servicio a la instalación, total o parcialmente, en los casos en que se observe el inminente peligro para las personas o las cosas, o exista un grave riesgo medioambiental inminente. Sin perjuicio de otras actuaciones que correspondan respecto a la jurisdicción civil o penal, en caso de accidente deberán comunicarlo al Centro Directivo competente en materia de energía, manteniendo interrumpido el funcionamiento de la instalación, hasta que se subsanen los defectos que han causado dicho accidente.
- d) Atender con diligencia los requerimientos del titular para prevenir o corregir las averías que se produzcan en la instalación térmica.
- e) Poner en conocimiento del titular, por escrito, las deficiencias observadas en la instalación, que afecten a la seguridad de las personas o de las cosas, a fin de que sean subsanadas.
- f) Comunicar al titular de la instalación, con una antelación mínima de UN (1) MES, la fecha en que corresponde realizar la revisión periódica de eficiencia energética a efectuar por un Organismo OCA, cuando fuese preceptivo.
- g) Dimensionar suficientemente tanto sus recursos técnicos y humanos, como su organización en función del tipo, localización y número de instalaciones bajo su responsabilidad.

## **11.6 De los organismos de control autorizado**

Un OCA es aquella entidad que realiza el ámbito reglamentario, en materia de seguridad industrial, actividades de certificación, ensayo, inspección o auditoria, en base a lo definido en el artículo 41 del Reglamento de las Infraestructuras para la Calidad y la Seguridad Industrial aprobado por Real Decreto 2.200/1995, de 28 de diciembre, autorizada en el campo de las instalaciones térmicas e inscrita en el Registro Especial de esta Comunidad Autónoma.

## **11.7 Condiciones de índole administrativo**

### **11.7.1 Antes del inicio de las obras**

Antes de comenzar la ejecución de la instalación, la Propiedad o titular deberá designar a un técnico titulado competente como responsable de la Dirección Facultativa de la obra, quién, una vez finalizada la misma y realizadas las pruebas y verificaciones preceptivas, emitirá el correspondiente Certificado de Dirección y Finalización de obra.

### **11.7.2 De la puesta en servicio de la instalación**

Para la puesta en servicio de instalaciones térmicas, tanto de nueva planta como de reforma de las existentes, será necesario el registro del certificado de la instalación en el órgano competente de la Comunidad Autónoma donde se ubique la instalación, para lo cual la empresa instaladora debe presentar al mismo la siguiente documentación:

- a) Proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada.
- b) Certificado de la instalación.
- c) Certificado de inspección inicial con calificación aceptable, cuando sea preceptivo.

Las instalaciones térmicas referidas en el artículo 15.1.c) del RITE no precisarán acreditación del cumplimiento reglamentario ante el órgano competente de la Comunidad Autónoma. Una vez comprobada la documentación aportada, el certificado de la instalación será registrado por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, pudiendo a partir de este momento realizar la puesta en servicio de la instalación. La puesta en servicio efectiva de las instalaciones estará supeditada, en su caso, a la acreditación del cumplimiento de otros reglamentos de seguridad que la afecten y a la obtención de las correspondientes autorizaciones. Registrada la instalación en el órgano competente de la Comunidad Autónoma, el instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, hará entrega al titular de la instalación de la documentación que se relaciona a continuación, que se debe incorporar en el Libro del Edificio:

- a) El proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada.
- b) Manual de Uso y Mantenimiento de la instalación realmente ejecutada.

- c) Relación de los materiales y los equipos realmente instalados, en la que se indiquen sus características técnicas y de funcionamiento, junto con la correspondiente documentación de origen y garantía.
- d) Resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2, incluidas fichas técnicas de los equipos.
- e) Certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma.
- f) Certificado de la inspección inicial, cuando sea preceptivo.

El titular de la instalación solicitará el suministro regular de energía a la empresa suministradora de energía mediante la entrega de una copia del certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma. Queda prohibido el suministro regular de energía a aquellas instalaciones sujetas al Reglamento RITE cuyo titular no facilite a la empresa suministradora copia del certificado de la instalación registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma correspondiente.

### **11.8 Certificado de dirección y finalización de obra**

Es el documento emitido por el Ingeniero-Director como Técnico Facultativo competente, en el que certifica que ha dirigido personal y eficazmente los trabajos de la instalación térmica proyectada, asistiendo con la frecuencia que su deber de vigilancia del desarrollo de los trabajos ha estimado necesario, comprobando finalmente que la obra está completamente terminada y que se ha realizado de acuerdo con las especificaciones contenidas en el proyecto de ejecución presentado, con las modificaciones de escasa importancia que se indiquen, cumpliendo, así mismo, con la legislación vigente relativa a los Reglamentos de Seguridad que le sean de aplicación.

### **11.9 Certificado de la instalación**

Es el documento emitido por la empresa instaladora autorizada y firmado por el profesional habilitado adscrito a la misma que ha ejecutado la correspondiente instalación térmica, en el que se certifica que la misma está terminada y ha sido realizada de conformidad con la reglamentación vigente y con el documento técnico de diseño correspondiente, habiendo sido verificada satisfactoriamente en los términos que establece dicha normativa específica,

y utilizando materiales y equipos que son conformes a las normas y especificaciones técnicas declaradas de obligado cumplimiento. Finalizada la instalación, realizadas las pruebas de puesta en servicio de la instalación que se especifica en la IT 2, con resultados satisfactorios, el instalador autorizado y el Ingeniero Director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el certificado de la instalación. El certificado, según modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, tendrá como mínimo el contenido siguiente:

- a) Identificación y datos referentes a sus principales características técnicas de la instalación realmente ejecutada.
- b) Identificación de la empresa instaladora, instalador autorizado con carné profesional y del director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva.
- c) Los resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2.
- d) Declaración expresa de que la instalación ha sido ejecutada de acuerdo con el proyecto o memoria técnica y de que cumple con los requisitos exigidos por el RITE.

### **11.10 Certificado de mantenimiento**

Anualmente el mantenedor autorizado titular del carné profesional y el director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva, suscribirán el certificado de mantenimiento, que será enviado, si así se determina, al órgano competente de la Comunidad Autónoma, quedando una copia del mismo en posesión del titular de la instalación. La validez del certificado de mantenimiento expedido será como máximo de un año.

El certificado de mantenimiento, según modelo establecido por el órgano competente de la Comunidad Autónoma, tendrá como mínimo el contenido siguiente:

- a) Identificación de la instalación.
- b) Identificación de la empresa mantenedora, mantenedor autorizado responsable de la instalación y del director de mantenimiento, cuando la participación de este último sea preceptiva.
- c) Resultados de las operaciones realizadas de acuerdo con la IT 3.

- d) Declaración expresa de que la instalación ha sido mantenida de acuerdo con el “Manual de Uso y Mantenimiento” y que cumple con los requisitos exigidos en la IT 3.

### **11.11 Manual de uso y mantenimiento**

La redacción del “Manual de Uso y Mantenimiento”, que contendrá las instrucciones de manejo y seguridad, así como los programas de mantenimiento y gestión energética, será redactado al finalizar las obras, por parte de la Dirección Técnica, en caso de instalaciones de más de 70kW, y por la empresa instaladora en caso de instalaciones iguales o menores que 70kW, junto con la redacción de la memoria definitiva y de los planos “as-built”. Al finalizar las obras, dentro del Manual de Uso y Mantenimiento, se incluirá también un documento que contenga todos los folletos de los equipos instalados, con sus características técnicas. No serán aceptables, en general, los catálogos que comprendan toda la serie de productos del fabricante.

En el Manual de Uso y Mantenimiento se tendrán que incluir también las Fichas Técnicas de todos los equipos y aparatos que forman parte de la instalación.

### **11.12 Libro de órdenes**

En las instalaciones térmicas para las que preceptivamente sea necesaria una Dirección Facultativa, éstas tendrán que contar con la existencia de un Libro de Órdenes donde queden reflejadas todas las incidencias y actuaciones relevantes en la obra y sus hitos, junto con las instrucciones, modificaciones, órdenes u otras informaciones dirigidas al Contratista por la Dirección Facultativa. Dicho libro de órdenes estará en la oficina de la obra y será diligenciado y fechado, antes del comienzo de las mismas, por el Colegio Oficial correspondiente y el mismo podrá ser requerido por la Administración en cualquier momento, durante y después de la ejecución de la instalación, y será considerado como documento esencial en aquellos casos de discrepancia entre la dirección técnica y las empresas instaladoras intervinientes. El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es de carácter obligatorio para el Contratista, así como aquellas que recoge el presente Pliego de Condiciones. El contratista o empresa instaladora autorizada, estará obligado a transcribir en dicho Libro cuantas órdenes o instrucciones reciba por escrito de

la Dirección Facultativa, y a firmar el oportuno acuse de recibo, sin perjuicio de la autorización de tales transcripciones por la Dirección en el Libro indicado.

### **11.13 Incompatibilidades**

En una misma instalación u obra, no podrán coincidir en la misma persona física o jurídica, las figuras del Ingeniero proyectista o Director de obra con la de instalador o empresa instaladora que esté ejecutando la misma.

### **11.14 Instalaciones ejecutadas por más de una empresa instaladora**

En aquellas instalaciones donde intervengan, de manera coordinada, más de una empresa instaladora autorizada, deberá quedar nítidamente definida la actuación de cada una y en qué grado de subordinación. Cada una de las empresas intervinientes emitirá su propio Certificado de Instalación, para la parte de la instalación que ha ejecutado. El Ingeniero-Director recogerá expresamente tal circunstancia en el Certificado de Dirección y Finalización de obra correspondiente, indicando con precisión el reparto de tareas y responsabilidades.

### **11.15 Subcontratación**

La subcontratación se podrá realizar, pero siempre y de forma obligatoria entre empresas instaladoras autorizadas, exigiéndosele la autorización previa del Propietario. Los subcontratistas responderán directamente ante la empresa instaladora principal, pero tendrán que someterse a las mismas exigencias de profesionalidad, calidad y seguridad en la obra que éste. Al respecto se estará a lo estipulado, para la ejecución de los siguientes trabajos realizados en obras de construcción tales como excavación; movimiento de tierras; construcción; montaje y desmontaje de elementos prefabricados; acondicionamientos o instalaciones; transformación; rehabilitación; reparación; desmantelamiento; derribo; mantenimiento; conservación y trabajos de pintura y limpieza; saneamiento, por el REAL DECRETO 1109/2007, de 24 de agosto, por el que se desarrolla la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción, el cual tiene por objeto establecer las normas necesarias para la aplicación y desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el Sector de la Construcción.

### **11.16 Libro del edificio**

De acuerdo con lo dispuesto en la Ley de Ordenación de la Edificación, el Ingeniero Director de la obra de la instalación térmica de una edificación entregará al titular el Libro del Edificio, una vez finalizada ésta, y el promotor, a su vez, deberá entregarlo a los usuarios finales del edificio. Por tanto, las instalaciones térmicas dispondrán obligatoriamente de un registro en el que se recojan las operaciones de mantenimiento y las reparaciones que se produzcan en la instalación, y que formarán parte del Libro del Edificio. El titular de la instalación será responsable de su existencia y lo tendrá a disposición de las autoridades competentes que así lo exijan por inspección o cualquier otro requerimiento. Se deberá conservar durante un tiempo no inferior a cinco años, contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento. La empresa mantenedora confeccionará el registro y será responsable de las anotaciones en el mismo. El Libro del Edificio estará compuesto, al menos, por la siguiente documentación: el proyecto, con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones (Manual de Uso y Mantenimiento), de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. El instalador autorizado o el director de la instalación, cuando la participación de este último sea preceptiva, hará entrega al titular de la instalación de la documentación que se relaciona a continuación, que se debe incorporar en el Libro del Edificio:

- a) Proyecto o memoria técnica de la instalación realmente ejecutada.
- b) “Manual de Uso y Mantenimiento” de la instalación realmente ejecutada.
- c) Relación de los materiales y los equipos realmente instalados, en la que se indiquen sus características técnicas y de funcionamiento, junto con la correspondiente documentación de origen y garantía.
- d) Resultados de las pruebas de puesta en servicio realizadas de acuerdo con la IT 2.
- e) Certificado de la instalación, registrado en el órgano competente de la Comunidad Autónoma.
- f) Certificado de la inspección inicial, cuando sea preceptivo.

**INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS EN  
UN HOTEL DE CUATRO ESTRELLAS EN EL MUNICIPIO  
DE ADEJE PARA EL APROVECHAMIENTO  
ENERGÉTICO DE LA CUBIERTA DE APARCAMIENTO**



**ESTADO DE MEDICIONES  
Y PRESUPUESTO**

## DIMENSIONES

Nº	DESCRIPCIÓN	UDS.	LARGO	ANCHO	ALTO	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>CAPITULO 1 Paneles híbridos</b>								
1.1	<b>Ud. Panel híbrido Abora Solar aH72SK (PVP), potencia nominal 350W, dimensiones 1,97x0,995 m</b>					458,000	649,00	297.242,00
<b>CAPITULO 2 Bombas hidráulicas</b>								
2.1	<b>Ud. Bomba hidráulica Grundfos TPE 32-320/2 S-A-F-A-BQQE-IWB. Bomba de una etapa, acoplamiento cerrado y voluta con puertos de aspiración y descarga en línea de idéntico diámetro, con un cierre de fuelle de caucho no equilibrado, equipada con un motor síncrono de imanes permanentes refrigerado por ventilador con variador de frecuencia</b>					2,000	8.802,00	17.604,00
<b>CAPITULO 3 Válvulas hidráulicas</b>								
3.1	<b>Ud. Válvula esfera Genebre de paso total y 2 piezas, referencia 2015 03. Const.: AISI 316 - juntas y asientos PTFE+FV extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1) tórica eje: vitón. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.</b>					555,000	23,22	12.887,10
3.2	<b>Ud. Válvula esfera Genebre de paso total y 2 piezas, referencia 2015 04. Const.: AISI 316 - juntas y asientos PTFE+FV extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1) tórica eje: vitón. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.</b>							

		8,000	24,63	197,04
3.3	<b>Ud. Válvula esfera Genebre de paso total y 2 piezas, referencia 2015 05. Const.: AISI 316 - juntas y asientos PTFE+FV extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1) tórica eje: vitón. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.</b>			
		36,000	37,35	1.344,60
3.4	<b>Ud. Válvula esfera Genebre de paso total y 2 piezas, referencia 2015 06. Const.: AISI 316 - juntas y asientos PTFE+FV extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1) tórica eje: vitón. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.</b>			
		32,000	47,32	1.514,24
3.5	<b>Ud. Válvula esfera Genebre de paso total y 2 piezas, referencia 2015 07. Const.: AISI 316 - juntas y asientos PTFE+FV extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1) tórica eje: vitón. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.</b>			
		32,000	68,16	2.181,12
3.6	<b>Ud. Válvula esfera Genebre de paso total y 2 piezas, referencia 2015 08. Const.: AISI 316 - juntas y asientos PTFE+FV extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1) tórica eje: vitón. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.</b>			
		32,000	88,31	2.825,92
3.7	<b>Ud. Válvula esfera Genebre de paso total y 2 piezas, referencia 2015 09. Const.: AISI 316 - juntas y asientos PTFE+FV extremos: rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1) tórica eje: vitón. PN 63. Temp. -25°C +180°C. Mando manual por palanca. Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.</b>			
		12,000	136,97	1.643,64

3.8	<b>Ud. Válvula esfera Genebre de paso total y 3 piezas, referencia 2025 10. Rosca BSP (2025), también disponible con rosca NPT (2025N). Const.: acero inox. CF8M (316) microfusión rosca gas ISO 7-1 (EN 10226-1). Juntas y asientos PTFE + 15% FV tórica eje: vitón. PN - 63. Temp. -25°C + 180°C.</b>			
	<b>Montaje directo s/ISO 5211 con sistema de bloqueo.</b>			
		22,000	358,19	7.880,18

**CAPITULO 4 Tuberías**

4.1	<b>M. Tubería de cobre tipo M SITASA, diámetro nominal 3/8" con el precio incrementado el 25% en concepto de accesorios y piezas especiales.</b>			
		111,100	5,38	597,72
4.2	<b>M. Tubería de cobre rígida tipo M SITASA, diámetro nominal 1/2" con el precio incrementado el 25% en concepto de accesorios y piezas especiales.</b>			
		11,600	6,03	69,95
4.3	<b>M. Tubería de cobre rígida tipo M SITASA, diámetro nominal 3/4" con el precio incrementado el 25% en concepto de accesorios y piezas especiales.</b>			
		52,200	9,10	475,02
4.4	<b>M. Tubería de cobre rígida tipo M SITASA, diámetro nominal 1" con el precio incrementado el 25% en concepto de accesorios y piezas especiales.</b>			
		98,600	12,14	1.197,00
4.5	<b>M. Tubería de cobre rígida tipo M SITASA, diámetro nominal 1 1/4" con el precio incrementado el 25% en concepto de accesorios y piezas especiales.</b>			
		46,400	16,04	744,26

4.6	<b>M. Tubería de cobre rígida tipo M SITASA, diámetro nominal 1 ½” con el precio incrementado el 25% en concepto de accesorios y piezas especiales.</b>	46,400	19,66	912,22
4.7	<b>M. Tubería de cobre rígida tipo M SITASA, diámetro nominal 2” con el precio incrementado el 25% en concepto de accesorios y piezas especiales.</b>	58,800	29,86	1.755,77
4.8	<b>M. Tubería de cobre rígida tipo M SITASA, diámetro nominal 2 ½” con el precio incrementado el 25% en concepto de accesorios y piezas especiales.</b>	287,000	55,00	15.785,00

#### CAPITULO 5 Aislamiento térmico

5.1	<b>M. Tubo de aislamiento térmico K-Flex ST, diámetro exterior 12mm, espesor 32mm</b>	111,100	8,78	975,46
5.2	<b>M. Tubo de aislamiento térmico K-Flex ST, diámetro exterior 15mm, espesor 32mm</b>	11,600	8,86	102,78
5.3	<b>M. Tubo de aislamiento térmico K-Flex ST, diámetro exterior 22mm, espesor 32mm</b>	52,200	9,63	502,69
5.4	<b>M. Tubo de aislamiento térmico K-Flex ST, diámetro exterior 28mm, espesor 32mm</b>	98,600	10,79	1.063,89
5.5	<b>M. Tubo de aislamiento térmico K-Flex ST, diámetro exterior 35mm, espesor 32mm</b>			

		46,600	11,52	536,83
5.6	<b>M. Tubo de aislamiento térmico K-Flex ST, diámetro exterior 42mm, espesor 40mm</b>	46,400	25,85	1.199,44
5.7	<b>M. Tubo de aislamiento térmico K-Flex ST, diámetro exterior 54mm, espesor 40mm</b>	58,800	32,00	1.881,60
5.8	<b>M. Tubo de aislamiento térmico K-Flex ST, diámetro exterior 64 mm, espesor 40mm</b>	287,000	33,67	9.663,29
<b>CAPITULO 6 Vaso de expansión</b>				
6.1	<b>Ud. Vaso de expansión Ibaiondo de 200 litros y de membrana para sistemas cerrados de energía solar, modelo 220 SMR.</b>	1,000	610,65	610,65
<b>CAPITULO 7 Contador de energía térmica</b>				
7.1	<b>Ud. Contador de energía KAMSTRUP Multical 603, modelo de caudal nominal entre 1,5 y 130 m<sup>3</sup>/h y diámetro 1”.</b>	2,000	571,60	1.143,20
<b>CAPITULO 8 Inversores</b>				
8.1	<b>Ud. Inversor Fronius Symo 20.0-3 480</b>	8,000	3.290,00	26.320,00
<b>CAPITULO 9 Mano de obra</b>				

9.1	<b>H. Oficial 1ª instalador de paneles híbridos. Necesita 4,5h para instalar un panel.</b>	2.061,000	22,00	45.342,00
9.2	<b>H. Ayudante instalador de paneles híbridos. Necesita 4,5h para instalar un panel.</b>	2.061,000	20,30	41.838,30
9.3	<b>H. Oficial 1ª calefactor, para instalación de tuberías de circuito primario de sistemas de captación solar. Necesita 0,22h para instalar 1m de tubería.</b>	156,710	22,00	3.447,62
9.4	<b>H. Ayudante calefactor, para instalación de tuberías de circuito primario de sistemas de captación solar. Necesita 0,22h para instalar 1m de tubería.</b>	156,710	20,30	3.181,21
9.5	<b>H. Oficial 1ª instalador de climatización, para la instalación de la bomba hidráulica. Necesita 3h para instalar una bomba.</b>	6,000	22,00	132,00
9.6	<b>H. Ayudante de instalador de climatización, para la instalación de la bomba hidráulica. Necesita 3h para instalar una bomba.</b>	6,000	20,30	121,80
9.7	<b>H. Oficial 1ª calefactor, para la instalación de válvulas hidráulicas. Necesita 0,1h para instalar cada válvula.</b>	72,900	22,00	1.603,80
9.8	<b>H. Oficial 1ª calefactor, para la instalación de válvulas hidráulicas. Necesita 0,1h para instalar una válvula.</b>	72,900	20,30	1.479,87

9.9	<b>H. Oficial 1ª montador de aislamientos. Necesita 0,1h para instalar un metro de aislamiento térmico.</b>	71,230	22,00	1.567,06
9.10	<b>H. Ayudante de montador de aislamientos. Necesita 0,1h para instalar un metro de aislamiento térmico.</b>	71,230	20,34	1.448,82
9.11	<b>H. Oficial 1ª calefactor, para la instalación del vaso de expansión. Necesita 1,15h para realizar la instalación de un vaso de expansión.</b>	1,150	22,00	25,30
9.12	<b>H. Ayudante calefactor, para la instalación del vaso de expansión. Necesita 1,15h para realizar la instalación de un vaso de expansión.</b>	1,150	20,30	23,35
9.13	<b>H. Oficial 1ª electricista para montaje de inversores. Necesita 0,2h para instalar un inversor.</b>	1,600	22,00	35,20
9.14	<b>H. Ayudante electricista para montaje de inversores. Necesita 0,2h para instalar un inversor.</b>	1,600	20,30	32,48
9.15	<b>H. Oficial 1ª calefactor para instalación de contador de energía térmica. Necesita 0,4h para instalar un contador.</b>	0,400	22,00	8,80

---

PRESUPUESTO DEL PROYECTO DE APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DEL HOTEL CLUB ATLANTIS

---

---

RESUMEN POR CAPÍTULOS

---

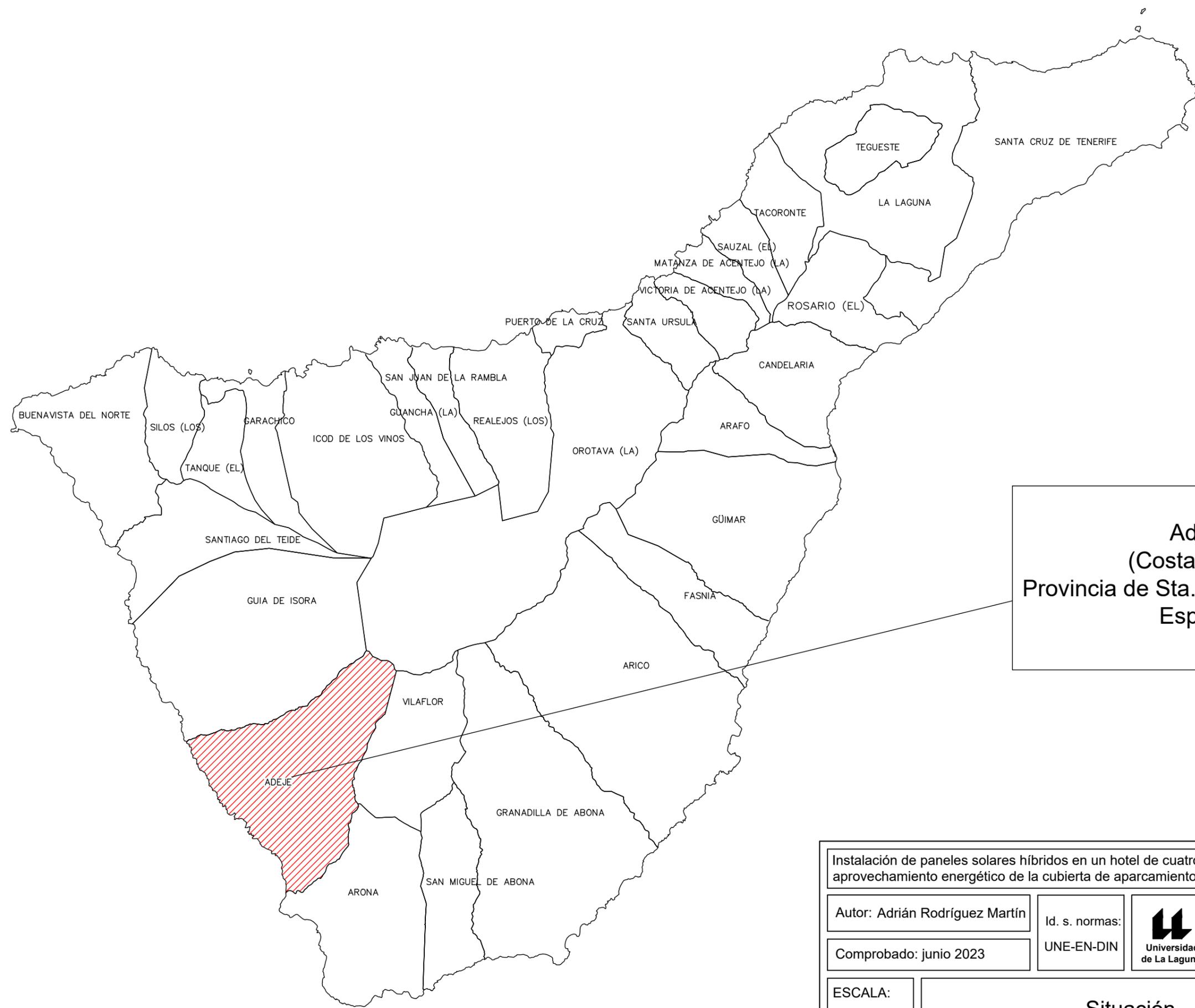
CAPÍTULO 1 PANELES HÍBRIDOS	297.242,00
CAPÍTULO 2 BOMBAS HIDRÁULICAS	17.604,00
CAPÍTULO 3 VÁLVULAS HIDRÁULICAS	30.473,84
CAPÍTULO 4 TUBERÍAS	21.536,94
CAPÍTULO 5 AISLAMIENTO TÉRMICO	15.925,98
CAPÍTULO 6 VASO DE EXPANSIÓN	610,65
CAPÍTULO 7 CONTADOR DE ENERGÍA TÉRMICA	1.143,20
CAPÍTULO 8 INVERSORES	26.320,00
CAPÍTULO 9 MANO DE OBRA	100.287,61
	REDONDEO.
	<hr/>
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL.
	<hr/>
	511.144,22

EL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL ASCIENDE A LAS EXPRESADAS QUINIENTOS ONCE MIL CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTIDOS CÉNTIMOS.

**INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES HÍBRIDOS EN  
UN HOTEL DE CUATRO ESTRELLAS EN EL MUNICIPIO  
DE ADEJE PARA EL APROVECHAMIENTO  
ENERGÉTICO DE LA CUBIERTA DE APARCAMIENTO**

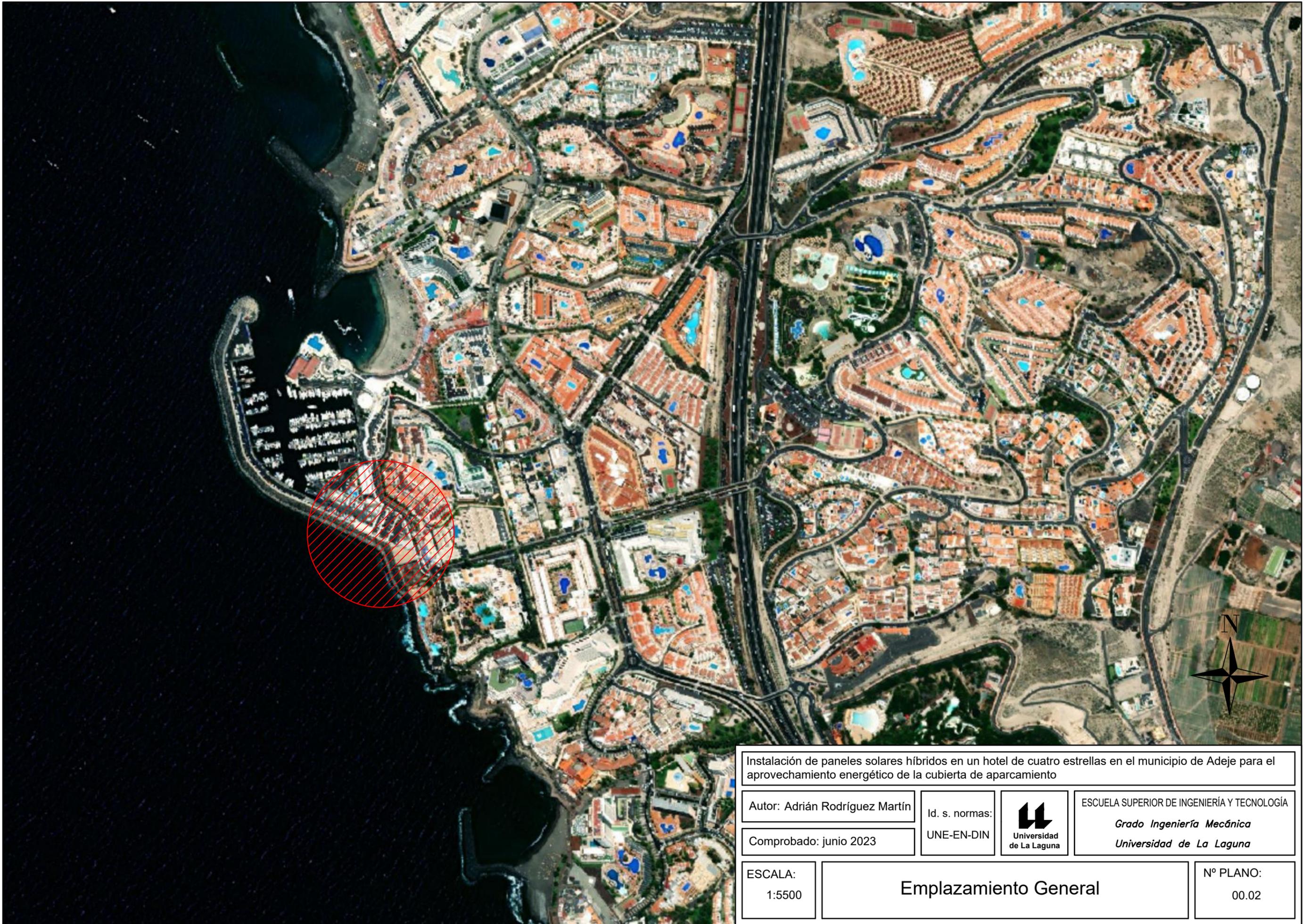


**PLANOS**



**Adeje**  
 (Costa Adeje)  
 Provincia de Sta. Cruz de Tenerife  
 España

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento			
Autor: Adrián Rodríguez Martín	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Comprobado: junio 2023	<b>Situación</b>		Nº PLANO: 00.01
ESCALA: -			



Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Comprobado: junio 2023

UNE-EN-DIN

*Grado Ingeniería Mecánica*  
*Universidad de La Laguna*

ESCALA:  
1:5500

Emplazamiento General

Nº PLANO:  
00.02



Avenida de Colón 6,  
Puerto Colón  
Adeje (Costa Adeje)  
(Santa Cruz de  
Tenerife)

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Comprobado: junio 2023

UNE-EN-DIN

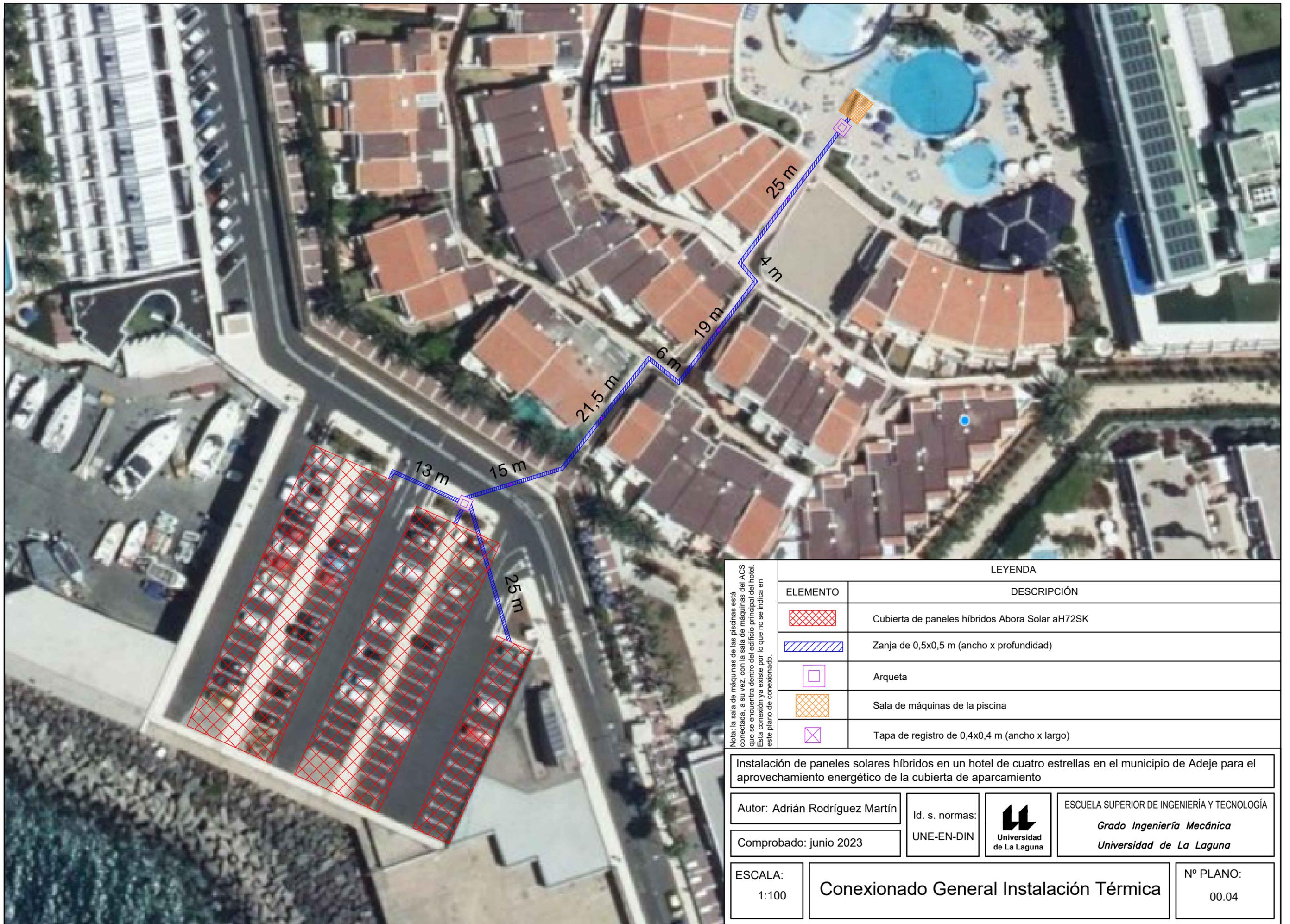
*Grado Ingeniería Mecánica*  
*Universidad de La Laguna*

ESCALA:  
1:2000

Emplazamiento Detallado

Nº PLANO:  
00.03





Nota: la sala de máquinas de las piscinas está conectada, a su vez, con la sala de máquinas del ACS que se encuentra dentro del edificio principal del hotel. Esta conexión ya existe por lo que no se indica en este plano de conexionado.

LEYENDA	
ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
	Cubierta de paneles híbridos Abora Solar aH72SK
	Zanja de 0,5x0,5 m (ancho x profundidad)
	Arqueta
	Sala de máquinas de la piscina
	Tapa de registro de 0,4x0,4 m (ancho x largo)

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

UNE-EN-DIN

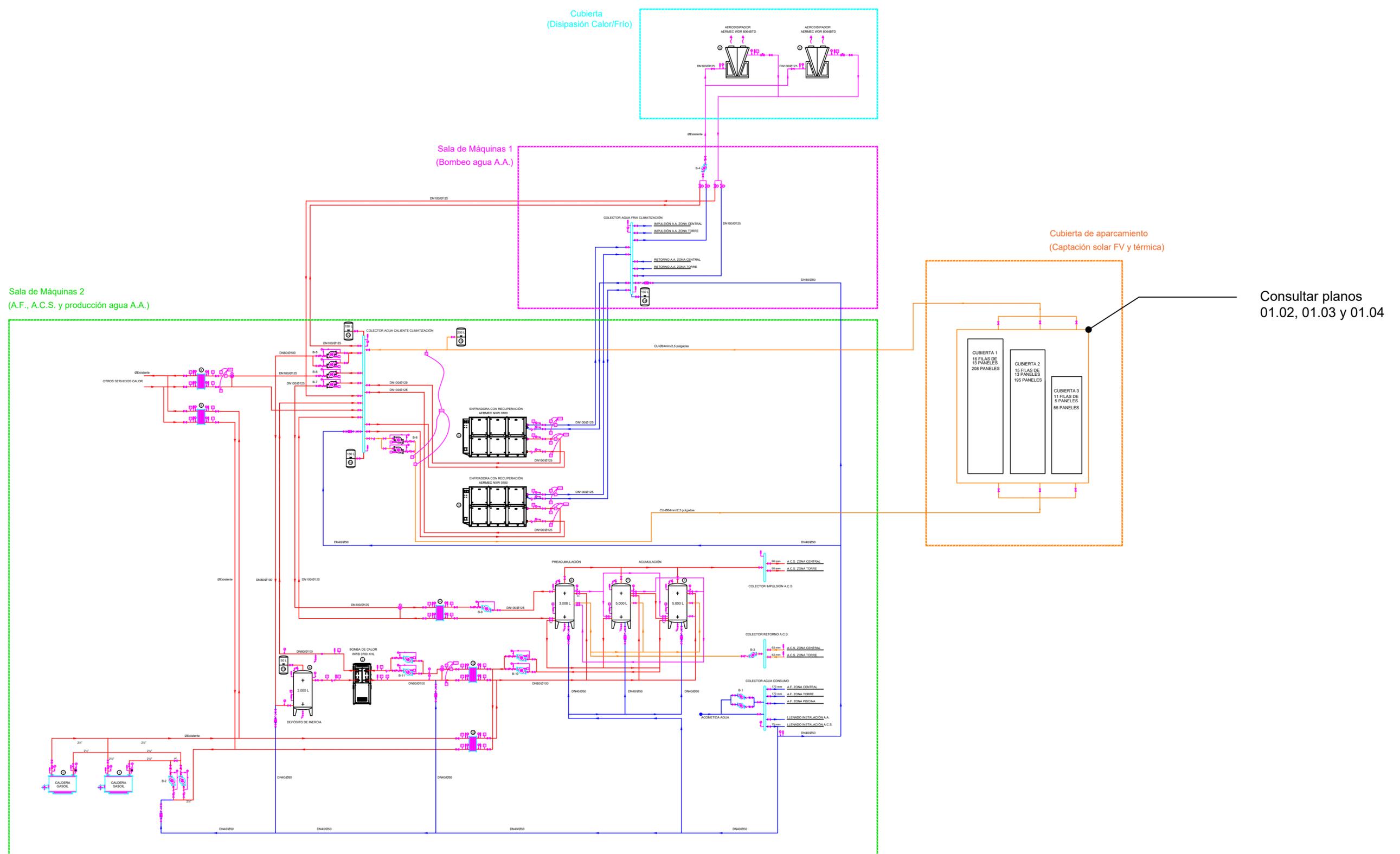
Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

Comprobado: junio 2023

ESCALA:  
1:100

Conexionado General Instalación Térmica

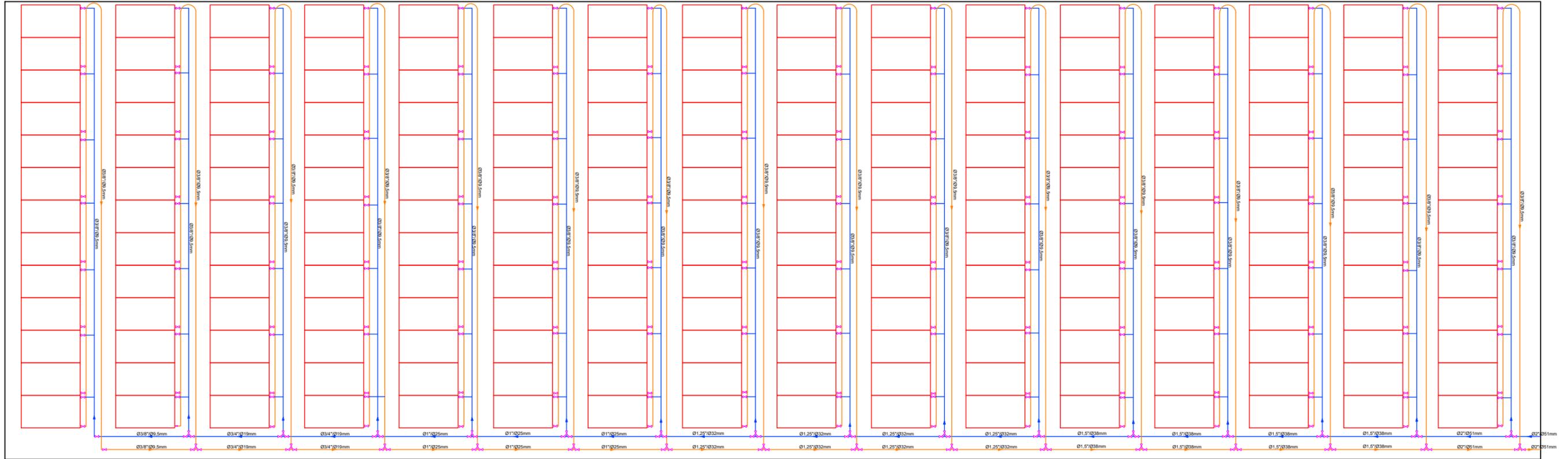
Nº PLANO:  
00.04



Consultar planos  
01.02, 01.03 y 01.04

LEYENDA	
① CALDERA GASOLEO (existente)	B1 - ELECTROBOMBAS C. AGUA DE ABASTO (existente)
② BOMBA DE CALOR ALTA TEMPERATURA AERMEC WVB 0700 XHL (nueva). Pot. Frío= 188 kW / Pot. Calor= 216 kW.	B2 - ELECTROBOMBAS C. PRIMARIO CALDERAS (existente)
③ ENFRIADORA CON RECUPERACIÓN DE CALOR AERMEC NXW 0700 (nueva). Pot. 181,9 kW a 45°C.	B3 - ELECTROBOMBA C. RETORNO (existente)
④ AERODISPISADOR AERMEC WDR 8064BD (nuevo)	B4 - ELECTROBOMBA C. DISPASIÓN CALOR / FRÍO (existente)
⑤ ACUMULADOR 3.000 L - INERCIA BOMBA DE CALOR A.T. (reutilizado)	B5 - ELECTROBOMBA C. EVAPORADOR B.C. A.T. (nueva). GRUNDFOS TPE 50-290/2 (25 m <sup>3</sup> /h, 15 m.c.a.)
⑥ ACUMULADOR 3.000 L - PREACUMULACIÓN CONSUMO (reutilizado)	B6 - ELECTROBOMBA C. PRIMARIO INTERCAMBIADOR RECUPERACIÓN OTROS SERVICIOS(nuevo). GRUNDFOS TPE 65-210/2 (55 m <sup>3</sup> /h, 15 m.c.a.)
⑦ ACUMULADOR 5.000 L - ACUMULACIÓN CONSUMO (nuevo). LAPESA MASTER VITRO 5000 L.	B7 - ELECTROBOMBA C. PRIMARIO INTERCAMBIADOR PREACUMULACIÓN A.C.S. (nueva). GRUNDFOS TPE 65-210/2 (55 m <sup>3</sup> /h, 15 m.c.a.)
⑧ INTERCAMBIADOR RECUPERACIÓN "OTROS SERVICIOS" (nuevo). ALFA LAVAL 180 KW.	B8 - ELECTROBOMBA C. PRIMARIO SOLAR (nueva). GRUNDFOS TPE 32-320/2 (15,1 m <sup>3</sup> /h, 29 m.c.a.)
⑨ INTERCAMBIADOR CALDERAS "OTROS SERVICIOS" (existente)	B9 - ELECTROBOMBA C. SECUNDARIO INTERCAMBIADOR PREACUMULACIÓN A.C.S. (nueva). GRUNDFOS TPE 65-210/2 (55 m <sup>3</sup> /h, 15 m.c.a.)
⑩ INTERCAMBIADOR A.C.S. CALDERAS (existente)	B10 - ELECTROBOMBA C. SECUNDARIO INTERCAMBIADOR ACUMULACIÓN A.C.S. (nueva). GRUNDFOS TPE 50-290/2 (25 m <sup>3</sup> /h, 12 m.c.a.)
⑪ INTERCAMBIADOR A.C.S. PREACUMULACIÓN (nuevo). ALFA LAVAL 200 KW.	B11 - ELECTROBOMBA C. CONDENSADOR B.C. A.T. (nueva). GRUNDFOS TPE 50-290/2 (25 m <sup>3</sup> /h, 12 m.c.a.)
⑫ INTERCAMBIADOR A.C.S. ACUMULACIÓN (nuevo). ALFA LAVAL 180 KW.	
⑬ VASO DE EXPANSIÓN 50 L (nuevo). ZILMET CAL-PRO 50 L.	
⑭ VASO DE EXPANSIÓN 150 L (nuevo). ZILMET CAL-PRO 150 L.	
⑮ VASO DE EXPANSIÓN 200 L (nuevo). IBAIONDO 220 SMR.	

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento		
Autor: Adrián Rodríguez Martín	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> Universidad de La Laguna
Comprobado: junio 2023		
ESCALA: -	Esquema de Principio del Proyecto	Nº PLANO: 01.01



Legenda	
	Línea de impulsión
	Línea de retorno
	Válvula de esfera

Los diámetros de tubería han sido expresados según el valor del diámetro nominal del catálogo del fabricante Sitasa, tanto en mm como en pulgadas. Todas las tuberías son de cobre.

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Comprobado: junio 2023

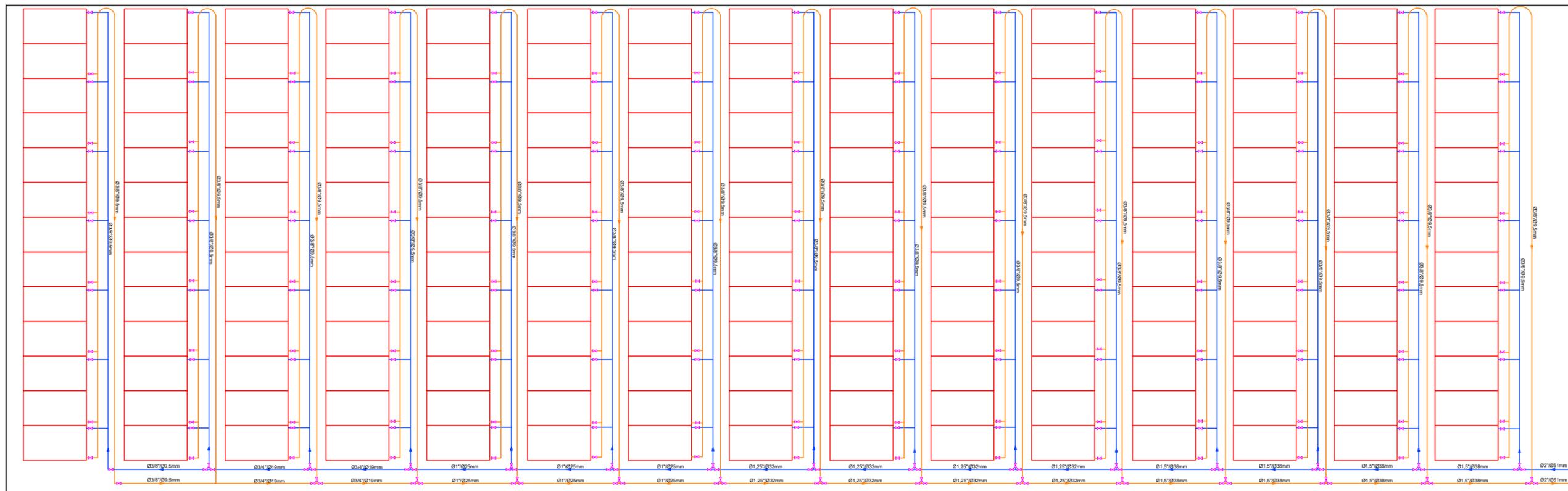
UNE-EN-DIN

*Grado Ingeniería Mecánica*  
*Universidad de La Laguna*

ESCALA:  
1:125

**Conexión Térmica Cubierta 1**

Nº PLANO:  
01.02



Leyenda	
	Línea de impulsión
	Línea de retorno
	Válvula de esfera

Los diámetros de tubería han sido expresados según el valor del diámetro nominal del catálogo del fabricante Sitas, tanto en mm como en pulgadas. Todas las tuberías son de cobre.

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Comprobado: junio 2023

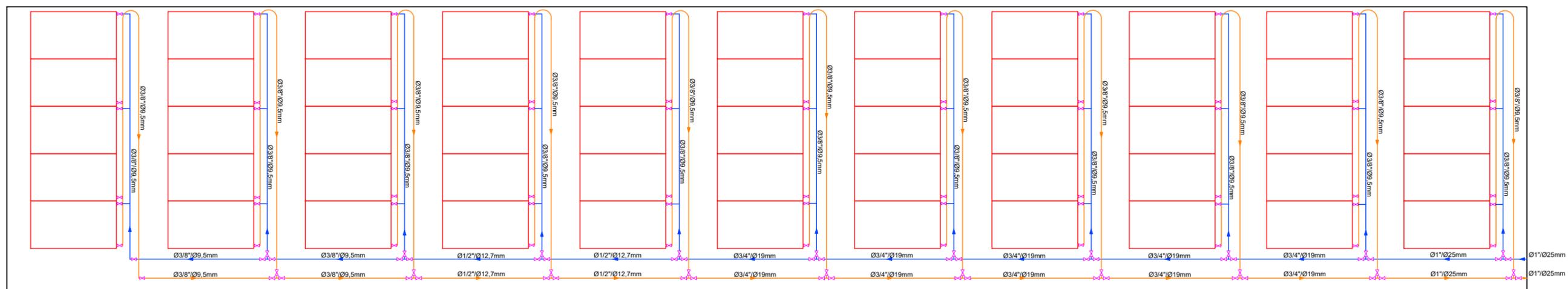
UNE-EN-DIN

Grado Ingeniería Mecánica  
Universidad de La Laguna

ESCALA:  
1:125

Conexión Térmica Cubierta 2

Nº PLANO:  
01.03



Leyenda	
	Línea de impulsión
	Línea de retorno
	Válvula de esfera

Los diámetros de tubería han sido expresados según el valor del diámetro nominal del catálogo del fabricante Sitasa, tanto en mm como en pulgadas. Todas las tuberías son de cobre.

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado Ingeniería Mecánica

Universidad de La Laguna

Comprobado: junio 2023

UNE-EN-DIN

ESCALA:

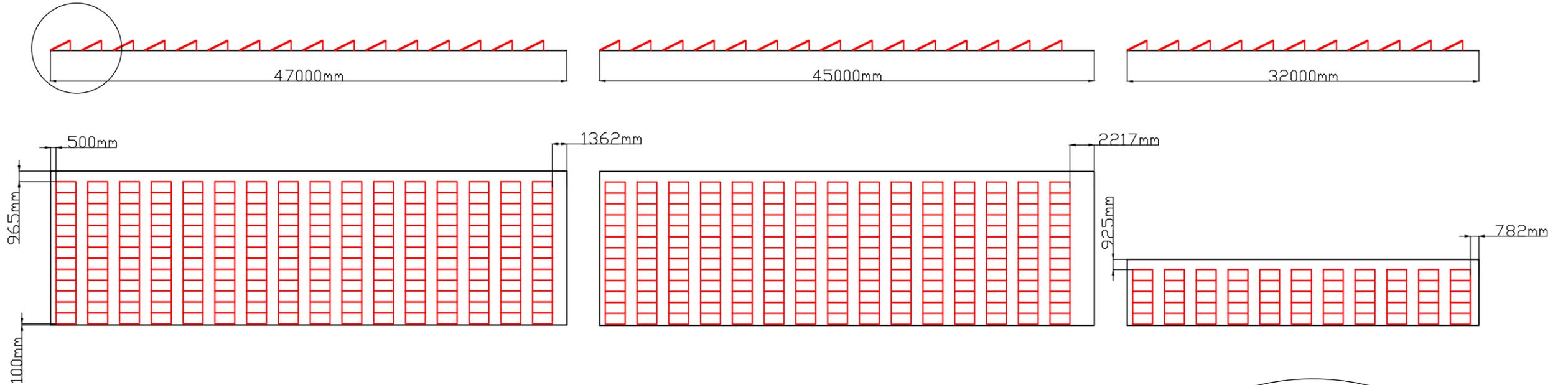
1:90

Conexionado Térmico Cubierta 3

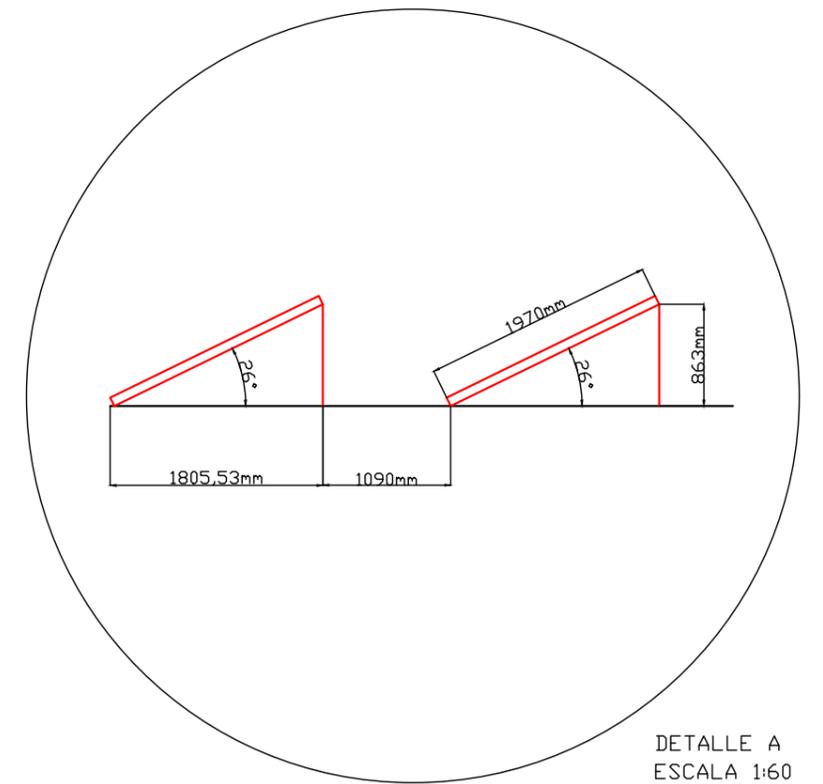
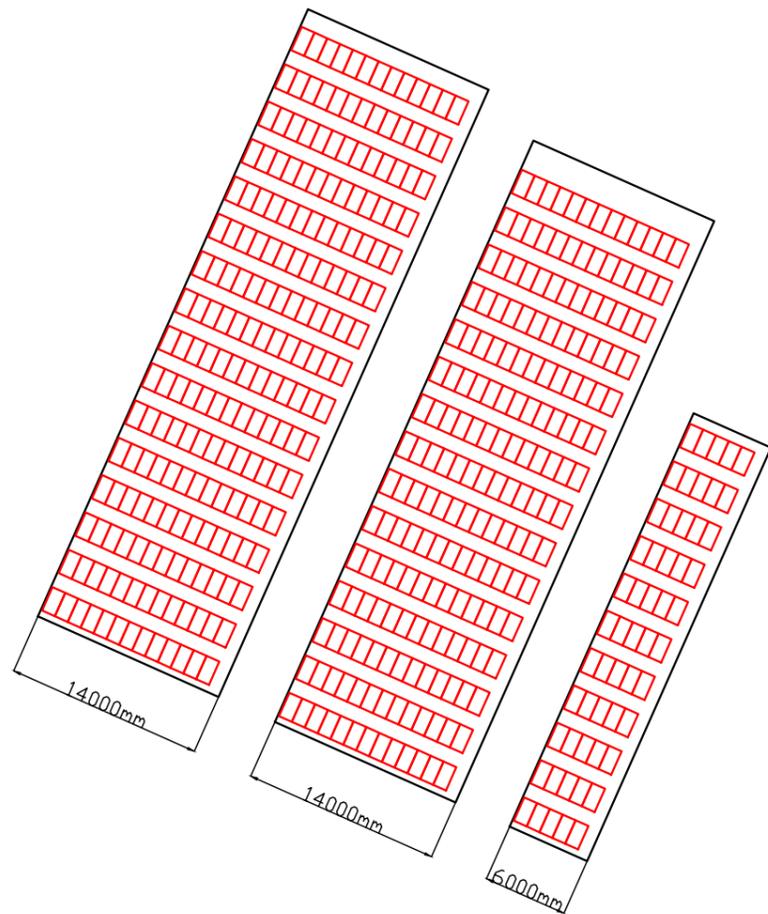
Nº PLANO:

01.04

DETALLE A



458 paneles



DETALLE A  
ESCALA 1:60

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

Grado Ingeniería Mecánica

Universidad de La Laguna

Comprobado: junio 2023

UNE-EN-DIN

ESCALA:

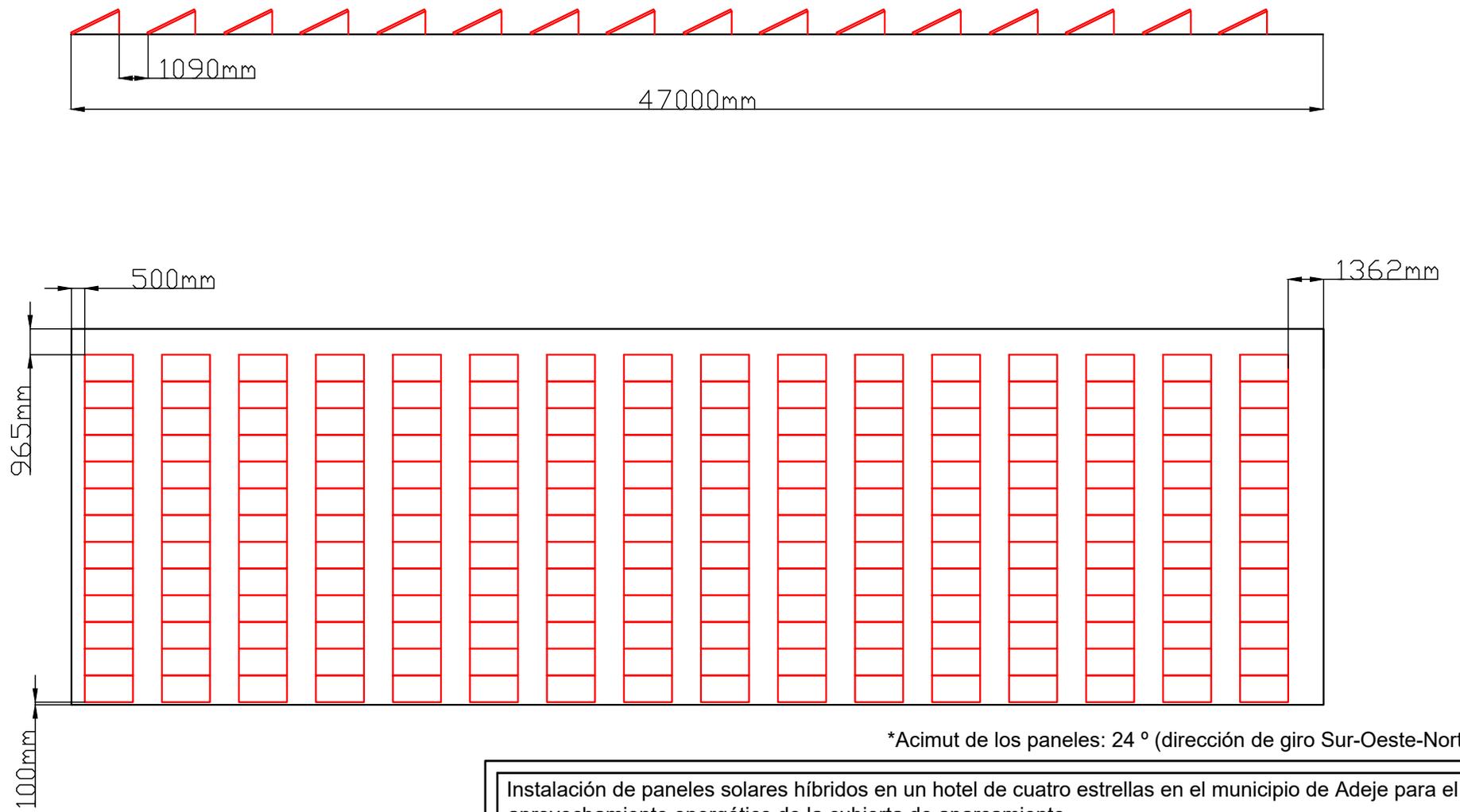
1:400

Disposición de Paneles

Nº PLANO:

02.01

\*Acimut de los paneles: 24 ° (dirección de giro Sur-Oeste-Norte)



\*Acimut de los paneles: 24 ° (dirección de giro Sur-Oeste-Norte)

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



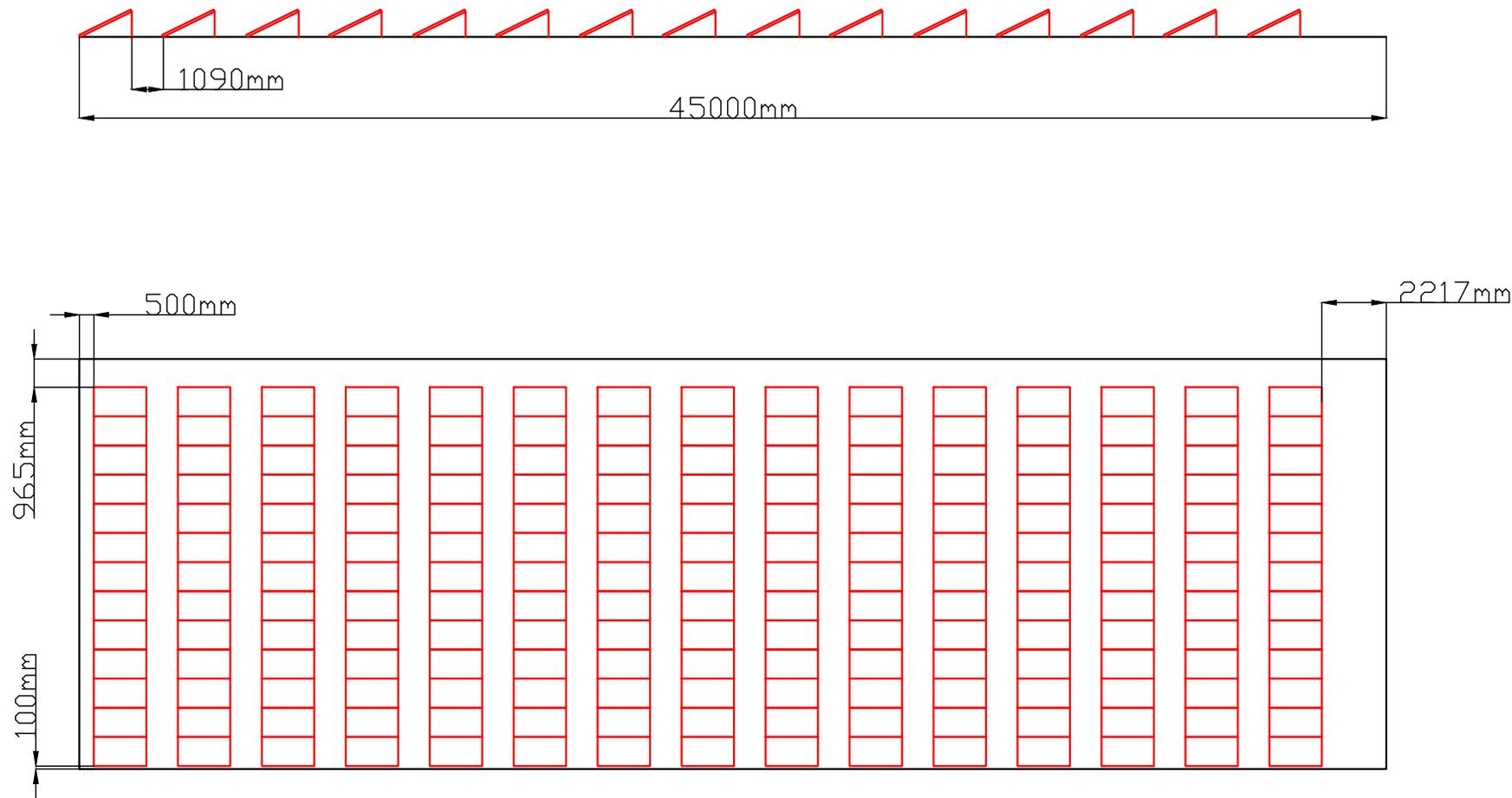
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
*Grado Ingeniería Mecánica*  
*Universidad de La Laguna*

Comprobado: junio 2023

ESCALA:  
1:225

**Detalle Marquesina 1**

Nº PLANO:  
02.02



\*Acimut de los paneles: 24 ° (dirección de giro Sur-Oeste-Norte)

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:



ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA

*Grado Ingeniería Mecánica*

*Universidad de La Laguna*

UNE-EN-DIN

Universidad  
de La Laguna

Comprobado: junio 2023

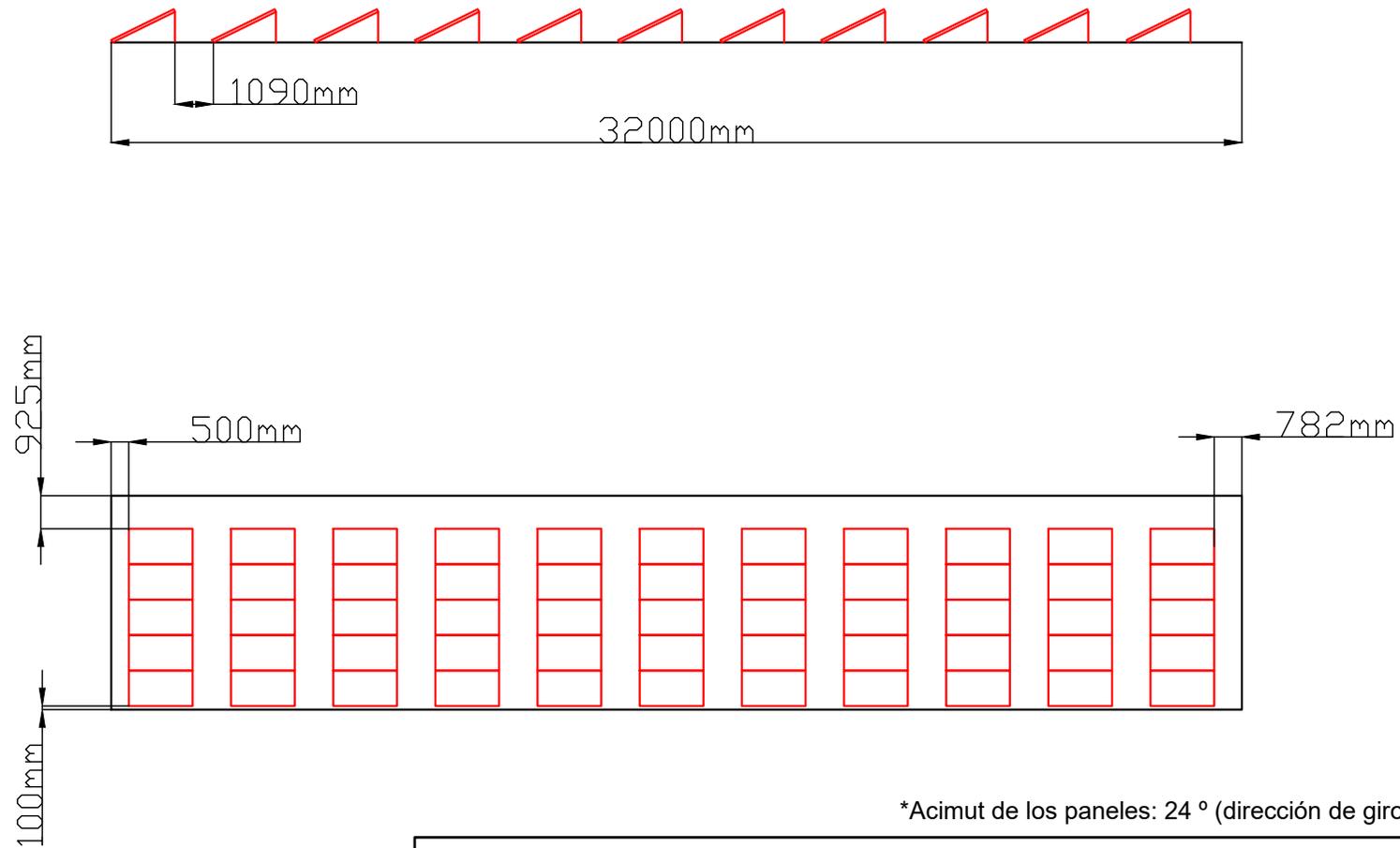
ESCALA:

1:225

**Detalle Marquesina 2**

Nº PLANO:

02.03



\*Acimut de los paneles: 24 ° (dirección de giro Sur-Oeste-Norte)

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín

Id. s. normas:  
UNE-EN-DIN



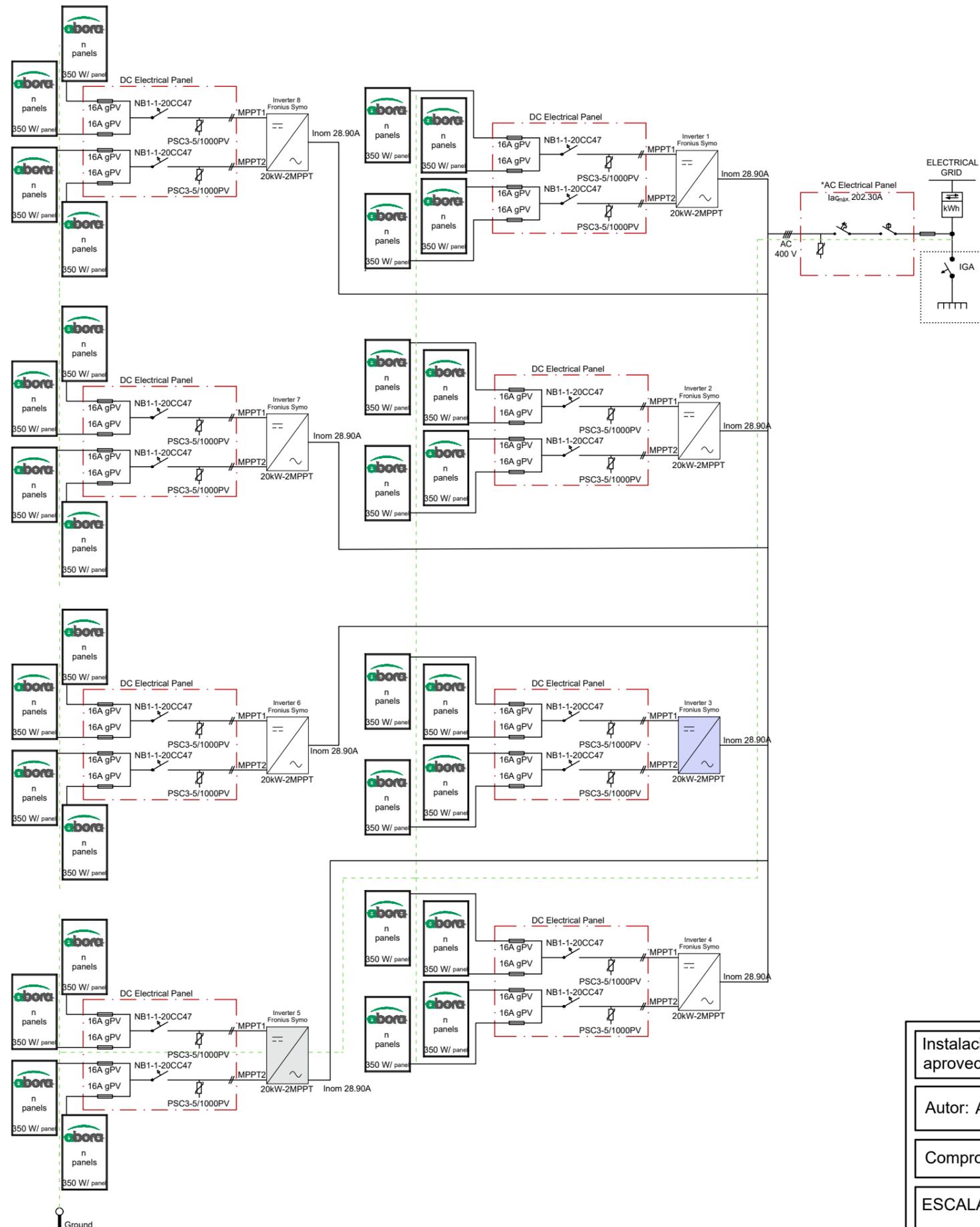
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  
*Grado Ingeniería Mecánica*  
*Universidad de La Laguna*

Comprobado: junio 2023

ESCALA:  
1:200

**Detalle Marquesina 3**

Nº PLANO:  
02.04



**Esquema de asociación de 458 paneles aH72SK con 8 inversores trifásicos**

n° paneles	Inverter 1 Fronius Symo 20-3-M		Inversor 1=2=3=4=5=6=7=8	
	MPPT1	MPPT2	MPPT1	MPPT2
458	52		58	
	2x18	1x16	2x17	2x12

**\*Cuadro de protecciones AC**

- $I_{ac\max}$ : Máxima corriente de salida del inversor o inversores instalados. Las protecciones del cuadro de AC tendrán un rango superior a este valor.
- El protector contra sobretensiones deberá ser de tipo 2 ó tipo 1+2 (EN 61643-11) según la instalación existente.
- El diferencial tendrá una sensibilidad 300mA y será Clase A.

**\*AC electrical panel**

- $I_{ac\max}$ : Maximum output current of the installed inverter(s). The protections of the AC panel will have a range higher than this value.
- The surge protector shall be type 2 or type 1+2 (EN 61643-11) depending on the existing installation.
- The residual current device (RCD) shall have a sensitivity of 300mA and shall be Class A.

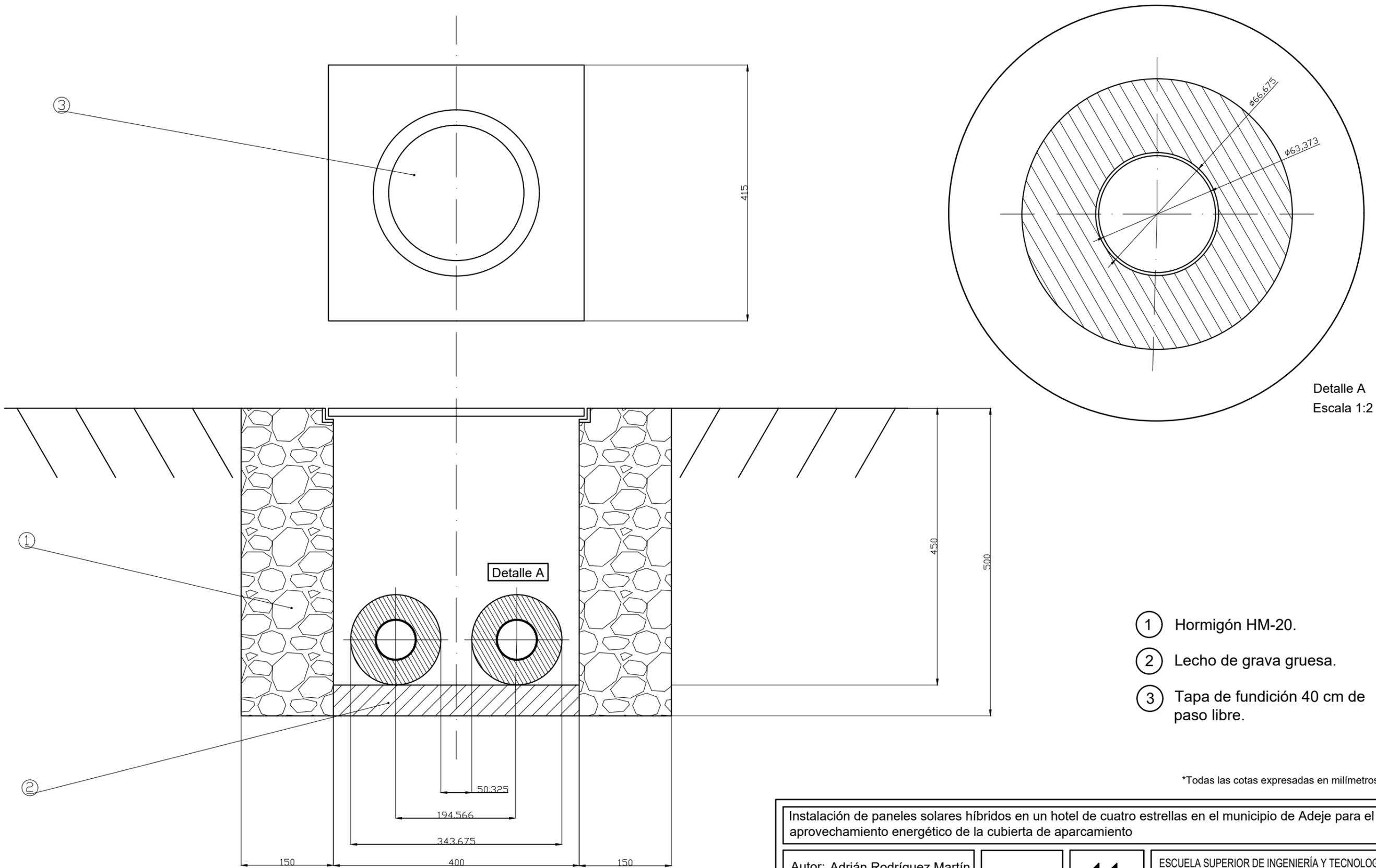
**\*Boitier électrique AC**

- $I_{ac\max}$ : Courant de sortie maximum de l'onduleur ou des onduleurs installés. Les protections du cadre de protection AC auront une plage supérieure à cette valeur.
- Le parafoudre doit être de type 2 ou de type 1 + 2 (EN 61643-11) selon l'installation existante.
- Le différentiel aura une sensibilité de 300mA et sera de classe A.

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento

Autor: Adrián Rodríguez Martín	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA <i>Grado Ingeniería Mecánica</i> <i>Universidad de La Laguna</i>
Comprobado: junio 2023	<b>Esquema Eléctrico de la Instalación</b>		Nº PLANO: 03.01

ESCALA: -	<b>Esquema Eléctrico de la Instalación</b>	Nº PLANO: 03.01
--------------	--	--------------------



Detalle A  
Escala 1:2

- ① Hormigón HM-20.
- ② Lecho de grava gruesa.
- ③ Tapa de fundición 40 cm de paso libre.

\*Todas las cotas expresadas en milímetros.

Instalación de paneles solares híbridos en un hotel de cuatro estrellas en el municipio de Adeje para el aprovechamiento energético de la cubierta de aparcamiento			
Autor: Adrián Rodríguez Martín	Id. s. normas: UNE-EN-DIN	 Universidad de La Laguna	ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA  <i>Grado Ingeniería Mecánica</i>  <i>Universidad de La Laguna</i>
Comprobado: junio 2023			
ESCALA: 1:6	<b>Detalle de Zanja y Tapa de Registro</b>		Nº PLANO: 03.02