



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

Auditoría energética en una piscina climatizada en  
Carcaixent de 500m<sup>2</sup>, rediseño de instalaciones y  
propuestas de mejora

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Ingeniería Industrial (Acceso desde Grado  
I. de la Energía)

AUTOR/A: Sancho Cortina, Carlos

Tutor/a: Cazorla Marín, Antonio

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



# AGRADECIMIENTOS

Primero que todo, quiero agradecer a mi tutor Toni Cazorla por haberme brindado la disponibilidad, la amabilidad y el apoyo necesario para llevar a cabo este documento.

Agradecer también a mis compañeros de empresa, que se han mostrado muy flexibles durante la redacción de este documento, permitiéndome realizar el documento en jornada laboral y aportándome innumerables conocimientos.

Dar gracias a mis compañeros del máster por los buenos recuerdos y por hacer más amenos estos dos años de estudio.

No podía faltar agradecerle a Sara por aportarme esos pequeños empujones de confianza necesarios para sobrevivir al máster.

Por último, agradecer a mi familia y amigos el estar ahí siempre.

A todos vosotros, y a aquellos que no he podido mencionar, mil gracias.

# RESUMEN

En una época en la que los efectos del cambio climático son perceptibles, buscar la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero es una tarea crucial. Entre las distintas soluciones técnicas que pueden conseguir alcanzar este objetivo, destaca hacer un uso eficiente de la energía. Es en este contexto en el que la realización de auditorías energéticas se ha convertido en una de las principales herramientas de evaluación energética de instalaciones existentes y la identificación de áreas de mejora y ahorro, que sin duda nos acercan hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medioambiente. El presente trabajo de fin de máster propone la realización de una auditoría energética sobre una instalación real, la Piscina Cubierta de Carcaixent. Este centro, por sus características, tiene un consumo de energía eléctrica anual de 453 MWh así como un consumo de gas natural de 1117 MWh. El objetivo de este proyecto, haciendo uso de la información provista por el Ayuntamiento de Carcaixent, es el estudio de los consumos del centro durante el año 2022 y realizar el diseño de propuestas de ahorro energético. Este recinto incluye una piscina de 25m, una piscina pequeña, spa y otras instalaciones como vestuarios y gimnasio. Las medidas propuestas incluirán la implementación de mantas térmicas, sustitución de caldera de gas por sistema con bomba de calor aerotérmica, recuperación térmica del agua de renovación en vasos y el diseño de una instalación fotovoltaica de autoconsumo, entre otros. Estas medidas no sólo conseguirán reducir el consumo energético de las instalaciones, sino que repercutirán positivamente en el gasto económico de la institución.

**Palabras Clave:** Auditoría energética; eficiencia energética; recuperación de calor; fotovoltaica

# RESUM

En una època en la qual els efectes del canvi climàtic són perceptibles, buscar la reducció d'emissions de gasos d'efecte d'hivernacle és una tasca crucial. Entre les diferents solucions tècniques que poden aconseguir aquest objectiu, destaca fer un ús eficient de l'energia. És en aquest context en el qual la realització d'auditories energètiques s'ha convertit en una de les principals eines d'avaluació energètica d'instal·lacions existents i la identificació d'àrees de millora i estalvi, que sens dubte ens acosten cap a un futur més sostenible i respectuós amb el medi ambient. El present treball de fi de màster proposa la realització d'una auditoria energètica sobre una instal·lació real, la Piscina Coberta de Carcaixent. Aquest centre, per les seues característiques, té un consum d'energia elèctrica anual de 453 MWh així com un consum de gas natural de 1117 MWh. L'objectiu d'aquest projecte, fent ús de la informació proveïda per l'Ajuntament de Carcaixent, és l'estudi dels consums del centre durant l'any 2022 i realitzar el disseny de propostes d'estalvi energètic. Aquest recinte inclou una piscina de 25m, una piscina xicoteta, spa i altres instal·lacions com vestuaris i gimnàs. Les mesures proposades inclouran la implementació de mantes tèrmiques, substitució de caldera de gas per un sistema de bomba de calor aerotèrmica, recuperació tèrmica de l'aigua de renovació en gots i el disseny d'una instal·lació fotovoltaica d'autoconsum, entre altres. Aquestes mesures no sols aconseguiran reduir el consum energètic de les instal·lacions, sinó que repercutiran positivament en la despesa econòmica de la institució.

**Paraules clau:** Auditoria energètica; eficiència energètica; recuperació de calor; fotovoltaica.

# ABSTRACT

At a time when the effects of climate change are perceptible, seeking to reduce greenhouse gas emissions it's a crucial task. Among the various technical solutions that can achieve this goal, efficient use of energy stands out. It is in this context that carrying out energy audits has become one of the main tools for energy evaluation of existing facilities and the identification of areas for improvement and savings, which undoubtedly bring us closer to a more sustainable and respectful future with environment. This master's thesis proposes carrying out an energy audit on a real installation, the Carcaixent Indoor Pool. Due to its characteristics, this center has an annual electricity consumption of 453.4 MWh as well as a natural gas consumption of 1117 MWh. The objective of this project, making use of the information provided by the Carcaixent City Council, is to study the consumption of the center during the year 2022 and carry out the design of energy saving proposals. The facility includes a 25m swimming pool, a small swimming pool, spa and other installations, such as changing room and gym. The proposed measures will include the implementation of thermal blankets, replacement of the gas boiler for an air heat pump system, heat recovery in the renovation of the pool water and the design of a self-consumption photovoltaic installation, among others. These measures will not only manage to reduce the energy consumption of the facilities but will have a positive impact on the institution's financial spending.

**Keywords:** Energy audit; energy efficiency; heat recovery; photovoltaic

# ÍNDICE

## Contenido

MEMORIA.....	12
CAPÍTULO 1  INTRODUCCIÓN .....	1
1.1  Motivación.....	1
1.2  Objetivos del trabajo de fin máster .....	2
1.3  Normativa actual (UE y España) .....	3
1.4  Metodología y estructura .....	4
CAPÍTULO 2  DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y LAS INSTALACIONES.....	5
2.1  Localización .....	5
2.2  Características del edificio .....	7
2.3  Las instalaciones.....	9
CAPÍTULO 3  ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO.....	19
3.1  Caracterización del consumo energético.....	19
3.2  Consumo térmico .....	21
3.3  Consumo eléctrico.....	36
3.4  Balance energético .....	45
CAPÍTULO 4  PROPUESTAS DE MEJORA.....	55
4.1  Medidas de ahorro energético .....	55
4.2  Medidas adicionales .....	72
4.3  Resumen de las medidas propuestas .....	74
4.4  Paquetes de medidas sugeridos .....	75
CAPÍTULO 5  CONCLUSIONES.....	78
5.1  Conclusiones.....	78
PRESUPUESTO .....	79
CAPÍTULO 6  PRESUPUESTO.....	81
6.1  Presupuesto de la realización de la auditoría .....	81
6.2  Presupuesto para el cliente .....	82
FICHAS TÉCNICAS .....	85
7.1  Ficha del intercambiador de agua de renovación.....	86
7.2  Ficha de las bombas de los intercambiadores .....	88
7.3  Ficha del módulo fotovoltaico .....	92

7.4	Ficha de la estructura de soporte de módulos .....	93
7.5	Ficha del inversor.....	94
7.6	Ficha del captador solar.....	95
7.7	Ficha del equipo de aerotermia.....	96
7.8	Ficha de la bomba de filtrado .....	97
7.9	Ficha de la batería de condensadores .....	98
BIBLIOGRAFÍA.....		99
PLANOS .....		101
ANEXO.....		107
1.1	Objetivos de Desarrollo Sostenible.....	108



## Índice de tablas

Tabla 1. Valores climatológicos normales en Valencia (Agencia Estatal de Meteorología, 2023) .....	6
Tabla 2. Irradiación solar sobre Carcaixent en el año 2020 obtenidos con PVGIS-5.....	7
Tabla 3. Inventario equipos de climatización y ventilación .....	9
Tabla 4. Inventario de equipos de deshumectación.....	10
Tabla 5. Inventario de calderas de gas natural.....	12
Tabla 6. Inventario de los equipos de bombeo dedicados a ACS, agua de los vasos y solar.....	16
Tabla 7. Inventario de los equipos de bombeo para filtración y bombeo de vasos.....	17
Tabla 8. Horarios de apertura y cierre semanal de la piscina cubierta de Carcaixent .....	19
Tabla 9. Datos relativos a las piscinas.....	20
Tabla 10. Datos de relativos a equipos.....	20
Tabla 11. Humedad absoluta de saturación del aire para las temperaturas del agua y del ambiente .	24
Tabla 12. Energía térmica perdida por evaporación durante el cierre .....	26
Tabla 13. Energía térmica perdida por evaporación durante la apertura.....	26
Tabla 14. Energía térmica perdida por evaporación total .....	26
Tabla 15. Temperatura media del agua de red en Valencia. (AENOR, 2005).....	27
Tabla 16. Cálculo del calor perdido por renovación del agua mensual del spa .....	28
Tabla 17. Energía térmica perdida por renovación del agua de los vasos total.....	28
Tabla 18. Energía térmica mensual perdida por transmisión con los vasos .....	29
Tabla 19. Energía térmica total perdida por transmisión con los vasos .....	30
Tabla 20. Energía térmica total perdida por puesta a régimen de los vasos .....	32
Tabla 21. Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado (Ministerio de Fomento, 2019).....	33
Tabla 22. Energía térmica perdida por el consumo de ACS mensual y anual .....	34
Tabla 23. Datos climáticos en Valencia según FChart.....	34
Tabla 24. Datos relativos a la instalación solar térmica.....	35
Tabla 25. Aportación solar térmica (kWh).....	35
Tabla 26. Cálculo del consumo eléctrico de los equipos de bombeo .....	37
Tabla 27 . Horario de las 3 Rooftop dedicadas a climatizar las salas durante el mes de junio y l julio de 2023 .....	38
Tabla 28. Horario de las 2 Rooftop dedicadas a climatizar las salas de cardio y de gimnasio durante los meses de junio y julio de 2023 .....	38

Tabla 29. Consumo eléctrico anual debido a los equipos de climatización .....	41
Tabla 30. Consumo eléctrico anual debido a los equipos de deshumectación.....	44
Tabla 31. Consumo eléctrico anual debido a los equipos de climatización .....	45
Tabla 32. Tabla resumen de la demanda térmica estimada .....	46
Tabla 33. Aportación térmica de cada fuente de producción energética.....	47
Tabla 34. Comparativo entre el consumo estimado y el real .....	48
Tabla 35. Reparto del consumo eléctrico anual .....	49
Tabla 36. Comparativa entre los consumos eléctricos anuales reales y teóricos .....	51
Tabla 37. Resultados del estudio de la MAE de recuperación del calor del agua de renovación .....	59
Tabla 38. Resultados del estudio de la MAE incorporación de mantas térmicas .....	60
Tabla 39. Mapa de calor con el promedio de potencia consumida en kW por hora y por mes.....	61
Tabla 40. Resultados del estudio de la MAE instalación fotovoltaica.....	65
Tabla 41. Resultados del estudio de la MAE ampliación solar térmica.....	67
Tabla 42. Resultados del estudio de la MAE sustitución de caldera por aerotermia.....	69
Tabla 43. Comparativo de consumos previos y posteriores a la MAE .....	70
Tabla 44. Resultados del estudio de la MAE modificación de la Tª de consigna para 27 °C.....	70
Tabla 45. Resultados del estudio de la MAE modificación de la Tª de consigna para varias Tª.....	71
Tabla 46. Datos de inicio sobre el consumo excesivo de reactiva en las instalaciones.....	71
Tabla 47. Resultados del estudio de la MAE batería de condensadores .....	72
Tabla 48. Resultados del estudio de la MAE sustitución de bomba de filtrado.....	74
Tabla 49. Resumen de las medidas de ahorro energético propuestas .....	74
Tabla 50. Paquete de medidas con bajo periodo de retorno .....	75
Tabla 51. Paquete de medidas que maximizan el ahorro económico .....	76
Tabla 52. Paquete de medidas que utilizan fuentes renovables de energía.....	76
Tabla 53. Paquete de medidas con poca inversión .....	77

## Índice de figuras

Figura 1. Metodología seguida para realizar la auditoría .....	4
Figura 2. Ubicación de la Piscina Cubierta de Carcaixent .....	5
Figura 3. Vista general de la Piscina Cubierta de Carcaixent .....	8
Figura 4. Unidad compacta o Rooftop.....	10
Figura 5. Esquema de la instalación de producción de ACS y climatización, con sólo el circuito de la piscina grande. Elaboración propia .....	12
Figura 6. Calderas convencionales .....	13
Figura 7. Colector de agua y derivaciones .....	13
Figura 8. Intercambiador de placas para climatización del vaso pequeño .....	14
Figura 9. Captadores solares en vista aérea .....	15
Figura 10. Depósito de ACS .....	15
Figura 11 . Bombeo hacia el vaso grande mediante 2 bombas en paralelo .....	16
Figura 12 . Filtrado del agua de los vasos .....	17
Figura 13. Detalle del armario eléctrico con el cuadro eléctrico general .....	18
Figura 14. Pérdidas de calor que se producen en la piscina (Blog Maeswell, 2018).....	22
Figura 15 . Obtención de $W_e$ mediante el diagrama psicrométrico de Sicro .....	24
Figura 16. Consumo eléctrico debido a la climatización durante una semana.....	39
Figura 17. Consumo eléctrico debido a la climatización durante el día 05 de julio de 2023 .....	40
Figura 18. Potencia de la deshumectadora 1 .....	42
Figura 19. Potencia de la deshumectadora 2, midiendo sólo una fase .....	43
Figura 20. Las pérdidas térmicas en los vasos desagregadas .....	47
Figura 21. Consumos de gas natural estimado y real mensuales .....	49
Figura 22. Distribución del consumo eléctrico .....	50
Figura 23. Consumos eléctricos estimados y reales mensuales .....	52
Figura 24. Comparativo de consumo mensual de energía eléctrica frente a energía reactiva .....	53
Figura 25. Reparto de los consumos de energía.....	54
Figura 26. Reparto de los costes de energía.....	54
Figura 27. Esquema del intercambio de calor en la renovación para el vaso grande .....	57
Figura 28. Representación visual de la instalación fotovoltaica, mediante SUNNYDESIGN.....	62
Figura 29. Diseño unifilar de la instalación fotovoltaica propuesta.....	63

Figura 30. Balance energético mensual con producción fotovoltaica .....	65
Figura 31. Representación visual de la ampliación de la instalación solar térmica .....	66
Figura 32. Energía aportada y fracción solar según CHEQ4.....	67
Figura 33. Esquema de la instalación con aerotermia .....	69
Figura 34. Curva característica de la bomba Kivu de Astralpool.....	73

# MEMORIA

# **CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Motivación**

Las consecuencias palpables del cambio climático, que han llevado a un incremento tanto en las temperaturas globales como en los casos de fenómenos climáticos extremos, así como la pérdida de biodiversidad y la aparición de sequías más severas, elevan la emergencia climática a uno de los más importantes retos a los que se debe enfrentar la humanidad. Para ello es necesario reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, o GEI, lo que pasa por reducir la dependencia de los combustibles fósiles para la producción de energía y la reducción del consumo energético. Esto último es complicado debido a que el consumo energético tiende a aumentar con el aumento poblacional y el desarrollo económico de los países subdesarrollados. Urge hacer un uso más eficiente de la energía.

Para atajar esta situación, se logró en 2015 un acuerdo internacional contra el calentamiento global, con 196 países firmantes, los Acuerdos de París. La intención de este pacto es la limitación del calentamiento global mediante la reducción de emisiones de GEI. Asimismo, desde la Unión Europea se han impulsado diversas iniciativas, como la Ley Europea del Clima, aprobada en junio de 2021, cuya finalidad es la reducción en al menos un 55% las emisiones en 2030, así como alcanzar la neutralidad climática para 2050. Con tal de alcanzar estos objetivos, en España se han llevado a cabo diversas iniciativas entre las que destaca el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima o, más en detalle, el Real Decreto 56/2016. Este último busca la optimización de los procesos desde el punto de vista energético y, entre otros, obliga a las empresas grandes a realizar auditorías energéticas.

Una auditoría energética es la herramienta de la eficiencia energética por antonomasia. A través de ella se evalúa la situación de unas determinadas instalaciones, se identifican puntos de mejora potencial y se desarrollan propuestas para alcanzar un ahorro energético, es decir, una mejora de la eficiencia energética.

La obligatoriedad del cumplimiento de la normativa relativa a las auditorías toca a todos los sectores económicos. El sector de los servicios es el cuarto en cuanto a consumo de energía final y una de las ramas de este que más energía pierde al año es la de los edificios públicos con piscinas climatizadas. Dichos edificios tienen vasos muy grandes con agua a altas temperaturas, los cuales pierden de media un 60% de la energía térmica en forma de evaporación (F Zuchari, 2017).

En este documento, se realizará una auditoría energética a uno de estos edificios, estudiando los consumos y realizando propuestas de mejora.

## 1.2 Objetivos del trabajo de fin máster

Conociendo tanto el contexto como las pérdidas energéticas relativas al sector de las piscinas cubiertas públicas, queda claro que la eficiencia energética es de vital importancia, pues reducir el consumo energético significa reducir el impacto en el medioambiente.

El Trabajo de Fin de Máster presente trata de ahondar en el análisis y desarrollo de medidas concretas para la eficiencia energética. El caso de estudio es la Piscina Cubierta de Carcaixent, un recinto polideportivo que cuenta con dos piscinas climatizadas y un spa. Enmarcado en el trabajo realizado durante las prácticas académicas realizadas por el autor del documento en la empresa Eiffage Energía, se pretende realizar una auditoría energética a un caso real.

Por lo tanto, los objetivos del proyecto perseguidos a lo largo del documento son los siguientes:

- Analizar estado actual de las instalaciones y los consumos energéticos, basado tanto en la información aportada por la Administración gestora del recinto como en medidas in situ.
- Identificar puntos débiles, localizando los mayores consumos energéticos.
- Propuesta de medidas de ahorro energético para la mejora de la eficiencia de las instalaciones, abordando su viabilidad técnico-económica. Las propuestas que se han desarrollado son las siguientes:
  - Un sistema de recuperación de calor mediante intercambiadores para el agua de renovación de la piscina.
  - Implementación de mantas térmicas sobre la superficie de los vasos.
  - Instalación fotovoltaica sobre la cubierta del edificio.
  - Ampliación de la instalación solar térmica.
  - Modificación de la temperatura de consigna de los vasos.
  - Cambio de una caldera convencional de gas por una bomba de calor aerotérmica.
  - Batería de condensadores para compensar la energía reactiva.
  - Sustitución de las bombas de filtrado.

### 1.3 Normativa actual (UE y España)

#### Directivas europeas:

- REGLAMENTO (UE) 2021/1119 por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática y se modifican los Reglamentos (CE) n.o 401/2009 y (UE) 2018/1999 («Legislación europea sobre el clima»)
- DIRECTIVA (UE) 2018/2002 por la que se modifica la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética
- DIRECTIVA (UE) 2018/2001 relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables
- DIRECTIVA 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios

#### Normativa española:

- Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía
- Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico
- Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas
- Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis
- Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión
- Código Técnico de la Edificación. En especial el Documento Básico HE de Ahorro de Energía
- Normativa sobre Instalaciones Deportivas y para el Esparcimiento (NIDE 2021)
- Normas UNE

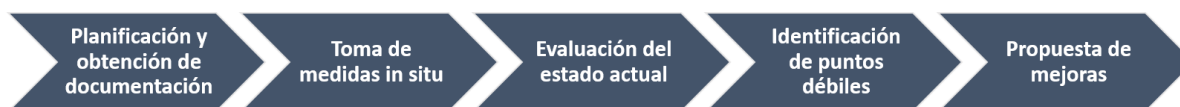
#### Normativa valenciana:

- DECRETO 85/2018, de 22 de junio, del Consell, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios aplicables a las piscinas de uso público



#### 1.4 Metodología y estructura

Para abordar la tarea de realizar una auditoría energética al complejo de la Piscina Cubierta de Carcaixent, se deben seguir una serie de pautas bien definidas. En este apartado, se explicará qué pasos se han seguido, cuál ha sido su orden y de qué manera se han realizado.



**Figura 1. Metodología seguida para realizar la auditoría**

El primer paso realizado es la recolección de información. Contactando con los administrativos del Ayuntamiento de Carcaixent se han obtenido las facturas de gas y eléctricas, las cuales sirven para conocer los consumos totalizados de las instalaciones. Además, se ha obtenido los horarios de funcionamiento y el inventario de la mayoría de los equipos de las distintas instalaciones, tanto eléctricas como térmicas, con algunas de las características de estos.

Lo siguiente es realizar mediciones. Las mediciones se han realizado mediante un analizador de redes. Lo primero ha sido localizar los equipos que más consumen, en este caso las deshumectadoras y los equipos de clima y se han programado visitas a las instalaciones para registrar los consumos reales. En las primeras visitas se han inspeccionado y tomado fotografías a los principales equipos.

Con el resto de inventario del que se desconoce la curva de carga se ha realizado estimaciones de sus consumos en el caso de energía eléctrica y de las pérdidas de calor en el caso de energía térmica.

Se valoran y analizan los distintos consumos y pérdidas estimados y se cotejan con los reales para conocer la precisión de la estimación. Realizado esto se identifican los equipos con mayor potencial de ahorro energético y los puntos débiles de las distintas instalaciones.

Finalmente, se han realizado propuestas para conseguir ahorro energético reduciendo tanto el consumo como los costes asociados.

## **CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO Y LAS INSTALACIONES**

### **2.1 Localización**

El edificio que se va a estudiar en este proyecto es la Piscina Cubierta Municipal de Carcaixent. Está situado en Carrer Apotecari Bodí, s/n, 46740 del municipio de Carcaixent, provincia de Valencia.



**Figura 2. Ubicación de la Piscina Cubierta de Carcaixent**

Carcaixent, de la misma manera que gran parte de la Comunidad Valenciana tiene un clima mediterráneo típico, con veranos secos y calurosos e inviernos húmedos, con precipitaciones abundantes y con temperaturas suaves. Corresponde a la zona climática B 3. En la Tabla 1 se muestran los datos climatológicos respecto al punto de medida más cercano de la Agencia Estatal de Meteorología, AEMET.

**Tabla 1. Valores climatológicos normales en Valencia (Agencia Estatal de Metereología, 2023)**

Datos climatológicos en Valencia					
	Temperatura media anual (°C)	Temperatura media máxima (°C)	Temperatura media mínima (°C)	Precipitación mensual (°C)	Humedad Relativa (%)
<b>Enero</b>	11,80	16,40	7,10	37,00	64,00
<b>Febrero</b>	12,50	17,10	7,80	36,00	64,00
<b>Marzo</b>	14,40	19,30	9,60	33,00	63,00
<b>Abril</b>	16,20	20,80	11,50	38,00	62,00
<b>Mayo</b>	19,00	23,40	14,60	39,00	65,00
<b>Junio</b>	22,90	27,10	18,60	22,00	66,00
<b>Julio</b>	25,60	29,70	21,50	8,00	67,00
<b>Agosto</b>	26,10	30,20	21,90	20,00	68,00
<b>Septiembre</b>	23,50	27,90	19,10	70,00	67,00
<b>Octubre</b>	19,70	24,30	15,20	77,00	67,00
<b>Noviembre</b>	15,30	19,80	10,80	47,00	66,00
<b>Diciembre</b>	12,60	17,00	8,10	48,00	65,00
<b>TOTAL</b>	18.3	22.8	13.8	475,00	65,00

Además, la ubicación tiene muy buen recurso solar debido a la alta radiación recibida durante el año, junto a las bajas precipitaciones.

**Tabla 2. Irradiación solar sobre Carcaixent en el año 2020 obtenidos con PVGIS-5**

<b>Irradiación solar sobre Carcaixent en 2020</b>		
<b>Mes</b>	<b>Irradiación global horizontal (kWh/m<sup>2</sup>)</b>	<b>Irradiación directa normal (kWh/m<sup>2</sup>)</b>
<b>Enero</b>	74,60	142,52
<b>Febrero</b>	112,05	178,75
<b>Marzo</b>	101,18	97,59
<b>Abril</b>	149,65	128,74
<b>Mayo</b>	212,45	206,24
<b>Junio</b>	224,86	220,49
<b>Julio</b>	222,37	211,69
<b>Agosto</b>	210,46	224,38
<b>Sept.</b>	157,18	171,00
<b>Oct.</b>	125,13	170,96
<b>Nov.</b>	75,54	119,19
<b>Dic.</b>	74,18	147,75

## 2.2 Características del edificio

En la parte exterior de las instalaciones se cuenta con 3 pistas de tenis, una pista de pádel y zona de calistenia. En la parte interior, es decir, en el edificio hay una piscina grande, una piscina pequeña, una zona de spa, con balneario y jacuzzi y un gimnasio, con sala de cardio y sala de máquinas.





**Figura 3. Vista general de la Piscina Cubierta de Carcaixent**

El edificio se encuentra en una zona urbanizada, rodeado de calles. Es un edificio singular tipo nave industrial, con tres plantas. Cuenta con un edificio principal que contiene el espacio de las piscinas y las salas de cardio y gimnasio, con 2 edificios colindantes usados para ubicar los equipos y como oficinas.

La estructura se encuentra realizada mediante hormigón armado, cerrado perimetralmente con un muro cortina de hormigón, con acabado interior enlucido de yeso. Se dispone de azulejos en las zonas interiores de la sala de piscinas. La fachada dispone de un cerramiento acristalado en la cara norte y este.

Los techos de los locales están conformados por forjado plano unidireccional de viguetas de hormigón armado, aligeradas con bovedillas de hormigón vibrado prefabricado. Mientras que el techo del edificio principal está constituido por una cubierta a dos aguas construida con paneles tipo "sándwich" formados por dos planchas metálicas galvanizadas entre las que se inyecta poliuretano expandido, toda la cubierta apoya sobre correas metálicas tipo "Z", descansando sobre pórticos de hormigón, apoyados estos mismos sobre los pilares. Se cuenta también con tragaluces de teflón translúcido, para la iluminación interior diurna.

## 2.3 Las instalaciones

En el siguiente apartado se describirán las instalaciones que se encuentran en las inmediaciones de la Piscina Cubierta de Carcaixent, detallando e inventariando los equipos que participan en cada una de ellas.

### 2.3.1 Climatización y ventilación

El recinto cuenta con varios equipos dedicados a climatizar el ambiente de los distintos espacios. Tanto los consumos como las horas de funcionamiento son dispares entre los equipos de climatización y esto es debido al uso que se les da a lo largo del año.

**Tabla 3. Inventario equipos de climatización y ventilación**

Inventario de equipos de climatización				
Equipo	Marca	Modelo	Unidades	Potencia eléctrica unitaria (kW)
ROOFTOP (salas)	CIAT	BPF-90	3	18,43
ROOFTOP (clima cardio)	CIAT	BPF-90	3	18,43
ROOFTOP (gimnasio)	CIAT	IP-160	1	12,8
Recuperador de calor	CIAT	CDFP 20 HD2P	2	6,24
Equipo de conductos (ud. ext)	KAYSUN 600	KUE-71 DVN10	1	2,95
Equipo de conductos (ud. int)	KAYSUN 600	KCIS-71 DR11	1	1,55
Split pared (masajes spa)	Home	HINV 12410AMD_9	1	1,9
Split pared (servidor)	Daitsu	DOS-12UIEK-3	1	1,125
Split pared (fisio)	Mitsubishi	MUZ-HC35VAB	1	1,5
Cassette (spinning P.B.)	MIDEA	MCD 90 N8Q	1	2,92
Cassette (sala 4 y sala cardio)	Mitsubishi	PUH-P100VHA,UK	2	3,68
Cassette (sala 4)	Mitsubishi	PUH-P100VHA,UK	1	3,35

El consumo principal de climatización proviene de la climatización de las salas principales, siendo estas la sala de piscinas, la de cardio y la de gimnasio. Esta se realiza mediante equipos de climatización compactos de cubierta, o Rooftop. Estas unidades contienen tanto la unidad interior como la exterior en el mismo bloque y están colocados en la cubierta de los edificios adyacentes al principal. Se las puede observar en la Figura 3 y Figura 4.



**Figura 4. Unidad compacta o Rooftop**

Adicionalmente se cuenta con dos recuperadores de calor de doble flujo para la ventilación interior. Estos equipos realizan transferencia de energía entre el aire exterior y el que se extrae de los vestuarios, impulsando el aire precalentado hacia dos unidades terminales ventilo-convectoras, o fancoils. De esta manera se aprovecha la energía del aire de extracción y aumenta la eficiencia energética de la instalación de ventilación y renovación del aire interior. Las demás salas no cuentan con estos recuperadores, pero realizan las renovaciones de aire necesarias.

El resto de los equipos de climatización mostrados en Tabla 3 son equipos más pequeños, como los de conductos y los partidos (o Split) para climatizar salas pequeñas con necesidades muy variables dependientes del tiempo de uso y la afluencia.

### 2.3.2 Deshumectación

El recinto de la Piscina Cubierta cuenta con tres deshumidificadoras para mantener unas condiciones climáticas confortables en la zona de las piscinas. Estas unidades se encuentran en la planta de sótano, donde se encuentran la mayoría de equipos.

**Tabla 4. Inventario de equipos de deshumectación**

Inventario de equipos de deshumectación			
Equipo	Marca	Modelo	Caudal de deshumectación (kg <sub>aire</sub> /h)
Deshumectadora 01	CIAT	BCP-355	74,4
Deshumectadora 02	CIAT	BCP-355	74,4
Deshumectadora pequeña	CIAT	BCP-90	15,2

Debido a la evaporación del agua de los vasos, el recinto que contiene los vasos acumula gran cantidad de vapor que se traduce en una humedad elevada. Las deshumectadoras extraen el aire de la zona de los vasos, condensan el vapor de agua excedente y devuelven el aire a la temperatura y humedad necesitada.

La dos principales deshumectadoras, las BCP-355, se dedican al espacio de las piscinas grande y pequeña, mientras que la BCP-90 se encarga de la zona de spa. Debido a que la zona de spa es la que más evapora por metro cuadrado, la deshumectadora pequeña trabaja más horas que el resto de las unidades.

Adicionalmente se conoce por fichas técnicas que la potencia nominal de la deshumectadora pequeña es de 7,5 kW eléctricos.

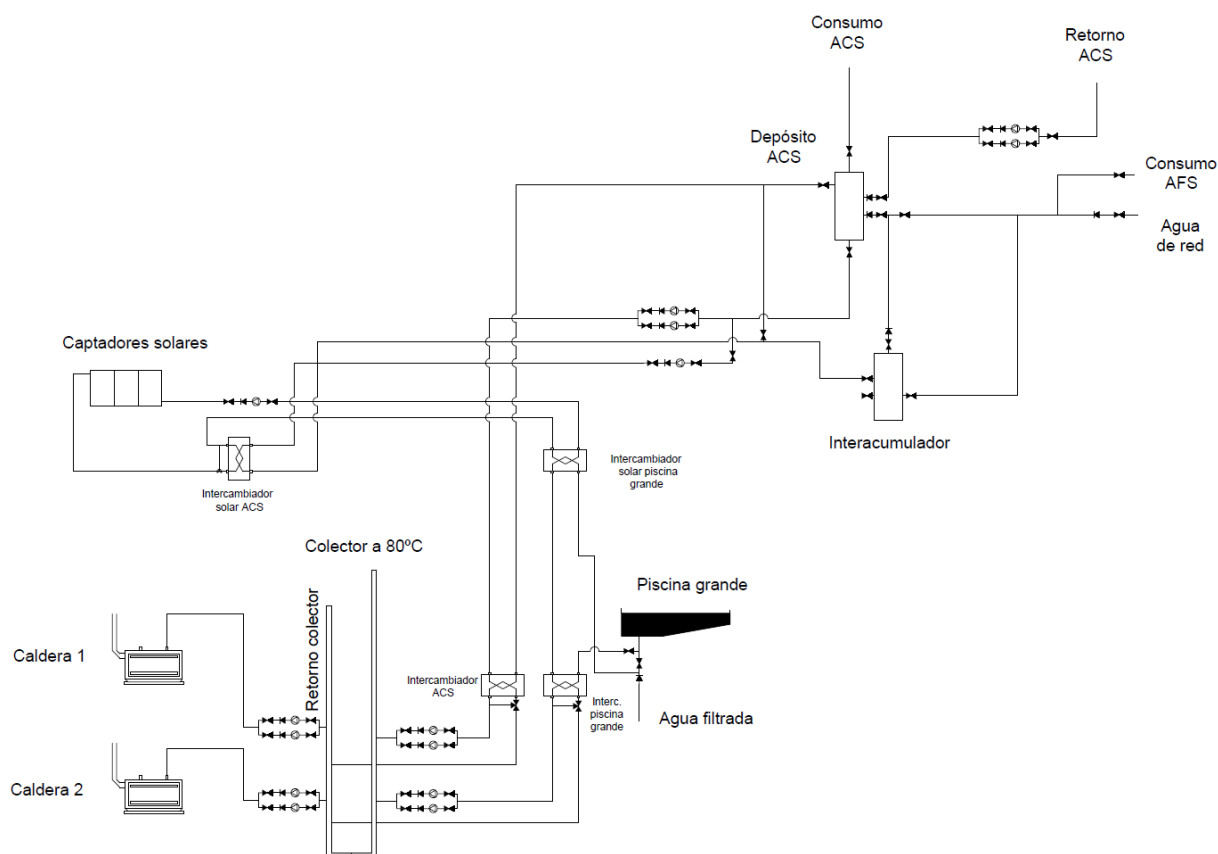
### **2.3.3 Producción de Agua Caliente Sanitaria y Climatización de la Piscina**

Para la producción de agua caliente, tanto sanitaria como para la piscina, se hace uso de dos instalaciones de generación de calor:

- Calderas de gas.
- Solar térmica.

La instalación prioriza calefactar con solar, ya que aporta menos salto térmico al fluido caloportador y es una fuente de energía renovable. Por ello, todas las necesidades de calor pasan primero por la instalación solar, a través de intercambiadores para cada piscina y para ACS y luego se hace pasar al fluido caloportador por el circuito de las calderas, que logra elevar la temperatura a la deseada. Esto se muestra en la Figura 5, donde se ha simplificado el plano de la instalación sólo centrándose en los circuitos de calor de la piscina grande.





**Figura 5. Esquema de la instalación de producción de ACS y climatización, con sólo el circuito de la piscina grande. Elaboración propia**

Adicionalmente, se utiliza también el calor generado por estos equipos para enviar a los equipos de deshumectación agua caliente, lo cual tampoco es mostrado en el esquema de arriba.

### 2.3.3.1 Calderas de gas natural

Las calderas son convencionales y usan gas natural como combustible. Se dispone de 2 de ellas, teniendo ambas las mismas especificaciones.

**Tabla 5. Inventario de calderas de gas natural**

Inventario de calderas de gas			
Equipo	Marca	Modelo	Potencia (kW)
Caldera de gas natural	Ferrolí	Mod. Prexterm N300	300



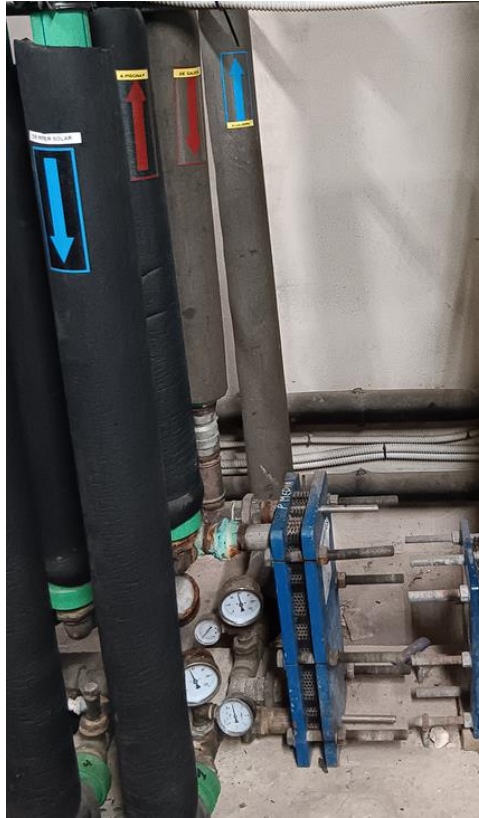
**Figura 6. Calderas convencionales**

Estas calderas calientan agua de los colectores y la mantienen a 80 °C. A partir de estos colectores, la energía térmica se reparte a agua caliente sanitaria, en adelante ACS, y a los intercambiadores con el agua de los vasos.



**Figura 7. Colector de agua y derivaciones**

Es importante destacar que cada uso, tanto ACS, como climatización de piscinas y los equipos de deshumectación, tienen temperaturas de consigna diferentes y los intercambiadores de placas respectivos están dimensionados contemplando estas condiciones.



**Figura 8. Intercambiador de placas para climatización del vaso pequeño**

### **2.3.3.2 Solar térmica**

El edificio colindante oeste cuenta con una instalación solar térmica. En concreto hay 41 colectores o paneles solares. Originalmente se contaba con un mayor número de paneles, pero el deterioro de las instalaciones ha llevado a que el número total se vea reducido.



**Figura 9. Captadores solares en vista aérea**

Estos captadores absorben la energía del sol recibida y la transmiten a un fluido caloportador. Este fluido caloportador intercambia primero calor con el agua a climatizar de los vasos y luego se lleva a un interacumulador, donde se cede el calor a un circuito secundario de agua. Este circuito luego se apoya en el calor de las calderas para calentar un depósito de acumulación de ACS.



**Figura 10. Depósito de ACS**

Se dispone de un único depósito de ACS y su temperatura se mantiene por encima de los 60 °C. Además, se dispone de toda una red tuberías y bombeo hidráulicos, mostrado en la Tabla 6.



Figura 11 . Bombeo hacia el vaso grande mediante 2 bombas en paralelo

Tabla 6. Inventario de los equipos de bombeo dedicados a ACS, agua de los vasos y solar

Inventario de los equipos de bombeo ACS, agua de los vasos y solar			
	Elemento	Uds.	Potencia eléctrica unitaria (kW)
Sala calderas	Wilo Mod. Yonos MAXO 40/0,5-12 Art.-Nr 2120647/18w30 (caldera)	3	0,55
	DAD Mod. EVOPLUS 120/250.40M (caldera)	1	0,55
	Wilo Mod. Yonos MAXO 30/0,5-10 Art.-Nr 2120643/18w50 (acs)	2	0,19
	Wilo Mod. Motor TEE QS FS 90L2A-80 N Vid. CI N (clima)	1	2,2
	Wilo Mod. Motor LAFERT Type T90 B 2 IEC 60034 WO: 142725/056	1	2,2
	Wilo Mod. Yonos MAXO 40/0,5-8 Art.-Nr 2120646/17w10 (grande)	2	0,305
	Wilo Mod. Yonos MAXO 30/0,5-10 Art.-Nr 2120643/18w45 (pequeña)	2	0,19
	Wilo Mod. Yonos MAXO 30/0,5-10 Art.-Nr 2120643/18w45 (spa)	2	0,19
Zona depósito ACS y solar	Doble GRUNDFOSS MAGNA 1 D-32-120F (gemelas solar)	2	0,339
	Bombes Wilo IPZ25/6DM (secundario)	2	0,16
	Bombes Wilo IPZ25/6DM (retorno)	2	0,16



En total se tienen, entre los dos modos de producción de energía térmica 8 intercambiadores de placas, 2 correspondientes a ACS y 6 correspondientes a la climatización de los vasos.

### 2.3.4 Filtrado de agua

Para hacer uso del agua en los vasos, es necesario realizar la filtración de esta, con tal de que cumpla unas condiciones higiénicas determinadas.



Figura 12 . Filtrado del agua de los vasos

El agua ha de pasar por unos filtros que eliminan partículas de determinado diámetro y también se ha de descalcificar para eliminar los minerales y dureza de esta. Conexionado a este sistema, se encuentran las bombas de filtrado e impulsión a los vasos.

Tabla 7. Inventario de los equipos de bombeo para filtración y bombeo de vasos

Inventario de los equipos de bombeo para filtración y bombeo de vasos			
	Elemento	Unidades	Potencia eléctrica unitaria (kW)
Zona grupo de presión y filtración	MARELLI MOTORI MOT3~MAA 112 M2 (grupo de presión)	2	4,4
	ESPA Mod. Tecno 05 3M (recirc. afs)	1	0,36
	ASTRALPOOL SERIE ATLAS (vaso grande)	2	5,5
	ASTRALPOOL VICTORIA PLUS (vaso pequeño)	2	0,75
	ASTRALPOOL MAXIM (spa.)	2	4

### 2.3.5 Cableado, cuadros eléctricos y componentes

Toda la instalación cuenta con la protección eléctrica necesaria: interruptores magnetotérmicos para cada equipo, diferenciales para proteger al personal, elementos de maniobra, etc. La mayor parte de estos elementos se encuentran en un cuadro general en la planta sótano, y es desde donde se tomarán en apartados posteriores mediciones de consumo eléctrico con un analizador de redes eléctricas. Desde aquí se controla de manera centralizada la conducción y transmisión eléctrica al resto de instalaciones. Cada instalación, mencionada en anteriores apartados cuenta con su propio cuadro eléctrico con protecciones para cada equipo.

Destaca la ausencia de batería de condensadores, pues se hace un uso intensivo de las bombas, es decir, de motores eléctricos. Esto conlleva a un alto consumo de potencia reactiva que repercute en la factura eléctrica y en la eficiencia del consumo eléctrico.



Figura 13. Detalle del armario eléctrico con el cuadro eléctrico general

## CAPÍTULO 3 ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO

### 3.1 Caracterización del consumo energético

A raíz de las facturas suministradas por el Ayuntamiento de Carcaixent se tienen los consumos eléctricos y de gas natural durante el año 2022. Sin embargo, estos datos resultan insuficientes para la realización de una auditoría energética, pues es necesario realizar un estudio detallado de estos consumos y desagregarlos. Para ello, se deberá realizar una serie de estimaciones.

Con el objetivo de realizar una estimación que sea cercana a la realidad, se deberán conocer los horarios de apertura y cierre de la piscina a lo largo de todos los meses del año, los cuales se presentan a continuación:

**Tabla 8. Horarios de apertura y cierre semanal de la piscina cubierta de Carcaixent**

Horario de apertura de las instalaciones		
Días	Horario	Horas/Día
Lunes	6:30 - 22:00	15,5
Martes	6:30 - 22:00	15,5
Miércoles	6:30 - 22:00	15,5
Jueves	6:30 - 22:00	15,5
Viernes	6:30 - 22:00	15,5
Sábado	7:30 - 20:00	12,5
Domingo	9:00 - 14:00	5
Total Semana		95

Siendo este horario vigente durante todos los meses del año, exceptuando el mes de agosto donde se produce el cierre de las instalaciones. Conocer el horario ayuda a conocer los tiempos de uso de cada equipo de las instalaciones.

También es necesario conocer las especificaciones del mayor consumidor de energía de las instalaciones: las mismas piscinas. Como se ha mencionado anteriormente, el recinto cuenta con tres vasos de distintos tamaños y formas, la piscina grande, la pequeña y el jacuzzi del spa. Las especificaciones necesarias son: las dimensiones, superficie y volumen de los vasos, la temperatura del agua contenida en ellos y la del interior del recinto de la piscina climatizada, así como el agua que se renueva diariamente. Realizando consultas y mediciones, se han obtenido los siguientes resultados:



**Tabla 9. Datos relativos a las piscinas**

<b>Datos relativos a las piscinas</b>			
	<b>Vaso Grande</b>	<b>Vaso pequeño</b>	<b>SPA</b>
<b>Temperatura agua vasos (°C)</b>	28	29	32,8
<b>Temperatura recinto (°C)</b>	30	30	33
<b>Humedad recinto (%)</b>	77	77	99
<b>Longitud (m)</b>	25	12,7	6,4
<b>Profundidad (m)</b>	1,7-2,2	1,2	1
<b>Ancho (m)</b>	16,5	6,35	6,27
<b>Superficie (m<sup>2</sup>)</b>	412,5	80,6	40
<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>	814,12	96,77	40
<b>Renovación (m<sup>3</sup>/día) [(m<sup>3</sup>/mes) para SPA]</b>	40	6	35

Para caracterizar el consumo es importante tener un inventario de los equipos y sus potencias. Las especificaciones que serán de utilidad son la eficiencia de equipos eléctricos, los coeficientes de rendimiento (COP) y factor de eficiencia energética (EER) en equipos de climatización, las potencias eléctricas y las potencias caloríficas y frigoríficas. Entre estos datos es de especial importancia la eficiencia de la caldera, entendiendo como eficiencia a la razón entre calor cedido al agua en este caso, y el calor total liberado en el equipo. En las calderas, la energía entra en forma de combustible y se distinguen dos indicadores para medir la capacidad de un combustible para liberar energía: el poder calorífico inferior (PCI) y el poder calorífico superior (PCS). El PCI corresponde a la cantidad de energía que se desprende por unidad de masa/volumen de combustible sin tener en cuenta el calor latente de vapor del agua al condensarse, mientras que el PCS sí lo tiene en cuenta. En el caso de estudio, la eficiencia de la caldera que será útil para los cálculos es la eficiencia respecto del PCI ya que permite obtener cuánto gas natural se ha consumido. Asimismo, se han proveído también las potencias eléctricas de las deshumectadoras.

**Tabla 10. Datos de relativos a equipos**

<b>Datos de los principales equipos</b>	
<b>Rendimiento de la caldera (%)</b>	92
<b>Potencia eléctrica de la deshumidificadora grande (kW)</b>	27,6
<b>Potencia eléctrica de la deshumidificadora pequeña (kW)</b>	7,5

Por último, con el objetivo de afinar las estimaciones se han realizado mediciones mediante analizador de redes para obtener el consumo energético real de los tres equipos deshumectadores y de las climatizadoras, las unidades Rooftop. Esto es necesario porque los equipos no siempre

trabajan a potencia nominal y con estos datos se pueden promediar sus potencias, siendo un cálculo más realista.

### **3.2 Consumo térmico**

La demanda térmica del recinto está estrechamente relacionado a dos consumos principales: aquellos relacionados con la climatización del agua de los vasos y los relacionados con la producción de ACS. Estas instalaciones reciben el calor durante el día de las instalaciones de solar térmica, que calientan el agua del interacumulador hasta un máximo de 60 °C y luego se apoyan en las calderas, que tiene un circuito independiente a 80 °C, de tal manera que en el intercambio de calor se asegura que el ACS se mantiene a 60 °C siempre, con tal de cumplir la normativa sobre legionelosis. (BOE, 2022). En las horas en las que las instalaciones de solar térmica no aportan energía térmica al sistema, ya sea por la ausencia de sol o la presencia de nubes o sombras, se encargará de mantener la temperatura de los acumuladores el sistema de calderas.

La instalación cuenta con 2 calderas Ferroli Mod. Prexterm N300 que son alimentadas con gas natural, tiene una potencia térmica de 300 kW y una eficiencia media del 92%.

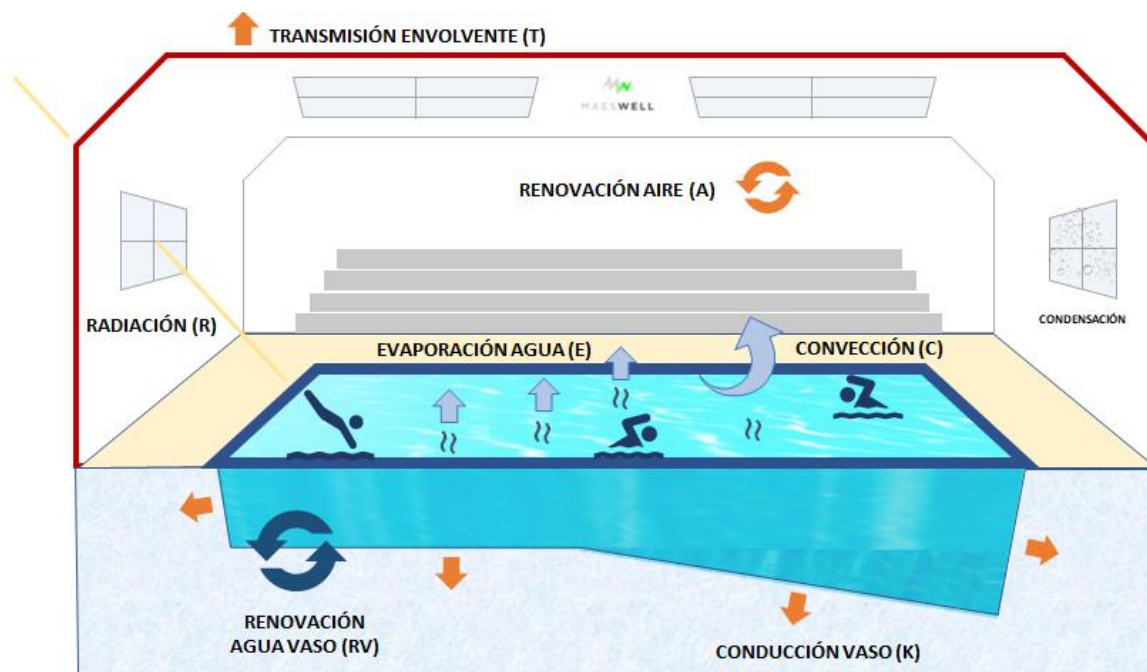
A continuación, se realizarán los cálculos de los consumos relativos a las pérdidas en los vasos y los cálculos relativos a ACS.

#### **3.2.1 Consumos provenientes de las pérdidas de calor en los vasos**

En las piscinas climatizadas se producen constantemente intercambios de energía con el entorno. Hay diversos factores que intervienen para que esto suceda y, en el caso de las piscinas climatizadas, es un foco de ineficiencia por las pérdidas que se producen. Las principales variables que afectan aquí son las condiciones del ambiente, la temperatura que tiene el agua del vaso, la cantidad de bañistas, los ciclos de renovación de agua, la ventilación existente en el recinto, el material de la superficie del vaso y la ubicación de las instalaciones.

Como interesa mantener una temperatura de los vasos constante en el tiempo, se ha de vigilar cuidadosamente cuáles son las pérdidas de energía térmica para poder tenerlas controladas. Las posibles pérdidas que se pueden dar son:

- Pérdidas por evaporación de los vasos
- Pérdidas por renovación del agua
- Pérdidas por conducción
- Pérdidas por convección
- Pérdidas por radiación
- Pérdidas por puesta a régimen



**Figura 14. Pérdidas de calor que se producen en la piscina (Blog Maeswell, 2018)**

Estas pérdidas energéticas llevan relacionados dos consumos directos: consumo de gas natural en la caldera para calentar más agua y de las deshumectadoras para mantener las condiciones ambientales del recinto exigidas por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RITE en adelante. Según este “La temperatura seca del aire de los locales que alberguen piscinas climatizadas se mantendrá entre 1 °C y 2 °C por encima de la del agua del vaso, con un máximo de 30 °C. La humedad relativa del local se mantendrá siempre por debajo del 65 %, para proteger los cerramientos de la formación de condensaciones.” (BOE, 2007). Como la temperatura de consigna del vaso grande es 28 °C, la temperatura máxima del recinto será 30 °C. Las instalaciones del spa tienen que cumplir las mismas condiciones, pero se rigen por el RD 742/2013 y la temperatura máxima es 36 °C para hidromasaje (BOE, 2013) y se muestran laxos respecto al grado de saturación del aire.

A continuación, se realizarán los cálculos necesarios para obtener estas pérdidas.

### 3.2.1.1 Pérdidas por evaporación de agua de los vasos

La evaporación del agua contenida en los vasos depende estrictamente de la afluencia de bañistas y de los ocupantes del recinto. Esto se debe a que se favorece la evaporación mediante el movimiento de las aguas de los vasos al ser utilizadas por los bañistas, por el régimen turbulento que favorece la mezcla entre el ambiente y el líquido, es decir, la dispersión. Adicionalmente, el agua salpicada desde la piscina hacia afuera, el agua que arrastran los bañistas al salir de ella, y diversos factores, ayudan a que el agua se evapore en mayor cantidad.

Como el objetivo de los equipos de deshumectación es encargarse de mantener un valor fijo de humedad y la evaporación contribuye al aumento de la humedad relativa del aire interior, esto se

traduce en una mayor cantidad de energía eléctrica consumida por los equipos mencionados, ya que deben mantenerse mayor tiempo en funcionamiento. De esta manera, se induce que una reducción de las pérdidas producidas por evaporación no solo reducirá el consumo térmico debido al uso de las calderas para climatizar la piscina, sino que reducirá el consumo eléctrico de las deshumectadoras.

Para realizar una estimación de las pérdidas producidas por la evaporación del agua existen varias fórmulas empíricas que producen resultados dispares, en función de distintas hipótesis de cálculo. En este documento, se hará uso de la fórmula de Bernier

(1), cuyo uso es recomendado por CIATESA, empresa especializada en equipos de climatización, en (Eva M<sup>o</sup> Albarracín, 2007).

Esta fórmula utiliza dos factores principales en su hipótesis: evaporación asociada a la piscina sin agitación y evaporación asociada a la agitación de los bañistas. Así, se tiene:

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

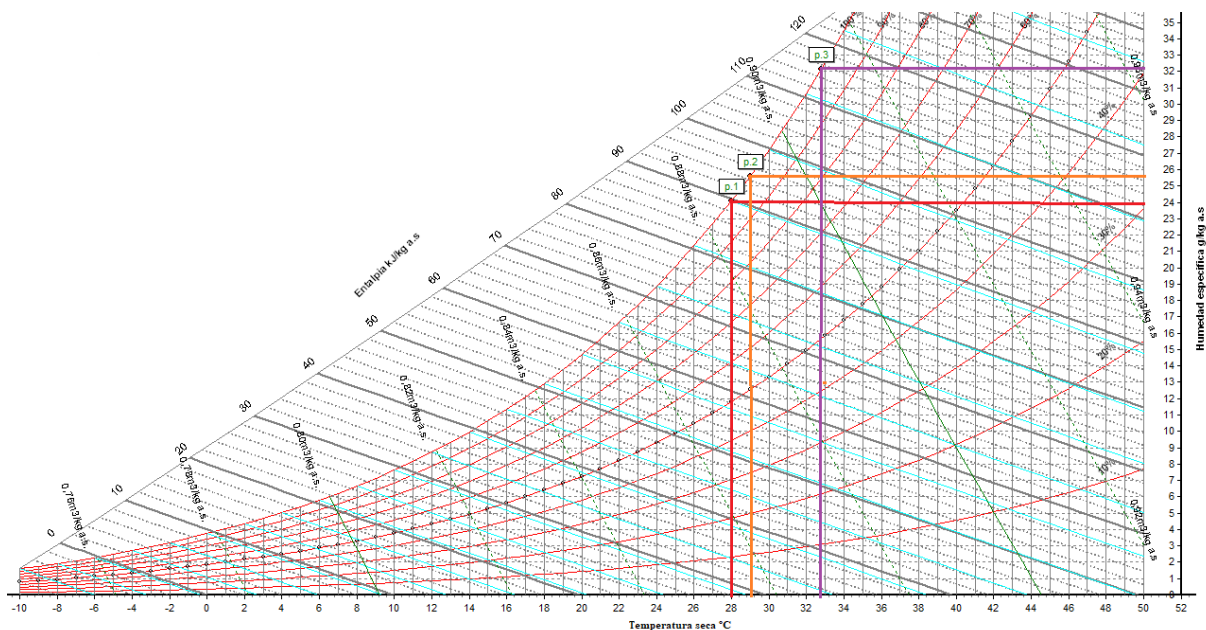
Donde:

- **M<sub>e</sub>** es el flujo másico de agua evaporada en kg/h
- **S** es la superficie de la lámina de agua del vaso en m<sup>2</sup>
- **n** es el número de bañistas por m<sup>2</sup>
- **W<sub>e</sub>** es la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua de la piscina en kg<sub>agua</sub>/kg<sub>aire</sub>
- **G<sub>a</sub>** es el grado de saturación, es decir, la humedad relativa del ambiente, en tanto por uno.
- **W<sub>as</sub>** es la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del ambiente del recinto en kg<sub>agua</sub>/kg<sub>aire</sub>
- **N** es el número de espectadores, es decir, aquellos ocupantes que se hayan en el recinto, pero no en el interior de la piscina.

A continuación, se justificarán y mostrarán los valores escogidos para realizar el cálculo mediante la fórmula de Bernier, que se han utilizado para obtener la masa de agua evaporada a la hora.

Las superficies y la humedad relativa son las correspondientes a la Tabla 9, mientras que las humedades absolutas se han obtenido mediante el diagrama psicrométrico. Para el caso de la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura de consigna del agua, se ha escogido una humedad relativa de 100% y unas temperaturas de 28 y 29 °C en el caso de las piscina grande y pequeña, y 32,8 °C para el caso del spa. Mientras que, para el caso de la humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del ambiente del recinto, las temperaturas son 30 °C para las piscinas y 33 °C para el spa.

A modo de ejemplo, se incluye el siguiente diagrama psicrométrico con la obtención del parámetro de humedad absoluta con la temperatura del agua W<sub>e</sub> (kg<sub>agua</sub>/kg<sub>aire</sub>).



**Figura 15 . Obtención de  $W_e$  mediante el diagrama psicrométrico de Sicro**

Para poder obtener el dato de dicha humedad absoluta se ha utilizado el programa de cálculo Sicro, cuyos resultados se muestran la Tabla 11.

**Tabla 11. Humedad absoluta de saturación del aire para las temperaturas del agua y del ambiente**

	Humedad absoluta de saturación		
	Vaso Grande	Vaso pequeño	SPA
$T_{piscina}$ (°C)	28	29	32,8
$T_{ambiente}$ (°C)	30	30	33
$W_e$ (kg <sub>agua</sub> /kg <sub>aire</sub> )	0,0241	0,0256	0,0321
$W_{as}$ (kg <sub>agua</sub> /kg <sub>aire</sub> )	0,0272	0,0272	0,0325

Una vez se tienen las humedades, se puede realizar cálculos mediante la fórmula de Bernier. Conociendo los datos obtenidos mediante analizador de redes en las deshumectadoras, se sabe que funcionan a plena potencia durante las horas en las que la piscina se encuentra abierta. Esto es, según los datos de *Tabla 8*, 95 horas a la semana. Ya que se dispone del inventario de equipos de la instalación, se conoce también la capacidad de deshumidificación, esto es, la capacidad de extraer agua del aire, con un valor de 74,4 kg/h para el caso de las dos deshumectadoras CIATESA BCP-355 empleadas para climatizar el ambiente del recinto y 15,2 kg/h para la deshumectadora CIATESA BCP-90 asociada al spa. Llegados a este punto se ha decidido tomar dos suposiciones:

- Se ha considerado el valor de humedad relativa de la Tabla 9 como constante.

- Se asume que durante la apertura de las instalaciones, desde las piscinas se evapora la misma cantidad de agua que se elimina del aire a través de los equipos de deshumectación.

Para el tiempo en que están cerradas las instalaciones, es decir, se encuentran en reposo, se utilizará la fórmula de Bernier. En este caso, al no tener ni bañistas ni espectadores, se considerarán las variables  $n$  y  $N$  como nulas.

Por tanto, para el caso en que la piscina se encuentra activa, se estima el flujo de agua evaporada como el caudal de agua que se evacúa en las deshumectadoras:

$$M_{e,ocupado,piscina\ grande} = 2 \cdot 74,4 = 148,8 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

$$M_{e,ocupado,spa} = 15,2 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

Para el caso en que las piscinas se hayan en reposo:

$$\begin{aligned} M_{e,reposo,piscina\ grande} &= (412,5 \cdot 16 + 133 \cdot 0) \cdot (0,0241 - 0,65 \cdot 0,0272) + 0,1 \cdot 0 \\ &= 20,948 \left[ \frac{kg}{h} \right] \end{aligned}$$

$$M_{e,reposo,piscina\ mediana} = (80,6 \cdot 16) \cdot (0,0256 - 0,65 \cdot 0,0272) = 6,029 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

$$M_{e,reposo,spa} = (40 \cdot 16) \cdot (0,0321 - 0,65 \cdot 0,0325) = -0,035 \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

Una vez obtenidos los flujos máxicos de agua evaporada de las láminas de agua de los vasos, se aplica la ecuación (2) con tal de conocer la energía térmica perdida por la evaporación,  $Q_{EVAPORACIÓN}$  (kWh) y donde  $L_V$  es el calor latente de vaporización del agua (kWh/kg). Este último se obtiene de las tablas de las propiedades del agua saturada, y por lo tanto depende de la temperatura de los vasos. Los valores tomados son 0,6752 kWh/kg para 28 °C del vaso grande, 0,6744 kWh/kg para los 29 °C del vaso pequeño y 0,6716 kWh/kg para el spa, con 32,8 °C.

$$Q_{EVAPORACIÓN} = M_e \cdot L_V \left[ kWh \right] \quad (2)$$

Así, los datos obtenidos son los siguientes:

**Tabla 12. Energía térmica perdida por evaporación durante el cierre**

<b>Energía perdida por evaporación durante el cierre</b>			
	<b>Vaso Grande</b>	<b>Vaso Pequeño</b>	<b>Spa</b>
<b>Calor perdido por evaporación semanal (kWh)</b>	1.032,48	296,82	~0
<b>Calor perdido por evaporación anual (kWh)</b>	49.559,27	14.247,38	~0
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>63.724,11</b>		

**Tabla 13. Energía térmica perdida por evaporación durante la apertura**

<b>Energía perdida por evaporación durante la apertura</b>			
	<b>Vaso Grande</b>	<b>Vaso Pequeño</b>	<b>Spa</b>
<b>Calor perdido por evaporación semanal (kWh)</b>	7.984,09	1.558,34	969,82
<b>Calor perdido por evaporación anual (kWh)</b>	383.236,31	74.800,10	46.551,21
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>504.587,62</b>		

Finalmente, sumando las pérdidas para cada caso, se tiene la siguiente tabla, con el calor evaporado total anualmente debido a la evaporación:

**Tabla 14. Energía térmica perdida por evaporación total**

<b>Consumo causado por la evaporación del agua de los vasos</b>			
	<b>Vaso Grande</b>	<b>Vaso pequeño</b>	<b>Spa</b>
<b>Calor perdido por evaporación semanal (kWh)</b>	9.016,57	1.855,16	968,10
<b>Calor perdido por evaporación anual (kWh)</b>	432.795,57	89.047,49	46.468,67
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>568.311,73</b>		

Es decir, se pierden 568.311,73 kWh de energía térmica mediante evaporación al año.

### 3.2.1.2 Pérdidas por renovación del agua

Con tal de cumplir la normativa, el agua de la piscina debe recircular de manera constante durante el tiempo en que la piscina está abierta y se deberá introducir la cantidad suficiente de agua de red que consiga garantizar una calidad mínima exigida, estipulada en el Anexo I de (D.O.G.V, 2018). Aunque tradicionalmente se ha utilizado el dato de que debe renovarse el 5% del volumen total de agua de la piscina cada día.

Para el caso concreto que se está estudiando, se tienen las renovaciones diarias de agua contenidas en la Tabla 9, siendo estas 26,45 y 3,17 m<sup>3</sup>/d para la piscina grande y pequeña y 1,6 m<sup>3</sup>/d en el spa. Estas renovaciones consisten en extracción de agua de la piscina y la introducción de la misma cantidad de agua directamente de la red. Esta agua no pasa por ningún tratamiento térmico previo a la climatización de la misma, es decir, que se necesita calentarla hasta alcanzar la temperatura deseada en la piscina y, a veces, decenas de grados. Esto repercute directamente en la demanda térmica de los vasos, ya que se requiere de mayor consumo de las calderas para enviar el agua a la temperatura exigida.

Con tal de realizar el cálculo de las pérdidas de calor para los distintos vasos, se hace uso de la norma UNE 94002-2005 en la que figuran las temperaturas medias del agua de red de Valencia, que varían en función del mes del año. De esto se infiere que la energía térmica requerida no será la misma dependiendo del mes.

**Tabla 15. Temperatura media del agua de red en Valencia. (AENOR, 2005)**

Temperatura media del agua de red en Valencia (°C)											
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11

Para obtener la energía térmica requerida para devolver el agua a las condiciones estipuladas tras la renovación, es decir, las pérdidas debidas a la renovación del agua, se tiene la ecuación (3).

$$Q_{RENOVACIÓN} = V_{RENOVACIÓN} \cdot \rho \cdot C_{agua} \cdot (T_{piscina} - T_{red}) \cdot t \quad (3)$$

Donde:

- $Q_{RENOVACIÓN}$  es el calor perdido debido al agua renovada
- $V_{RENOVACIÓN}$  es el volumen de agua renovada
- $\rho$  es la densidad del agua
- $C_{agua}$  es el calor específico del agua
- $T_{piscina}$  es la temperatura de la piscina
- $T_{red}$  es la temperatura del agua de red, obtenida de la Tabla 15
- $t$  es el tiempo



Se conoce la densidad del agua y es  $1000 \text{ kg/m}^3$ , el calor específico es de  $4,186 \text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$  y las temperaturas de los vasos Tabla 9. En las Tabla 16 se muestran los resultados.

**Tabla 16. Cálculo del calor perdido por renovación del agua mensual del spa**

<b>Consumo causado por la renovación del agua de los vasos mensual (kWh)</b>			
	<b>Vaso Grande</b>	<b>Vaso Pequeño</b>	<b>Spa</b>
<b>Enero</b>	17.122,50	2.165,36	1.311,82
<b>Febrero</b>	14.606,29	1.852,87	1.132,90
<b>Marzo</b>	15.220,00	1.937,43	1.196,75
<b>Abril</b>	13.808,47	1.764,64	1.102,46
<b>Mayo</b>	12.366,25	1.595,53	1.024,14
<b>Junio</b>	9.205,64	1.213,19	824,06
<b>Julio</b>	8.561,25	1.139,66	794,00
<b>Agosto</b>	0,00	0,00	0,00
<b>Septiembre</b>	9.205,64	1.213,19	824,06
<b>Octubre</b>	11.415,00	1.481,56	966,60
<b>Noviembre</b>	14.729,03	1.874,93	1.158,14
<b>Diciembre</b>	16.171,25	2.051,39	1.254,28

Para terminar, se suman las pérdidas anuales para obtener la siguiente tabla, con el total de la energía térmica perdida al climatizar de nuevo la piscina tras renovar el agua.

**Tabla 17. Energía térmica perdida por renovación del agua de los vasos total**

<b>Consumo causado por la renovación de los vasos anual</b>			
	<b>Vaso Grande</b>	<b>Vaso Pequeño</b>	<b>Spa</b>
<b>Calor perdido por renovación del agua anual (kWh)</b>	142.411,31	18.289,74	11.589,24
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>172.290,29</b>		

Es decir, se pierde un total de 172.290,29 kWh al año por renovación del agua de los vasos.

### 3.2.1.3 Pérdidas por conducción

Las pérdidas por conducción hacen referencia al intercambio de calor entre el agua de los vasos y los cerramientos de la piscina. Depende de la forma que tengan los vasos y cuáles son los materiales que conforman las paredes. En el caso de la Piscina Cubierta de Carcaixent, los vasos se encuentran contruidos sobre hormigón en el interior del sótano del recinto. Estas pérdidas se calculan a través de la ecuación (4).

$$Q_{CONDUCCIÓN} = C_T \cdot S_{cerramiento} \cdot (T_{piscina} - T_{exterior}) \cdot t \quad (4)$$

Donde:

- $Q_{CONDUCCIÓN}$  es el calor perdido por conducción
- $C_T$  es el coeficiente de transmisión de los muros y la solera. Su valor es 1,5 (W/m<sup>2</sup>·K) para el hormigón armado (Eva M<sup>o</sup> Albarracín, 2007).
- $S_{cerramiento}$  es la superficie formada por las paredes de la piscina y el suelo de esta, es decir, el cerramiento del vaso
- $T_{exterior}$  es la temperatura exterior al cerramiento: el sótano en este caso

La temperatura del sótano varía bastante a lo largo del año y se ha estimado como la temperatura ambiente de la Tabla 1 para calcular las pérdidas. Partiendo de los datos incluidos en la Tabla 9, se obtiene la Tabla 18.

**Tabla 18. Energía térmica mensual perdida por transmisión con los vasos**

Consumo térmico causado por las pérdidas de calor por transmisión				
	Temperatura exterior (°C)	Vaso Grande (kWh)	Vaso Pequeño (kWh)	Spa (kWh)
<b>Enero</b>	11	10.898,13	2.538,42	1.592,76
<b>Febrero</b>	11,5	9.553,96	2.229,08	1.405,62
<b>Marzo</b>	14	8.974,93	2.115,35	1.373,57
<b>Abril</b>	16	7.444,65	1.774,16	1.187,85
<b>Mayo</b>	19,5	5.449,07	1.339,72	971,73
<b>Junio</b>	23,5	2.791,74	750,61	657,56
<b>Julio</b>	27	641,07	282,05	423,76
<b>Agosto</b>	27,5	0,00	0,00	0,00
<b>Septiembre</b>	24	2.481,55	682,37	622,21
<b>Octubre</b>	20	5.128,53	1.269,21	935,20
<b>Noviembre</b>	15	8.065,03	1.910,64	1.258,56
<b>Diciembre</b>	12	10.257,07	2.397,40	1.519,70

Con estos resultados, se muestra la siguiente tabla resumen que aúna todas estas pérdidas.

Tabla 19. Energía térmica total perdida por transmisión con los vasos

Consumo causado por la conducción con los cerramientos			
	Vaso Grande	Vaso Pequeño	Spa
Calor perdido por conducción con los cerramientos de la piscina (kWh)	71.685,73	17.289,01	11.948,51
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>100.923,25</b>		

Es decir, se pierde un total de 100.923,25 kWh anuales debido a la transmisión del agua con los cerramientos.

#### 3.2.1.4 Pérdidas por convección

Estas pérdidas aluden al intercambio de calor entre el agua de los vasos y el ambiente del recinto a causa de la diferencia de temperaturas entre ambos. Se calcula a través de la ecuación (5).

$$Q_{CONVECCIÓN} = h \cdot S \cdot (T_{piscina} - T_{ambiente}) \cdot t \quad (5)$$

Donde  $Q_{CONVECCIÓN}$  son las pérdidas de calor por convección en kWh, el término  $h$  es el coeficiente de convección del aire y  $T_{ambiente}$  la temperatura del ambiente en contacto con la lámina de agua de los vasos en °C.

- $Q_{CONVECCIÓN}$  son las pérdidas de calor por convección
- $h$  es el coeficiente de convección del aire
- $T_{ambiente}$  es la temperatura del ambiente en contacto con la lámina de agua de los vasos

Observando las temperaturas de la Tabla 11 se observa que la diferencia entre ellas es muy baja, lo cual conlleva un valor pequeño de pérdidas. Es por esto que se ha decidido despreciar el término de pérdidas debidas a la convección, término que se suele despreciar en las pérdidas en piscinas climatizadas.

Adicionalmente, en el caso que se estudia la temperatura del recinto suele estar ligeramente por encima de la de la piscina y eso significa que el agua absorbe calor, antes que cederlo. Como consecuencia no habría pérdidas sino ganancias de energía térmica.

#### 3.2.1.5 Pérdidas por radiación

La última tipología de transferencia de calor desde la piscina es la radiación. La radiación se produce a través de ondas electromagnéticas como pueden ser la luz visible, el infrarrojo y la radiación ultravioleta, aunque las pérdidas se producen mayoritariamente debido a las ondas infrarrojas. El cálculo se realiza a través de la ecuación (6).

$$Q_{RADIACIÓN} = S \cdot \sigma \cdot \varepsilon \cdot (T_{piscina}^4 - T_{cerramientos}^4) \cdot t \quad (6)$$

Donde:

- $Q_{RADIACIÓN}$  son las pérdidas de energía térmica debido a la radiación de calor del agua del vaso
- $\sigma$  es la constante de Stefan-Boltzmann, con un valor de  $5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$
- $\varepsilon$  es la emisividad de la superficie del vaso con un valor de 0,95.
- Las temperaturas se deben considerar en K.

La temperatura del cerramiento del recinto es desconocida, y se considera muy cercana a la temperatura del ambiente. Como es un caso similar a las pérdidas calculadas en el apartado anterior 3.2.1.4 y la diferencia de temperatura entre la piscina y el cerramiento será muy baja, por lo tanto, en piscinas cubiertas estas pérdidas se consideran también despreciables.

### 3.2.1.6 Pérdidas por puesta a régimen

Con el objetivo de cumplir la normativa, los vasos deben realizar al menos una vez al año una renovación completa del agua contenida en estos (Ministerio de Cultura y Deporte, 2005). En el caso de la piscina cubierta que se está tratando, este cambio de régimen se realiza durante el cierre de las instalaciones en el mes de agosto. De este modo, se procede a desaguar todo el fluido contenido en la piscina y se rellena con agua de red nueva, filtrada y desinfectada. Se pierde por lo tanto toda la energía térmica contenida en el agua y se ha de volver a calentar el agua hasta obtener las condiciones de calidad deseadas.

La energía térmica dedicada a reclimatizar el volumen de la piscina al completo se calcula como una transferencia de calor similar a la del apartado de renovación del agua, 3.2.1.2, en la que se emplea tanto la solar térmica como las calderas de gas para alcanzar dicho fin. Se muestra así en la ecuación (7).

$$Q_{PUESTA A RÉGIMEN} = V_{piscina} \cdot \rho \cdot C_{agua} \cdot (T_{piscina} - T_{red}) \quad (7)$$

Donde:

- $Q_{PUESTA A RÉGIMEN}$  son las pérdidas por puesta a régimen del agua de los vasos
- $V_{piscina}$  es el volumen de los vasos

En la Tabla 20 se ha aplicado esta fórmula a los distintos vasos, y se ha tenido en cuenta la temperatura de red de finales de agosto, 20 °C.

Tabla 20. Energía térmica total perdida por puesta a régimen de los vasos

Consumo térmico causado por la puesta a régimen			
	Volumen (m <sup>3</sup> )	Temperatura agua piscina (°C)	Q <sub>PUESTA A RÉGIMEN de los vasos</sub> (kWh)
Piscina grande	814,12	28	7.555,03
Piscina pequeña	96,77	29	1.010,28
Spa	40	32,8	593,92
		<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>9.159,23</b>

Es decir, se pierden 9.159,23 kWh al año debido a la puesta a régimen del agua de los vasos.

### 3.2.2 Consumo de ACS

Para la estimación del consumo de ACS se echará mano de los datos aportados el Ayuntamiento de Carcaixent respecto a la afluencia, de la temperatura de ACS y de la media de litros al día consumidos por persona.

- **Afluencia al recinto.** La administración del centro de la Piscina Cubierta de Carcaixent lleva un registro del número de personas que ingresan en el recinto de manera semanal. Conocido que la afluencia no es la misma dependiendo de los meses que se esté observando, ya que el verano se considera la temporada baja de la piscina cubierta. Se ha realizado una estimación de aproximadamente 200 personas al día durante todo el año.
- **Temperatura del agua caliente sanitaria.** Según la normativa, como el agua caliente sanitaria debe ser acumulada en un acumulador aislado de los circuitos de producción de calor, se debe asegurar una temperatura homogénea y mínima de 60 °C. Esta temperatura se estipula para que no proliferen las bacterias de Legionella, y es la que se tiene en el depósito de almacenamiento de ACS de la instalación.
- **Demanda de ACS.** Se hace uso del DB HE, anejo F Demanda de referencia Tabla 21, para edificios de uso distinto al residencial, con el que se obtiene una demanda orientativa del consumo diario de ACS por persona. Se ha escogido 21 litros/día-persona considerando vestuarios/duchas colectivas en la tabla que se muestra a continuación.

**Tabla 21. Demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado (Ministerio de Fomento, 2019)**

<b>Criterio de demanda</b>	<b>Litros/día·persona</b>
Hospitales y clínicas	55
Ambulatorio y centro de salud	41
Hotel *****	69
Hotel ****	55
Hotel ***	41
Hotel/hostal **	34
Camping	21
Hostal/pensión *	28
Residencia	41
Centro penitenciario	28
Albergue	24
Vestuarios/Duchas colectivas	21
Escuela sin ducha	4
Escuela con ducha	21
Cuarteles	28
Fábricas y talleres	21
Oficinas	2
Gimnasios	21
Restaurantes	8
Cafeterías	1

Se sigue un procedimiento parecido a los apartados anteriores, haciendo uso de la ecuación (8), las temperaturas de red de Tabla 15. Temperatura media del agua de red en Valencia. :

$$Q_{ACS} = n_{personas} \cdot Demanda_{ACS} \cdot C_{agua} \cdot (T_{ACS} - T_{red}) \cdot t \quad (8)$$

Donde:

- **Q<sub>ACS</sub>** es el calor destinado a calentar agua caliente sanitaria
- **n<sub>personas</sub>** es la afluencia
- **Demanda<sub>ACS</sub>** es el consumo diario de ACS por persona y por día

En la Tabla 22 se muestran los resultados. Se pueden observar unos consumos bastante regulares exceptuando el mes de agosto, en el que el recinto se encuentra cerrado con excepción de unas pocas clases dentro de la piscina y el gimnasio. Se ha estimado un consumo correspondiente a un solo día por sugerencia de los empleados de la piscina.

**Tabla 22. Energía térmica perdida por el consumo de ACS mensual y anual**

<b>Consumo de Agua Caliente Sanitaria mensual y anual</b>		
	<b>Temperatura media del del agua de red (°C)</b>	<b>QACS (kWh)</b>
<b>Enero</b>	10	7.551,60
<b>Febrero</b>	11	6.684,38
<b>Marzo</b>	12	7.249,54
<b>Abril</b>	13	6.869,52
<b>Mayo</b>	15	6.796,44
<b>Junio</b>	18	6.138,72
<b>Julio</b>	19	6.192,31
<b>Agosto</b>	20	194,88
<b>Septiembre</b>	18	6.138,72
<b>Octubre</b>	16	6.645,41
<b>Noviembre</b>	12	7.015,68
<b>Diciembre</b>	11	7.400,57
	<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>74.877,77</b>

Se dedican 74.877,77 kWh de energía térmica al calentamiento de ACS al año.

### 3.2.3 Aportación de solar térmica

Tal y como se detalla en el apartado 2.3.3.2, originalmente se contaba con 48 captadores de energía térmica solar. En la actualidad se usan sólo 41 de ellos, debido a que el resto se han ido averiando. Estos colectores aprovechan la energía del sol para calentar un fluido caloportador que intercambia calor con el agua de la piscina y con el ACS.

Para el cálculo de la energía aportada por la instalación solar térmica, se ha utilizado los datos climáticos del estudio original en el que se utilizó el programa FChart. Se han introducido los siguientes datos, ya que se cuenta con la documentación de los proyectos de solar térmica original.

**Tabla 23. Datos climáticos en Valencia según FChart**

<b>Provincia:</b>		<b>Valencia</b>
Latitud de cálculo:		39,48
Latitud [°/min.]:		39,29
Altitud [m]:		10,00
Humedad relativa media [%]:		68,00
Velocidad media del viento [Km/h]:		10,00
Temperatura máxima en verano [°C]:		32,00
Temperatura mínima en invierno [°C]:		0,00
Variación diurna:		11,40
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):		510 (Periodo Noviembre/Marzo)
Grados-día. Temperatura base 15/15 (UNE 24046):		516 (Todo el año)

**Tabla 24. Datos relativos a la instalación solar térmica**

<b>Datos relativos a la instalación solar térmica</b>	
<b>Número de captadores</b>	41
<b>Área captadores (m<sup>2</sup>)</b>	51,84
<b>Inclinación (°)</b>	45
<b>Volumen de acumulación (l)</b>	3000
<b>Ubicación de captadores</b>	Cubierta
<b>Distancia entre baterías para evitar sombras (m)</b>	3,86
<b>Altura batería u obstáculo (m)</b>	1,5
<b>Pérdidas por orientación e inclinación (%)</b>	3%

Con los datos de las Tabla 23 y Tabla 24 como inputs, el programa arroja los resultados de la Tabla 25. Los cuales han sido modificados, ya que según el técnico de mantenimiento de las instalaciones la producción de solar térmica se encuentra desconectada prácticamente durante el verano y, sobre todo, durante el mes de cierre.

**Tabla 25. Aportación solar térmica (kWh)**

	<b>Aportación solar térmica (kWh)</b>
<b>Enero</b>	4.729,5
<b>Febrero</b>	4.861,5
<b>Marzo</b>	5.985
<b>Abril</b>	5.602,5
<b>Mayo</b>	5.734,5
<b>Junio</b>	1.000
<b>Julio</b>	1.000
<b>Agosto</b>	200
<b>Septiembre</b>	5.863,5
<b>Octubre</b>	4.764
<b>Noviembre</b>	4.915,5
<b>Diciembre</b>	4.321,5
<b>TOTAL</b>	<b>48.977,5</b>

Como resultado, se estima que la producción de energía térmica proveniente de la instalación solar es de 48.977,50 kWh al año.



### 3.3 Consumo eléctrico

En este apartado estiman los consumos eléctricos que se acometen en el recinto. Los datos que se van a utilizar principalmente para la estimación son los pertenecientes a los inventarios de 2.3 y a las fichas técnicas de los equipos.

Los consumos eléctricos vendrán principalmente de los siguientes grupos de equipos:

- Grupos de bombeo
- Climatización
- Deshumectación
- Iluminación
- Varios (equipos ofimáticos, equipos con consumos residuales, etc.)

#### 3.3.1 Consumo eléctrico debido a los grupos de bombeo

Los grupos de bombeo agrupan las bombas de recirculación varias de la sala de calderas, ACS, las correspondientes al clima, el bombeo a las piscinas, el bombeo de agua hacia la filtración, etc. El cálculo de los consumos se realiza mediante la ecuación (9).

$$Q_{GRUPOS DE BOMBEO} = n_{unidades} \cdot Potencia_{equipo} \cdot t_{horas de funcionamiento} \quad (9)$$

Donde:

- **n<sub>unidades</sub>** son el número de unidades del determinado equipo
- **Potencia<sub>bomba</sub>** es la potencia eléctrica del equipo
- **t<sub>horas de funcionamiento</sub>** son las horas de funcionamiento del equipo

Del inventario se obtiene la potencia nominal de cada una de las bombas y las horas de funcionamiento se ha consultado con el técnico de mantenimiento de las instalaciones. Con esta información se tiene la Tabla 26.

**Tabla 26. Cálculo del consumo eléctrico de los equipos de bombeo**

Cálculo del consumo eléctrico de los equipos de bombeo						
	Elemento	Uds	Potencia (kW)	Potencia Total (kW)	Horas (h)	Energía (kWh)
Sala calderas	Wilo Mod. Yonos MAXO 40/0,5-12 Art.-Nr 2120647/18w30 (caldera)	3	0,55	1,65	684	1.128,60
	DAD Mod. EVOPLUS 120/250.40M (caldera)	1	0,55	0,55	684	376,20
	Wilo Mod. Yonos MAXO 30/0,5-10 Art.-Nr 2120643/18w50 (acs)	2	0,19	0,38	456	173,28
	Wilo Mod. Motor TEE QS FS 90L2A-80 N Vid. CI N (clima)	1	2,2	2,2	456	1.003,20
	Wilo Mod. Motor LAFERT Type T90 B 2 IEC 60034 WO: 142725/056	1	2,2	2,2	456	1.003,20
	Wilo Mod. Yonos MAXO 40/0,5-8 Art.-Nr 2120646/17w10 (grande)	2	0,305	0,61	2808	1.712,88
	Wilo Mod. Yonos MAXO 30/0,5-10 Art.-Nr 2120643/18w45 (pequeña)	2	0,19	0,38	2254,5	856,71
	Wilo Mod. Yonos MAXO 30/0,5-10 Art.-Nr 2120643/18w45 (spa)	2	0,19	0,38	5084	1.931,92
Zona depósito ACS y solar	Doble GRUNDFOSS MAGNA 1 D-32-120F (gemelas solar)	2	0,339	0,678	1824	618,34
	Bombes Wilo IPZ25/6DM (secundario)	2	0,16	0,32	1824	291,84
	Bombes Wilo IPZ25/6DM (retorno)	2	0,16	0,32	2280	364,80
Zona grupo de presión y filtración	MARELLI MOTORI MOT3~MAA 112 M2 (grupo de presión)	2	4,4	8,8	672	5.026,56
	ESPA Mod. Tecno 05 3M (recirc. afs)	1	0,36	0,36	456	164,16
	ASTRALPOOL SERIE ATLAS (vaso grande)	2	5,5	11	8064	70.963,20
	ASTRALPOOL VICTORIA PLUS (vaso pequeño)	2	0,75	1,5	8064	9.676,80
	ASTRALPOOL MAXIM (spa.)	2	4	8	4560	29.184,00
					<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>124.475,69</b>

Como se puede observar, los principales consumos eléctricos de los grupos de presión son las bombas pertenecientes al bombeo de agua hacia las piscinas, pues bombean agua de manera constante a lo largo de los días, exceptuando el mes de agosto en que se vacían los vasos. Otro consumo que es alto es el bombeo de agua hacia el spa que, si bien no funciona durante tanto tiempo como el resto de los vasos, tiene una potencia eléctrica considerable.

### 3.3.2 Consumo eléctrico debido a la climatización

La climatización de estas instalaciones viene de varios equipos distintos. Como se ha comentado en el apartado de descripción de las instalaciones de climatización y ventilación 2.3.1, la instalación cuenta con 7 unidades Rooftop, de las cuales sólo se usan 5 siendo 3 para la climatización de las salas, 1 para el gimnasio y otra para la sala de cardio. También se cuenta con un intercambiador entálpico, algunos equipos partidos (o Split) y equipos de conductos para climatizar las salas. Estos equipos consumen energía eléctrica mediante el uso de compresores, ventiladores, baterías de calor y bombeo.

Los mayores consumos serán debidos a las unidades Rooftop, pues se encargan de climatizar grandes espacios y muy susceptibles a aumentar su temperatura debido a las actividades que se llevan a cabo en ellas y al calor emitido por la piscina. Es por eso que en las visitas que se han realizado a las instalaciones se ha solicitado la estimación del tiempo de uso de dichas unidades, esta información se ve reflejada en la imagen, donde se tiene el horario de funcionamiento de las climatizadoras durante el mes de junio de 2023. Estos horarios corresponden a Tabla 27 y a la Tabla 28.

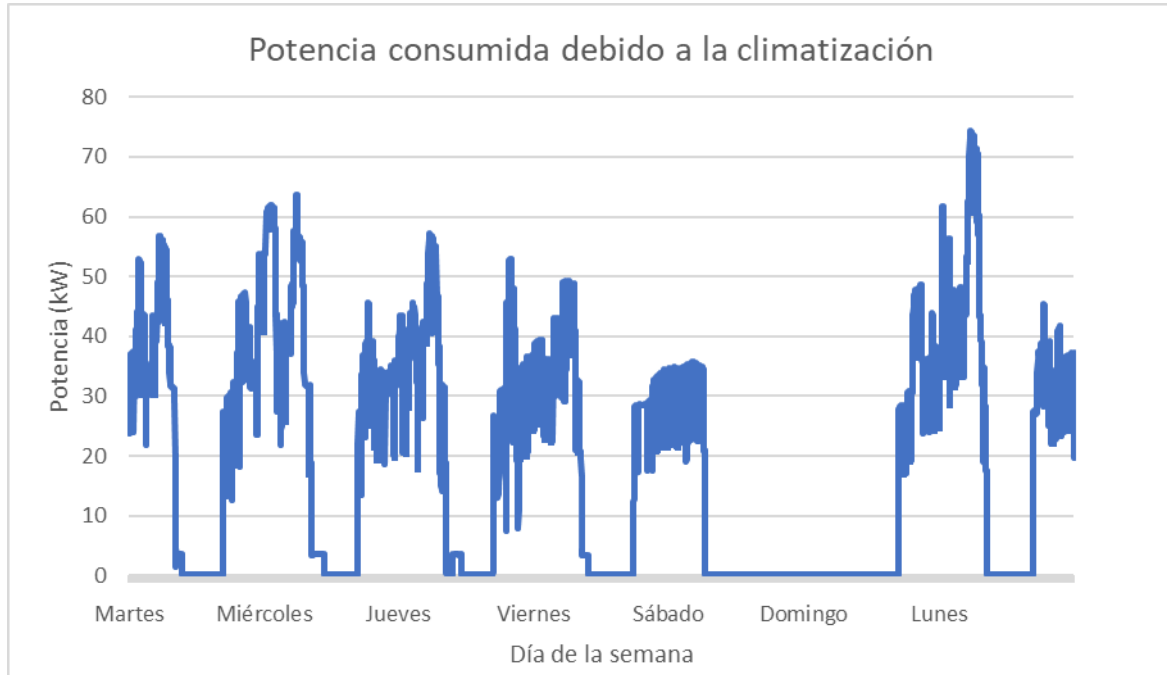
**Tabla 27 . Horario de las 3 Rooftop dedicadas a climatizar las salas durante el mes de junio y julio de 2023**

<b>Horario Rooftops asignadas a las salas</b>		
<b>Día de la semana</b>	<b>Horario</b>	<b>Horas al día</b>
<b>Lunes</b>	11:45-13:00 19:20-20:25	2,33
<b>Martes</b>	11:45-13:00 17:15-19:55	3,42
<b>Miércoles</b>	11:45-13:00 19:20-20:25	2,33
<b>Jueves</b>	11:45-13:00 17:15-19:55	3,42
<b>Viernes</b>	18:15-19:00 11:45-13:00	1,90
<b>Sábado</b>	08:00-09:45 16:45-18:30 11:45-13.00	4,75
<b>Domingo</b>	-	0
<b>Horas totales a la semana</b>		<b>18,15</b>

**Tabla 28. Horario de las 2 Rooftop dedicadas a climatizar las salas de cardio y de gimnasio durante los meses de junio y julio de 2023**

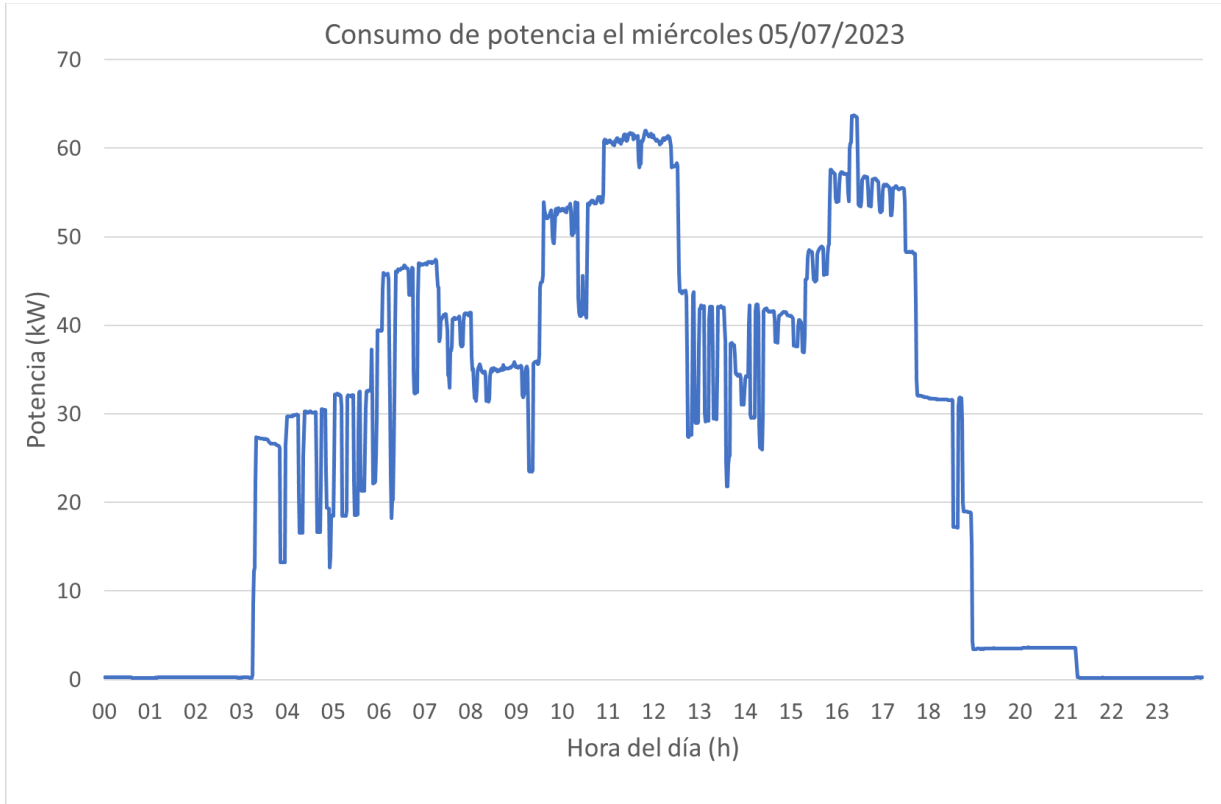
<b>Día de la semana</b>	<b>Horario Rooftop Cardio</b>		<b>Horario Rooftop Gimnasio</b>	
	<b>Horario</b>	<b>Horas al día</b>	<b>Horario</b>	<b>Horas al día</b>
<b>Lunes</b>	06:00-21:40	15,67	06:00-21:30	15,50
<b>Martes</b>	06:00-21:40	15,67	06:00-21:30	15,50
<b>Miércoles</b>	06:00-21:40	15,67	06:00-21:30	15,50
<b>Jueves</b>	06:00-21:40	15,67	06:00-21:30	15,50
<b>Viernes</b>	06:00-21:40	15,67	06:00-21:30	15,50
<b>Sábado</b>	07:00-19:40	12,67	07:00-19:30	12,50
<b>Domingo</b>	08:30-13:40	5,17	08:40-13:30	4,83
<b>Horas totales a la semana</b>		<b>96,17</b>		<b>94,83</b>

Para afinar la estimación se ha medido mediante un analizador de redes conectado al cuadro de clima, el consumo eléctrico debido a la climatización. Esta medición se ha realizado durante el mes de julio de 2023 y ha durado exactamente una semana, con tal de poder caracterizar bien los consumos. Los datos obtenidos corresponderán al uso de las 5 unidades compactas de cubierta, las cuales, como se puede comprobar en las figuras de arriba, tienen horarios distintos y a veces solapan. En la Figura 16 se muestra la potencia en kW a lo largo de esa semana.



**Figura 16. Consumo eléctrico debido a la climatización durante una semana**

Con esta información se puede aislar un día de referencia y comparar el tiempo de funcionamiento con el de los horarios, siendo gracias a ello posible obtener las potencias medias de las unidades Rooftop. Se ha escogido el miércoles, Figura 17.



**Figura 17. Consumo eléctrico debido a la climatización durante el día 05 de julio de 2023**

Conociendo las potencias medias de consumo eléctrico de los equipos, apoyándose con la información de los inventarios y de las fichas técnicas disponibles y consultando sobre las estimaciones de tiempos de funcionamiento de los equipos, es posible calcular el consumo eléctrico anual de cada unidad de manera similar al apartado anterior con la ecuación (9). De este modo, los resultados se muestran en la Tabla 29.

**Tabla 29. Consumo eléctrico anual debido a los equipos de climatización**

Consumo eléctrico debido a los equipos de clima							
Equipo	Marca	Modelo	Uds	Potencia (kW)	Potencia total (kW)	Horas	Energía (kWh)
ROOFTOP (salas)	CIAT	BPF-90	3	18,43	19,23	1476	28.389,11
ROOFTOP (clima cardio)	CIAT	BPF-90	3	18,43	18,80	2542	41.099,06
ROOFTOP (gimnasio)	CIAT	IP-160	1	12,8	15,48	2542	27.982,34
Intercambiador entálpico	CIAT	CDFP 20 HD2P	2	6,24	12,47	912	11.373,34
Equipo de conductos (ud. ext)	KAYSUN 600	KUE-71 DVN10	1	2,95	2,95	912	2.690,40
Equipo de conductos (ud. int)	KAYSUN 600	KCIS-71 DR11	1	1,55	1,55	912	1.413,60
Split pared (masajes spa)	Home	HINV 12410AMD_9	1	1,9	1,9	912	1.732,80
Split pared (servidor)	Daitsu	DOS-12UIEK-3	1	1,125	1,125	912	1.026,00
Split pared (fisio)	Mitsubis hi	MUZ-HC35VAB	1	1,5	1,5	912	1.368,00
Cassette (spinning P.B.)	MIDEA	MCD 90 N8Q	1	2,92	2,92	912	2.663,04
Cassette (sala 4 y sala cardio)	Mitsubis hi	PUH-P100VHA,UK	2	3,68	7,36	912	6.712,32
Cassette (sala 4)	Mitsubis hi	PUH-P100VHA,UK	1	3,35	3,35	912	3.055,20
Baño turco	Inbeca	BV V-1692	1	2	2	912	1.824,00
Sauna	Inbeca	-	1	6	6	912	5.472,00
<b>TOTAL (kWh)</b>							<b>136.801,20</b>

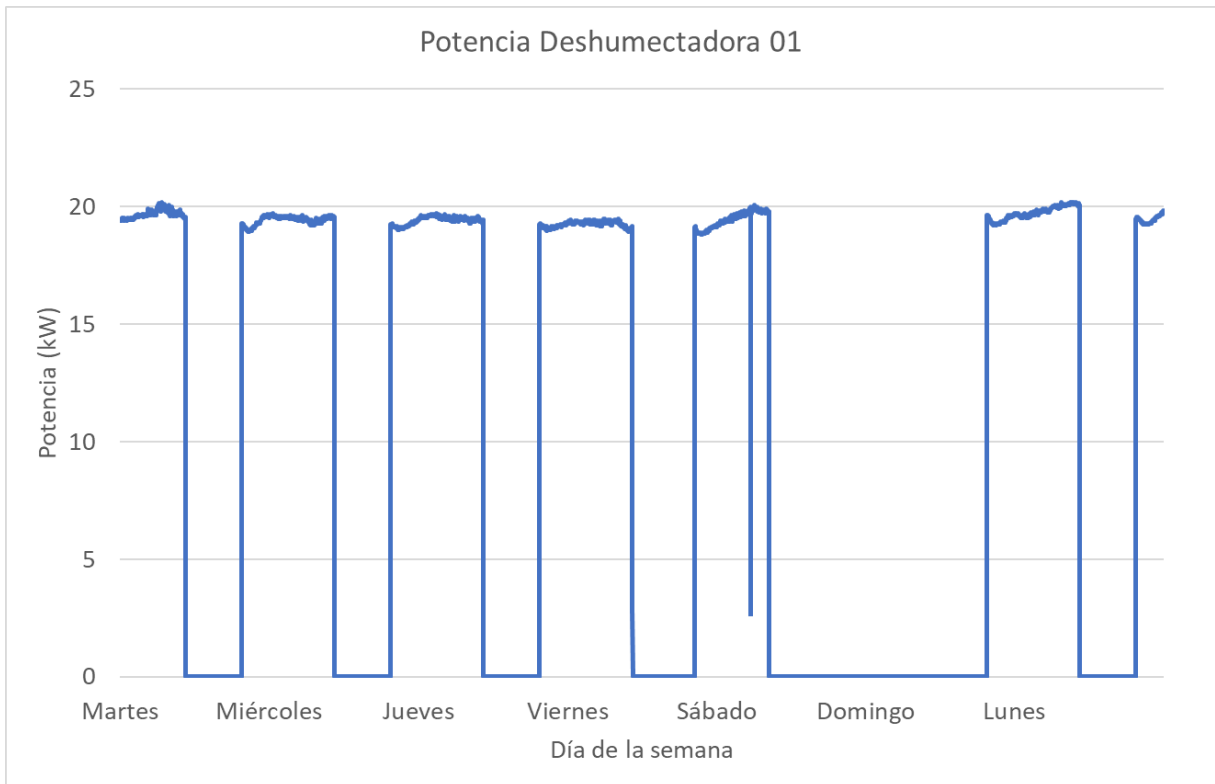
Por lo tanto, se tiene un consumo de 136.801,20 kWh eléctricos debido a los equipos de climatización.

### 3.3.3 Consumo eléctrico debido a la deshumectación

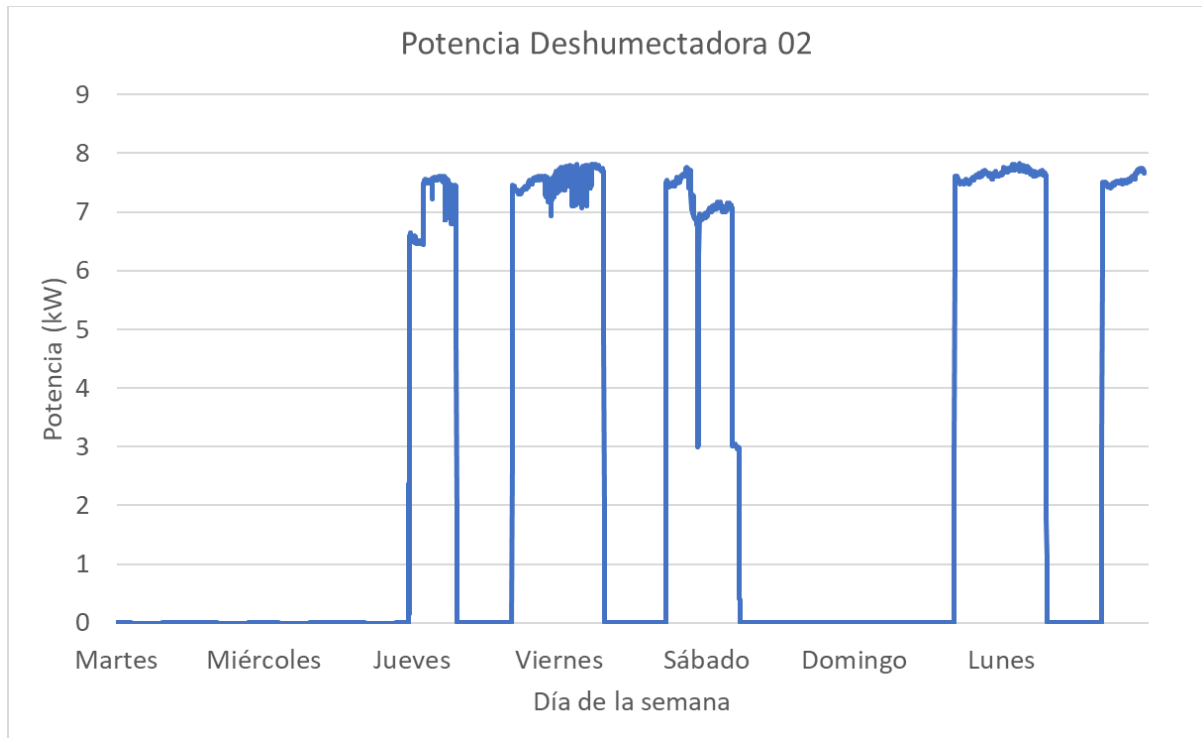
Las deshumectadoras son los equipos encargados mantener unas condiciones climáticas adecuadas para el uso de las personas dentro del recinto de las piscinas. Se cuenta con 2 equipos de deshumectación para el espacio que contiene las dos piscinas y un equipo para el spa que contiene el jacuzzi. Como se ha mencionado anteriormente, las condiciones a cumplir según el RITE (BOE, 2007) sólo aplican al recinto de las piscinas grande y pequeña. Debido a ellas, es necesario mantener una temperatura interior del recinto de 1-2 °C por encima de la temperatura del vaso y un 65% de humedad relativa. Si se observa la Tabla 9 se comprueba que no se está cumpliendo la normativa, pues la humedad relativa en el interior del recinto es de 77%. Esto ocurre debido a que los equipos

de deshumectación están funcionando a carga parcial pues según los empleados del recinto el coste de mantener las deshumectadoras encendidas durante todo el periodo en que esté abierta la piscina es demasiado elevado.

Se ha medido con un analizador de redes la potencia consumida durante una semana por las dos deshumectadoras encargadas de la zona de las piscinas. Los resultados se muestran en la Figura 19.



**Figura 18. Potencia de la deshumectadora 1**



**Figura 19. Potencia de la deshumectadora 2, midiendo sólo una fase**

En las figuras se puede observar los consumos en los días laborales, así como la ausencia de consumo en festivos, domingo en este caso. La particularidad de la Figura 19 es que las medidas han sido realizadas sólo en una fase y, por tanto, para el cálculo de la potencia instantánea de la deshumectadora se ha de utilizar la ecuación (10).

$$P_{TOTAL,i} = 3 \cdot P_{FASE,i} \quad (10)$$

Siendo  $P_{TOTAL,i}$  la potencia total consumida por el equipo en el instante  $i$  y  $P_{FASE,i}$  la potencia de una fase, en este caso la potencia medida en el instante  $i$ . Cabe destacar que debido a un fallo en el sistema de recopilación de datos no se pudo tomar medidas durante el martes y el miércoles.

Para ambas deshumectadoras, será necesario calcular la potencia media durante un día tipo, siendo en este caso los días escogidos el miércoles para la primera deshumectadora y el lunes para la segunda. Para estos habrá que realizar el promedio entre las medidas tomadas mientras las máquinas están en funcionamiento ese mismo día, pues hacer la media entre todo el día daría un valor inferior y alejado del funcionamiento nominal de la máquina, por las horas del día en las que se encuentra apagada (potencia 0 kW).

Por último, según 2.3.2, la deshumectadora pequeña, correspondiente a la zona del spa, se estima que trabaja siempre a potencia nominal, siendo en este caso a 7,5 kW.



Con estos datos y el tiempo de uso anual de cada equipo, se puede obtener la energía consumida por estos. La estimación del tiempo de uso se ha consultado con diversos trabajadores del recinto, los cuales aportaron su propia estimación en función de los distintos horarios de funcionamiento que tienen durante el año. Se ha utiliza la ecuación (11).

$$E_{TOTAL,j} = P_{media,j} \cdot t_{funcionamiento,j} \quad (11)$$

Donde:

- $E_{TOTAL,j}$  es la energía eléctrica anual consumida por el equipo j
- $P_{media,j}$  es la potencia media consumida por el equipo j
- $t_{funcionamiento,j}$  es el tiempo de funcionamiento

Con esto, se obtienen los resultados de la Tabla 30.

**Tabla 30. Consumo eléctrico anual debido a los equipos de deshumectación**

Consumo eléctrico debido a las deshumectadoras						
Equipo	Marca	Modelo	Unidades	Potencia Media (kW)	Horas	Energía (kWh)
Deshumectadora 01	CIAT	BCP-355	1	19,39	2808	54.444,29
Deshumectadora 02	CIAT	BCP-355	1	22,79	2254,5	51.379,67
Deshumectadora pequeña	CIAT	BCP-90	1	7,50	5084	38.130,00
<b>TOTAL (kWh)</b>						<b>143.953,96</b>

Con lo que se obtiene un consumo de 143.250,94 kWh eléctricos debido a la deshumectación de los vasos.

### 3.3.4 Consumo eléctrico debido a la iluminación

A continuación, se realiza la estimación del consumo de la iluminación. Este consumo, por norma general no supone una porción elevada del consumo total y en este caso tampoco será excepción.

Para la estimación se dispone del listado de bombillas y lámparas correspondientes a cada zona en la que se divide el edificio. Se conoce tanto las unidades como las potencias unitarias de cada una de ellas. Con respecto a los tiempos, se ha realizado una estimación utilizando los horarios de apertura y cierre Tabla 8, así como las horas de luz de las que dispone el día. Así, se puede utilizar la ecuación (9) para obtener la energía anual consumida por estos elementos. Se muestra en la Tabla 31 los resultados obtenidos.

**Tabla 31. Consumo eléctrico anual debido a los equipos de climatización**

Consumo eléctrico debido a los equipos de iluminación						
Luminaria	Potencia (W)	Unidades	Potencia Total (W)	Horas semana	Horas año	Energía año (kWh)
Iluminación zona seca	33	32	1056	76	3648	3852,29
Iluminación zona de oficinas	33	34	1122	76	3648	4093,06
Iluminación vestidores piscina	33	32	1056	48	2280	2407,68
Iluminación recibidores	33	29	957	76	3648	3491,14
Iluminación zona cardio	33	30	990	76	3648	3611,52
Iluminación sala 4	33	16	528	76	3648	1926,14
Iluminación gimnasio	33	12	396	76	3648	1444,61
Iluminación piscina 1	400	32	12800	10	456	5836,80
Iluminación piscina 2	200	6	1200	10	456	547,20
Iluminación zona del balneario	33	10	330	71	3420	1128,60
Iluminación pádel	400	28	11200	11	504	5644,80
Iluminación planta baja	18	42	756	76	2736	2068,42
					<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>36.052,25</b>

Se tiene entonces un consumo eléctrico anual de 36.052,25 kWh

### 3.3.5 Consumo de equipos varios

Por último, se realiza la estimación de equipos varios. Como se ha mencionado anteriormente, estos equipos son los ordenadores, impresoras y ofimática en general, incluyendo también consumos residuales que pudiera haber.

Como no se tiene información de ningún tipo, ya sea del inventario de estos equipos ni de los consumos ni de los horarios, la estimación realizada será suponer un consumo eléctrico del 2% del total. La cifra obtenida tras el cálculo es 8.825,66 kWh.

### 3.4 Balance energético

En este apartado se hará un análisis que englobe los consumos energéticos producidos en el establecimiento de las piscinas cubiertas, de tal forma que se observe las proporciones de consumo de cada uno de los anteriores apartados.

Al fin, tras las estimaciones se ha obtenido la siguiente distribución de demanda energética anual:

- Demanda de energía térmica total: **925.562,27 kWh.**
- Demanda de energía eléctrica total: **450.108,75 kWh.**

Aquí se observa que la demanda térmica es prácticamente el doble a la de la eléctrica, por lo tanto, las medidas de ahorro energético, en adelante MAE, se deberán enfocarse en reducirla.

### 3.4.1 Balance de consumo térmico

Como se ha visto, la demanda térmica se reparte entre producción de agua climatizada para las piscinas y de agua caliente sanitaria. En la Tabla 32 se muestran a modo resumen los diversos consumos de energía térmica.

**Tabla 32. Tabla resumen de la demanda térmica estimada**

Demanda térmica anual estimada		Demanda térmica (kWh)
Consumo debido a la climatización del agua de los vasos	Pérdidas térmicas por renovación de agua	172.290,29
	Pérdidas térmicas por transmisión	100.923,25
	Pérdidas térmicas por evaporación	568.311,73
	Pérdidas térmicas por puesta a régimen	9.159,23
	Consumo por ACS	74.877,77
<b>TOTAL (kWh)</b>		<b>925.562,27</b>

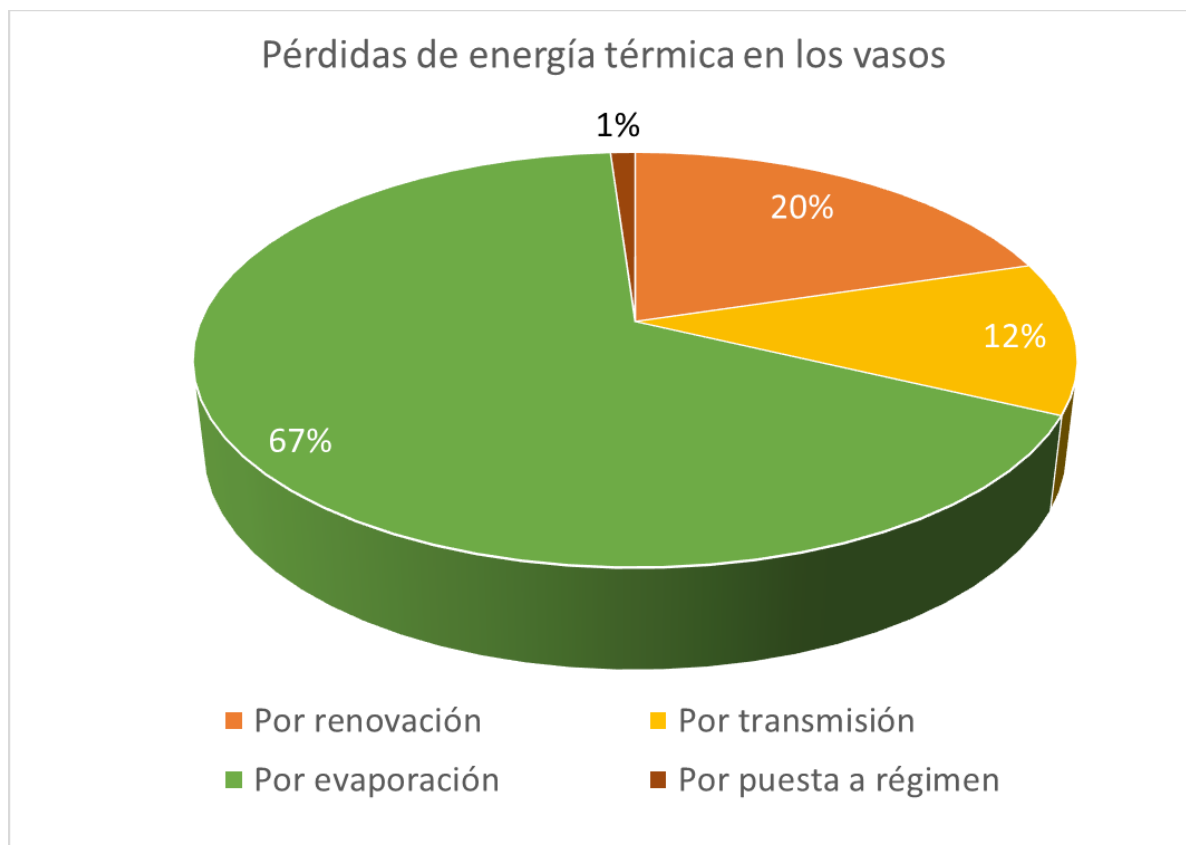
El mayor consumo observable es el más evidente, las pérdidas por evaporación del agua de los vasos. Es evidente debido a que es un consumo constante a lo largo del tiempo que, además, se incrementa cuando el recinto tiene actividad, ya sea por usuarios bañándose o por actividades alrededor de los vasos. Reducir este consumo es clave para el ahorro tanto energético como económico.

El segundo mayor consumo son las pérdidas debidas a la renovación del agua. Estas pérdidas suponen una gran ineficiencia del sistema de climatización del agua, ya que el calor perdido no se recupera en ningún tramo, ya que se vierte el agua y se agrega agua de red a temperatura bastante más baja que la necesaria en la piscina.

El tercero en la lista son las pérdidas térmicas por transmisión con los cerramientos de los vasos. Estas pérdidas difícilmente se pueden atajar sin incidir en el cambio de materiales constructivos o implementación de un mayor aislamiento. Estas medidas suelen tener grandes periodos de retorno y no se suelen plantear.

Tanto las pérdidas por puesta a régimen como el consumo de ACS son bastante inferiores respecto al resto de pérdidas. De estas 2, la que tiene potencial de mejora es la mejora del sistema de ACS.

En la Figura 20 se muestra la proporción de cada una de las pérdidas en los vasos respecto al total de pérdidas térmicas.



**Figura 20. Las pérdidas térmicas en los vasos desagregadas**

Es importante destacar que la demanda térmica anual de la Tabla 32 se suministra mediante calderas y solar térmica, incluyendo consumo de agua climatizada y de agua caliente sanitaria. La aportación de energía mediante solar térmica se ha mostrado en la sección 3.2.3, produciendo 48.977,50 kWh anuales, mientras que la aportación realizada con calderas será la diferencia entre la demanda térmica y la aportación de solar, anualmente. Se han considerado unas pérdidas del 5% en los conductos durante la distribución del fluido caloportador de la solar térmica. En la Tabla 33 se muestran las aportaciones de cada equipo.

**Tabla 33. Aportación térmica de cada fuente de producción energética**

Aportación de cada fuente térmica	
Demanda térmica anual (kWh)	925.562,27
Producción de energía solar térmica (kWh)	48.977,50
Aportación solar térmica (kWh)	46.528,63
Aportación mediante calderas (kWh)	879.033,64

Una vez realizada la estimación la energía térmica final aportada por las calderas, 879.033,64 kWh, ya se puede comparar con los datos reales que se tienen. Se dispone de las facturas de gas natural para todos los meses de 2022, en las cuales se incluye el consumo de gas natural a cada mes. Las calderas es la única fuente de estas instalaciones que hace uso de gas natural para obtener calor. Sin embargo, aún hace falta un último paso, pues las estimaciones que se han realizado corresponden a

la demanda térmica de las instalaciones, no al consumo de gas natural. Para convertir estos valores a gas natural consumido se debe tener en cuenta la eficiencia de la caldera de la Tabla 10 y las mencionadas pérdidas del 5% en las conducciones del gas natural. De esta manera, se divide demanda térmica por la eficiencia para obtener cuánto combustible se ha consumido, lo cual se muestra en la Tabla 34.

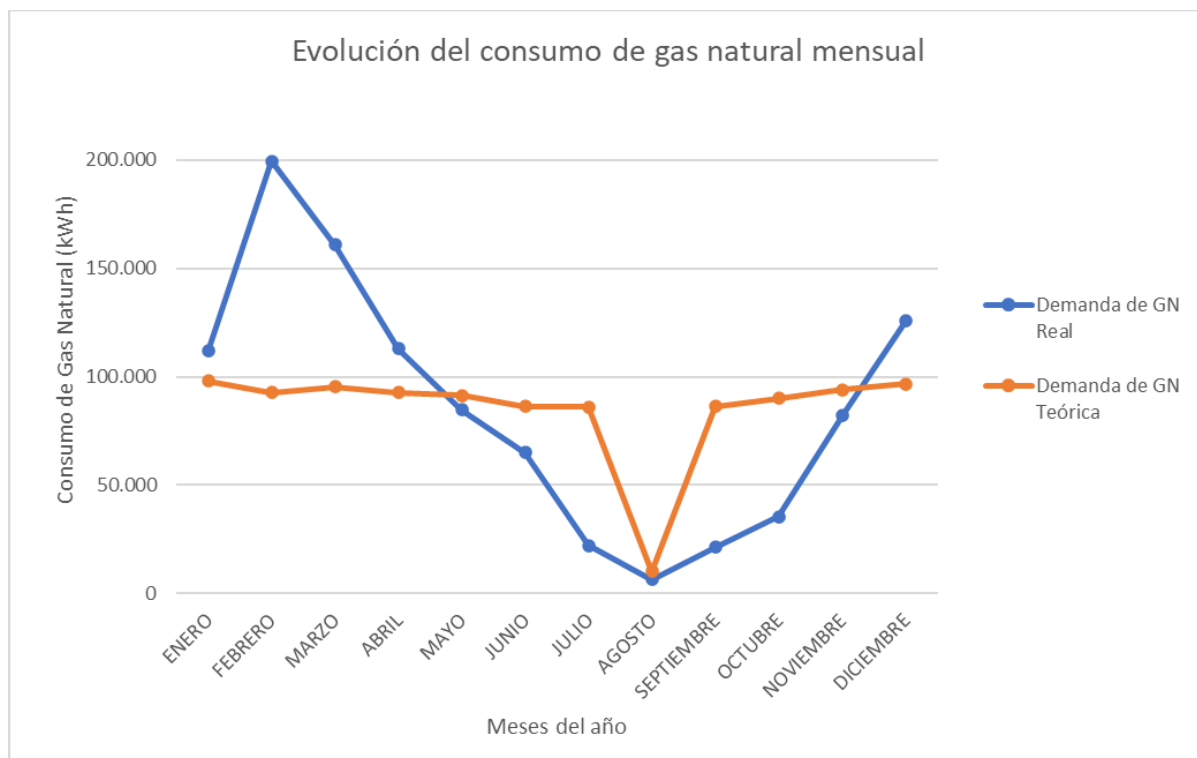
**Tabla 34. Comparativo entre el consumo estimado y el real**

<b>Comparativo de consumos de gas natural</b>	
<b>Aportación mediante calderas (kWh)</b>	879.033,64
<b>Consumo teórico de gas natural (kWh)</b>	1.058.713,33
<b>Consumo real de gas natural (kWh)</b>	1.120.857,00

La estimación de consumo teórico supone un 94,4 % del consumo real de gas natural. Esto significa que la estimación se ajusta con precisión a la realidad. La pequeña desviación existente se puede deber a las siguientes hipótesis:

- La estimación de agua evaporada considera unas condiciones ambientales estables, es decir, una temperatura y humedad relativas del recinto constantes a lo largo del año. Adicionalmente, es posible que el número de bañistas estimado sea insuficiente.
- El volumen de agua renovada es demasiado bajo. Es posible que se renueve más agua debido a que se renueva entorno a un 2,5% y cuando se diseñaron las instalaciones la norma sugería un 5% de renovación de agua.
- No se han tenido en cuenta las pérdidas térmicas con la envolvente del recinto, por falta de datos.
- Se han supuesto despreciables las pérdidas por radiación y por convección.

En la Figura 21 se muestra una comparativa del consumo mensual de gas natural, según la estimación y según los consumos de las facturas. En ella se ve un consumo más constante a lo largo de los meses del año en el estimado. Esto es debido a que no se han tenido en cuenta las pérdidas a través de la envolvente, lo que se traduce en mayores pérdidas térmicas en invierno y menores pérdidas térmicas en verano, lo que está estrechamente ligado al consumo de gas natural para la climatización de los vasos. Se muestra también cómo en agosto el consumo se reduce a prácticamente 0 por cierre de las instalaciones.



**Figura 21. Consumos de gas natural estimado y real mensuales**

Por lo que respecta a la evolución real de la demanda, se observa cómo el consumo de gas natural crece en los meses más fríos, principalmente debido a la climatización del agua de las piscinas y no por el consumo de ACS, que se considera aproximadamente constante a lo largo del año debido a la afluencia de abonados. En los meses calientes se reduce considerablemente la demanda.

### 3.4.2 Balance de consumo eléctrico

El consumo eléctrico está más repartido entre equipos que el consumo térmico, siendo los principales consumos los de las luminarias, los equipos de climatización, los equipos de bombeo, deshumectación y los consumos varios, entre los que se incluye ofimática y consumos residuales. En la Tabla 35 se muestra el reparto.

**Tabla 35. Reparto del consumo eléctrico anual**

Consumo eléctrico anual estimado	
Consumo luminarias (kWh)	36.052,25
Consumo equipos climatización (kWh)	136.801,20
Consumo equipos bombeo (kWh)	124.475,69
Consumo equipos deshumectación (kWh)	143.953,96
Consumos varios (kWh)	8.825,66
<b>TOTAL (kWh)</b>	<b>450.108,75</b>

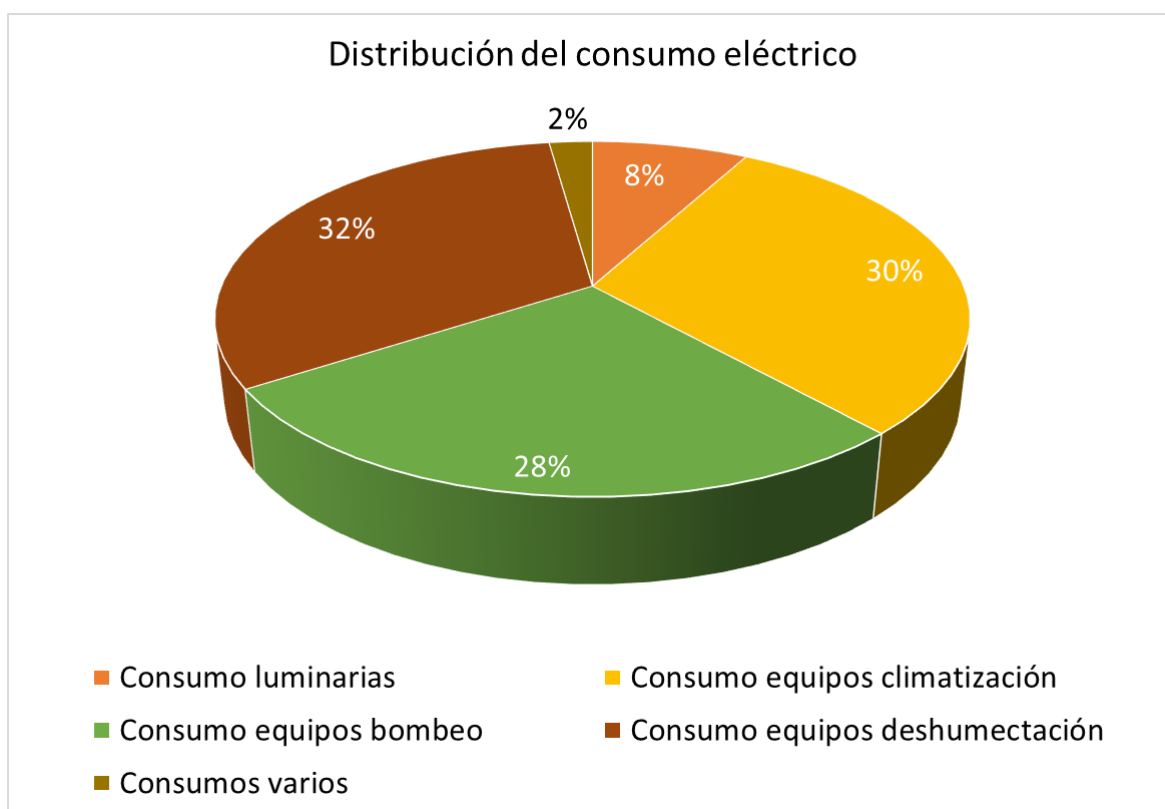
Empezando por el mayor consumo, se tiene los equipos de deshumectación. Este tiene un valor razonable teniendo en cuenta la problemática que tienen los vasos de la piscina con la evaporación masiva de agua. En este sentido, hace falta deshumectar de manera constante el recinto y sobre todo la sala de spa, como se puede observar en la Tabla 30.

El segundo mayor consumo es el consumo eléctrico por climatización. Estos equipos trabajan en gran medida en los meses de mayor frío o calor y son los encargados del bienestar térmico de las personas del interior del edificio. En concreto, las climatizadoras encargadas de las salas de cardio y del gimnasio son de las que más trabajan debido a que la actividad física de las personas en una sala provoca que aumente la temperatura.

Siguiendo con los consumos, se tiene los equipos de bombeo. Estos consumen mucho debido a que están todo el día en funcionamiento y las bombas están muy usadas y desgastadas. Es un potencial de ahorro energético claro.

Muy por debajo del resto de consumos se encuentran las luminarias y los consumos varios. Estos consumos, debido a su escasa potencia eléctrica demandan poca electricidad a pesar de estar constantemente en uso. En el caso de los equipos informáticos, sólo se hace uso de ellos durante las jornadas laborales y el uso no es lesivo, pues sólo se utiliza para labores administrativas.

En Figura 22 se muestra la proporción de cada uno de los consumidores de potencia eléctrica.



**Figura 22. Distribución del consumo eléctrico**

Con la estimación de consumo eléctrico realizada, se puede realizar ya la comparación con los datos de las facturas. A continuación, la Tabla 36 muestra los dos consumos.

**Tabla 36. Comparativa entre los consumos eléctricos anuales reales y teóricos**

Comparativo de consumos eléctricos	
Consumo eléctrico anual Teórico (kWh)	450.108,75
Consumo eléctrico anual Real (kWh)	453.754,00

De nuevo, se ha obtenido una estimación con mucha precisión, donde el consumo teórico es tan solo un 0,803% menor al real. Las pequeñas desviaciones se deben a varios factores:

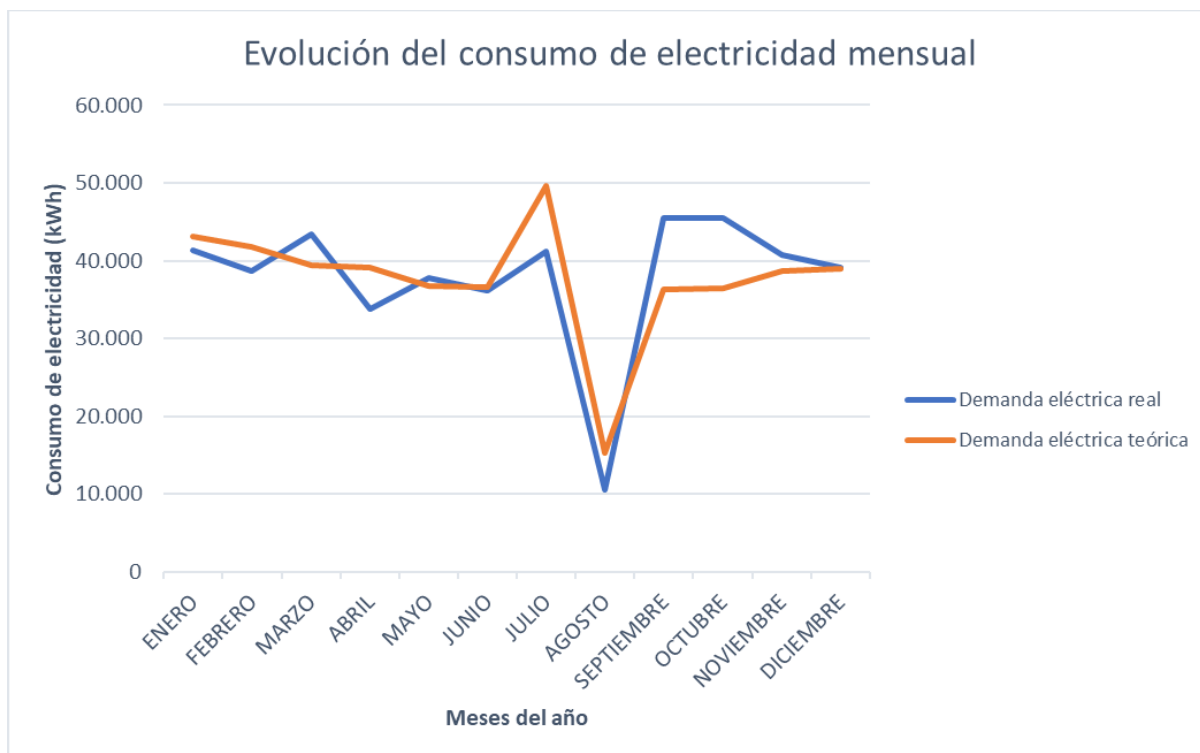
- Los cálculos han utilizado muchas menos suposiciones. A diferencia de los consumos térmicos, aquí solo se disponía de horarios de funcionamiento de los equipos y las potencias eléctricas de los mismos, sin hacer uso de ecuaciones teóricas ni de asunciones de datos de los que no se dispone.
- Se han tomado medidas de campo. Se han tomado mediante el analizador de redes los consumos eléctricos de las deshumectadoras y de la climatización siendo estos los principales consumos eléctricos, ha ayudado mucho a afinar la estimación de consumos.

Aun así, la estimación no es perfecta y esto es debido a los siguientes motivos:

- No se puede conocer con exactitud el tiempo de funcionamiento real de las máquinas, puesto que los horarios proveídos por los empleados no los siguen estrictamente, como ya se ha mencionado anteriormente.
- Se ha realizado los cálculos cogiendo una potencia media o directamente haciendo uso de la máxima potencia del equipo. Esto no es del todo preciso, ya que en los consumos no siempre se funciona a carga máxima y existen picos y valles en el consumo que puede hacer variar cuál es la potencia real.
- Los horarios de luminarias han sido casi en su totalidad estimados.

En la Figura 23 se muestra una comparativa del consumo eléctrico mensual según los datos de consumo de las facturas y las estimaciones realizadas.





**Figura 23. Consumos eléctricos estimados y reales mensuales**

En esta ocasión, todos los consumos son dependientes de las horas de utilización, a diferencia de las pérdidas por evaporación en el balance térmico, el cual aplanaba la curva. Esta vez, se puede observar un consumo más o menos constante a lo largo del año, cuya evolución de consumos es mucho más plana que Figura 21 y menos dependiente de las estaciones del año.

Aun así, se localiza un pico de demanda para el consumo real los meses de septiembre y octubre que es muy posible que tenga que ver con un mayor uso de las deshumectadoras. Se considera un dato anómalo, puesto las condiciones para deshumectación no son ni las mejores ni las peores del año, y el resto de los consumos se consideran aproximadamente constantes a lo largo del año. Como siempre, el valle de demanda se observa en el mes de cierre, agosto. También es observable cómo la estimación ha tenido su pico de consumo eléctrico en julio siendo también atribuible a la deshumectación, ya que es un dato basado en los horarios provistos por los empleados, los cuales habrán encendido menos de lo estipulado en dichos calendarios los equipos.

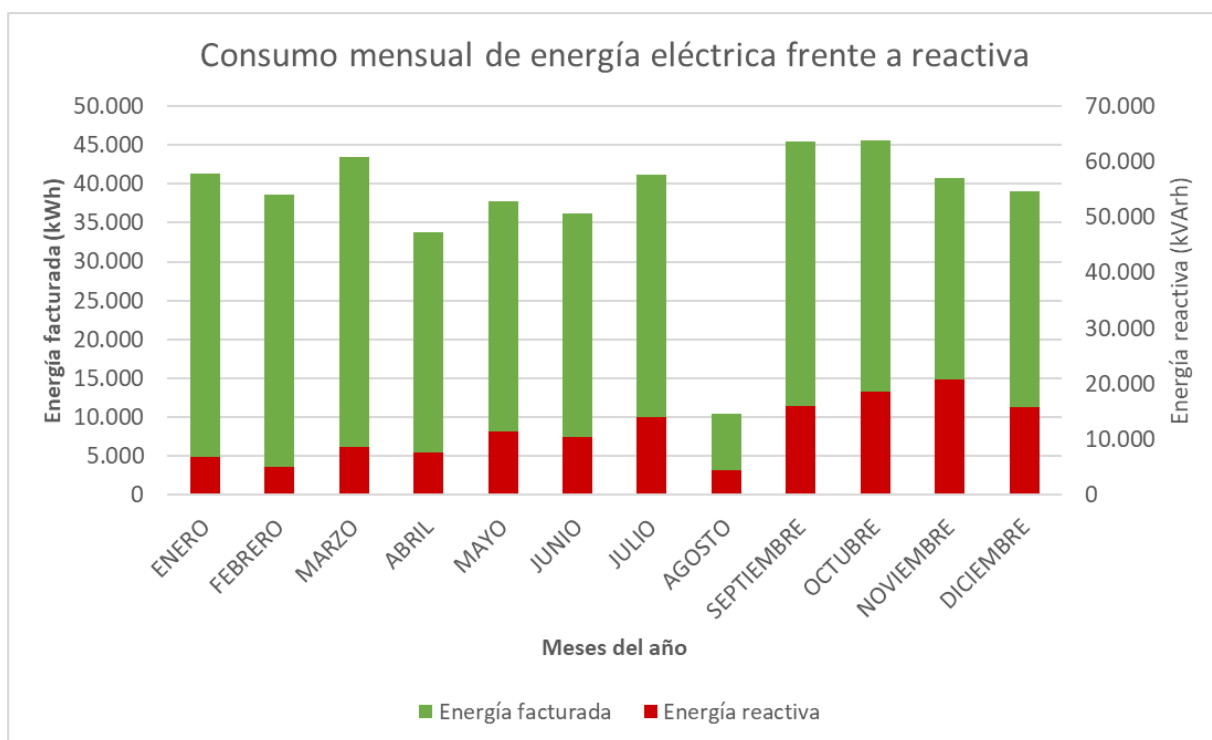
#### 3.4.2.1 Consumo de energía reactiva

Debido al uso intensivo de grupos de bombeo para suministrar con agua climatizada a la piscina, se está haciendo uso de motores eléctricos. Estos motores utilizan la mayor parte de la energía eléctrica recibida para realizar trabajo útil, sin embargo, una parte de esta energía se dedica a la generación de campos magnéticos. La energía dedicada a crear campos magnéticos supone una ineficiencia desde el punto de vista energético, ya que la energía que en principio se quería utilizar para producir trabajo no se dedica al completo a esta tarea. Esta energía es la energía reactiva.

Ahora bien, aun siendo una ineficiencia en términos energéticos no siempre lo es en términos económicos. Así, las comercializadoras sólo facturan el exceso de energía reactiva en función de los siguientes parámetros:

- Cuando el factor de potencia es inferior, en adelante, fdp a 0,95 inductivo para los periodos de potencia de P1 a P5.
- Cuando el fdp es inferior a 0,98 capacitivo en P6.

En el caso de la piscina cubierta, tan solo se paga debido al primer parámetro y en los meses de julio hasta diciembre, puesto que el factor de potencia resulta inferior a 0,95 en los periodos mencionados y absorbe energía reactiva de la red. La suma asciende a 504,96 € anuales.

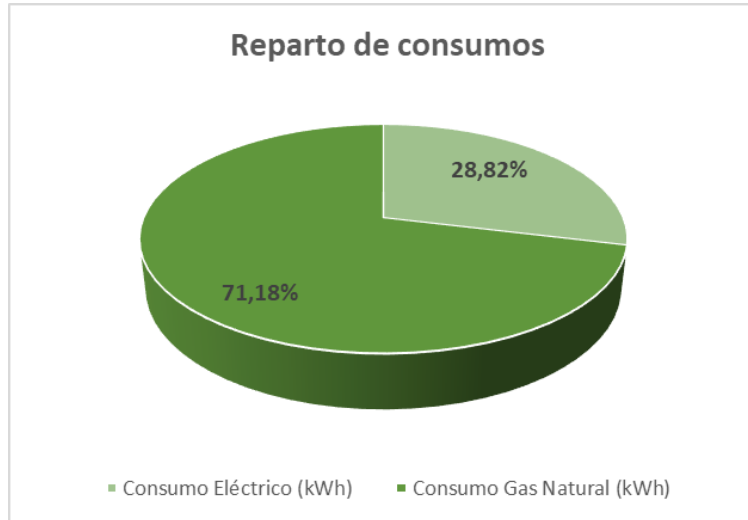


**Figura 24. Comparativo de consumo mensual de energía eléctrica frente a energía reactiva**

Este consumo es fácilmente salvable con una batería de condensadores que compense la reactiva inyectando energía reactiva a red y consiguiendo un mayor factor de potencia.

### Resumen del balance energético

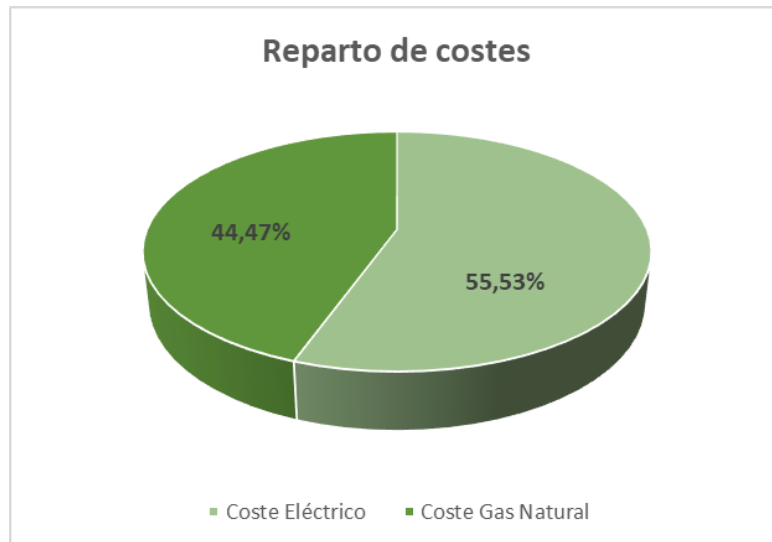
Aunando los dos tipos de consumos existentes en las instalaciones: gas y electricidad, se tiene el reparto observable en Figura 25.



**Figura 25. Reparto de los consumos de energía**

El consumo de gas natural en PCS es de 1.120.857,00 kWh, un 71,18% sobre el total de los consumos, mientras que el consumo eléctrico es de 453.754,00 kWh, con 28,82%. Claramente el consumo de gas natural es el dominante en las instalaciones, y las propuestas de mejora que supongan un ahorro energético deben ir enfocadas principalmente a este consumo.

No es lo mismo en el caso de los costes asociados a cada consumo.



**Figura 26. Reparto de los costes de energía**

En la Figura 26 se observa que los costes de los dos tipos de consumos están bastante equilibrados. Esto se debe a que el kWh de electricidad valía, en 2022, año de estudio, más del doble que el gas natural. Por lo tanto, si se busca principalmente el ahorro económico hay que mirar a ambos tipos de consumo de la misma manera.

## **CAPÍTULO 4 PROPUESTAS DE MEJORA**

### **4.1 Medidas de ahorro energético**

Las medidas de ahorro energético, MAEs en adelante, son acciones concretas para aumentar la eficiencia en el uso de recursos energéticos en unas determinadas instalaciones.

A la hora de plantear estas MAEs, es necesario localizar puntos débiles o de mejora. En el caso de las instalaciones de la Piscina Cubierta de Carcaixent se han identificado las siguientes debilidades, de las cuales surgirán las medidas de ahorro energético que se abordarán en apartados posteriores:

- La evaporación en grandes cantidades del agua de los vasos, perdiéndose en el proceso parte del calor dedicado a climatizar el agua, supone la mayor pérdida energética de las instalaciones. Esto no sólo supone una ineficiencia energética, sino que repercute negativamente en los costes anuales. La medida propuesta para solventar esta situación es la implementación de mantas térmicas que eviten la evaporación del agua cuando el establecimiento se encuentra cerrado.
- Se pierde un 20% de la energía térmica al verter el agua de renovación sin ningún sistema de recuperación energética. La medida que se propone aquí es la incorporación de un intercambiador de calor para llevar parte de la energía saliente al caudal de agua de red de entrada a la piscina.
- Hay superficie suficiente en las cubiertas para captar energía solar, ya sea para autoconsumo eléctrico como para captar energía térmica. Se propone tanto una instalación fotovoltaica como una ampliación de la de solar térmica existente.
- Equipos como las bombas, o las calderas están anticuados. Estos tipos de equipos pierden eficiencia con el paso del tiempo, ya sea por el desgaste o corrosión de las piezas, la acumulación de sedimentos, etc. Al perder eficiencia se requiere una mayor energía para obtener los mismos resultados, por lo que existen posibilidades con tecnología actual que supondrían un ahorro energético. Se propone la sustitución de las bombas actuales y la sustitución de las calderas por equipos de aerotermia, eliminando la necesidad de gas natural.

También se han considerado los siguientes puntos débiles asociados a mejoras, los cuales no se utilizarán para desarrollar MAEs en los siguientes apartados.

- Se podrían sustituir las luminarias para conseguir que sean todas LED. Las bombillas LED consumen un 80% menos que las bombillas incandescentes o 50% respecto a las de bajo consumo. Sin embargo, no se dispone del inventario específico de las bombillas, siendo muy posible que se esté usando bombillas de bajo consumo. Además, el consumo

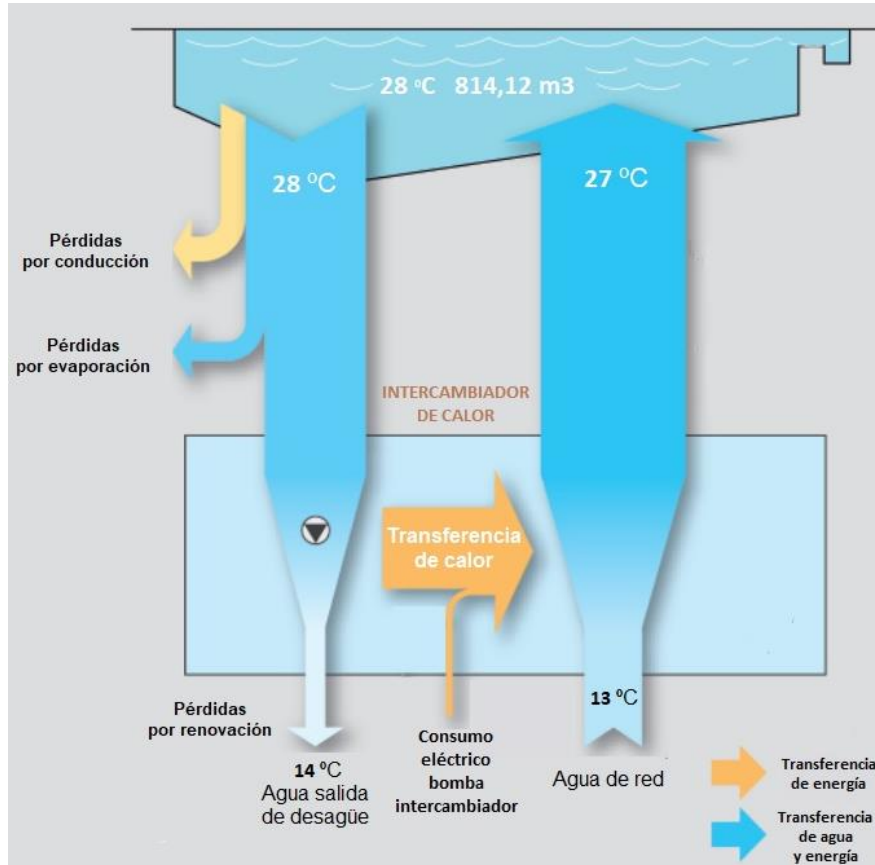
eléctrico asociado a las luminarias es de 8%, se considera bajo relativo a los demás consumos y con poco potencial de ahorro energético/económico.

- Sustitución de las calderas por calderas de condensación. Las calderas de condensación aprovechan, a diferencia de las calderas convencionales, el calor contenido en el vapor de los humos de combustión. Esto consigue que el gasto de gas natural se reduzca. Aun así se ha descartado ya que se ha considerado que la aerotermia supone un mayor ahorro energético y de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Mejora de la envolvente de los cerramientos. Se considera una medida que requiere mucha inversión financiera y con poca viabilidad económica.
- La climatización de todo el recinto cuenta con dos sistemas independientes, uno para calentar y otro para enfriar. Buscar la sinergia entre ambos sistemas tiene un potencial considerable de eficiencia energética.
- La optimización de la potencia contratada en la factura eléctrica. Esta medida no contribuye al ahorro energético, pero podría suponer un ahorro económico. Se ha descartado debido a que no se disponía del registro cuarto-horario de energía para poder calcular los excesos de potencia, necesarios ya que la instalación es de tipo 3 según (BOE, 2007).

#### **4.1.1 Intercambiadores de calor en el agua de renovación**

Es evidente que una de las mayores ineficiencias de las instalaciones de climatización son las pérdidas energéticas durante la renovación de agua. Esta energía no es recuperada y se vierte directamente al desagüe, mientras se inyecta agua de red a una temperatura bastante inferior, la cual necesita ser calentada. Se propone la implementación de un intercambiador de calor de placas para recuperar la mayor parte de la energía que se desperdicia. De esta energía desperdiciada, el 83% parte del vaso grande, 11% del pequeño y 7% del spa. Se calculará el ahorro para todos los casos.

Según los datos proveídos por el equipo de mantenimiento de las piscinas, se renuevan 26,45 m<sup>3</sup> al día en el caso del vaso grande, 3,17 m<sup>3</sup> para el vaso pequeño y 1,6 m<sup>3</sup> para el jacuzzi. Estas renovaciones se producen en un periodo de tiempo de aproximadamente 50 minutos hacia el final de la jornada laboral. Esto supone un caudal por hora de agua de renovación bastante elevado, lo que conlleva al uso de bombas sobredimensionadas para poder suministrar el agua. Con tal de dimensionar un intercambiador que no requiera una alta potencia por consecuencia de los altos caudales se va a reconfigurar la instalación para que la renovación sea constante durante un periodo de 10 horas al día en el caso de las piscinas y de 5,33 horas al día en el caso del spa ya que, adelantando la información, debido a sus condiciones de temperatura y caudal no se han encontrado intercambiadores. Así se consigue reducir la potencia tanto de las bombas como del intercambiador de calor. Los caudales resultantes serán para el vaso grande 1,71 m<sup>3</sup>/h, 0,2 m<sup>3</sup>/h para el vaso pequeño y 0,3 m<sup>3</sup>/h para el jacuzzi del spa.



**Figura 27. Esquema del intercambio de calor en la renovación para el vaso grande**

Se ha decidido utilizar un intercambiador de placas, con una diferencia de temperatura de 1 grado entre los fluidos que intercambian energía, de tal manera que se deja un margen de seguridad en el intercambio de temperaturas y se maximiza la recuperación de energía del caudal de agua que va hacia el desagüe.

Se ha escogido una presión de 10 metros de columna de agua en las tuberías, necesaria para poder suministrar con agua la piscina. Así, se asegura el suministro presurizado para el intercambiador que se encuentra en el sótano, donde habría una diferencia de altura de aproximadamente 3 metros entre este y las piscinas. También habrá que implementar grupos de presión con tal de mantener la presión en las tuberías. Estas bombas supondrán un consumo eléctrico que se ha de tener en cuenta al calcular el ahorro energético y económico.

Para dimensionar el intercambiador tan solo falta conocer la potencia térmica necesaria. Esta potencia se ha dimensionado para que se recupere todo el calor posible de la corriente de agua hacia el desagüe. Para conocer la potencia necesaria para realizar el intercambio, se utilizará la ecuación (12).

$$\begin{aligned} \dot{Q} &= \dot{V}_{RENOVACION} \cdot \rho \cdot C_{agua} \cdot (T_{piscina} - T_{salida\_a\_red}) = \\ &= \dot{V}_{RENOVACION} \cdot \rho \cdot C_{agua} \cdot (T_{agua\_renovación} - T_{red}) \end{aligned} \quad (12)$$

Donde:

- $\dot{Q}$  es la potencia del intercambiador de calor
- $\dot{V}_{RENOVACION}$  es el caudal volumétrico de agua renovada
- $T_{piscina}$  es la temperatura del agua proveniente de la piscina que entra en el intercambiador
- $T_{salida\_a\_red}$  es la temperatura del agua proveniente de la piscina en la salida del intercambiador
- $T_{agua\_renovación}$  es la temperatura del agua que viene de red y sale del intercambiador recalentada para introducirse en la piscina
- $T_{red}$  es la temperatura de red, obtenida de la Tabla 15

La potencia necesaria es, por lo tanto, 34,15 kW para la renovación del vaso grande, 4,18 kW para el pequeño y 7,59 kW para el jacuzzi.

Introduciendo todos estos datos en el software de cálculo Indelcalc 3.3.3 de la marca Indelcasa, se han seleccionado los siguientes modelos de intercambiadores:

- SC-P-016H de 67 placas, 34 kW de potencia térmica y un área de intercambio de 9,17 m<sup>2</sup> para la renovación del agua del vaso grande
- SC-N-008H de 17 placas, 4 kW de potencia térmica y un área de intercambio de 1,13 m<sup>2</sup> para el vaso pequeño
- SC-P-016H de 17 placas, 8 kW de potencia térmica y un área de intercambio de 2,12 m<sup>2</sup> para el jacuzzi del spa

Las características técnicas de estos intercambiadores se encuentran en el apartado 0

De la misma manera, se utilizó el software de dimensionado rápido de la marca de bombas Wilo para seleccionar las bombas que requiere la instalación de los intercambiadores. La presión escogida es de 10 mca y los caudales de renovación están mencionados arriba. Buscando minimizar el consumo eléctrico, se han seleccionado los siguientes modelos:

- Stratos Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 trifásica, con una potencia nominal de 0,14 kW para el vaso grande
- Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 trifásica, con una potencia nominal de 0,23 kW para el vaso pequeño y el spa

Las fichas técnicas de estas bombas, junto a las curvas características se encuentran en el apartado 7.2.

Por último, se utiliza la ecuación (12) multiplicando por el tiempo de renovación anual de cada vaso, con lo que se obtienen los resultados de la Tabla 37, ahorrando 132.162,36 kWh térmicos en la piscina grande, 15.883,95 kWh en la pequeña y 10.969,33 kWh en el spa. Importante para el cálculo del ahorro económico es convertir esta demanda térmica a consumo de gas natural a través de la eficiencia de la caldera, 92% de media y asumir unas pérdidas del 5% en los conductos de gas natural.

**Tabla 37. Resultados del estudio de la MAE de recuperación del calor del agua de renovación**

Resultados estudio económico	
Ahorro energía térmica (kWh)	172.742,67
Ahorro de emisiones (kg CO <sub>2</sub> )	31.356,83
Ahorro económico anual (€)	9.785,99 €
Inversión (€)	23.724,00 €
Periodo de retorno (años)	2,42

#### 4.1.2 Mantas térmicas

Como se ha observado en el apartado 3.2.1.1, la mayor pérdida de energía térmica en los vasos se produce mediante evaporación del agua de estos. Estas pérdidas no son sólo energéticas, sino que lo son también de volumen de agua.

La medida propuesta para solventar este problema es la incorporación de mantas térmicas. Las mantas térmicas son lonas que cubren la superficie de los vasos y confinan el agua, evitando que el agua evaporada escape de las piscinas climatizadas, sirviendo también de aislante para evitar las pérdidas térmicas. Los fabricantes aseguran que la evaporación se reduce en torno a 90 – 98%.

Ahora bien, es evidente que esta lona tan sólo puede usarse durante el cierre de las instalaciones ya que impide el acceso al agua de las piscinas. Por lo tanto, los cálculos del consumo tras la medida de ahorro energética se han de realizar teniendo en cuenta que el recinto no tiene ni bañistas ni espectadores, es decir, se encuentra en reposo. Se utilizará de nuevo la ecuación (1) con los términos  $n$  y  $N$  nulos.

Es de destacar que ya existe una manta térmica para la piscina pequeña, o sea que la medida se centrará en el resto de los vasos.

El consumo de energía eléctrica no se ve modificado debido a que las deshumectadoras tan solo trabajan mientras el establecimiento está abierto, nunca durante el cierre. Las horas en las que la piscina está cerrada a la semana son 73, lo que asciende a 3.504 horas al año teniendo en cuenta que durante agosto los vasos están vacíos. Durante este periodo, el consumo es el que se muestra en la Tabla 12.

Para los cálculos se ha escogido una reducción del 90% de la evaporación, por ser la más restrictiva. En caso de que estuviese dentro del intervalo de 90-98% mencionado anteriormente, el ahorro sería mayor y, por tanto, tendría mejor período de retorno.

Para la selección de la manta térmica, se ha tenido en cuenta la forma, superficie. El grosor del cobertor es importante que sea el máximo posible para asegurar el mayor aislamiento, así como la existencia de ribetes o refuerzos a lo largo de todo el perímetro de la piscina para confinar el calor. Al haber en el caso del vaso grande 2 escaleras por lado largo de la piscina, se deberá tener en cuenta un cajeadado para que las escaleras no interfieran en la colocación de la manta. Por último, para habilitar la utilización de un enrollador automático, el cual se encontrará ubicado en uno de los lados cortos de la piscina, la manta térmica deberá tener ojales para permitir el enganche con la máquina.



De esta manera, las mantas escogidas son las siguientes:

- Manta térmica Geobubble Energy confeccionada a medida con forma rectangular 25x16m, grosor de 800 micras con refuerzos en todo el perímetro y cajeadado para las 4 escaleras de la piscina grande.
- Manta térmica Geobubble de confeccionada a medida con forma circular de 6,89m de diámetro, el grosor de 400 micras con refuerzos en todo el perímetro, para el jacuzzi del spa.

Del mismo modo, se ha seleccionado un enrollador motorizado para la piscina grande con tal de facilitar la colocación del cobertor de 400 m<sup>2</sup>. Este se colocará a lo largo del lado corto de la piscina opuesto a la piscina pequeña, para no que no moleste. Será de marca IASO confeccionado a medida para que cubra los 16 metros de lado.

Tras la mejora se obtendría un ahorro energético de 62.338,81 kWh de gas natural anual, un ahorro económico de 3.385,01 € y un periodo de retorno de 5,64 años.

**Tabla 38. Resultados del estudio de la MAE incorporación de mantas térmicas**

Resultados Estudio Económico	
Ahorro energía térmica (kWh)	62.338,81
Ahorro de emisiones (kg CO2)	11.345,66
Ahorro económico anual (€)	3.385,01
Inversión (€)	19.081,53
Periodo de retorno (años)	5,64

#### 4.1.3 Instalación fotovoltaica

La producción de energía eléctrica mediante fotovoltaica es una de las formas de producción de energía renovables que más importancia ha cobrado en la actualidad, pues permite grandes ahorros tanto energéticos como económicos. En el caso de estudio la medida resulta muy interesante pues, si bien el consumo eléctrico supone un 28,82 % del consumo energético total, supone el 55,53 % del coste total, 70.066,31 € al año.

Los paneles deben colocarse sobre una superficie preferiblemente elevada para evitar que otros objetos proyecten sombras sobre ellos, con tal de maximizar la producción. Esto reduce las opciones de ubicación de la instalación fotovoltaica en la Piscina Cubierta, siendo la mejor de ellas colocar los paneles sobre la cubierta del edificio principal. Como se ha mencionado en el apartado 2.2, la cubierta es a dos aguas, con muy poca pendiente y descansa sobre un pórtico y pilares de hormigón.

Previamente a diseñar la instalación fotovoltaica es importante conocer el término potencia pico. Esta potencia corresponde a la máxima potencia que puede ofrecer un módulo fotovoltaico bajo unas Condiciones Estándar de Medida (CEM), Standard Test Conditions o STC por sus siglas en inglés, que son 25 °C y una irradiancia solar de 1000 W/m<sup>2</sup>. Sus unidades son los kilovatios pico, kWp. Esta potencia no coincide con la potencia nominal de la instalación, la cual la marca el inversor. La determinación de la potencia pico sirve para conocer la energía que puede entregar una instalación

en condiciones óptimas, y suele ser mayor a la potencia nominal de la instalación, con tal de que los inversores puedan producir a la máxima capacidad. En este sentido, los inversores limitan la cantidad de energía producida en una instalación fotovoltaica. En (Ministerio de Fomento, 2019) se estipula que la potencia del inversor debe ser, como mínimo, el 80% de la potencia pico real del generador fotovoltaico, compuesto por los módulos.

Retomando el dimensionado de la instalación, es necesario conocer las restricciones tanto de espacio como de potencia. En la cubierta se dispone de una superficie 1.527,44 m<sup>2</sup> útiles, mientras que la potencia va estrictamente ligada con la curva de carga fotovoltaica. Como medida de diseño se ha decidido que la instalación pueda cubrir el 100% de la energía necesaria en las horas de más sol, entre las 12 y 14 horas, es decir, alcanzar el autoconsumo durante ese periodo de tiempo. Al ser las horas de más sol, son las que más se aproximan a las STC. Con los datos de la Tabla 39 se tiene que la potencia promedio consumida a lo largo del año es 63,95 kW. Aproximando, se tiene que la potencia pico de la instalación es 64 kWp. De esta manera, se podría cubrir la energía eléctrica requerida durante el periodo a lo largo del año a través de la producción fotovoltaica.

**Tabla 39. Mapa de calor con el promedio de potencia consumida en kW por hora y por mes**

HORA	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
0:00	30,258	26,929	24,419	24,567	25,032	23,033	19,065	11,968	20,900	20,903	22,000	24,367
1:00	30,226	26,679	24,581	25,600	25,839	23,633	19,677	12,161	21,767	21,032	21,867	24,267
2:00	28,290	27,893	23,733	24,167	24,194	21,900	18,742	11,968	20,000	19,594	20,533	23,200
3:00	28,806	28,821	23,903	23,967	24,000	21,933	18,871	12,097	20,133	19,484	20,100	23,033
4:00	29,355	28,893	23,774	24,100	24,226	21,767	18,613	12,355	19,700	19,548	20,400	23,000
5:00	38,645	46,321	48,484	40,500	26,419	23,900	22,097	14,290	20,933	20,194	20,400	31,467
6:00	61,806	72,000	77,710	63,933	64,032	44,733	53,871	18,742	64,067	64,355	65,633	69,333
7:00	77,516	86,607	91,226	74,700	71,903	48,033	66,032	16,903	76,467	79,484	79,433	85,200
8:00	81,839	86,321	93,032	72,167	62,613	49,567	70,097	16,355	76,567	84,452	80,233	87,533
9:00	81,032	86,179	92,935	69,467	64,548	64,367	80,355	16,581	80,800	87,323	83,500	81,367
10:00	77,968	82,893	91,548	57,567	58,129	69,100	76,194	17,677	83,900	85,097	80,867	74,667
11:00	75,226	77,750	81,548	53,133	60,129	72,533	81,677	17,129	87,367	85,742	79,600	68,133
12:00	69,710	71,857	76,806	52,100	65,581	74,200	82,613	18,613	88,767	88,613	76,033	62,667
13:00	56,677	57,679	60,097	47,367	65,548	71,600	79,161	16,161	88,300	86,774	70,700	59,067
14:00	52,129	53,036	54,129	45,800	61,710	68,200	74,774	13,032	84,500	86,968	68,633	52,667
15:00	52,806	52,393	50,452	46,100	65,774	74,167	76,516	13,000	92,100	91,935	70,567	56,567
16:00	61,194	75,321	79,097	64,633	70,129	71,367	75,548	13,000	88,233	89,968	73,767	69,167
17:00	66,935	72,250	78,226	67,400	76,097	70,500	75,516	12,742	88,400	89,613	83,567	81,800
18:00	76,097	79,143	79,452	55,033	64,613	67,200	79,129	12,806	91,900	84,452	84,367	78,267
19:00	74,935	76,286	74,710	54,300	66,065	69,767	80,581	12,645	96,233	81,645	75,667	67,933
20:00	66,484	63,179	56,484	49,033	56,871	61,400	69,065	12,677	88,133	73,226	69,633	59,067
21:00	53,710	48,750	45,290	40,000	43,935	42,400	49,194	12,387	66,833	44,871	45,800	46,567
22:00	31,548	27,179	25,419	26,633	26,806	25,700	21,452	12,032	26,167	23,548	24,467	27,967
23:00	30,645	25,929	24,097	25,167	25,774	23,900	20,000	11,839	21,800	19,548	22,633	25,300

Para convertir la energía producida por los paneles en energía eléctrica trifásica se requiere de un inversor. Siguiendo la regla del 80%, el inversor debe tener una potencia nominal de 51,2 kW de potencia nominal. Como no existe un inversor con estas características se han seleccionado 2 inversores de 30kW cada uno, alcanzando una potencia de 60 kW, que sigue dentro del rango. Esto no supone ningún problema para la instalación, tener más de 1 inversor es beneficioso para la seguridad del suministro y evitar penalizaciones de producción por posibles sombras. Los 2 inversores serán de marca SOLIS modelo 30k-5G, cuyas características se encuentran en 7.5.

La potencia pico del módulo escogido es de 550W, pues es una potencia que permite colocar un menor número de paneles y se encuentra entre las más comercializadas. Realizando los cálculos la propuesta realizada incluye la implementación de 117 paneles solares en la parte norte de la cubierta del edificio principal. El módulo escogido es el modelo JAM 72S30 550MR de la marca JA SOLAR, listado en 7.3. Adicionalmente se ha escogido un lastre de hormigón para suportación de los paneles SOLARBLOC, en 7.4.

Por norma general, en el hemisferio norte, los paneles deben colocarse orientados hacia el sur para maximizar la captación, sin embargo, la orientación del edificio y del espacio disponible fuerza a que la colocación de los paneles sea la misma que la del propio edificio, es decir, que la orientación sea de 15° sud-oeste. De este modo, se aprovecha mejor el espacio disponible pudiendo colocar un mayor número de paneles.

En la Figura 28 se muestra una representación de la instalación.

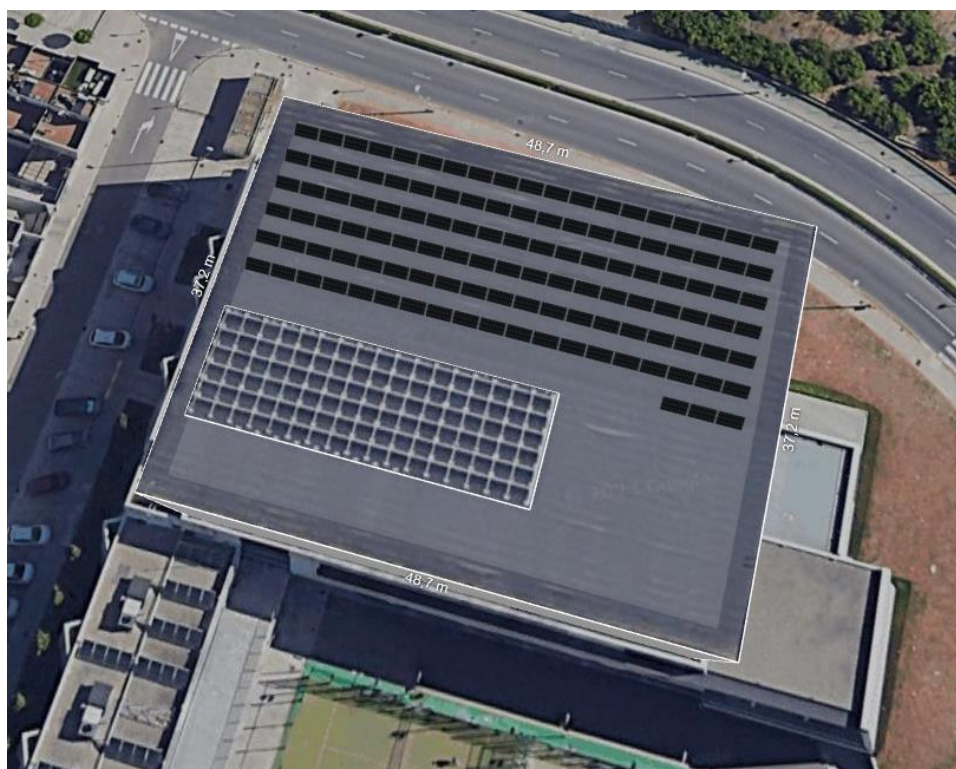


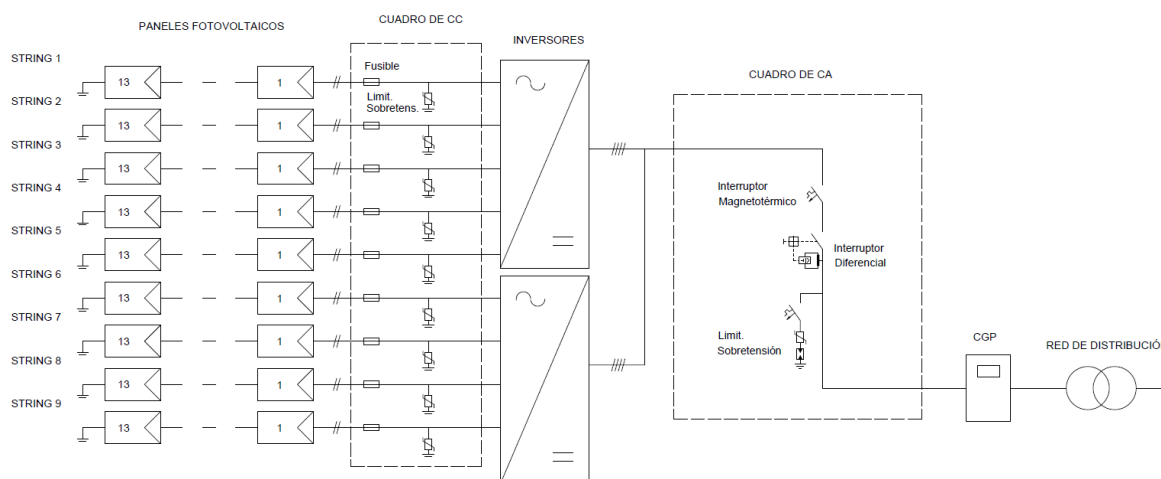
Figura 28. Representación visual de la instalación fotovoltaica, mediante SUNNYDESIGN

Para calcular la inclinación necesaria de los módulos se utiliza la ecuación (13) que recomienda en (IDAE, 2009) para el dimensionado de instalaciones.

$$\beta_{\text{óptimo}} = \phi - 10 \quad (13)$$

Donde  $\beta_{\text{óptimo}}$  es la inclinación óptima para un periodo de diseño anual y  $\phi$  es la latitud del lugar en grados. Como la latitud de Carcaixent es de  $39,07^\circ$  se ha escogido una inclinación aproximada de  $30^\circ$ . Esta inclinación maximiza la captación solar en la ubicación geográfica seleccionada.

El conexionado de los paneles se realiza mediante strings, que es un conjunto de paneles fotovoltaicos conectados en serie a través de cableado. Para contar con una configuración tensión e intensidad homogéneas, se cuenta con 9 strings de 13 módulos en serie cada uno. Con el objetivo de no sobrecargar los inversores, se ha de repartir el número de paneles conectados a cada inversor, de tal forma que la conexión escogida es de 5 strings a uno y 4 a otro.



**Figura 29. Diseño unifilar de la instalación fotovoltaica propuesta**

Para dimensionar el cableado de continua, como medidas de seguridad, según (BOE, 2002) se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

- La intensidad de cálculo no debe ser superior a la máxima admisible del cable
- La caída de tensión en el cable no debe ser mayor de 1,5%, al ser un caso de derivación individual en suministros donde no existe línea general de alimentación
- La temperatura de uso del cable no debe ser inferior a la del ambiente

La caída de tensión se calcula en función de si el cable es monofásico o trifásico, por lo que hay dos ecuaciones en ecuación (14).

Monofásica: 
$$\Delta V = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{V \cdot S}$$

$$\text{Trifásica:} \quad \Delta V = \frac{\rho \cdot L \cdot P}{V \cdot S} \quad (14)$$

Donde:

- $\rho$  es la resistividad del material del cable, en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . En este caso se ha escogido cobre
- $L$  es la longitud del cable, en m
- $P$  es la potencia que circula por el cable, en W
- $V$  la tensión en el cable, en voltios
- $S$  es la sección del cable en  $\text{mm}^2$

Para calcular la resistividad del cobre, se tiene la ecuación (15)

$$\rho_{CuT} = \rho_{Cu20} \cdot (1 + \alpha_{Cu} \cdot (T - 20)) \quad (15)$$

Donde:

- $\rho_{CuT}$  es la resistividad del cobre para un T dada, en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- $\rho_{Cu20}$  es la resistividad del cobre a 20 °C en  $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ . Su valor es  $1/58 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$
- $\alpha_{Cu}$  es el coeficiente de variación con la temperatura de la resistencia a 20 °C en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$
- $T$  es la temperatura del cable en °C

Aplicando la ecuación (14), el cable de continua seleccionado para la unión entre paneles es de 4  $\text{mm}^2$  de sección, mientras que el cable de alterna encargado de llevar la corriente desde el inversor al punto de conexión a la red es de 50  $\text{mm}^2$ . Adicionalmente, para proteger la línea se deberá escoger protecciones con una corriente nominal que se encuentre comprendida entre la de uso y la máxima admisible. En este caso, las protecciones serán de 20 A para el cuadro de continua y 110 A para el cuadro de alterna.

Finalmente, utilizando la herramienta online de SUNNYDESIGN, se sabe que la configuración elegida de 64 kWp es capaz de generar 97,748 MWh de electricidad al año. Esta energía supone el 21,45% de la energía eléctrica consumida anualmente, a lo cual se le conoce como cuota autárquica. Adicionalmente, de la energía producida 89,815 MWh se pueden destinar a autoconsumo, consiguiendo un 91,88% de autoconsumo anual.

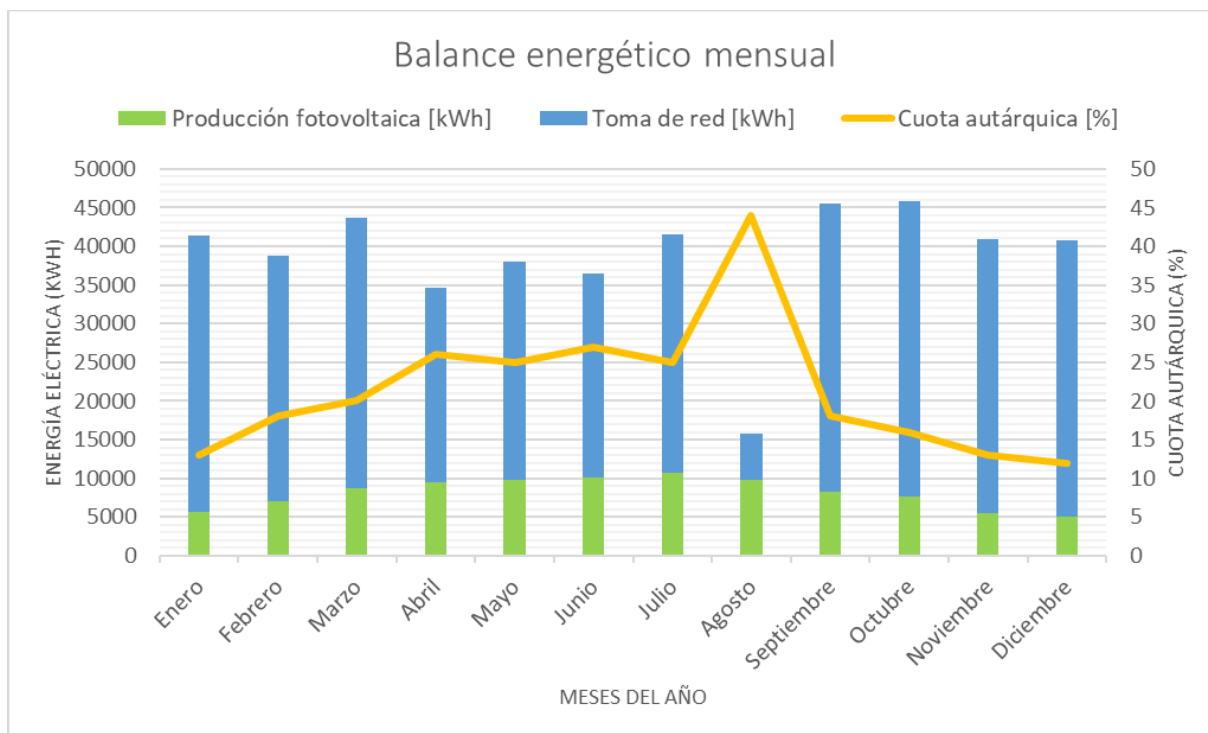


Figura 30. Balance energético mensual con producción fotovoltaica

Con todo esto, se produciría un ahorro económico de 14.474,56 € anuales, resultando en una tasa de retorno de 3,41 años.

Tabla 40. Resultados del estudio de la MAE instalación fotovoltaica

Resultados Estudio Económico	
Ahorro energía eléctrica (kWh)	97.748
Ahorro de emisiones (kg CO2)	25.316,73
Ahorro económico anual (€)	14.474,56
Inversión (€)	49.299,18
Periodo de retorno (años)	3,41

#### 4.1.4 Ampliación de la instalación solar térmica

La instalación solar térmica existente produce 48.977,50 kWh de energía térmica anual, lo que supone un 5,16 % de la demanda térmica de la Piscina Cubierta de Carcaixent. Según el (Ministerio de Fomento, 2019), la contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables debe ser de mínimo 60% en piscina cubiertas climatizadas con un consumo menor a 5.000 l/d de ACS. Esto significa que la instalación no cumple con la normativa. En este contexto se considera relevante conseguir que las instalaciones cumplan con el mínimo estipulado y, puesto a que la única fuente de energía renovable de las instalaciones es la solar térmica ya instalada, se propone ampliar el sistema lo suficiente como para conseguir alcanzar la cuota estipulada.



Debido a que el edificio principal cuenta con una cubierta con mucho espacio libre para añadir más captadores solares, que la instalación solar térmica se construyó hace más de 13 años y que la tecnología al respecto ha mejorado, el potencial de producción energética es elevado, la ampliación de las instalaciones es muy interesante.

Para el dimensionado de la ampliación de las instalaciones de energía solar térmica se ha usado el software de cálculo y diseño CHEQ4. En él se realizará una simulación que estará basada en dos suposiciones:

- La producción de energía solar ocurrirá en todos y cada uno de los meses del año, sin tener en cuenta posibles apagones o desconexiones que realice el personal
- Se asumen unas pérdidas por sombras del 1%
- El consumo real de ACS está estimado, y su justificación se encuentra en el apartado 3.2.2

La propuesta sugerida es la ampliación de la instalación de 41 colectores a 178. Se rellenarían los 7 huecos dejados por los colectores que no funcionan y se incorporarían dos nuevas filas de 44 colectores y una fila de 42 que se conectarían al sistema de tuberías con el interacumulador de ACS y al intercambiador con el agua climatizada de la piscina, totalizando en 137 nuevos colectores. Se ha decidido continuar con la inclinación de 45 ° de la instalación existente ya que favorece más la captación de energía solar térmica, del mismo modo la orientación será de 15°, dirección sud-oeste.

Para el dimensionado del captador, se ha seleccionado uno similar a los ya existentes en cuanto a dimensiones. Así, los colectores solares escogidos son de marca SONNENKRAFT modelo SK500N con una superficie de absorción de 2,2 m<sup>2</sup> y factor de absorción de 0,95. La ficha técnica de este equipo se encuentra en 7.6.

Junto al resto de captadores, la superficie útil total es de 393,56 m<sup>2</sup>. Todos los captadores nuevos tienen una estructura de soporte similar a la existente, formada por carriles de metal. No se considera necesario modificar el volumen de acumulación de ACS, ya que la demanda sigue siendo la misma.



**Figura 31. Representación visual de la ampliación de la instalación solar térmica**

Siguiendo la dinámica de esta propuesta, no se modificará tampoco el fluido caloportador, el cual seguirá siendo una mezcla de agua más propilenglicol en un 30%, el cual tiene una temperatura de congelación de -13 °C, suficiente para las temperaturas invernales de Carcaixent. Asimismo, se ha tenido en consideración que el conexionado entre captadores se realizará en series de 4.

Introduciendo estos datos en la herramienta Cheq4 se obtiene una producción solar de 360.465 kWh de energía térmica. Es decir, se produce un ahorro energético anual de 295.660,50 kWh adicionales, cuatriplicando la producción solar.

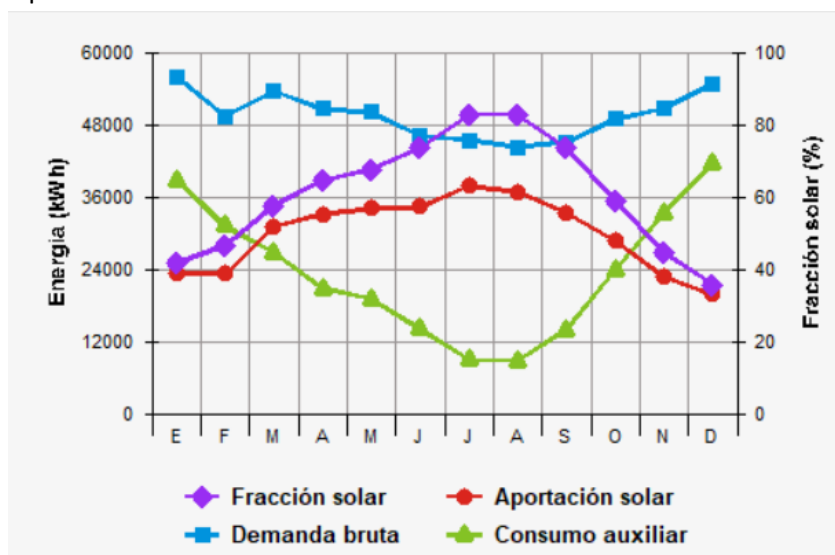


Figura 32. Energía aportada y fracción solar según CHEQ4

En la Figura 32 se muestran los resultados, donde se alcanza una fracción solar del 60% de media anual para la instalación completa y del 100% para el ACS.

Así pues, con el ahorro mencionado, se consigue ahorrar 17.295,55 € al año. Esto se traduce en un período de retorno de 3,5 años.

Tabla 41. Resultados del estudio de la MAE ampliación solar térmica

Resultados Estudio Económico	
Producción solar adicional (kWh)	295.660,50
Ahorro energía térmica (kWh)	321.370,11
Ahorro de emisiones (kg CO2)	58.489,36
Ahorro económico anual (€)	17.295,55
Inversión (€)	60.560,40
Periodo de retorno (años)	3,50

Con el propósito de hacer la medida más asequible económicamente, se podría plantear un escenario con menor número de captadores solares a añadir. Sin embargo, esta medida no se ha desarrollado y queda como un punto potencial de modificación.



#### 4.1.5 Sustitución de calderas por aerotermia

El recinto de la Piscina Cubierta de Carcaixent dispone de dos calderas convencionales de 300 kW de potencia calorífica cada una, sirviendo para producir ACS como para climatizar el agua de la piscina. Al año se producen aproximadamente 879.033 kWh de energía térmica a través de ellas, lo que supone un coste de 51.408 €. Por lo general se produce un gran salto térmico, de aproximadamente 60 grados, en estas calderas al calentar agua desde la temperatura de red hasta los 80 °C.

Se propone la sustitución de una única caldera por un equipo de aerotermia, de forma que sirva de apoyo a la otra caldera. Esto es debido a que por lo general la aerotermia alcanza a producir agua caliente hasta los 60 °C, cosa que es insuficiente para lidiar con los 70 °C necesarios para asegurar que no prolifera Legionella, tal y como exige (BOE, 2022). Así, la aerotermia sería capaz de precalentar la mayor parte del ACS y el agua climatizada para las piscinas, aportando un gran salto térmico de 40-50 grados para que después la caldera trabaje en elevar entre 10 y 20 grados más el agua.

La aerotermia es, al fin y al cabo, una bomba de calor que utiliza un sistema que recibe del aire exterior energía térmica y la transmite al agua mediante el circuito contenedor de refrigerante. En concreto, utiliza la unidad exterior como evaporador para extraer calor del aire exterior y evaporar el refrigerante, que se trasiega por un compresor que utiliza energía eléctrica para aumentar la presión y temperatura del fluido. Este refrigerante a alta temperatura se hace pasar por un condensador que cede el calor del fluido al agua que se quiere calentar. Por último, se expande el refrigerante para reducir su presión y temperatura, cerrando el ciclo al volver al evaporador. Debido a que sólo requiere de introducir energía eléctrica en la etapa de compresión, los equipos de aerotermia son extremadamente eficientes comparados con las calderas convencionales. El indicador que compara ambos equipos es el coeficiente de rendimiento, COP en adelante.

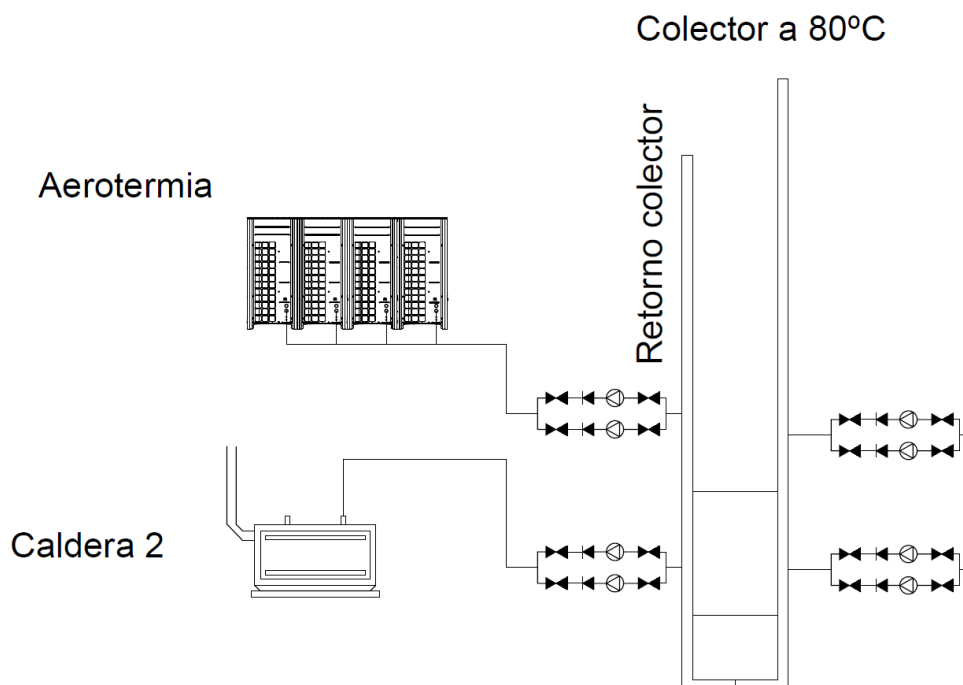
El COP se define como la razón entre la potencia de calefacción que puede entregar un equipo y la potencia eléctrica necesaria para producir esta calefacción. El COP varía con las temperaturas tanto interiores como exteriores al equipo, y tiene un promedio de 4,33 en la región climática B3, correspondiente a la población de Carcaixent (Lumelco, 2015). Esto quiere decir que produce 4,33 veces más calor que energía eléctrica recibe. Sin embargo, el COP es un parámetro que no se ajusta completamente a la realidad, pues en la realidad una vez se alcanza la temperatura deseada, los compresores de las máquinas trabajan a menor velocidad para mantenerla, consumiendo menos energía. Así un mejor parámetro para valorar los equipos de aerotermia es el coeficiente de rendimiento estacional, SCOP en adelante, que tiene en cuenta las cargas parciales de estos equipos.

Para dimensionar la bomba de calor, se ha tenido en cuenta las siguientes imposiciones:

- El equipo debe alcanzar los 300 kW de potencia térmica que desaparecen al quitar una de las calderas
- Los equipos de aerotermia de potencias elevadas tienden a tener grandes dimensiones
- Cuanto mejor sea el COP, mayor será el ahorro producido

Así, el equipo seleccionado es una bomba de calor de marca LG MULTI V i, modelo ARUM960LTE6, con 302,4 kW de producción de calor. Este modelo está compuesto de 4 equipos de menor capacidad ARUM240LTE6 con 75,6 kW cada uno y unas dimensiones de 1,64x1,745x760 m.

Colocándolos en serie se tiene una longitud combinada de 6,56 m, es decir, ocupa demasiado espacio para la sala de calderas. Es por esto por lo que se ha decidido realizar la instalación de los equipos de aerotermia en cubierta.



**Figura 33. Esquema de la instalación con aerotermia**

El equipo en su conjunto consigue tener un COP de 3,61, el cual es inferior al promedio. Sin embargo, el SCOP del equipo es de 4,31, lo que permitiría consumir cuatro veces menos energía para obtener los mismos resultados que con 2 calderas. En 7.7 se tiene la ficha técnica de los equipos con todas las características.

Con todo esto, la mejora propuesta alcanzaría un ahorro energético de 506.767,52kWh de gas natural anual, un ahorro económico de 12.051,84 € que tiene en cuenta el coste de la electricidad futuro y un periodo de retorno de 8,1 años.

**Tabla 42. Resultados del estudio de la MAE sustitución de caldera por aerotermia**

Resultados Estudio Económico	
Ahorro energía térmica (kWh)	443.032,96
Ahorro de emisiones (kg CO2)	92.231,69
Ahorro económico anual (€)	12.051,84
Inversión (€)	97.627,78
Periodo de retorno (años)	8,10

Con el propósito de hacer más asequible económicamente esta propuesta, se podría plantear un escenario donde la aerotermia suponga más un apoyo añadido a las dos calderas ya existentes, que

un reemplazo. También, teniendo en cuenta la contribución mínima de energía procedente de fuentes renovables exigida por la normativa, y siendo la aerotermia considerada una fuente renovable de producción energética, se podría combinar junto a la medida de energía solar 4.1.4 para que conjuntamente se logre cumplir la cuota sin tener dos instalaciones sobredimensionadas.

#### 4.1.6 Modificación de la temperatura de consigna

La normativa (BOE, 2007) exige que la temperatura de los vasos esté comprendida entre 24 y 30 °C, exceptuando usos terapéuticos (spa). Las temperaturas de los vasos son las mencionadas en la Tabla 9: 28 para el vaso grande, 29 para el pequeño y 32,8 °C para el jacuzzi. Es decir, las temperaturas se podrían reducir para disminuir las pérdidas de energía térmica. Además, por la misma normativa se exige que el ambiente se encuentre a 2 °C por encima de la del agua, por lo que variar la temperatura de consigna fuerza a modificar también la temperatura del ambiente, reduciendo el consumo de deshumectación.

La medida propuesta es reducir e igualar la temperatura de la piscina grande y la pequeña a 27 °C, mientras que se reduce la del spa a 32 °C. En todo caso, se recalcularán las pérdidas con las nuevas temperaturas, y fijando la temperatura del ambiente del recinto en 29 °C, es decir, 2 grados por encima de la temperatura de los vasos y la del spa a 32,2 °C.

Los ahorros producidos se muestran en la Tabla 43, obteniendo una reducción en el consumo de 75.077,58 kWh al año, lo que supone un 7,37% menos con respecto al anterior consumo.

**Tabla 43. Comparativo de consumos previos y posteriores a la MAE**

Comparativo entre consumo actual y posterior a la mejora				
	Actual (kWh)	Futuro (kWh)	Ahorro (%)	Ahorro (kWh)
Consumo por pérdidas en la renovación	172.290,29	159.089,63	7,66%	13.200,66
Consumo por pérdidas de transmisión	101.842,55	90.347,70	11,29%	11.494,85
Consumo por puesta a régimen	9.159,23	7.953,23	13,17%	1.206,01
Consumo por evaporación	568.311,73	509.733,08	10,31%	58.578,65
Consumo eléctrico por deshumectación	149.288,92	125.889,15	15,67%	23.399,77
		<b>TOTAL</b>	<b>10,78%</b>	<b>107.879,94</b>

Diferenciando entre el consumo eléctrico debido a la deshumectación y el consumo de energía térmica de gas, se calcula el ahorro económico anual. Como esta MAE no requiere de inversión económica, el retorno es inmediato y los efectos del ahorro tanto energético como económico se perciben desde el primer mes de implementación.

**Tabla 44. Resultados del estudio de la MAE modificación de la Tª de consigna para 27 °C**

Resultados Estudio Económico	
Ahorro energía térmica (kWh)	84.480,17
Ahorro energía eléctrica (kWh)	23.399,77

<b>Ahorro de emisiones (kg CO2)</b>	23.647,83
<b>Ahorro económico anual (€)</b>	8.665,68
<b>Inversión (€)</b>	0,00
<b>Periodo de retorno (años)</b>	0,00

Se podría reducir la temperatura de los vasos aún más, pero para ello sería recomendable realizar una encuesta sobre bienestar térmico a los abonados, ya que las condiciones de confort se verían alteradas. En la siguiente tabla, Tabla 45, se muestra el resultado de las distintas iteraciones y ahorros conseguidos, llegando hasta el límite marcado por la norma y sin modificar la consigna del jacuzzi. Esta decisión se ha tomado porque su consumo es poco y se desconoce la normativa que acota su temperatura.

**Tabla 45. Resultados del estudio de la MAE modificación de la Tª de consigna para varias Tª**

<b>Comparativa de ahorro en función de la temperatura de consigna</b>				
<b>Tª de los vasos</b>	<b>Ahorro térmico (kWh)</b>	<b>Ahorro Gas Natural (kWh)</b>	<b>Ahorro eléctrico</b>	<b>Ahorro económico (€)</b>
<b>27 °C</b>	84.480,17	96.633,46	23.399,77	8.665,68 €
<b>26 °C</b>	134.080,01	153.368,71	28.763,09	12.513,27 €
<b>25 °C</b>	182.065,37	208.257,23	33.824,07	16.216,71 €
<b>24 °C</b>	228.516,02	261.390,26	38.597,66	19.783,10 €

#### 4.1.7 Batería de condensadores

Salvar el consumo excesivo de energía reactiva permite ahorrar energía, pues para una misma potencia aparente se aporta mayor potencia activa, que es la que se utiliza para hacer funcionar los equipos. La forma de reducir este consumo excesivo es instalar condensadores, ya que estos pueden aportar o absorber reactiva en función de las necesidades de la instalación. En el caso de estudio se tiene un consumo de reactiva que consigue reducir en los periodos de P1 a P5 el factor de potencia por debajo de 0,95, lo cual en las tarifas 6.XTD supone un coste económico.

Se propone la instalación de una batería de condensadores, ya que es una solución con poco coste económico y que puede conseguir reducir el exceso de energía reactiva hasta valores nulos. En la Tabla 46 se muestra la suma de la potencia activa y de la potencia reactiva durante los meses en los que el  $\text{fdp}$  fue mayor de 0,95.

**Tabla 46. Datos de inicio sobre el consumo excesivo de reactiva en las instalaciones**

<b>Datos de partida reactiva en meses con excesos</b>	
<b>Consumo activa P1...P5 (kWh)</b>	139.797,00
<b>Consumo reactiva P1...P5 (kVAr)</b>	58.102,00
<b><math>\text{cos}\phi</math> promedio (°)</b>	0,923

Como se ha mencionado anteriormente, en ningún momento se cumple el segundo parámetro de 3.4.2.1 relativo al exceso de energía reactiva en el periodo P6. Con estos datos de partida se tiene un factor de potencia ( $\cos\varphi$ ) inferior a 0,95, aunque este dato sólo sirve a modo intuitivo pues hay que calcular el factor de potencia para cada periodo. Para calcular de qué potencia debe ser la batería de condensadores, se utiliza la ecuación (16).

$$Q_C = P_{\text{máxímetro},i} \cdot [tg(\phi_{\text{inicial}}) - tg(\phi_{\text{final}})] \quad (16)$$

Donde:

- $Q_C$  es la potencia reactiva que necesita la batería de condensadores.
- $P_{\text{máxímetro},i}$  es la potencia que marca el máxímetro para un periodo  $i$ , para cada mes. Se buscará la mayor potencia registrada en todo el año.
- $\Phi_{\text{inicial}}$  es el ángulo de carga inicial. Se escogerá el ángulo correspondiente a la  $P_{\text{máxímetro},i}$ .
- $\Phi_{\text{final}}$  es el ángulo de carga que se desea obtener. En este caso se desea que el ángulo sea el correspondiente a un fdp de 0,95, el límite para no tener penalizaciones.

El resultado obtenido es una batería de condensadores de 15,33 kvar para alcanzar el fdp deseado. Por lo tanto, se ha escogido una batería de condensadores ligeramente sobredimensionada para que esté por encima de esta potencia y no tener la penalización por reactiva, es decir, que el  $\cos(\varphi)$  esté por encima de 0,95.

En la Tabla 47 se tiene los resultados del estudio económico, donde la MAE supone un ahorro de energía reactiva de 58.102 kvarh, un ahorro económico de 504,96 € y un periodo de retorno de 1,55 años.

**Tabla 47. Resultados del estudio de la MAE batería de condensadores**

Resultados Estudio Económico	
Ahorro reactiva facturable (kWh)	58.102,00
Ahorro económico anual (€)	504,96
Inversión (€)	613,35
Periodo de retorno (años)	1,21

#### 4.2 Medidas adicionales

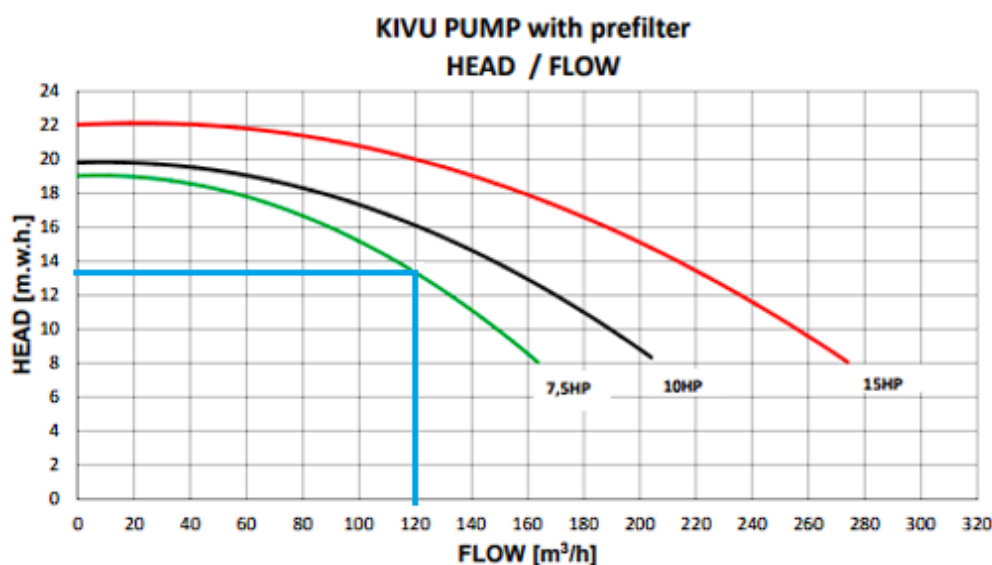
En este apartado se explorarán medidas que no logran un ahorro energético, o su ahorro energético no es calculable con los datos disponibles.

#### 4.2.1 Sustitución de bomba de filtrado

El bombeo consume en estas instalaciones 124.475,69 kWh eléctricos al año. De este consumo el 88,3% provienen de las operaciones de filtrado del agua de la piscina, debido a que se producen durante prácticamente todo el tiempo en que la piscina se encuentra abierta. De la misma manera que la mayoría del equipamiento, las bombas se encuentran desgastadas debido al uso intensivo realizado durante más de una década. En concreto, el grupo de bombeo del vaso grande funciona de manera incorrecta porque tiene averías regulares y debido a esto necesita reparaciones constantes. Este dato es interesante ya que estas bombas consumen el 57% de la energía dedicada al bombeo de todas las instalaciones.

La propuesta realizada es la sustitución de las dos bombas de utilizadas para circular el agua hacia la piscina a través del filtrado, por un grupo de bombeo nuevo que no tenga ineficiencias debidas al desgaste.

Conociendo que el anterior grupo de bombas trasegaba 120 m<sup>3</sup>/h y aportaba una altura de 10 mca, se localiza una bomba que obtiene resultados similares. La bomba seleccionada es una ASTRALPOOL modelo KIVU de 7,5 CV, trifásica y con prefiltro para garantizar un adecuado filtrado del agua de las instalaciones, teniendo en la Figura 34 la curva característica y en 7.8 la ficha técnica del equipo.



**Figura 34. Curva característica de la bomba Kivu de Astralpool**

En el apartado 3.3.1 se ha realizado la estimación de los grupos de bombeo existentes. En él, el método de cálculo ha sido utilizar la potencia nominal de los equipos y el tiempo de uso de este. Esta estimación no se ajusta a la realidad ya que no tiene en cuenta el deterioro de las prestaciones de los equipos, ni el funcionamiento a distintos puntos de carga. Por ello estimar la diferencia de consumo entre la bomba actual y la que se utilizaría tras la MAE requiere disponer de más datos entorno al consumo específico de la bomba o realizar una estimación del desgaste producido en la misma bomba con el paso del tiempo. Como no se dispone de dicha información, tanto el ahorro energético como el económico y, por tanto, la tasa de retorno se desconoce.

**Tabla 48. Resultados del estudio de la MAE sustitución de bomba de filtrado**

Resultados Estudio Económico	
Ahorro energía eléctrica (kWh)	Desconocido
Ahorro de emisiones (kg CO2)	-
Ahorro económico anual (€)	-
Inversión (€)	6.786,00
Periodo de retorno (años)	Desconocido

#### 4.3 Resumen de las medidas propuestas

A continuación, se muestra en la Tabla 49 un resumen de los ahorros, la inversión y la tasa de retorno de cada una de las MAE propuestas.

**Tabla 49. Resumen de las medidas de ahorro energético propuestas**

MAE's	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones (kg CO2)	Ahorro económico anual (€)	Inversión total (€)	Periodo de Retorno (años)
Intercambiador de calor en agua de renovación	172.290,29	31.356,83	9.785,99 €	23.724,00 €	2,42
Mantas térmicas	57.351,70	11.939,62	3.530,60 €	19.081,53 €	5,40
Instalación fotovoltaica	97.748,00	25.316,73	14.474,56 €	49.299,18 €	3,41
Ampliación de la instalación termosolar	321.370,11	58.489,36	17.295,55 €	60.560,40 €	3,50
Sustitución de caldera por aerotermia	443.032,96	92.231,69	12.051,84 €	97.627,78 €	8,10
Sustitución de bombas de filtrado	-	-	-	6.786,00 €	-
Modificación de la temperatura de consigna	107.879,94	23.647,83	8.665,68 €	0,00 €	0,00
Batería de condensadores	-	-	504,96 €	613,35 €	1,21

#### 4.4 Paquetes de medidas sugeridos

La Piscina Cubierta de Carcaixent es un edificio público, el cual es gestionado por el Ayuntamiento del mismo pueblo, es decir, su presupuesto o disposición a implementar las medidas arriba propuestas es totalmente dependiendo de factores tanto económicos como políticos. En este contexto, resulta interesante definir una serie de agrupaciones de medidas o paquetes que busquen un objetivo común mediante distintos escenarios, ya sea energético o económico-financiero.

Una de las consideraciones más común a la hora de realizar una inversión pública, pero especialmente privada, es la tasa de retorno. Por lo tanto, uno de los paquetes de medidas sugeridos es aquel que reduzca ese período en que se retorna la inversión. En la Tabla 50, se ha escogido una selección de MAEs que ayudan a este fin. Con este grupo de medidas se conseguiría recuperar la inversión inicial de 140.928,93 € en 2,78 años, y se produciría la mayor tasa de ahorro económico por año de retorno.

**Tabla 50. Paquete de medidas con bajo periodo de retorno**

MAEs	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones (kg CO2)	Ahorro económico anual (€)	Inversión total (€)	Periodo de Retorno (años)
Sustitución de bombas de filtrado	-	-	-	6.786,00 €	-
Modificación de la temperatura de consigna	107.879,94	23.647,83	8.665,68 €	0,00 €	0,00
Batería de condensadores	-	-	504,96 €	613,35 €	1,21
Intercambiador de calor en agua de renovación	172.290,29	31.356,83	9.785,99 €	23.724,00 €	2,42
Ampliación de la instalación termosolar	321.370,11	58.489,36	17.295,55 €	60.560,40 €	3,50
Instalación fotovoltaica	97.748,00	25.316,73	14.474,56 €	49.299,18 €	3,41
<b>TOTAL</b>	699.288,34	138.810,75	50.726,75 €	140.982,93 €	<b>2,78</b>

Un indicador muy importante para cualquier tipo de entidad es la reducción de gastos. El ahorro económico es el principal factor que entra en esta ecuación y la combinación de las medidas que lo maximizan se muestra en Tabla 51, consiguiendo un ahorro de 50.888,14 € anuales, es decir, entorno al 40% del coste total.



**Tabla 51. Paquete de medidas que maximizan el ahorro económico**

MAEs	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones (kg CO2)	Ahorro económico anual (€)	Inversión total (€)	Periodo de Retorno (años)
Intercambiador de calor en agua de renovación	172.290,29	31.356,83	9.785,99 €	23.724,00 €	2,42
Ampliación de la instalación termosolar	321.370,11	58.489,36	17.295,55 €	60.560,40 €	3,50
Instalación fotovoltaica	97.748,00	25.316,73	14.474,56 €	49.299,18 €	3,41
Sustitución de caldera por aerotermia	443.032,96	92.231,69	12.051,84 €	97.627,78 €	8,10
Modificación de la temperatura de consigna	107.879,94	23.647,83	8.665,68 €	0,00 €	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>1.142.321,29</b>	<b>231.042,44</b>	<b>62.273,63 €</b>	<b>231.211,36 €</b>	<b>3,71</b>

Otra de las combinaciones sugeridas es aquella que hace uso exclusivo de energía procedente de fuentes renovables. Esta medida es importante para el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que resulta respetuoso con el medioambiente, y lo es también de cara a la imagen de la institución. Así, se propone la implementación de 3 medidas con una inversión total de 207.487,36 €. De todos los paquetes es el que más periodo de retorno tiene, con 4,73 años para recuperar la inversión, se ve en la Tabla 52.

**Tabla 52. Paquete de medidas que utilizan fuentes renovables de energía**

MAEs	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones (kg CO2)	Ahorro económico anual (€)	Inversión total (€)	Periodo de Retorno (años)
Instalación fotovoltaica	97.748,00	25.316,73	14.474,56 €	49.299,18 €	3,41
Ampliación de la instalación termosolar	321.370,11	58.489,36	17.295,55 €	60.560,40 €	3,50
Sustitución de caldera por aerotermia	443.032,96	92.231,69	12.051,84 €	97.627,78 €	8,10
<b>TOTAL</b>	<b>862.151,07</b>	<b>176.037,78</b>	<b>43.821,95 €</b>	<b>207.487,36 €</b>	<b>4,73</b>

El último escenario que se va a contemplar es aquel que busca minimizar el coste de las mejoras. Resulta de especial interés en un contexto en el que la entidad gestora dispone de poco presupuesto para invertir en mejoras y se necesitan acciones que produzcan un ahorro con el que poder aumentar los fondos. En Tabla 53 se muestra un escenario en el que se pueden aplicar 5 mejoras invirtiendo 50.204,88 €.

**Tabla 53. Paquete de medidas con poca inversión**

MAEs	Ahorro energético (kWh)	Ahorro emisiones (kg CO2)	Ahorro económico anual (€)	Inversión total (€)	Periodo de Retorno (años)
Intercambiador de calor en agua de renovación	172.290,29	31.356,83	9.785,99 €	23.724,00 €	2,42
Mantas térmicas	57.351,70	11.939,62	3.530,60 €	19.081,53 €	5,40
Sustitución de bombas de filtrado	-	-	-	6.786,00 €	-
Modificación de la temperatura de consigna	107.879,94	23.647,83	8.665,68 €	0,00 €	0,00
Batería de condensadores	-	-	504,96 €	613,35 €	1,21
<b>TOTAL</b>	<b>337.521,93</b>	<b>66.944,28</b>	<b>22.487,23 €</b>	<b>50.204,88 €</b>	<b>2,23</b>

## CAPÍTULO 5 CONCLUSIONES

### 5.1 Conclusiones

Durante el desarrollo de la auditoría energética, tanto de la fase de recolección de datos, como del análisis y elaboración de propuestas, han surgido una serie de informaciones y resultados notables que merecen ser mencionados a modo de conclusión.

La mayor parte del consumo energético en las piscinas cubiertas proviene de la climatización que suele aportarse a través de la energía térmica de calderas, siendo estos equipos grandes contribuidores a la contaminación del medioambiente. Además, en el caso de estudio se tienen grandes pérdidas de esta misma energía, la mayor parte de estas mediante evaporación del agua de los vasos o la renovación del agua. Estas instancias convierten al consumo térmico en el foco de las MAEs, siendo la implementación de un intercambiador de energía térmica del agua de renovación en los vasos una medida muy interesante para conseguir ahorro en poco tiempo, pues el agua se vertía directamente a red.

Ha quedado constatado el gran potencial de ahorro energético que estas instalaciones ofrecen, llegando a alcanzarse ahorros de gran calado, con una media de 3,44 años en periodo de retorno y con la mayoría de las medidas con una inversión menor a 20.000 €. El ahorro puede alcanzar

Aun así, se han descartado por falta de información medidas como la optimización de la potencia en la factura eléctrica, cambios en la envolvente térmica del edificio o el rediseño de las instalaciones de climatización, todas ellas medidas muy interesantes, que requieren de mayor trabajo pero que compensan con un gran potencial de ahorro. Estas quedan como posibilidad para futuras auditorías.

Es importante destacar que en las visitas se ha observado la existencia de consumos excesivos cuya causa directa es la poca implicación del personal en el ahorro energético, siendo destacable la no utilización de la manta térmica existente en la piscina pequeña. También se ha observado esto mismo por parte de la Administración, pues se tiene una clara falta de mantenimiento en las instalaciones, ya sean bombas que no funcionan o colectores solares retirados y no repuestos. Por esto es necesario no sólo tratar de implementar medidas de eficiencia energética, sino también concienciar a los trabajadores para que conozcan y sean partícipes del potencial de ahorro que tienen las instalaciones.

En definitiva, el trabajo realizado ha servido para conocer en detalle el perfil de consumos característicos de una piscina cubierta climatizada a nivel municipal, así como los tipos de soluciones más viables técnico-económicamente a la hora de buscar la eficiencia energética.

# PRESUPUESTO

# CAPÍTULO 6 PRESUPUESTO

## 6.1 Presupuesto de la realización de la auditoría

### 6.1.1 Presupuestos parciales

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste total
<b>MO</b>	<b>Capítulo: Mano de obra</b>				
MO01	h	Honorarios del auditor energético. 300 horas de trabajo a jornada completa por parte del auditor energético y elaboración del informe	300,00	30,00 €	9.000,00 €
MO02	h	Honorarios de profesor universitario	20,00	40,00 €	800,00 €
MO03	h	Uso de equipo informático	300,00	0,05 €	15,00 €
MO04	km	Desplazamiento. Kilómetros desde sede hasta las instalaciones de la Piscina Cubierta de Carcaixent. 4 visitas	379,20	0,55 €	208,56 €
<b>Subtotal Mano de obra:</b>					<b>10.023,56 €</b>
%	Coste directo complementario (% valor añadido)			2%	<b>200,47 €</b>
<b>Total Presupuesto marcial mano de obra</b>					<b>10.224,03 €</b>

<b>S</b>	<b>Capítulo: Software</b>				
S01	mes	Licencia de Microsoft Office 365: Empresa Estándar	4,00	11,70 €	46,80 €
S02	mes	Licencia de Autocad 2024	12,00	161,25 €	1.935,00 €
S03	mes	Licencia de Adobe Reader (gratis)	4,00	0,00 €	0,00 €
<b>Subtotal Software:</b>					<b>1.981,80 €</b>
%	Coste indirecto complementario (% valor añadido)			2%	<b>39,64 €</b>
<b>Total Presupuesto marcial mano de obra</b>					<b>2.021,44 €</b>

### 6.1.2 Presupuesto total

Capítulo	Descripción	Importe €
MO	Mano de obra	10.224,03 €
S	Software	2.021,44 €
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>		<b>12.245,47 €</b>
	Gastos generales (13%)	1.591,91 €
	Beneficio industrial (6%)	734,73 €
Base imponible		14.572,11 €
	Iva (21%)	3.060,14 €
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)</b>		<b>17.632,25 €</b>

## 6.2 Presupuesto para el cliente

### 6.2.1 Intercambiador de calor para agua de renovación de los vasos

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste total
01	Ud	Intercambiador para el vaso grande de placas SC-P-016H/067 con 67 placas marca INDELCASA	1,00	3.732,00	3.732,00
02	Ud	Intercambiador para el vaso pequeño de placas SC-N-008H/067 con 17 placas marca INDELCASA	1,00	1.014,00	1.014,00
03	Ud	Intercambiador para el vaso del spa de placas SC-P-016H/017 con 17 placas marca INDELCASA	1,00	2.309,00	2.309,00
04	Ud	Bomba WILO: Stratos Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10 trifásica	1,00	2.013,00	2.013,00
05	Ud	Bomba WILO: Yonos MAXO-Z 25/0,5-10 PN 10 trifásica	2,00	2.056,00	4.112,00
06	Ud	Tuberías y valvulería	1,00	7.544,00	7.544,00
07	h	Instalación. 7,5 días de trabajo con 2 operarios a jornada completa	120,00	25,00	3.000,00
					<b>23.724,00</b>

### 6.2.2 Mantas térmicas

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste total
01	Ud	Manta térmica para el vaso grande a medida. Grosor de 800 micras ultrareforzado y con confección de cajeados para escalera	1,00	6.694,02	6.694,02
02	Ud	Manta térmica para el vaso del spa a medida. Grosor de 400 micras ultrareforzado.	1,00	677,04	677,04
03	Ud	Enrollador Motorizado IASO confeccionado a medida	1,00	10.910,47	10.910,47
04	h	Instalación. 2 días de trabajo con 2 operarios a jornada completa	32,00	25,00	800,00
					<b>19.081,53</b>

### 6.2.3 Instalación fotovoltaica

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste total
01	Ud	Suministro e instalación de Módulo fotovoltaico JA SOLAR JAM 72S30 550MR de 550W	117,00	199,15	23.300,65
02	Ud	Suministro e instalación de Estructura de soporte de hormigón SOLARBLOC	117,00	67,19	7.860,67
03	Ud	Suministro e instalación de Inversor trifásico SOLIS de 30 kW	2,00	2.780,51	5.561,02
04	Ud	Suministro e instalación de Control de potencia mediante SmartLogger3000A	1,00	501,20	501,20
05	m	Suministro e instalación de Cableado solar de CC 4 mm <sup>2</sup>	950,00	2,26	2.148,42
06	m	Suministro e instalación de Cable de tierra de 2,5mm <sup>2</sup> para paneles	167,00	2,10	351,05
07	m	Suministro e instalación de Bandeja metálica perforada para conducción de CC	25,00	35,11	877,80
08	m	Suministro e instalación de Cable RZ1K (AS) de CA 25 mm <sup>2</sup>	220,00	24,71	5.436,75
09	m	Suministro e instalación de Cable de tierra RZ1K (AS) 16 mm <sup>2</sup>	55,00	3,90	214,60
10	m	Suministro e instalación de Bandeja varilla metálica	20,00	12,58	251,53
11	Ud	Suministro e instalación de Cuadro de protección CC con 18 fusibles 10x38 20A con base portafusibles y protección contra sobretensiones transitorias	1,00	386,27	386,27
12	Ud	Suministro e instalación de Cuadro de protección CA con interruptor magnetotérmico automático de 110A tetrapolar e interruptor diferencial de 110A tetrapolar	1,00	1.095,79	1.095,79
13	Ud	Suministro e instalación de Sistema de monitorización de la instalación fotovoltaica	1,00	212,67	212,67
14	Ud	Medio de elevación	1,00	1.100,76	1.100,76
					<b>49.299,18</b>

### 6.2.4 Ampliación de la instalación solar térmica

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste total
01	Ud	Captador solar SONNENKRAFT SN 500 N	137,00	313,10	42.895,11
02	Ud	Estructura metálica sobre superficie horizontal	16,00	500,00	8.000,00
03	Ud	Tuberías y valvulería	1,00	5.415,29	5.415,29
04	h	Instalación. 9 días de trabajo con 2 operarios a jornada completa	144,00	25,00	3.600,00
05	Ud	Medio de elevación	1,00	650,00	650,00
					<b>60.560,40</b>

### 6.2.5 Sustitución de caldera por aerotermia

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste total
01	Ud	Equipo MULTI V de LG, unidad exterior modelo ARUM960LTE6 DE 302,4 kW en calor y 4 Equipo MULTI V de LG, unidades exteriores modelo ARUM240LTE6 DE 75,6 kW en calor	1,00	87.620,78	87.620,78
02	Ud	Tuberías y valvulería	1,00	1.607,00	1.607,00
03	h	Instalación. 2 semanas de trabajo con 3 operario a jornada completa	336,00	25,00	8.400,00
					<b>97.627,78</b>

### 6.2.6 Sustitución de bomba de filtrado

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste total
01	Ud	Bombas trifásicas ASTRAPOOL: Kivu 7,5 CV con prefiltro	2,00	3.193,00	6.386,00
02	Ud	Instalación, incluyendo 1 día de trabajo con 2 fontaneros a jornada completa y valvulería	16,00	25,00	400,00
					<b>6.786,00</b>

### 6.2.7 Batería de condensadores

Código	Unidad	Descripción	Cantidad	Coste unitario	Coste total
01	Ud	Suministros e instalación de batería automática optim 3 P-P-25-440 marca CIRCUTOR	1,00	613,35	613,35
					<b>613,35</b>



# FICHAS TÉCNICAS

7.1 Ficha del intercambiador de agua de renovación

# Intercambiador de calor a placas CON JUNTAS

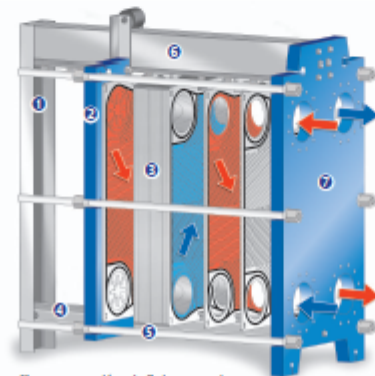


**Descripción**

- Intercambiador de calor a placas con juntas para aplicaciones industriales, energéticas, alimentarias y navales.
- Constituidos por un conjunto de placas corrugadas montadas sobre un bastidor común.
- La estanqueidad y distribución de los fluidos se obtiene mediante juntas especiales.
- Altos coeficientes de transmisión de calor.
- Dimensiones reducidas.
- Gran flexibilidad para adaptarse a las diferentes necesidades.
- Conexiones roscadas en acero inoxidable AISI 316, embridadas y otras posibilidades opcionales.
- Gran resistencia a la corrosión.
- Fácil acceso para su limpieza.
- Dos años de garantía.
- Fabricación de acuerdo a diseño PED 97/23/CE.

**Características técnicas**

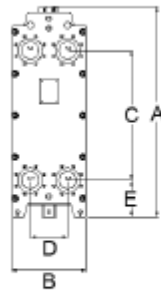
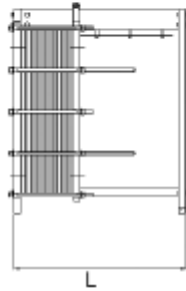
• Presiones de trabajo	10 / 16 / 25 bar
• Presiones de prueba	14,3 / 22,28 / 35,75 bar
• Temperatura mínima de trabajo	-30 °C
• Temperatura máxima de trabajo	170 °C
• Material de las placas	AISI 304, AISI 316, titanio
• Espesor de la placa	0,4 / 0,5 / 0,6 / 0,7 / 0,8 mm
• Material del bastidor	Acero al carbono, acero inoxidable
• Tipos de bastidores	N (10 bar) / P (16 bar) / S (25 bar)
• Material de las juntas	NBR (P), EPDM (P), FKM GB, FKM GF
• Tipos de placa	SX / SC / SW / SF / SD
• Conexiones	Roscadas / Embridadas
• Rango de caudales	Hasta 4.241 m <sup>3</sup> /h



Representación de flujo cruzado

1. Columna soporte
2. Chapón móvil
3. Placas de intercambio
4. Barra guía inferior
5. Pernos de apriete
6. Barra guía superior
7. Chapón fijo

# Intercambiador de calor a placas CON JUNTAS



Gama	Modelo	PN	S.placa	N° max.	A	B	C	D	E	Long. (min-máx)	Conexión
	SC-N-003	10	0,032	99	486	180	357	60	69,5	212 - 412	1 1/4" (32)
	SC-P-003	16	0,032	99	486	180	357	60	69,5	212 - 412	1 1/4" (32)
	SC-N-008	10	0,075	70	774	180	640	60	62	212 - 312	1 1/4" (32)
	SC-P-008	16	0,075	134	774	180	640	60	62	212 - 412	1 1/4" (32)
	SC-P-013	16	0,12	159	832	320	592	135	140	430 - 1.030	2" (50) - 2 1/2" (65)
	SC-P-016	16	0,135	205	832	320	592	135	140	430 - 1.030	2" (50)
	SC-N-026	10	0,26	113	1.166	450	779	226	220	438 - 1.031	100
	SC-P-026	16	0,26	407	1.225	450	779	226	220	448 - 3.041	100
	SX-N-026	10	0,27	126	1.166	450	779	226	220	438 - 1.031	100
	SX-P-026	16	0,27	456	1.225	450	779	226	220	448 - 3.041	100
	SX-N-042	10	0,44	126	1.585	450	1.188	226	220	438 - 1.031	100
	SX-P-042	16	0,44	453	1.633	450	1.188	226	220	448 - 3.041	100
	SC-N-044	10	0,49	126	1.585	450	1.188	226	220	438 - 1.031	100
	SC-P-044	16	0,49	453	1.633	450	1.188	226	220	448 - 3.041	100
	SC-N-051	10	0,54	301	1.690	585	1.143	300	300	441 - 2.291	150
	SC-P-051	16	0,54	413	1.690	630	1.143	300	300	456 - 3.056	150
	SX-N-051	10	0,55	331	1.690	585	1.143	300	300	441 - 2.291	150
	SX-P-051	16	0,55	453	1.690	630	1.143	300	300	456 - 3.056	150
	SC-N-054	10	0,61	500	1.690	585	1.143	300	300	441 - 2.291	150
	SC-P-054	16	0,61	500	1.690	630	1.143	300	300	456 - 3.056	150
	SX-P-064	16	0,64	450	1.910	626	1.320	285	300	656 - 3.056	150
	SX-P-091	16	0,91	432	2.390	626	1.800	285	300	656 - 3.056	150
	SC-N-060	10	0,55	470	1.700	825	910	420	350	1.430 - 4.130	200
	SC-P-060	16	0,55	462	1.700	825	910	420	350	1.450 - 4.150	200
	SX-N-060	10	0,56	620	1.700	825	910	420	350	1.430 - 4.630	200

## 7.2 Ficha de las bombas de los intercambiadores

### Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10



#### Ficha técnica

##### Datos hidráulicos

Presión máxima de trabajo $P_N$	10 bar
Altura de impulsión $H_{max}$	10,9 m
Caudal $Q_{max}$	9,5 m <sup>3</sup> /h
Altura de entrada mínima a 50 °C	3 m
Altura de entrada mínima a 95 °C	10 m
Altura de entrada mínima a 110 °C	16 m
Temperatura mínima del fluido $T_{min}$	-20 °C
Temperatura máxima del fluido $T_{max}$	110 °C
Temperatura ambiente mínima $T_{min}$	-20 °C
Temperatura ambiente máxima $T_{max}$	40 °C

##### Datos del motor

Índice de eficiencia energética (IEE)	≤0.20
Alimentación eléctrica	1-230 V ±10%, 50/60 Hz
Intensidad nominal $I_N$	0,1 A
Intensidad nominal $I_N$	1,5 A
Potencia nominal $P_2$	140 W
Velocidad mínima $n_{min}$	1000 1/min
Velocidad máxima $n_{max}$	4450 1/min
Consumo de potencia (mín.) $P_{1 min}$	5 W
Consumo de potencia $P_{1 max}$	190 W
Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)
Resistencia a interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno industrial (C2)
Prensaestopas	2 x M20x1.5
Clase de aislamiento	F
Tipo de protección	IPX4D

##### Materiales

Carcasa de la bomba	fundición gris
Rodete	PPE/PS-GF30
Eje	Acero inoxidable
Material del cojinete	Grafito de carbón

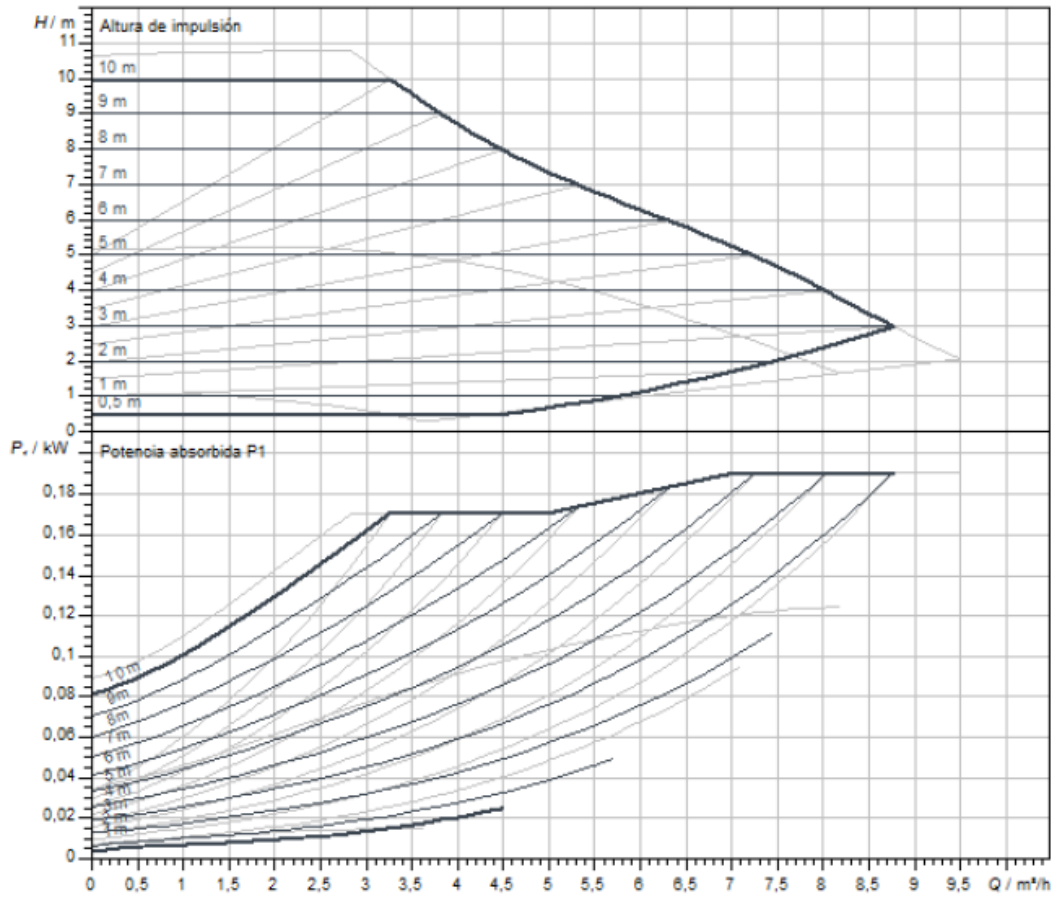
##### Dimensiones de instalación

Conexión de tubería del lado de impulsión $DN_d$	G 1½
Conexión de tubería del lado de aspiración $DN_s$	G 1½
Longitud entre roscas $l_0$	180 mm

Yonos MAXO 25/0,5-10 PN 10



Curvas características



Fluido	Agua 100 %
Temperatura del fluido T	20,00 °C
Velocidad en el punto de funcionamiento	3.796 1/min



**Stratos MAXO 25/0,5-10 PN10-R7**

**Ficha técnica**

**Datos hidráulicos**

Presión máxima de trabajo $P_N$	10 bar
Altura de impulsión $H_{max}$	10,2 m
Caudal $Q_{max}$	12,3 m <sup>3</sup> /h
Altura de entrada mínima a 50 °C	3 m
Altura de entrada mínima a 95 °C	10 m
Altura de entrada mínima a 110 °C	16 m
Temperatura mínima del fluido $T_{min}$	-10 °C
Temperatura máxima del fluido $T_{max}$	90 °C
Temperatura ambiente mínima $T_{min}$	-10 °C
Temperatura ambiente máxima $T_{max}$	40 °C

**Datos del motor**

Índice de eficiencia energética (IEE)	≤0.19
Alimentación eléctrica	1-230 V ±10%, 50/60 Hz
Intensidad nominal $I_N$	0,11 A
Intensidad nominal $I_N$	1,2 A
Potencia nominal $P_2$	234 W
Velocidad mínima $n_{min}$	750 1/min
Velocidad máxima $n_{max}$	3950 1/min
Consumo de potencia (mín.) $P_{1 min}$	7 W
Consumo de potencia $P_{1 max}$	275 W
Emisión de interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno residencial (C1)
Resistencia a interferencias	EN 61800-3:2004+A1:2012/entorno industrial (C2)
Clase de aislamiento	F
Tipo de protección	IPX4D
Prensaestopas	5 x M16x1.5

**Dimensiones de instalación**

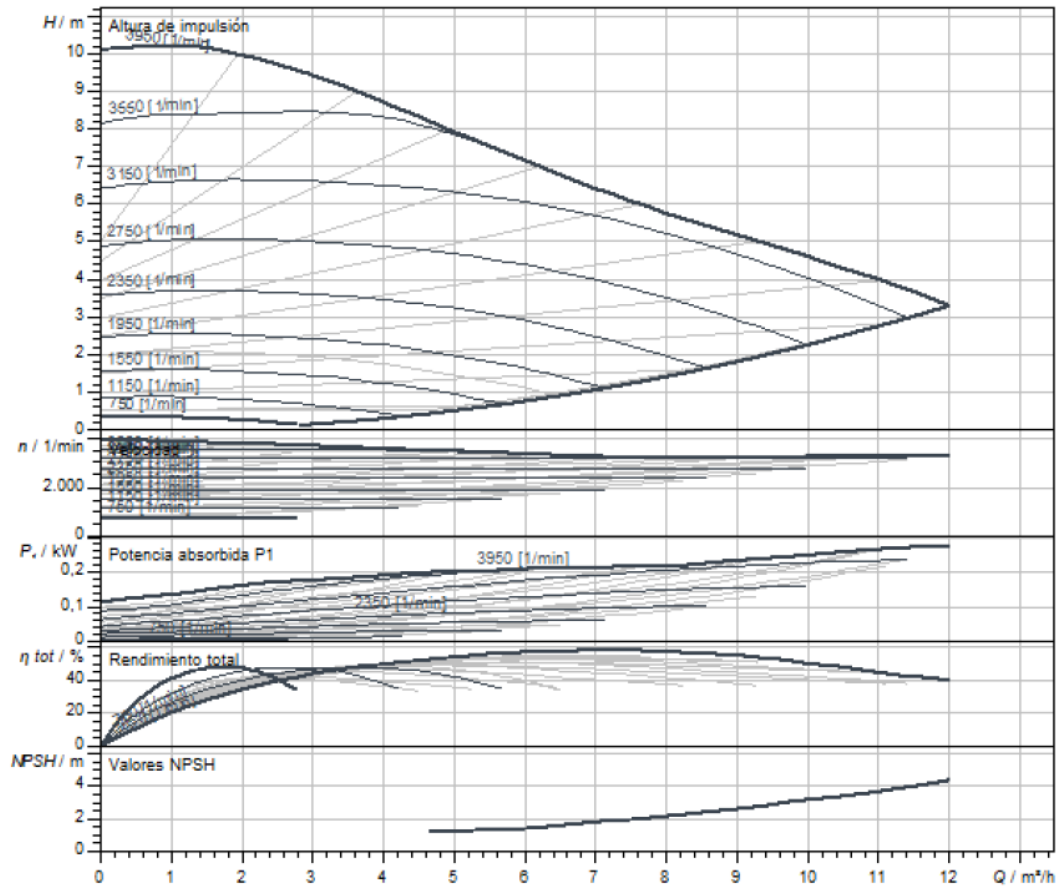
Conexión de tubería del lado de aspiración $DNs$	G 1½
Conexión de tubería del lado de impulsión $DNd$	G 1½
Longitud entre roscas $l_0$	180 mm

**Materiales**

Carcasa de la bomba	fundición gris
Rodete	PPS-GF40
Eje	1.4122, con recubrimiento DLC
Material del cojinete	Carbón, impregnado con antimonio

Stratos MAXO 25/0,5-10 PN10-R7

Curvas características



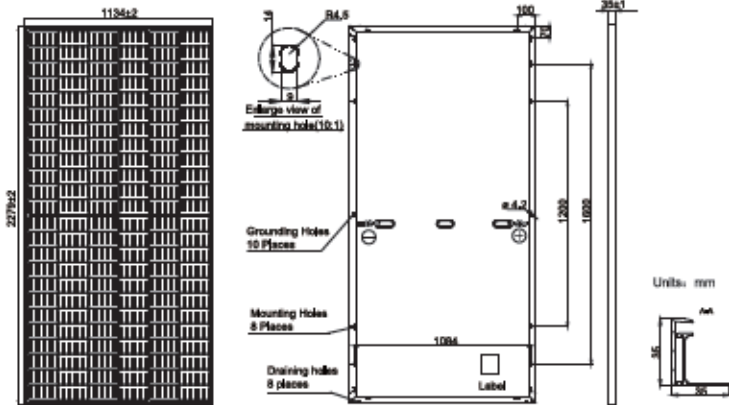
Fluido	Agua 100 %
Temperatura del fluido T	20,00 °C
Velocidad en el punto de funcionamiento	3.272 1/min

7.3 Ficha del módulo fotovoltaico



JAM72S30 525-550/MR Series

MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	28,6kg±3%
Dimensions	2279±2mm×1134±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	144(6×24)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	QC 4.10(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 300mm(+)/400mm(-); Landscape: 1300mm(+)/1300mm(-)
Packaging Configuration	31pcs/Pallet, 620pcs/40ft Container

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	525	530	535	540	545	550
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	49,15	49,30	49,45	49,60	49,75	49,90
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	41,15	41,31	41,47	41,64	41,80	41,96
Short Circuit Current(Isc) [A]	13,65	13,72	13,79	13,86	13,93	14,00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12,76	12,83	12,90	12,97	13,04	13,11
Module Efficiency [%]	20,3	20,5	20,7	20,9	21,1	21,3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0,045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0,275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0,360%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

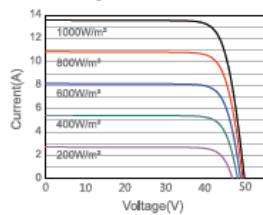
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

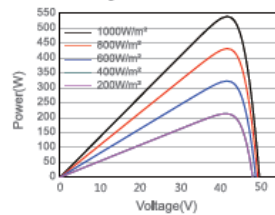
TYPE	JAM72S30 -525/MR	JAM72S30 -530/MR	JAM72S30 -535/MR	JAM72S30 -540/MR	JAM72S30 -545/MR	JAM72S30 -550/MR	OPERATING CONDITIONS
Rated Max Power(Pmax) [W]	397	401	405	408	412	416	Maximum System Voltage 1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	46,05	46,18	46,31	46,43	46,55	46,68	Operating Temperature -40 C ~+85 C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	38,36	38,57	38,78	38,99	39,20	39,43	Maximum Series Fuse Rating 25A
Short Circuit Current(Isc) [A]	10,97	11,01	11,05	11,09	11,13	11,17	Maximum Static Load, Front* 5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> ) Maximum Static Load, Back* 2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )
Max Power Current(Imp) [A]	10,35	10,39	10,43	10,47	10,51	10,55	NOCT 45±2 C
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G						Safety Class Class II
							Fire Performance UL Type 1

CHARACTERISTICS

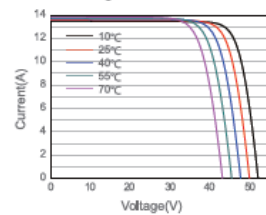
Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Power-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Current-Voltage Curve JAM72S30-540/MR



Premium Cells, Premium Modules

Version No. : Global\_EN\_20200928A



7.4 Ficha de la estructura de soporte de módulos

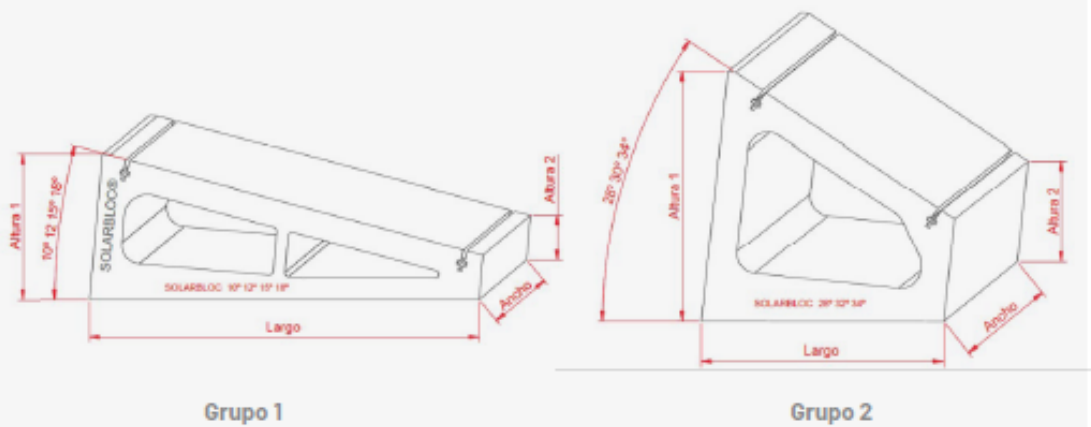
**DATOS TÉCNICOS SOLARBLOC®**  
**CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS**  
**10°, 12°, 15°, 18°, 28°, 30°, 34°**

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.

**DIMENSIONES Y PESOS SEGÚN LA INCLINACIÓN**

Inclinación apoyos

Grupo	Grupo 1				Grupo 2		
Inclinación	10°	12°	15°	18°	28°	30°	34°
Altura 1 (cm)	33,24	34,97	37,47	40,94	56,95	58,94	62,84
Altura 2 (cm)	15,96	14,21	11,54	9,91	26,11	26,03	25,96
Largo (cm)	100,0	100,0	100,06	100,38	60,00	60,04	60,32
Ancho (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	23,50	23,50	23,50
Peso (kg)	60,00	60,00	60,00	60,00	68,00	71,30	77,80
Composición	HM-20						



## 7.5 Ficha del inversor



Tabla de datos

Modelo	Solis-25K-5G	Solis-30K-5G	Solis-33K-5G	Solis-36K-5G	Solis-40K-5G	Solis-40K-HV-5G	Solis-50K-HV-5G
<b>Entrada (CC)</b>							
Potencia de entrada máxima recomendada	33 kW	39 kW	43 kW	47 kW	52 kW	52 kW	65 kW
Voltaje máxima de entrada	1100 V						
Voltaje de nominal	600 V						
Voltaje de arranque	180 V						
Rango de voltaje MPPT	200-1000 V						
Corriente máxima de entrada	26 A / 26 A / 26 A			4*26 A			
Corriente máxima de cortocircuito	40 A / 40 A / 40 A			4*40 A			
Número de MPPT/Número máxima de cadenas de entrada	3/5			4/8			
<b>Salida (CA)</b>							
Potencia nominal de salida	25 kW	30 kW	33 kW	36 kW	40 kW	40 kW	50 kW
Potencia máxima de salida aparente	27.5 kVA	33 kVA	36.3 kVA	39.6 kVA	44 kVA	44 kVA	55 kVA
Potencia máxima de salida	27.5 kW	33 kW	36.3 kW	39.6 kW	44 kW	44 kW	55 kW
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V					3/PE, 480 V	
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz						
Corriente nominal de salida de red	38.0 A / 36.1 A	45.6 A / 43.3 A	50.1 A / 47.6 A	54.7 A / 52.0 A	60.8 A / 57.7 A	48.1 A	60.1 A
Corriente máxima de salida	41.8 A	50.2 A	55.1 A	60.2 A	66.9 A	53.0 A	66.2 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 que lleva a 0.8 de retraso)						
THDi	<3%						
<b>Eficiencia</b>							
Eficiencia máxima	98.8%						
Eficiencia EU	98.3%						
<b>Protección</b>							
Protección contra polaridad inversa DC	Sí						
Protección contra cortocircuito	Sí						
Protección de sobrecorriente de salida	Sí						
Protección contra sobretensiones	Tipo II CC/ Tipo II CA						
Monitoreo de red	Sí						
Detección Anti-isla	Sí						
Protección de temperatura	Sí						
Monitoreo de cadenas	Sí						
Escaneo de curvas I/V	Sí						
Función anti-PID	Opcional						
AFCI integrado (Protección de circuito de falla de arco CC)	Sí*						
Interruptor de CC integrado	Opcional						
<b>Datos generales</b>							
Dimensiones (longitud*ancho*altura)	647*629*252 mm						
Peso	45 kg						
Topología	Sin Transformador						
Consumo propio (noche)	<1 W						
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 - +60°C						
Humedad relativa	0-100%						
Nivel de protección	IP65						
Enfriamiento	Convección natural						
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m						
Estándar de conexión de red	G96 or G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50549-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR-2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, TOR, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC60068, IEC 61683, EN 50530						
Estándar de seguridad / EMC	IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-1/-2/-3/-4						
<b>Características</b>							
Conexión de CC	Conector MC4						
Conexión de CA	Terminal OT						
Pantalla	LCD						
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS						

## 7.6 Ficha del captador solar

# Captador sobre tejado SK500

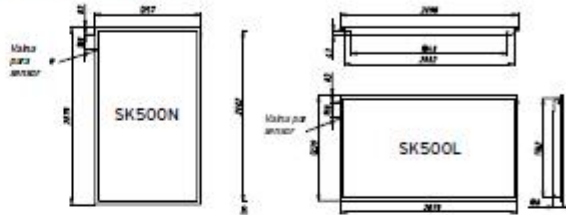
El SK500 es un captador solar plano de alta gama y alta eficiencia energética, con superficie bruta de 2,57 m<sup>2</sup>, diseñado para satisfacer las demandas más exigentes. Adaptado para todo tipo de instalaciones sobre tejado inclinado o cubierta plana, disponible en dos versiones para el montaje vertical u horizontal, el SK500 es idóneo para instalaciones donde se requieran grandes aportes energéticos, por ejemplo para el apoyo a instalaciones de calefacción. Fabricado mediante las técnicas de producción más avanzadas de Europa, sólo se utilizan materiales de la más alta calidad; cuba de aluminio embutido, de una pieza sin uniones ni soldaduras, vidrio de seguridad y muy bajo contenido en hierro, junta de estanqueidad sin uniones y sellado por presión, hacen del captador SK500 de SONNENKRAFT uno de los mejores de su clase.

### Datos técnicos SK500

Denominación	SK500N	SK500L
Tipo de captador	Captador plano	
Tipo de montaje	Sobre tejado	
Superficie bruta	2,57 m <sup>2</sup>	
Superficie de apertura	2,3 m <sup>2</sup>	
Superficie de absorbedor	2,2 m <sup>2</sup>	
Altura	2079 mm	1239 mm
Ancho	1239 mm	2079 mm
Ancho incl. conexiones	1257 mm	2098 mm
Profundidad	100 mm	
Peso en vacío	44 kg	
Capacidad del captador	1,6 l	
Disposición	Racores de rosca de 1", siempre arriba a la izquierda y arriba a la derecha	
Absorbedor	Absorbedor de cobre estructurado en toda la superficie con revestimiento de vacío altamente selectivo	
Configuración	Conexión doble arpa	
Absorción (α)	0,95	
Emisión (ε)	0,05	
Carcasa	Cuba de aluminio	
Aislamiento térmico	Lana mineral 50 mm, incl. aislamiento del borde	
Acrilado del captador	Vidrio solar de seguridad de bajo contenido en hierro, 3,2 mm	
Número de cristales	1	
Rendimiento mínimo	525 kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Presión máx. de trabajo	10 bares	
Temperatura de estanqueidad	180° C más la temperatura ambiente	
Caudal recomendado	15 - 40 l/h por m <sup>2</sup>	
Conexión en serie	máx. 6 unidades en serie	
Inclin. mín. del captador	15°	
Inclin. máx. del captador	75°	
Nº reg. Solar Keymark	OII-75070 F	OII-75068 F
Contraseña de homologación	NPS-13809	NPS-7508

\* Para equilibrar las dilataciones térmicas en conexiones de más de 4 captadores SK500L en serie, se ha de incluir el sistema de dilatación W55Q/10Q/300.

### Dimensiones SK500



### Sistemas de fijación SK500



Tirafondos SSP



Estribo de tejado DBP



Lastre de hormigón BIBA LSK



Placa de soporte BDA



Dispositivo de apriete plegado FKP



Fijación a 45°

### Fijación SK500

Todos los elementos de fijación están diseñados y fabricados por SONNENKRAFT y se suministran con todos los accesorios necesarios. Se adjuntan instrucciones de montaje de fácil comprensión.



### Ventajas del captador SK500

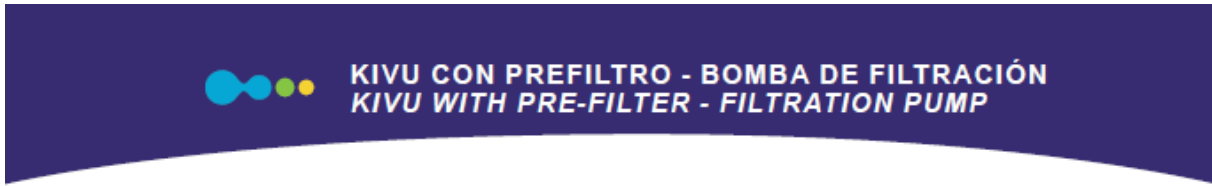
- Módulos de 2,5 m<sup>2</sup>, adecuados para todos los tipos de montaje horizontal/vertical
- Alta temperatura del agua caliente en poco tiempo gracias al revestimiento hecho en vacío altamente selectivo del absorbedor
- Vidrio solar resistente al granizo
- Larga vida útil gracias a sus materiales, resistentes a los cambios climáticos
- Absorbedor de cobre estructurado macizo, revestimiento altamente selectivo
- Cuba de aluminio embutido
- Aislamiento de las paredes laterales
- Aislamiento de la pared posterior de alta calidad de lana mineral no descomponible de 50 mm
- Racores móviles de asiento plano de fácil montaje
- Si se desea, se puede suministrar con 4 conexiones con configuraciones del absorbedor tipo parrilla, para grandes proyectos (SK500N4-ECO)

### 7.7 Ficha del equipo de aerotermia

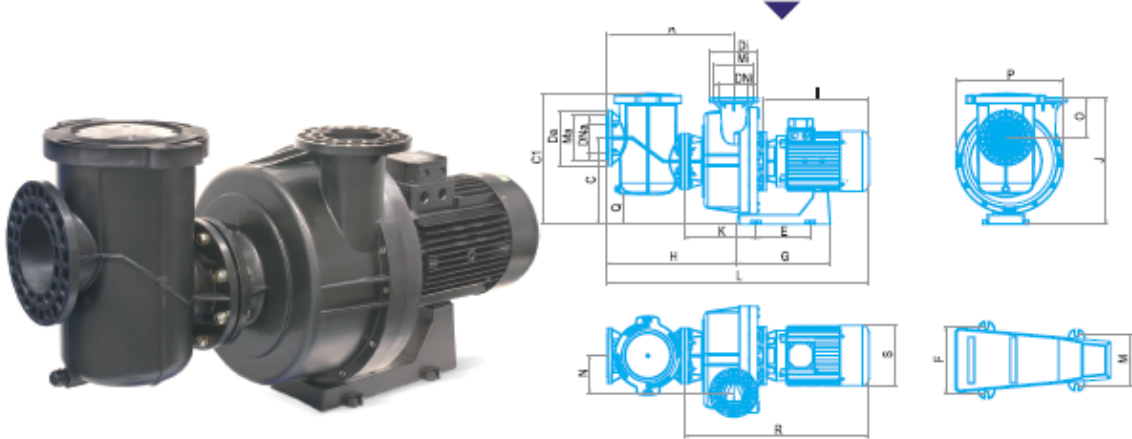
HP		22	24	26	28	30	32	34
Nombre	Unidad exterior	ARUM220LTE6	ARUM240LTE6	ARUM260LTE6	ARUM280LTE6	ARUM300LTE6	ARUM320LTE6	ARUM340LTE6
	Combinación	22	24	26	16+12	18+12	20+12	20+14
Capacidad	Frío, nom. (kW)	61,60	67,20	72,80	78,40	84,00	89,60	95,20
	Calor, nom. (kW)	61,60	67,20	72,80	78,40	84,00	89,60	95,20
	Calor, máx. (kW)	69,30	75,60	81,90	88,20	94,50	100,80	107,10
Consumo nominal	Frío, nom. (kW)	22,00	26,15	31,52	27,10	2,04	29,19	29,42
	Calor, nom (kW)	15,96	18,61	21,60	17,86	18,36	20,41	21,07
MFA (A)		63	63	63	63	80	80	80
E. E. R		2,80	2,57	2,31	2,89	3,23	3,07	3,24
S. E. E. R		7,20	6,91	6,62	7,96	8,30	8,18	8,48
C. O. P		3,86	3,61	3,37	4,39	4,84	4,39	4,52
S. C. O. P		4,62	4,31	4,11	5,22	4,90	5,06	5,15
Presión sonora	Frío (dBA)	64,00	65,00	63,00	63,00	63,00	64,00	64,00
	Calor (dBA)	66,00	67,00	64,00	64,00	64,00	66,00	64,00
Caudal de aire (H) (m <sup>3</sup> /min)		450	450	450	320+240	320+240	320+240	320x2
Dimensiones (módulos)		1,640 x 1,745 x 760	1,640 x 1,745 x 760	1,640 x 1,745 x 760	((1,240 x 1,745 x 760) x 1) + ((930 x 1,745 x 760) x 1)	((1,240 x 1,745 x 760) x 1) + ((930 x 1,745 x 760) x 1)	((1,240 x 1,745 x 760) x 1) + ((930 x 1,745 x 760) x 1)	(1,240 x 1,745 x 760) x 2
Peso (kg)		362	362	362	(255 x 1) + (215 x 1)	(300 x 1) + (215 x 1)	(300 x 1) + (215 x 1)	(300 x 1) + (255 x 1)
Refrigerante (R410A)	Precarga (kg)	18,50	18,50	18,50	21,50	23,50	23,50	26,00
	T- CO2eq	38,62	38,62	38,62	44,88	49,06	49,06	54,28
Unidades interiores (máx)		35(44)	39(48)	42(52)	45(56)	49(60)	52(64)	55(64)

HP		92	94	96
Nombre	Unidad exterior	ARUM920LTE6	ARUM940LTE6	ARUM960LTE6
	Combinación	24+24+22+22	24+24+24+22	24+24+24+24
Capacidad	Frío, nom. (kW)	257,60	263,20	268,80
	Calor, nom. (kW)	257,60	263,20	268,80
	Calor, máx. (kW)	289,80	296,10	302,40
Consumo nominal	Frío, nom. (kW)	96,30	100,50	104,60
	Calor, nom (kW)	69,14	71,76	74,44
MFA (A)		250	250	250
E. E. R		2,67	2,62	2,57
S. E. E. R		7,06	6,98	6,91
C. O. P		3,73	3,67	3,61
S. C. O. P		4,47	4,39	4,31
Presión sonora	Frío (dBA)	70,50	70,80	71,00
	Calor (dBA)	72,50	72,80	73,00
Caudal de aire (H) (m <sup>3</sup> /min)		450x4	450x4	450x4
Dimensiones (módulos)		(1,640 x 1,745 x 760) x 4	(1,640 x 1,745 x 760) x 4	(1,640 x 1,745 x 760) x 4
Peso (kg)		(362 x 1) + (362 x 1) + (362 x 1) + (362 x 1)	(362 x 1) + (362 x 1) + (362 x 1) + (362 x 1)	(362 x 1) + (362 x 1) + (362 x 1) + (362 x 1)
Refrigerante (R410A)	Precarga (kg)	74,00	74,00	74,00
	T- CO2eq	154,48	154,48	154,48
Unidades interiores (máx)		64	64	64

7.8 Ficha de la bomba de filtrado



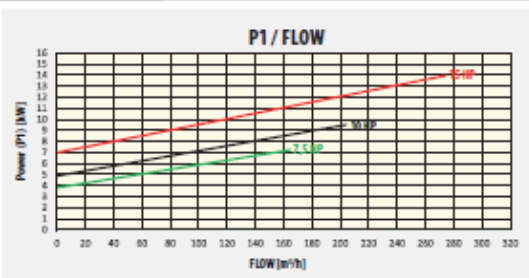
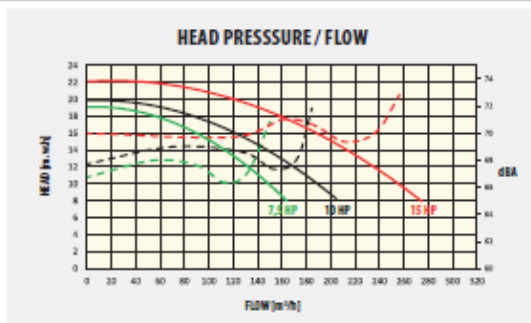
DIMENSIONES / CURVAS RENDIMIENTO  
DIMENSIONS / PERFORMANCE CURVES PRESSURE



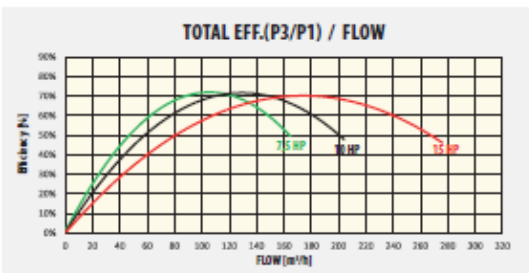
KIVU CON PREFILTRO WITH PRE-FILTER	CV HP	DIMENSIONES / DIMENSIONS (mm)																								
		A	Da	Di	DNa	DNi	C	C1	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	Ma	Mi	
4P (1500rpm)	56633/56634	7,5	653	285	250	150-6"	125-5"	446	677	279	206	480	540	410	653	141	1215	157	192	208	550	157	815	256	240	210
	56635/56637	10	653	285	250	150-6"	125-5"	446	677	279	206	480	540	445	653	141	1250	157	192	208	550	157	850	256	240	210
	56638/56639	15	653	285	250	150-6"	125-5"	446	677	279	206	480	670	545	653	271	1350	157	192	208	550	157	950	312	240	210

CURVAS DE RENDIMIENTO / PERFORMANCE CURVES PRESSURE

KIVU PUMP WITH PREFILTER



CODE	DESCRIPTION
56633	ASTRAL KIVU 7,5HP 230/400V 50Hz
56634	ASTRAL KIVU 7,5HP 400/690V 50Hz
56635	ASTRAL KIVU 10HP 230/400V 50Hz
56637	ASTRAL KIVU 10HP 400/690V 50Hz
56638	ASTRAL KIVU 15HP 230/400V 50Hz
56639	ASTRAL KIVU 15HP 400/690V 50Hz





## 7.9 Ficha de la batería de condensadores



### OPTIM 3 P&P-25-440

Baterías automáticas de condensadores

Código: R3L130.

#### Especificaciones

##### Alimentación en alterna

Frecuencia	50 Hz
------------	-------

##### Características eléctricas

Pérdidas (W)	< 0,5 W/kvar
Resistencia de descarga	75 V / 3 min
Sobretensión	10 % 8 h sobre 24 h 15 % hasta 15 min sobre 24 h 20 % hasta 5 min sobre 24 h 30 % hasta 1 min sobre 24 h
Tensión de maniobra	Contactores: 230 V
Tensión de refuerzo	440 V
Tolerancia C	-5% / 10 %
Tensión	400 V (otras tensiones consultar)

##### Características mecánicas

Tamaño (mm) ancho x alto x fondo	400 x 600 x 260 (mm)
Envolvente	Chapa metálica RAL 7035 Gris / RAL 3005 Granate
Fijación	Vertical / En mural
Ventilación	Natural o forzada según opciones
Peso Neto (kg)	18

##### Características ambientales

Grado de protección	Marcado en la etiqueta
Humedad relativa (sin condensación)	80%
Temperatura de trabajo	Tª clase D: Media diaria: 45 °C, media anual: 35 °C, máxima: 55 °C, mínima: -50 °C

##### Circuito de medida de corriente

Sobrecarga permanente	1,3 In
Relación de transformación	In/5 A

##### Normas

Seguridad eléctrica, Altitud máx. (m)	1000 máx. (para altitud mayor prever siempre ventilación forzada)
Normas	IEC 60831-1, IEC 61921, IEC 60439

##### Prestaciones

Componentes	Regulador energía reactiva, Computer C Wi-Fi, con indicación digital y 6 ó 12 salidas de relé según tipo.
Opcional	Interruptor manual en cabecera de batería. Interruptor automático en cabecera de batería. Interruptor automático + protección diferencial en cabecera de batería. Unidad de ventilación forzada + termostato. Placa de policarbonato contra contactos directos. Autotransformador 400/230 V (incluido en OPTIM 8, 9, 8L, 14L, y 16L). Regulador con Analizador de redes incorporado y medida trifásica

# BIBLIOGRAFÍA

- AENOR. (Junio de 2005). UNE 94002, Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria.
- Agencia Estatal de Meteorología. (2023). *AEMET. Gobierno de España*. Obtenido de <https://www.aemet.es/es/serviciosclimaticos/datosclimatologicos/valoresclimatologicos?l=8416&k=undefined>
- Blog Maeswell*. (31 de Agosto de 2018). Obtenido de <https://app.maeswell.com/2018/08/deshumectacion-del-aire-piscinas-cubiertas/>
- BOE. (18 de Septiembre de 2002). *Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2002/BOE-A-2002-18099-consolidado.pdf>
- BOE. (29 de agosto de 2007). *Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-15820-consolidado.pdf>
- BOE. (18 de septiembre de 2007). *Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2007/BOE-A-2007-16478-consolidado.pdf>
- BOE. (11 de octubre de 2013). *Real Decreto 742/2013, de 27 de septiembre, por el que se establecen los criterios técnico-sanitarios de las piscinas*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-10580-consolidado.pdf>
- BOE. (22 de junio de 2022). *Real Decreto 487/2022, de 21 de junio, por el que se establecen los requisitos sanitarios para la prevención y el control de la legionelosis. España*. Obtenido de <https://boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-10297-consolidado.pdf>
- D.O.G.V. (22 de Junio de 2018). *DECRETO 85/2018, de 22 de junio, del Consell, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios aplicables a las piscinas de uso público*. Obtenido de [https://dogv.gva.es/datos/2018/07/04/pdf/2018\\_6541.pdf](https://dogv.gva.es/datos/2018/07/04/pdf/2018_6541.pdf)
- Eva M<sup>º</sup> Albarracín, J. S. (2007). Ahorro de energía en piscinas cubiertas. *El instalador*, 16-28.
- F Zuchari, A. S. (2017). Energy Analysis of swimming pools for sports activities: cost effective solutions for efficiency improvement. *Energy Procedia*, 123-130.
- IDAE. (2009). *Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Aisladas de red*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Obtenido de

<https://www.idae.es/index.php/publicaciones/instalaciones-de-energia-solar-fotovoltaica-pliego-de-condiciones-tecnicas-de-0>

Lumelco. (2015). *Catálogo Aerotermia Q-Ton* .

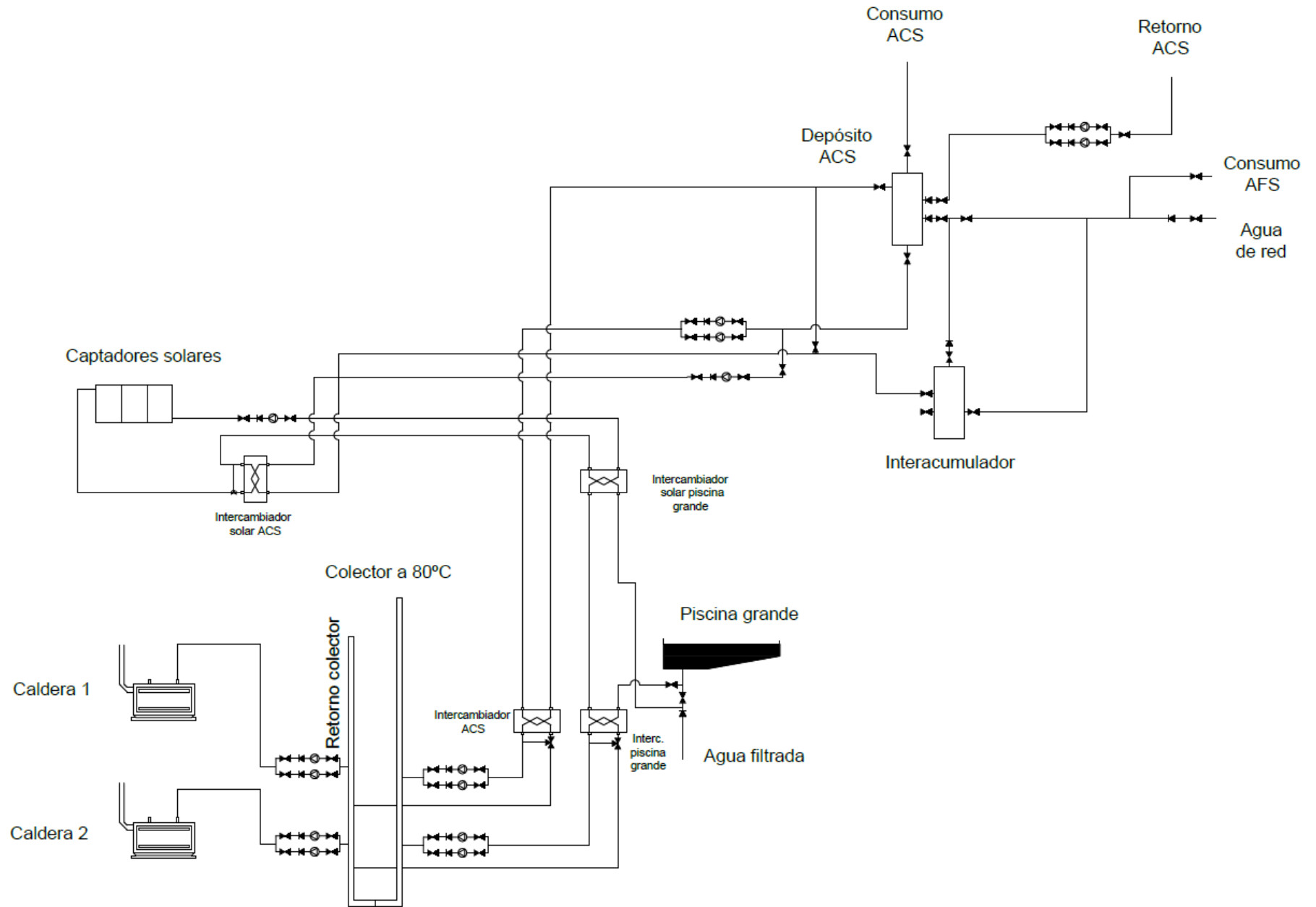
Millán, J. A. (24 de julio de 2023). *Curso interactivo de física en Internet de Gipuzkoako Campusa*. Obtenido de <http://www.sc.ehu.es/nmwmigaj/CartaPsy.htm>

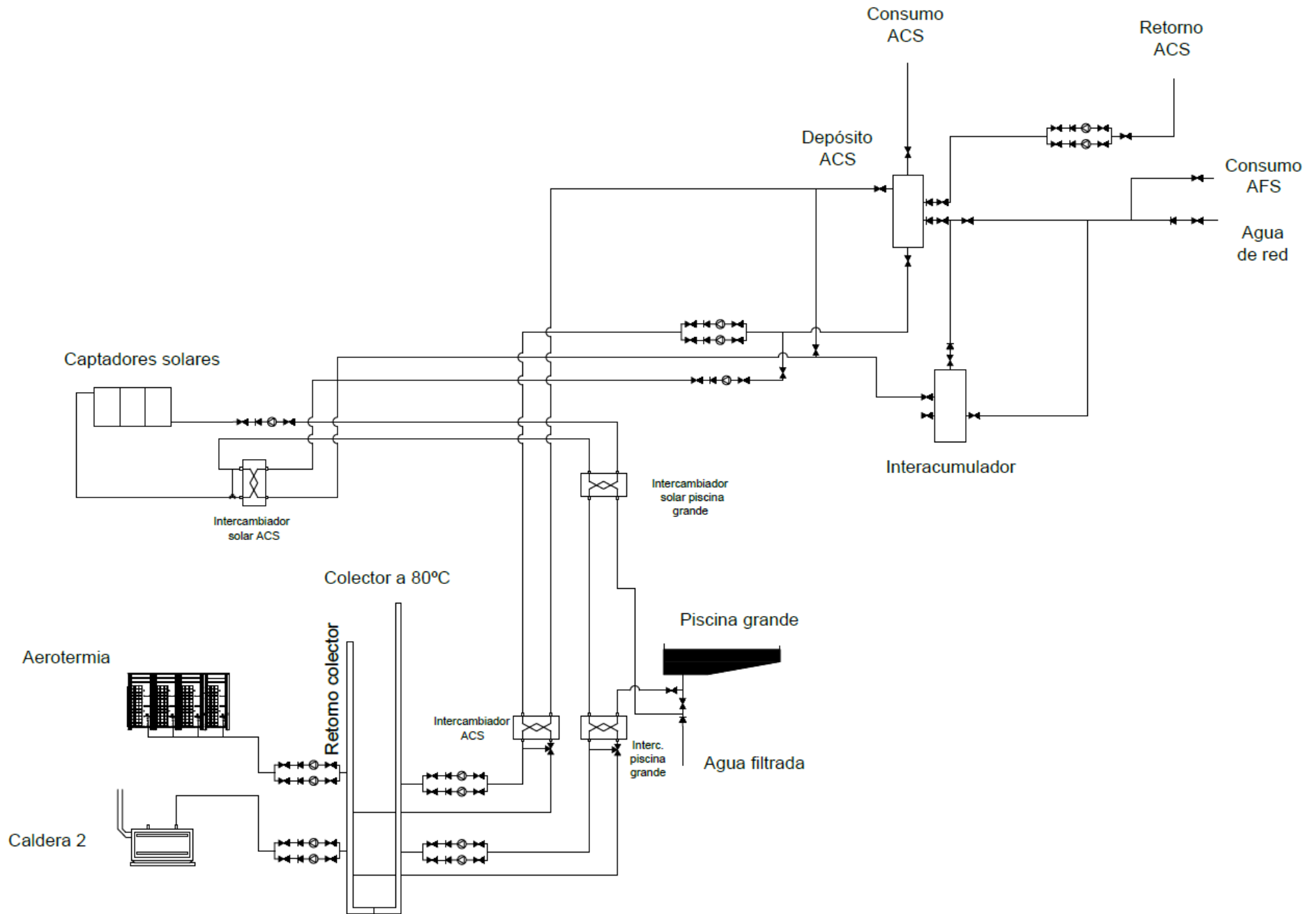
Ministerio de Cultura y Deporte. (2005). *Normativa sobre Instalaciones Deportivas y para el Esparcimiento*. Obtenido de [https://www.csd.gob.es/sites/default/files/media/files/2018-10/pc\\_piscinas\\_cubiertas.pdf](https://www.csd.gob.es/sites/default/files/media/files/2018-10/pc_piscinas_cubiertas.pdf)

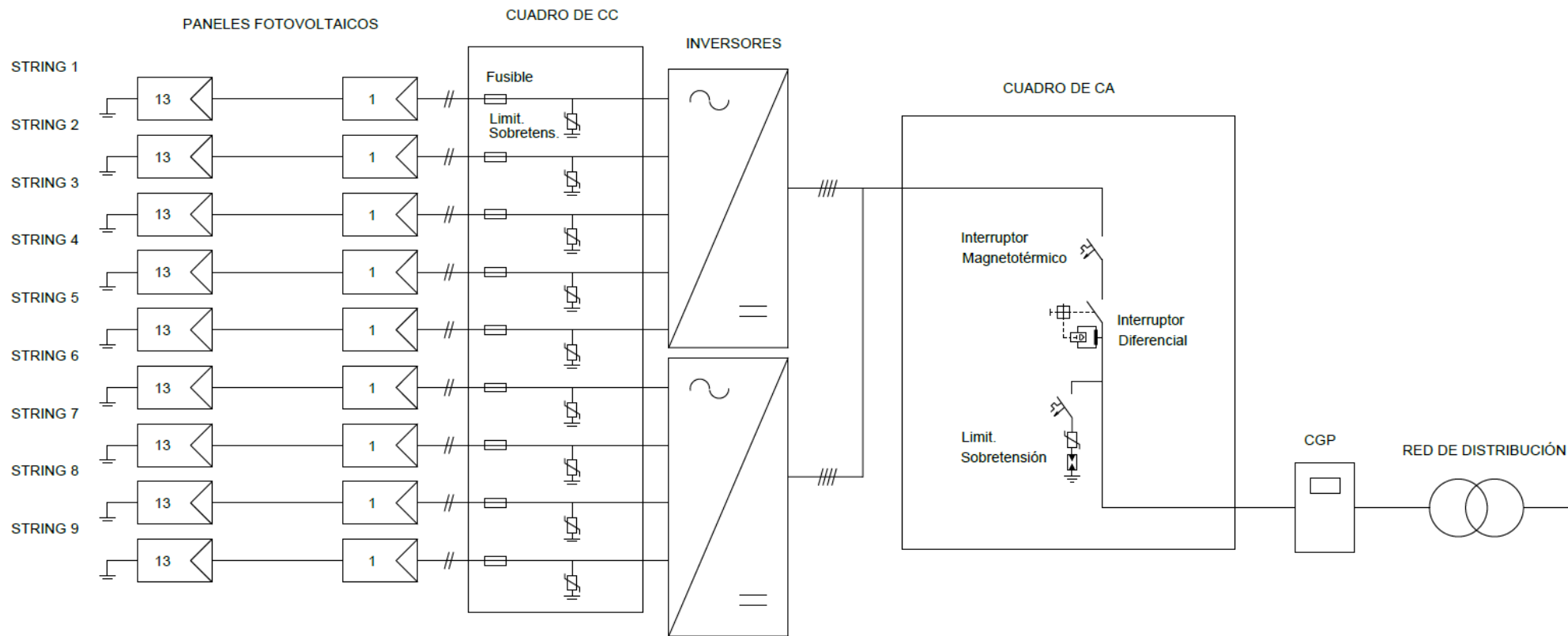
Ministerio de Fomento. (2019). *Documento básico HE*. Obtenido de <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>



# PLANOS







# ANEXO

### 1.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Grado en que se relaciona el trabajo realizado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Objetivos de Desarrollo Sostenibles		Alto	Medio	Bajo	No procede
<b>ODS 1</b>	Fin de la pobreza			X	
<b>ODS 2</b>	Hambre cero			X	
<b>ODS 3</b>	Salud y bienestar	X			
<b>ODS 4</b>	Educación de calidad	X			
<b>ODS 5</b>	Igualdad de género				X
<b>ODS 6</b>	Agua limpia y saneamiento	X			
<b>ODS 7</b>	Energía asequible y no contaminante	X			
<b>ODS 8</b>	Trabajo decente y crecimiento económico		X		
<b>ODS 9</b>	Industria, innovación e infraestructuras	X			
<b>ODS 10</b>	Reducción de las desigualdades			X	
<b>ODS 11</b>	Ciudades y comunidades sostenibles	X			
<b>ODS 12</b>	Producción y consumo responsables	X			
<b>ODS 13</b>	Acción por el clima	X			
<b>ODS 14</b>	Vida submarina			X	
<b>ODS 15</b>	Vida de ecosistemas terrestres			X	
<b>ODS 16</b>	Paz, justicia e instituciones sólidas				X
<b>ODS 17</b>	Alianzas para lograr objetivos			X	