



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR INGENIEROS  
INDUSTRIALES VALENCIA

**Curso Académico:**

## ÍNDICE GENERAL:

### Memoria

1. Memoria descriptiva
2. Conclusión
3. Anejos



DOCUMENTO 1 MEMORIA

## **Índice Memoria**

1. Objetivos .....	9
2. Justificación.....	9
3. Evolución histórica.....	10
3.1 Evolución de la dependencia energética .....	10
3.2 Evolución del consumo en España .....	12
3.3 Evolución de la Intensidad Energética .....	13
3.4 Evolución del consumo de energía en edificios de uso terciario .....	14
4. Situación Actual.....	15
4.1 Contexto energético en España y la Unión Europea.....	15
4.2 Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020.....	16
4.3 Cogeneración .....	19
5. Características iniciales del edificio .....	21
5.1. Características climatológicas .....	21
5.2 Situación y Orientación .....	22
5.3 Distribución del edificio.....	22
5.4 Características de la envolvente.....	24
6. Caracterización de la demanda energética .....	24
6.1 Determinación del consumo térmico.....	27
6.1.1 Pérdidas de calor por evaporación del agua de las piscinas .....	29
6.1.2 Pérdidas de calor por acondicionamiento del aire de las piscinas.....	33
6.1.3 Pérdidas de calor por renovación del agua de las piscinas.....	38
6.1.4 Pérdidas de calor por radiación.....	40
6.1.5 Pérdidas de calor por convección .....	40
6.1.6 Pérdidas de calor por transmisión .....	41
6.1.7 Pérdidas por puesta a régimen de las piscinas .....	42
6.1.8 Consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS) .....	42
6.1.9 Pérdidas de calor por renovación del aire de los vestuarios .....	44
6.2 Determinación del consumo eléctrico .....	46
6.2.1 Consumo de las deshumectadoras-enfriadoras.....	47
6.2.2 Consumo de los ventiladores de las deshumectadoras .....	49
6.2.3 Consumo por renovación del aire de los vestuarios .....	51
6.2.4 Consumo de las bombas.....	52

6.2.5 Consumo de iluminación.....	53
6.3 Balance energético .....	53
6.3.1 Consumo térmico .....	53
6.3.2 Consumo eléctrico .....	60
7. Valoración del equipo actual.....	66
8. Propuestas de mejora.....	69
8.1 Valoración del equipo propuesto.....	70
8.2 Valoración del uso de baterías .....	71
8.3 Valoración de otras posibles mejoras del recinto.....	72

## **Índice de figuras**

Figura 1. Evolución de la dependencia energética (Metodología Eurostat)..pág.	11
Figura 2. Evolución de la Producción Interior de Energía y del Grado de Autoabastecimiento.....pág.	11
Figura 3. Evolución del consumo de Energía Primaria.....pág.	12
Figura 4. Evolución del consumo de Energía Final por sectores.....pág.	13
Figura 5. Evolución intensidad energética primaria en España y la UE15....pág.	13
Figura 6. Evolución anual de la intensidad final del sector servicios.....pág.	14
Figura 7. Consumo energético del sector servicios.....pág.	15
Figura 8. Objetivo orientativo de la reducción del consumo de Energía Primaria.....pág.	16
Figura 9. Esquema básico de cogeneración.....pág.	17
Figura 10. Esquema de pérdidas de calor en el vaso de la Piscina Polivalente.....pág.	28
Figura 11. Esquema de pérdidas de calor en el vaso de la Piscina de Enseñanza.....pág.	28
Figura 12. Diagrama Psicrométrico del Aire Seco.....pág.	28
Figura 13. Evolución anual de la Demanda Térmica provocada en la Piscina Polivalente.....pág.	55
Figura 14. Porcentaje de Pérdidas de Calor anuales previstas en la Piscina Polivalente.....pág.	56
Figura 15. Evolución anual de la Demanda Térmica en la Piscina de Enseñanza.....pág.	57
Figura 16. Porcentaje de Pérdidas de Calor anuales previstas en la Piscina de Enseñanza.....pág.	57
Figura 17. Evolución anual de la Demanda Térmica existente en todo el Recinto Deportivo.....pág.	59
Figura 18. Porcentaje de Pérdidas de Calor anuales previstas en todo el Recinto Deportivo.....pág.	60
Figura 19. Evolución anual del Consumo Eléctrico esperado en equipos de la Piscina Polivalente.....pág.	61
Figura 20. Distribución del Consumo Eléctrico de los equipos existentes en la Piscina Polivalente.....pág.	62
Figura 21. Evolución anual del Consumo Eléctrico en equipos de la Piscina de Enseñanza.....pág.	63
Figura 22. Distribución del Consumo Eléctrico de los equipos existentes en la Piscina de Enseñanza.....pág.	64
Figura 23. Evolución anual del Consumo Eléctrico en todo el Recinto.....pág.	65
Figura 24. Reparto porcentual de los Consumos Eléctricos anuales del Recinto Deportivo.....pág.	66
Figura 25. Curva de Demanda Térmica Acumulada del Recinto Deportivo..pág.	67

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Dependencia energética de los países miembros de la UE.....	pág. 10
Tabla 2. Valores Climatológicos de Valencia.....	pág. 21
Tabla 3. Datos geográficos del edificio.....	pág. 22
Tabla 4. Superficies del edificio.....	pág. 23
Tabla 5. Horario de apertura y ocupación de las piscinas y las salas.....	pág. 25
Tabla 6. Horas de distribución semanales de los bañistas en las piscinas.....	pág. 25
Tabla 7. Condiciones de confort en Piscinas Climatizadas según ITE 1 del RITE.....	pág. 26
Tabla 8. Pérdidas de calor producidas por la evaporación del agua de la Piscina Polivalente.....	pág. 32
Tabla 9. Pérdidas de calor producidas por la evaporación del agua de la Piscina de Enseñanza.....	pág. 32
Tabla 10. Pérdidas mensuales de calor producidas por la Evaporación del agua de las Piscinas.....	pág. 32
Tabla 11. Pérdidas de calor en los Cerramientos de la Piscina Polivalente...	pág. 35
Tabla 12. Pérdidas de calor en los Cerramientos de la Piscina de Enseñanza.....	pág. 36
Tabla 13. Pérdidas de calor motivadas por la Renovación del Aire de la Piscina Polivalente.....	pág. 37
Tabla 14. Pérdidas de calor motivadas por la Renovación del Aire de la Piscina de Enseñanza.....	pág. 38
Tabla 15. Pérdidas de calor por Renovación del Agua de la Piscina Polivalente.....	pág. 40
Tabla 16. Pérdidas de calor por la Renovación del Agua de la Piscina de Enseñanza.....	pág. 40
Tabla 17. Pérdidas de calor por Transmisión de los vasos de las piscinas del Recinto Deportivo.....	pág. 41
Tabla 18. Pérdidas de calor por Puesta a Régimen de los vasos de las piscinas del Recinto Deportivo.....	pág. 42
Tabla 19. Demanda de referencia de ACS para distintos criterios de demanda.....	pág. 43
Tabla 20. Demanda de ACS para el total de usos existentes en el Recinto Deportivo.....	pág. 44
Tabla 21. Horario de apertura y ocupación de Vestuarios, Gimnasio y Spinning.....	pág. 45
Tabla 22. Pérdidas de calor por Renovación del Aire de Vestuarios, en función de la ocupación.....	pág. 46
Tabla 23. Pérdidas de calor mensuales por Renovación del Aire de Vestuarios.....	pág. 46
Tabla 24. Consumo Eléctrico de la Deshumectadora de la Piscina Polivalente.....	pág. 48
Tabla 25. Consumo Eléctrico de la Deshumectadora de la Piscina de Enseñanza.....	pág. 49
Tabla 26. Consumo Eléctrico de los ventiladores de la deshumectadora de la Piscina Polivalente.....	pág. 50

Tabal 27. Consumo Eléctrico de los ventiladores de la deshumectadora de la Piscina de Enseñanza.....	pág. 50
Tabla 28. Consumo Eléctrico en función de la ocupación por renovación del aire de los Vestuarios.....	pág. 51
Tabla 29. Consumo Eléctrico mensual por renovación del aire de los Vestuarios.....	pág. 51
Tabla 30. Consumo Eléctrico del uso de grupos de bombeo.....	pág. 52
Tabla 31. Consumo Eléctrico por Iluminación Interior y Exterior del Recinto.....	pág. 53
Tabla 32. Pérdidas de calor anuales experimentadas en la Piscina Polivalente.....	pág. 54
Tabla 33. Pérdidas de calor anuales experimentadas en la Piscina de Enseñanza.....	pág. 56
Tabla 34. Pérdidas de calor anuales existentes en todo el Recinto Deportivo.....	pág. 58
Tabla 35. Consumo Eléctrico de los equipos existentes en la Piscina Polivalente.....	pág. 61
Tabla 36. Consumo Eléctrico de los equipos existentes en la Piscina de Enseñanza.....	pág. 63
Tabla 37. Consumos Eléctricos anuales existentes en el Recinto Deportivo.....	pág. 65
Tabla 38. Resumen de Consumos de Gas Natural y Generación Eléctrica del Equipo de Microgeneración Actual.....	pág. 68
Tabla 39. Resumen de Consumos de Gas Natural y Generación Eléctrica del Equipo de Microgeneración Propuesto.....	pág. 70
Tabla 40. Comparativa en el uso de manta térmica en piscinas cubiertas respecto a la pérdida o ganancia de temperatura.....	pág. 72

## 1. Objetivos

El objetivo principal de este Trabajo Final de Grado es el análisis del comportamiento de un **recinto deportivo situado en Puebla de Farnals** (Valencia), y proponer y analizar posibles mejoras para optimizar el consumo energético del edificio sin afectar a su confort.

Para cumplir estos objetivos, se marcan varios objetivos que pasaran a ser las fases del trabajo.

En primer lugar, se procede a la recogida y análisis de los datos del edificio necesarios para el estudio:

- Memorias, planos, mediciones y presupuestos de los proyectos de obra e instalaciones.
- Facturas de consumo energético.
- Horarios de uso y ocupación.
- Datos climatológicos locales.
- Relación de maquinas y equipos que suponen un consumo energético.
- Otros aspectos que puedan ser necesarios.

Posteriormente se valoraran los efectos de las mejoras propuestas mediante una comparación entre el consumo y las condiciones previas y las causadas por las mejoras implementadas.

## 2. Justificación

En la actualidad, la energía es indispensable en nuestro día a día, sin ella la civilización humana actual no sería posible. Cada vez es necesaria una mayor cantidad de energía, debido a diversos factores (aumento de población, incremento sector industrial en países subdesarrollados, etc.) lo que obliga al desarrollo de nuevas formas de generar energía, así como promover un uso racional y eficiente de la misma. Para concienciar a la población, es imprescindible que este uso racional de la energía no implique un sacrificio del nivel de confort.

Debido a estos factores y a la necesidad de reducir el impacto ambiental, la optimización energética ha ido ganando importancia en todo el mundo. En España, el Código Técnico de Edificación incluye un **Documento Básico referido al ahorro de energía (DB HE)**, siendo su última revisión del año 2013. Este Documento Básico “tiene por objeto básico establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir el requisito básico de ahorro de energía.”.

A nivel europeo, la UE ha impulsado la **Directiva de Eficiencia Energética en Edificios** (EPBD: Energy Performance of Buildings Directive) con la que se pretende lograr que, para 2020, todos los edificios pasen a ser **“Edificios de Consumo Energético Casi Nulo”** consumiendo poca energía, siendo parte de la misma procedente de energías renovables (placas fotovoltaicas, sistemas solares térmicos, energía eólica, biomasa, geotermia, etc.) generadas in situ o en el entorno, todo esto sin afectar al confort y a la salud de los ocupantes.

Debido a todo esto, tanto la optimización energética de edificios de nueva construcción como la rehabilitación energética de edificios ya existentes a tomado un papel central en el sector de la edificación.

A nivel personal, la sostenibilidad energética siempre me ha parecido un tema de interés debido a que es un tema de constante actualidad y su estrecha relación con las energías renovables fue una de las razones que me hicieron decidirme por estudiar este grado, ya que me gustaría dedicarme en el futuro a algo relacionado con este tema.

### 3. Evolución histórica

#### 3.1 Evolución de la dependencia energética

Históricamente, España siempre ha sido un país dependiente de las importaciones de productos petrolíferos del exterior, debido principalmente a la carencia de recursos autóctonos, llegando a alcanzar una tasa de dependencia energética del 82% en 2006, en plena burbuja inmobiliaria. A raíz de la crisis económica de 2008, la dependencia ha ido reduciéndose hasta el **70,5% en 2013**.

**TASA DE DEPENDENCIA ENERGÉTICA (\*)**  
(En %)

Países	2013	2008	Países	2013	2008
Malta	104,1	100,0	Hungría	52,3	63,2
Luxemburgo	96,9	97,4	Croacia	52,3	50,8
Chipre	96,4	97,5	Finlandia	48,7	54,2
Irlanda	89,0	90,7	Francia	47,9	50,8
Lituania	78,3	57,8	Eslovenia	47,0	55,1
Bélgica	77,5	80,7	Reino Unido	46,4	26,2
Italia	76,9	85,7	Bulgaria	37,8	51,7
Portugal	73,5	83,4	Suecia	31,6	37,1
<b>ESPAÑA</b>	<b>70,5</b>	<b>81,3</b>	Rep. Checa	27,9	28,0
Alemania	62,7	60,8	Países Bajos	26,0	34,3
Austria	62,3	68,7	Polonia	25,8	30,3
Grecia	62,1	73,3	Rumanía	18,6	28,0
Eslovaquia	59,6	64,3	Dinamarca	12,3	-20,5
Letonia	55,9	58,8	Estonia	11,9	24,7
UE-28	53,2	54,7			

(\*) Importaciones netas divididas por consumo bruto expresado en porcentaje. Una tasa negativa indica que el país es exportador neto de energía. Un valor por encima del 100% se produce cuando las importaciones son mayores que el consumo bruto.

Tabla 1. Dependencia energética de los países miembros de la UE

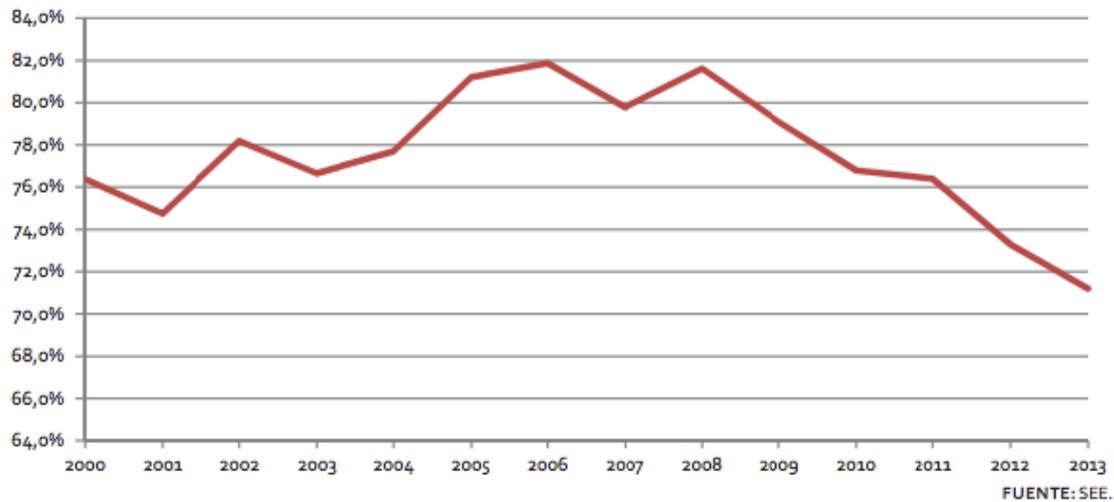


Figura 1. Evolución de la dependencia energética (Metodología Eurostat)

Gracias a las nuevas políticas de planificación en materia de energías renovables y de eficiencia energética, se ha conseguido una mayor penetración de energías renovables en la demanda energética interior, dando lugar a un incremento del grado de autoabastecimiento. En 2013, gracias a la implantación del Plan de Acción Nacional de Energías Renovables 2011-2020 (PANER), España consiguió ser el primer país del mundo donde la energía eólica se convierte en la mayor fuente de energía, cubriendo el 20,9% de la producción nacional de ese año, cubriendo las energías renovables un total del 42,4% de la misma.

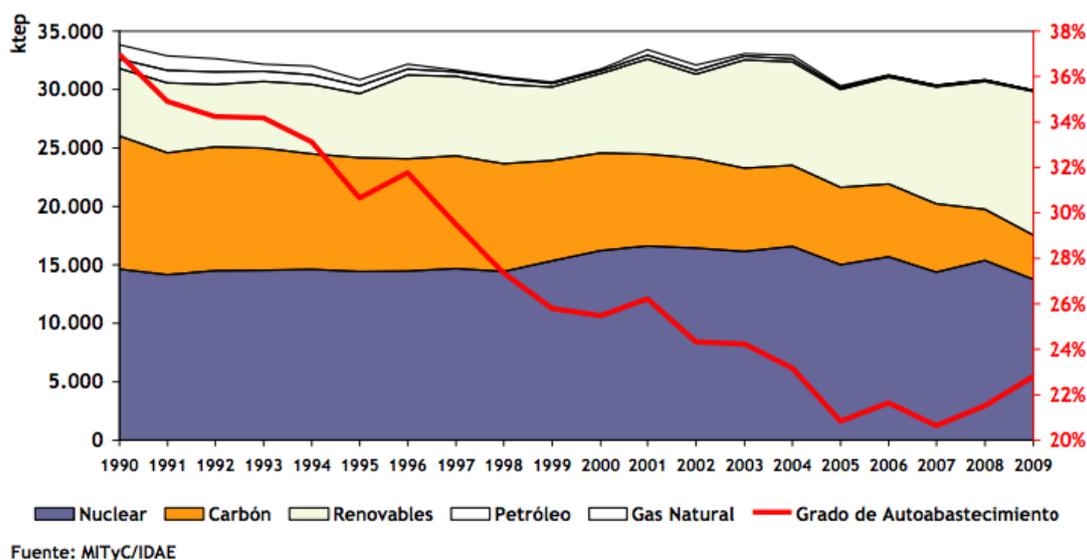
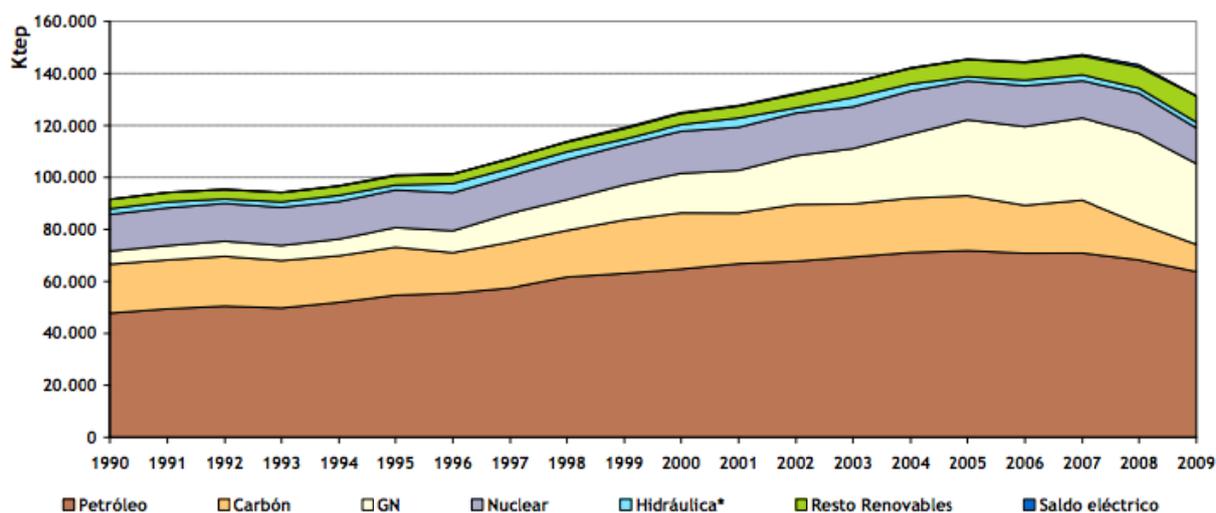


Figura 2. Evolución de la Producción Interior de Energía y del Grado de Autoabastecimiento

### 3.2 Evolución del consumo en España

La demanda energética, tanto en términos de energía primaria como de energía secundaria, ha tenido una tendencia positiva desde la década de los 70, a pesar de haber sufrido el mundo diversas crisis, tanto económicas como energéticas, las cuales han desfavorecido la actividad económica y la demanda de gran parte de los países desarrollados. A principios de los setenta, estos sucesos sirvieron de impulso a los países desarrollados para lanzar políticas que promovían la reducción de la dependencia energética y la mejora de la eficiencia en sus consumos.

En España este cambio se retrasó hasta finales de la década, al mismo tiempo que se iniciaba la expansión económica del país, incrementando de manera notable los ingresos de la población, provocando una mayor cantidad de equipos consumidores de energía y un rápido desarrollo del sector de la construcción, propiciando una fuerte tendencia al alza del consumo.

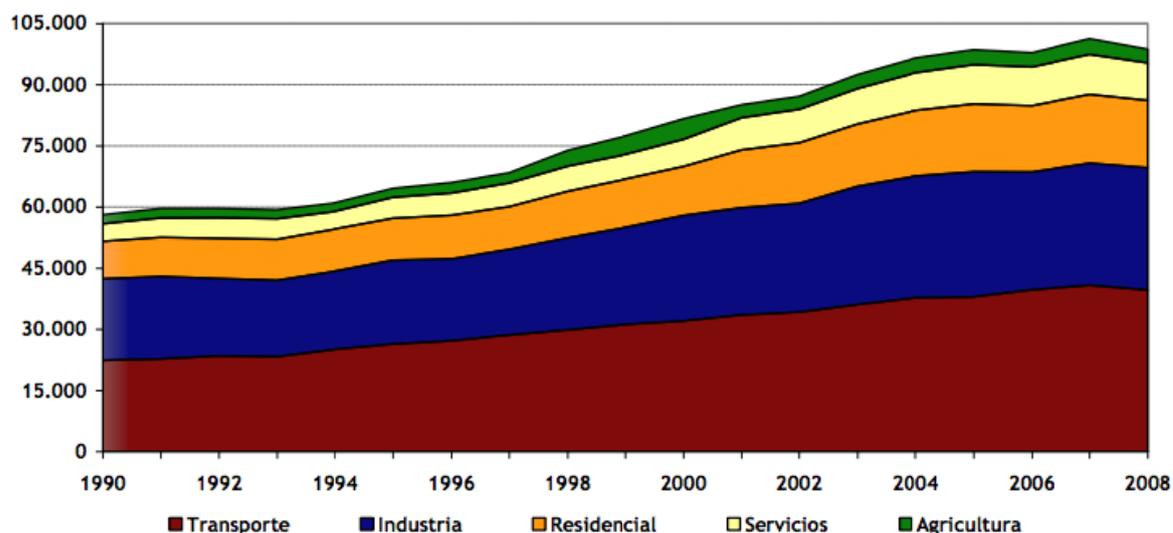


Fuente: MITYC/IDAE  
Incluye Mini Hidráulica

Figura 3. Evolución del consumo de energía primaria

Gracias a la irrupción de las energías renovables y del gas natural en la demanda nacional de energía primaria a partir de la segunda mitad de los 90, se ha ido consiguiendo una diversificación energética gracias a la cual ha mejorado la eficiencia del sistema transformador y se ha iniciado una tendencia, desde 2004, a la estabilización y contracción de la demanda, ocurriendo algo similar con la energía final.

Observando demando sectorial del año 2009, podemos ver que el sector que más consume es el de transportes (40%), en su mayoría productos petrolíferos, lo que explica la dependencia energética actual.

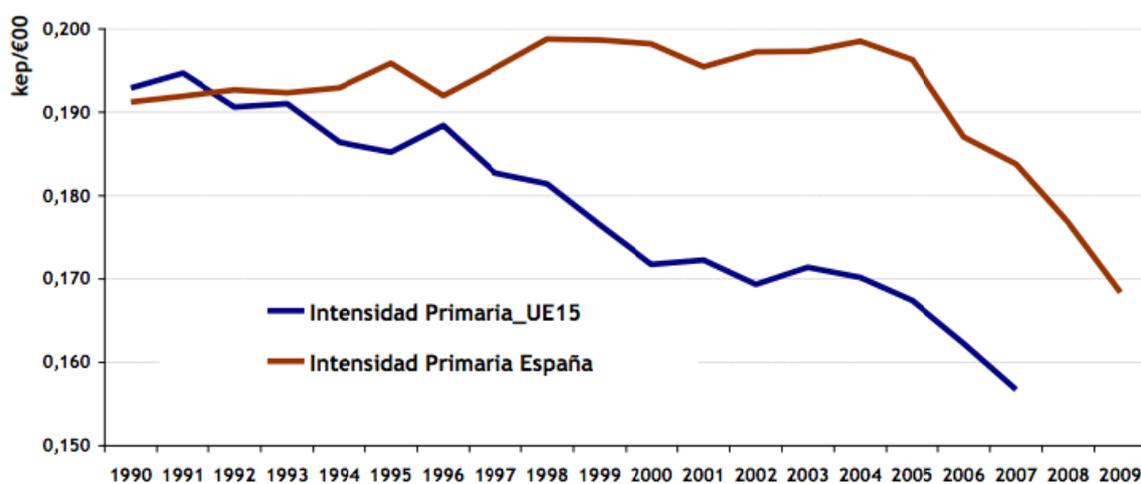


Fuente: MITyC/IDAE

Figura 4. Evolución del consumo de energía final por sectores

### 3.3 Evolución de la Intensidad Energética

A raíz de la crisis energética de 1979, se impulsaron diversas políticas que contribuyeron a la mejora de la intensidad energética<sup>1</sup>, la cual volvió a empeorar a mediados de los 80, iniciando una tendencia negativa que se mantuvo hasta el año 2005, año en el cual es visible una notable mejoría. En la figura 6 es posible ver que, aunque hay diferencia entre la intensidad energética nacional y la europea, empieza a verse en ambas una tendencia a converger.



Fuente: EnR/IDAE

Figura 5. Evolución intensidad energética primaria en España y la UE15

<sup>1</sup> Indicador de la eficiencia energética de una economía. Es la relación entre la consumo energético y el PIB de un país.

### 3.4 Evolución del consumo de energía en edificios de uso terciario

En 2012, el sector de la edificación tuvo un consumo total de 25534ktep (kilo tonelada equivalente de petróleo), **un 30,8% del total**. De esa cantidad, un 18,6% corresponde a los edificios de uso domestico, mientras que los edificios de uso terciario (administrativos, comerciales, hoteles, centros de ocio, centros sanitarios, etc.) necesitaron alrededor del **12,1%** del consumo de energía final nacional, unos 10068 ktep.

Se estima que en 2012 el parque de edificios lo componían unos 10 millones de edificios, ocupando unos 2500 millones de m<sup>2</sup>, de los cuales 400 millones de m<sup>2</sup> correspondientes a edificios de uso terciario, unos 393956 edificios aproximadamente. El consumo de este sector se sitúa por debajo de la media europea, tal como muestra la figura 7.

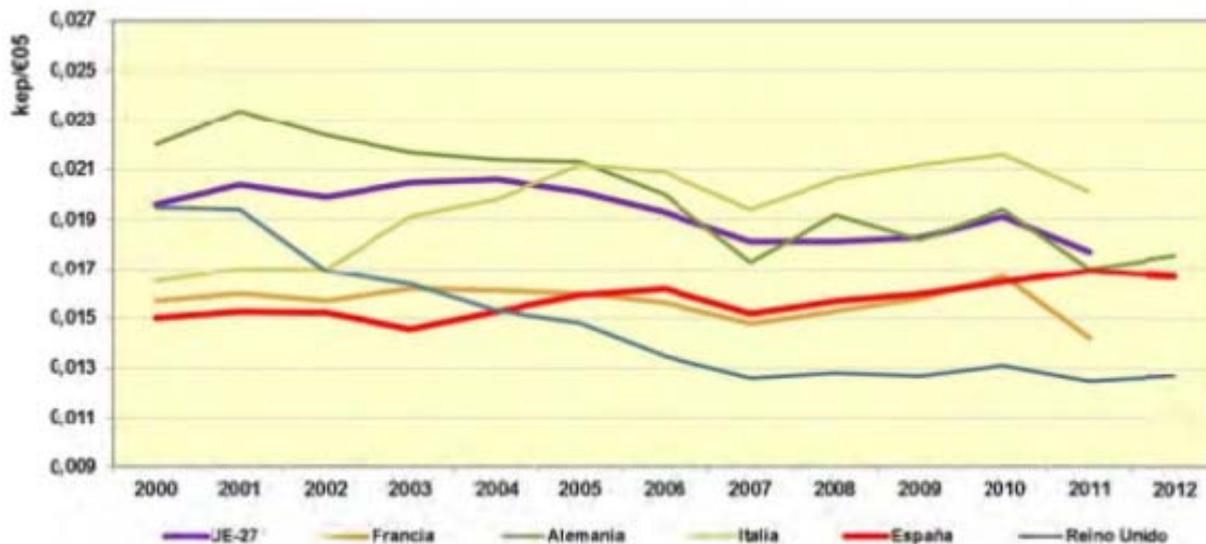


Figura 6. Evolución anual de la intensidad final en el sector servicios

Observando el consumo desglosado de estos edificios, el mayor consumo corresponde a la calefacción (31%), seguido del consumo del aire acondicionado (26,2%), iluminación (22%), equipamiento (17,3%) y por último la producción de agua caliente sanitaria (3,3%).

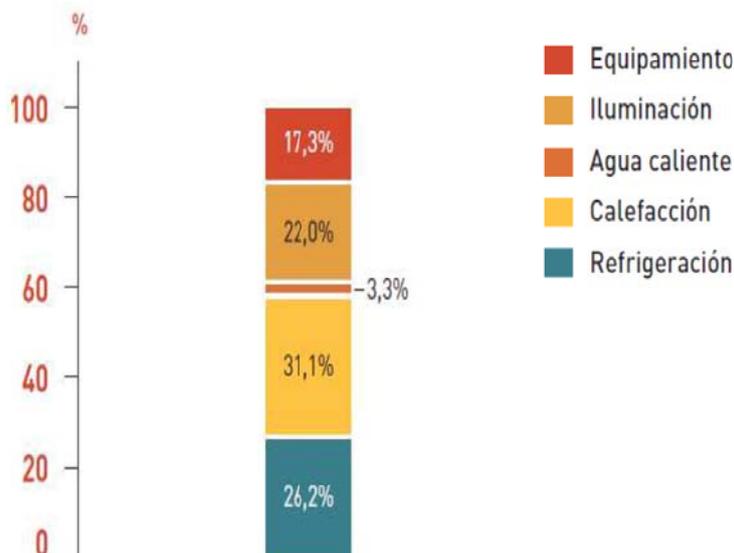


Figura 7. Consumo energético en el sector servicios

## 4. Situación Actual

### 4.1 Contexto energético en España y la Unión Europea

La estructura energética nacional depende fuertemente de los combustibles fósiles, de los que no dispone en el territorio nacional, lo que ha provocado la alta dependencia de las importaciones energéticas de otros países. Las nuevas políticas para el aumento de la producción de energías renovables y las mejoras en la eficiencia energética han permitido que el país se abastezca en un 29,5%, con una continuada tendencia al alza en este factor.

Las recientes caídas del precio del barril de petróleo, las cuales han afectado también al precio del gas, disminuyéndolo, han dado un respiro económico al país. Junto con esto, se siguen aplicando nuevas políticas de mejora de la eficiencia energética, promoviéndolas a toda la población mediante planes como el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables, el segundo Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética, ambos para el periodo 2011-2020, o el más reciente Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020.

A nivel de la Unión Europea, se está impulsando actualmente la iniciativa Europa 2020, con la que se pretende transformar la economía europea a una que sea inteligente, integradora y sostenible, generando altos niveles de empleo, cohesión social y productividad. Los objetivos propuestos en el marco de la sostenibilidad energética, son los siguientes:

- Reducir las **emisiones de gases de efecto invernadero** entre un 20% y un 30% (a niveles menores que los de 1990).
- Incrementar en un 20% la **eficiencia energética**.

- Aumentar la **producción de energías renovables** para que faciliten un 20% de la demanda energética.

#### 4.2 Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020

Este plan surge para relevar al PNAEE de 2011-2020, debido al artículo 24.2 de la Directiva 2012/27/UE, aprobada el 25 de Octubre de 2012,, el cual exige a los países miembros un informe acerca de la situación de los objetivos relacionados con la eficiencia energética cada 3 años.

El objetivo europeo para 2020, derivado del Paquete de Energía y Cambio Climático, presentado el 28 de Enero de 2008, es de reducir un 20% el consumo de energía primaria, conseguir que las energías renovables generen el 20% de la energía necesaria en los países miembros y que las emisiones descieran en un 20%.

El 29 de Julio de 2011 se puso en marcha el primer PNAEE, con el que se establecieron las acciones a tomar para cumplir estos objetivos. En la revisión de 2013, se pudo observar que España ya alcanzaba un 11,2% del objetivo de reducción, mayor que la media europea, quedando demostrado el mayor esfuerzo nacional, ya que manteniendo la tendencia alcanzara una reducción del 25,3%, mientras que la media europea, de seguir la misma tendencia solamente conseguirá un consumo 16,5% menor.

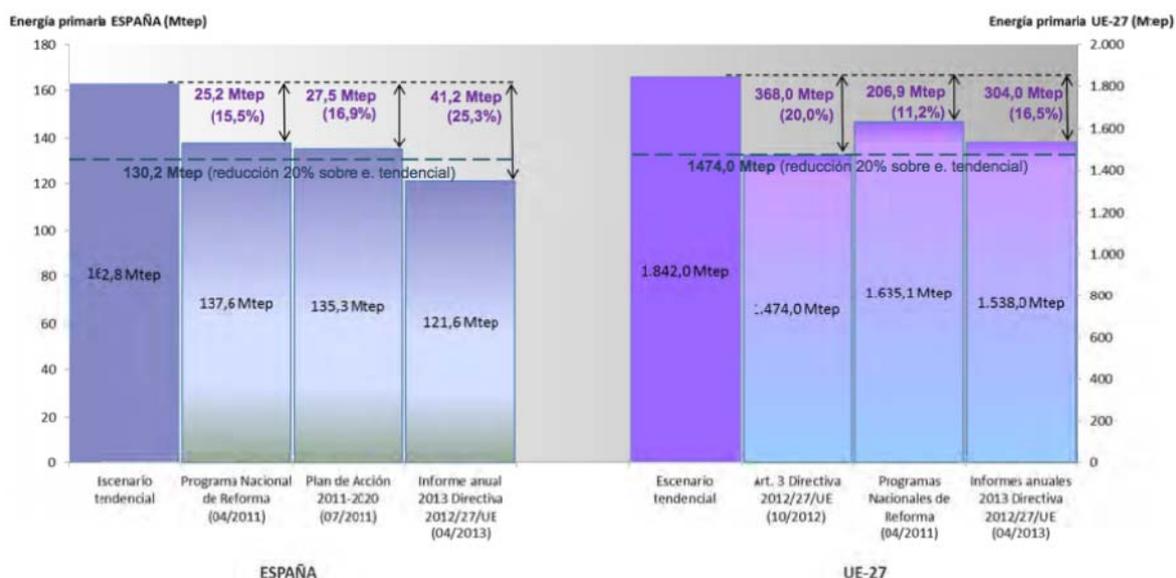


Figura 8. Objetivo orientativo de la reducción del consumo de energía primaria

Respecto al sector Edificación y Equipamiento, se pretende conseguir del un 15,3% de la reducción de consumo total, aplicando mejoras de rehabilitación energética en la envolvente térmica de los edificios, y mejoras de eficiencia energética en las instalaciones térmicas de calefacción, climatización y agua

caliente sanitaria (ACS), iluminación, instalaciones eléctricas, ascensores y otros sistemas de transporte. También se incluye la rehabilitación de edificios con alta calificación energética, nuevas mejoras en las instalaciones de frío industrial y comercial, la renovación de electrodomésticos, y la implantación de sistemas inteligentes (domótica).

Para cumplir el artículo 4 de la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo, el Ministerio de Fomento publicó, en el marco del PNAEE, una “Estrategia Española para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación”, una estrategia a largo plazo ( horizontes temporales en 2020, 2030 y 2050), con el objetivo de movilizar más inversiones destinadas a la renovación de edificios residenciales y comerciales, para así mejora el rendimiento energético del parque inmobiliario.

Las principales medidas que establece la Estrategia para alcanzar sus objetivos son las siguientes:

- Medidas de carácter normativo, para cambiar nuestra legislación a una similar a la europea y a la de países que destaquen en este aspecto , para eliminar los obstáculos, tanto legislativos como económicos; existentes a la hora de acometer esta rehabilitación.
- Medidas administrativas para facilitar y agilizar la gestión de los tramites y las licencias.
- Medidas para mejorar la financiación, garantizando la viabilidad de la operación para así atraer al capital privado y poder, a la larga, disminuir las subvenciones públicas sin perjudicara la completa realización de la rehabilitación.
- Medidas de comunicación, para que la ciudadanía este mejor informada acerca de los beneficios de la Estrategia, sobretudo en lo referente a salud, bienestar y confort, y ahorro en las facturas energéticas.

Otras medidas que se han puesto en marcha para mejorar la eficiencia energética incluyen diversas medidas legislativas como:

- La aprobación del **Código Técnico de la Edificación (CTE)** en el Real Decreto 314/2006, del 17 de Marzo, revisado recientemente por la Orden FOM/1635/2013, del 10 de Septiembre, con la que se han aumentado las exigencias del **Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE)**, aplicable tanto a todo nuevo edificio como a cualquier rehabilitación o ampliación de edificios ya existentes. Este documento básico, compuesto de seis documentos, de los cuales son relativos a la eficiencia energética:
  - **DB HE0** Limitación del consumo energético: En el caso de edificios no privados, se establece una limitación en función de su calificación energética, mediante el indicador de consumo de energía primaria, al que se le exige una calificación mínima de B.

- **DB HE1** Limitación de la demanda energética de calefacción y refrigeración: Establece los aislamientos necesarios en fachadas, cubiertas y huecos.
- **DB HE3** Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación: Indica, en función del uso, los valores de eficiencia energética exigidos a la instalación, así como las obligaciones relacionadas con el control y regulación de la iluminación y con el aprovechamiento de la luz natural, esto último en las zonas perimetrales del edificio.
- El **Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)**, aprobado en el Real Decreto 1027/2007, en el que se regulan los requisitos mínimos de rendimiento en las instalaciones térmicas de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y ventilación.
- El **procedimiento básico para la certificación energética de los edificios**, aprobado en el Real Decreto 235/2013, el cual obliga a poner en disposición de los compradores o usuarios de un edificio un certificado de eficiencia energética con información objetiva acerca de la eficiencia energética del edificio, con el fin de que los propietarios o arrendatarios puedan comprar y evaluar su eficiencia energética.

y otras medidas de apoyo financiero para la rehabilitación energética de edificios como:

- **PAREER: Programa de Ayudas para la Rehabilitación Energética de edificios del sector Residencial** ( uso vivienda y hotelero), cuyo objetivo es aumentar las actuaciones que favorezcan el ahorro energético, el mayor aprovechamiento de las energías renovables y la mejora de la eficiencia energética.
- **Fondo Jessica-FIDAE**, para la rehabilitación de edificios no residenciales.
- **Plan PIMA SOL**, enfocado al sector hotelero.
- **Plan estatal de fomento del alquiler de viviendas, rehabilitación edificatoria y la regeneración y renovación urbana (2013-2016)**, dirigido a edificios de viviendas, con el objetivo de aumentar su eficiencia energética.

Con estas medidas se espera conseguir que, tanto los edificios de nueva construcción como los edificios ya existentes cumplan los objetivos marcados para 2020, con el objetivo final de conseguir edificios de consumo casi nulo.

### 4.3 Cogeneración

La cogeneración se define como la generación combinada de energía calorífica (ya sea en forma de vapor o agua caliente o incluso frío) y electricidad (o en su defecto energía mecánica) en un mismo centro de producción.

La generación conjunta de ambos tipos de energía debe llevar consigo, al menos, el consumo de la energía calorífica en el propio centro de producción o en clientes próximos al mismo, pudiendo la electricidad consumirse in situ o en consumidores próximos, o bien, exportarse a la red.

El fundamento de la alta eficiencia de esta tecnología se basa en que toda producción de electricidad lleva inexorablemente anexa una producción de energía calorífica que si no se utiliza se pierde. Por otro lado, si la energía eléctrica también se consume in situ, se evitan las pérdidas de transporte que se producirían si la energía eléctrica se tuviera que producir de manera centralizada. Los rendimientos conjuntos entre energía térmica y energía eléctrica alcanzan valores próximos al 90% en todas las tecnologías.

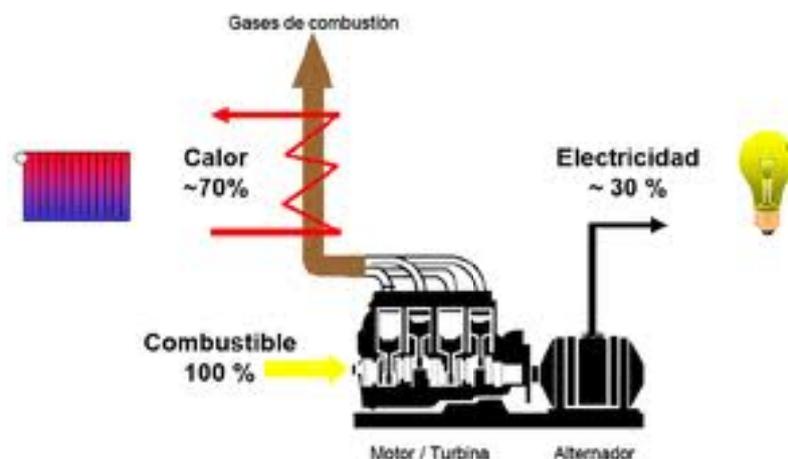


Figura 9. Esquema básico de cogeneración (Fuente: Altare)

Según la directiva 2004/8/CE se denomina cogeneración de pequeña escala a la de potencia eléctrica menor a 1MW eléctrico y microcogeneración cuando la potencia instalada no sobrepasa los 50 kW eléctricos. En el edificio motivo del estudio, se utiliza un sistema de microcogeneración.

Las tecnologías utilizadas en cogeneración y microcogeneración son las mismas independientemente de la potencia instalada, lo que segmenta la potencia instalada eléctrica es el cliente que utiliza la microcogeneración.

En lo relativo a la microcogeneración, existen tres grandes áreas de aplicación:

- Sector Residencial.
- Sector Terciario.
- Edificios Públicos.

Los sistemas de microgeneración están condicionados por la casuística del usuario final, pero, de manera global, presentan las siguientes ventajas e inconvenientes a la hora de utilizarlos como opción energética:

#### Ventajas:

- Ocupan espacios reducidos, permitiendo usar los espacios arquitectónicos para otros fines.
- La modularidad de los equipos permite instalar varios módulos compactos en paralelo para poder ajustarse a las variaciones de la demanda de manera flexible.
- Mejora de la eficiencia energética.
- Dan mayor seguridad e independencia del suministro eléctrico a los usuarios, permitiendo su utilización como equipos electrógenos en casos de emergencia.
- Reporta una alta rentabilidad económica.
- Supone un ahorro de combustible en el balance energético global, con el añadido de que supone una considerable reducción de las emisiones contaminantes globales, al tratarse de una energía limpia.
- Reduce enormemente las pérdidas por transporte de la energía eléctrica.

#### Inconvenientes:

- Requieren una fuerte inversión inicial.
- Al tratarse de instalaciones pequeñas, no aprovecha economías de escala.
- Hay un mayor consumo directo de combustible, con el consecuente riesgo derivado de la tendencia creciente y oscilación continua del precio del mismo.
- Requiere profesionales de mayor cualificación, puesto que las instalaciones son más complejas que los sistemas convencionales.
- Los costes de operación y mantenimiento son considerables, normalmente ligados a las horas de funcionamiento de los equipos de microgeneración.
- Se trata de proyectos con un alto riesgo e incertidumbre debido a los continuos cambios legislativos que rigen su funcionamiento.

- Aumenta el impacto ambiental de la instalación, principalmente a nivel de ruido y emisiones locales.

Los sistemas de microgeneración se pueden clasificar según el orden en que generan energía térmica o eléctrica:

- Ciclo de cabeza o “topping”, en el cual primero se genera energía eléctrica a partir de la energía química de un combustible o de la energía térmica generada y, posteriormente, es el calor residual el que se utiliza para generar la energía térmica. Es el ciclo más utilizado y el que se utiliza en el edificio estudiado.
- Ciclo de cola o “bottoming”, es el inverso al de cabeza, es la energía térmica o calor residual de un proceso el que se utiliza para la producción de energía eléctrica.

## 5. Características iniciales del edificio

### 5.1. Características climatológicas

El clima característico del municipio es el mediterráneo, con inviernos lluviosos y suaves y veranos calurosos y secos, siendo los meses de mayor temperatura Julio y Agosto y los más fríos Diciembre y Enero. La humedad relativa de la zona está comprendida entre el 60 y el 70%, mientras que la precipitación anual es de unos 439 mm, siendo Septiembre y Octubre los meses más lluviosos. La Agencia Estatal de Meteorología proporciona en su web datos climatológicos de años anteriores (1981-2010) de todas las estaciones disponibles, siendo la más cercana Valencia.

Mes	T (°C)	TM (°C)	Tm (°C)	R (mm)	H (%)
<b>Enero</b>	14,65	16,4	7,1	37	64
<b>Febrero</b>	16,52	17,1	7,8	36	64
<b>Marzo</b>	16,25	19,3	9,6	33	63
<b>Abril</b>	17,97	20,8	11,5	38	62
<b>Mayo</b>	19,82	23,4	14,6	39	65
<b>Junio</b>	22,76	27,1	18,6	22	66
<b>Julio</b>	24,77	29,7	21,5	8	67
<b>Agosto</b>	25,2	30,2	21,9	20	68
<b>Septiembre</b>	23,62	27,9	19,1	70	67
<b>Octubre</b>	20,5	24,3	15,2	77	67
<b>Noviembre</b>	17,43	19,8	10,8	47	66
<b>Diciembre</b>	15,03	17	8,1	48	65
<b>Año</b>	19,54	22,8	13,8	475	65

Tabla 2. Valores climatológicos de Valencia

Siendo:

- T Temperatura media mensual/anual
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas
- Tm Media mensual/anual de temperaturas mínimas
- R Precipitación media mensual/anual
- H Humedad relativa media

## 5.2 Situación y Orientación

El edificio estudiado se encuentra en Puebla de Farnals, municipio de la Comunidad Valenciana, perteneciente a la comarca de la Huerta Norte, situada en la provincia de Valencia. Los datos geográficos del municipio son:

<b>Latitud</b>	<b>39°34'39" N</b>
<b>Longitud</b>	<b>0°19'36" O</b>
<b>Altitud (m)</b>	<b>4</b>

Tabla 3. Datos geográficos del edificio.

En cuanto a la orientación, el edificio posee cuatro fachadas con orientaciones dominantes a los cuatro puntos cardinales principales.

## 5.3 Distribución del edificio

Las instalaciones de la Piscina Cubierta Municipal cuentan con una primera zona destinada a Bar Restaurante, conectada con el recinto de la piscina mediante un salón para estancia de los padres. A continuación se encuentra una zona de recepción y control para acceso a piscina, desde donde podemos acceder a:

1. La piscina polivalente de 25,00 m de longitud por 12,50 de ancho, a través de los vestuarios, para realizar la transición de pies secos a pies mojados.

2. La piscina de enseñanza de 10,00 m de longitud por 5,00 m de ancho, a través así mismo de los vestuarios, y a los dos gimnasios, uno destinado a spinning y otro a aparatos, utilizando para su servicio los mismos vestuarios.

Para completar las instalaciones, se cuenta así mismo con las salas de depuración de las piscinas y las de calderas, emplazándose en las cubiertas las instalaciones de climatización y de placas solares para agua caliente sanitaria y calentamiento del agua de piscina.

<b>SUPERFICIES</b>	
<b>Superficie construida</b>	<b>1857,40m<sup>2</sup></b>
<b>Total superficie construida instalaciones piscina</b>	<b>1857,40m<sup>2</sup></b>
<b>Total superficie útil instalaciones piscina</b>	<b>1808,40m<sup>2</sup></b>
<b>BAR RESTAURANTE</b>	
Zona comedor - 1	74,82m <sup>2</sup>
Zona comedor - 2 (Zona estancia padres)	92,12m <sup>2</sup>
Barra	21,40m <sup>2</sup>
Cocina	15,93m <sup>2</sup>
Almacén	6,88m <sup>2</sup>
Despensa	3,97m <sup>2</sup>
Pasillo	2,65m <sup>2</sup>
Aseo Señoras - Adaptado	9,76m <sup>2</sup>
Aseo Caballeros - Adaptado	9,27m <sup>2</sup>
Vestuario Personal	4,13m <sup>2</sup>
Vestíbulo Aseos	6,11m <sup>2</sup>
Terraza	205,74m <sup>2</sup>
<b>Superficie útil BAR RESTAURANTE</b>	<b>452,78m<sup>2</sup></b>
<b>PISCINA CUBIERTA</b>	
Terraza	0,63m <sup>2</sup>
Terraza	0,64m <sup>2</sup>
Vestíbulo piscina	24,12m <sup>2</sup>
Recepción piscina	8,78m <sup>2</sup>
Archivo	7,73m <sup>2</sup>
Vestíbulo vestuario hombres	3,58m <sup>2</sup>
Vestíbulo vestuario mujeres	3,58m <sup>2</sup>
Vestuario hombres - 1	67,59m <sup>2</sup>
Vestuario mujeres - 1	71,03m <sup>2</sup>
<b>PISCINA - 1 (Polivalente)</b>	<b>561,23m<sup>2</sup></b>
Botiquín	4,15m <sup>2</sup>
Sala depuración y maquinas - Semisótano	72,38 m <sup>2</sup>
<b>PISCINA - 2 (Enseñanza)</b>	<b>231,30 m<sup>2</sup></b>
Vestuario hombres - 2	70,31 m <sup>2</sup>
Vestuario mujeres - 2	70,07 m <sup>2</sup>
Vestíbulo vestuarios - 2	7,62 m <sup>2</sup>
Pasillo	57,00 m <sup>2</sup>
Gimnasio - 1 (Spinning)	49,57 m <sup>2</sup>
Gimnasio - 2 (Aparatos)	169,25 m <sup>2</sup>
Sala de caldera	26,39 m <sup>2</sup>
Terraza	0,99 m <sup>2</sup>
Terraza	0,99 m <sup>2</sup>
Sala de climatización - Planta 1 <sup>a</sup>	23,21 m <sup>2</sup>
Almacén productos químicos - Planta 1 <sup>a</sup>	26,21 m <sup>2</sup>
C.G.P.	3,01 m <sup>2</sup>
<b>Superficie útil PISCINA CUBIERTA</b>	<b>1561,36 m<sup>2</sup></b>

Tabla 4. Superficies del edificio.

## 5.4 Características de la envolvente

El sistema estructural del edificio es de dos tipos:

1. Estructura de hormigón armado en el bar restaurante, los vestuarios y los gimnasios.
2. Estructura a base de pilares de hormigón con entrevigado de madera laminada con luces de más de 12 metros y cubrición con panel de sándwich, con lucernarios de policarbonato con cámara, en las dos piscinas.

La carpintería exterior está realizada con aluminio lacado color blanco, con vidrios laminados 3+3, cámara, y 3+3, para aumentar la seguridad. La carpintería interior es de aluminio en los vestuarios, mientras que en el resto de estancias es de tablero aglomerado canteado visto en E, chapado con tablero de fibras, acabado con melanina color crema.

El revestimiento de los paramentos verticales de vestuarios y aseos es de azulejo cerámico hasta el falso techo, y el resto de salas van revestidas de un guarnecido de yeso, teniendo de acabado pintura plástica con textura lisa.

El solado de los gimnasios está compuesto de un pavimento laminado de clase 33, mientras que el de vestuarios y aseos es de baldosas cerámicas de gres porcelánico tipo 3, y el del resto de estancias de tipo 2 y tipo 1.

La tabiquería de los vestuarios esta realizada con ladrillo hueco del 7, hasta el techo en las divisiones principales, y hasta alcanzar la altura de la puerta en la zona de aseos y duchas, para facilitar la ventilación. También disponen de falso techo suspendido del forjado.

## 6. Caracterización de la demanda energética

Para conocer y comprender la demanda energética del recinto, es imprescindible conocer el calendario de apertura y ocupación del mismo durante el año,

Horario	Lunes a Viernes				Sábado				Domingo			
	Npers poliv.	Npers ense.	Npers gim.	Npers spin.	Npers poliv.	Npers ense.	Npers gim.	Npers spin.	Npers poliv.	Npers ense.	Npers gim.	Npers spin.
7:00-8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00-9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00-10:00	45	0	35	20	50	0	30	15	30	0	0	0
10:00-11:00	45	0	35	20	50	0	30	15	30	0	0	0
11:00-12:00	45	0	35	20	50	0	30	15	30	0	0	0
12:00-13:00	45	0	35	20	50	0	30	15	30	0	0	0
13:00-14:00	50	15	30	15	50	0	30	15	30	0	0	0
14:00-15:00	50	15	30	15								
15:00-16:00	50	15	30	15								
16:00-17:00	50	15	30	15								
17:00-18:00	65	25	50	25								
18:00-19:00	65	25	50	25								
19:00-20:00	65	25	50	25								
20:00-21:00	65	25	50	25								
21:00-22:00	65	25	50	25								
22:00-23:00	0	0	0	0								

Tabla 5. Horario de apertura y ocupación de las piscinas y las salas.

El horario de apertura de las piscinas es intensivo, abriendo de Lunes a Viernes de 7:00 a 22:30 y, los Sábados y Domingos, de 9:00 a 14:00, tratándose de unas piscinas con mucha actividad y que, por tanto, tiene un horario de funcionamiento aproximado de unas 8000 horas al año. La ocupación media horaria de ambas piscinas varía entre las 30-90 personas/hora, con lo que se aprecia que el consumo energético será elevado debido al uso de la instalación.

En cuanto a las horas de distribución del número de bañistas a lo largo de la semana en las distintas piscinas (Polivalente y Enseñanza), queda determinada en la siguiente tabla:

N <sub>personas</sub> en piscina	Nº Horas	Nº Horas
	(horas semanales Piscina Polivalente)	(horas semanales Piscina Enseñanza)
0	93	123
15	-	20
25	-	25
30	5	-
45	20	-
50	25	-
65	25	-

Tabla 6. Horas de distribución semanales de los bañistas en las piscinas

En cuanto a la temperatura ambiente del aire, del agua y la humedad ambiental, se usan las establecidas en la ITE 1 del RITE, donde se indica que la temperatura del aire se mantendrá 1°C o 2°C por encima de la temperatura del vaso de la piscina, que se establece dentro del rango de los 24°C – 30°C, asimismo la humedad relativa del recinto se mantendrá siempre por debajo del 65% para evitar condensaciones en los cerramientos, de modo que nuestros valores de confort serán los siguientes:

<b>Condiciones de confort (ITE 1- RITE)</b>	
<b>Temperatura del agua</b>	25°C
<b>Temperatura del aire</b>	27°C
<b>Humedad relativa</b>	65%

Tabla 7. Condiciones de Confort en Piscinas Climatizadas según ITE 1 del RITE

Para poder realizar el estudio energético de la instalación es fundamental entender el funcionamiento de la instalación. La producción de agua caliente se realiza mediante un sistema de microgeneración y el aporte de calderas. El aporte de la microgeneración proviene del agua de refrigeración del motor de combustión que posee el sistema.

La temperatura de impulsión del agua proveniente del sistema de microgeneración esta a una temperatura de 60°C - 70°C y en función de la demanda térmica existente pueden darse dos situaciones:

1. Que el agua impulsada por el sistema de microgeneración se mezcle en un colector de ida con el agua caliente que generan las calderas, de manera que se suministra, desde dicho colector, agua caliente a cada uno de los dispositivos que la necesitan, vasos de las piscinas, ACS y deshumectadoras. El agua está en todo momento en circulación, una vez que se ha suministrado vuelve, más fría, al colector de retorno y se vuelve a repetir el proceso de calentamiento en calderas y con el agua de refrigeración de la microgeneración.
2. En el caso de que se alcance una situación de equilibrio en la situación 1, en la que no exista demanda puntual, el sistema de microgeneración enviara su agua de refrigeración del motor a un deposito de inercia de 5000 litros, previo al acumulador del ACS, actuando como precalentador del mismo.

Estas dos situaciones muestran que el sistema de microgeneración es el sistema de generación térmica prioritario y que tiene unas horas de funcionamiento elevadas, con el fin de reducir los gastos del edificio.

El agua de las piscinas está, en condiciones normales, en recirculación. En el proceso normal de circulación, sin cambios de temperatura, el agua se coge de los rebosaderos y es impulsada con las bombas para volver a introducirla en las piscinas, depurándola en el camino al pasarla por los filtros de depuración. El agua entra en las piscinas por las paredes laterales. En condiciones reales, en las

que el agua tiene pérdidas caloríficas, para mantener el agua de las piscinas a 27°C, se dispone de los intercambiadores, los cuales calientan el agua de las piscinas con agua que proviene del circuito primario, cuando es necesario. La válvula de tres vías es la que nos permite pasar el agua de las piscinas por los intercambiadores antes de introducirla en las piscinas. Se produce una renovación diaria del agua de las piscinas del 5% del volumen total de los vasos que, obligatoriamente por normativa, se ha de llevar a cabo por razones higiénico sanitarias.

Para el ACS se dispone de un acumulador de 4000 litros. Esta agua va destinada a las duchas de los vestuarios. Por razones de salud, el agua debe estar en constante recirculación y a una temperatura de unos 60°C. Para mantener esta temperatura, el agua debe pasar por un intercambiador de calor, donde recibe energía calorífica bien del agua proveniente del colector común del circuito primario o bien del depósito de inercia de precalentamiento proveniente directamente del sistema de microgeneración.

También es necesario climatizar el aire de las piscinas, realizando 5 renovaciones a la hora del mismo, con un aporte del 50% del aire exterior. El aire de las piscinas se deshumecta con las enfriadoras antes de introducirlo otra vez en las piscinas. Para introducir el aire a la temperatura deseada de 27°C es necesario calentarlo con el calor del circuito primario. La renovación del aire debe cumplir dos condiciones:

- Mantener las condiciones higiénicas del recinto (niveles correctos de CO, CO<sub>2</sub>, ozono y partículas solidas).
- Mantener la humedad ambiente en los valores correctos (65%).

Teniendo en cuenta que se han de realizar 5 renovaciones del aire por hora, y que los volúmenes de las piscinas son  $561,23 \text{ m}^2 \times 5,02 \text{ m} = 2820 \text{ m}^3$  para la piscina polivalente y  $231,3 \text{ m}^2 \times 6,22 \text{ m} = 1440 \text{ m}^3$  para la piscina de enseñanza, se necesitara un caudal total de  $4260 \text{ m}^3 \times 5 = 21300 \text{ m}^3/\text{hora}$  (repartido en  $14100 \text{ m}^3$  para la polivalente y  $7200 \text{ m}^3$  para la de enseñanza). De todo el caudal que se introduce en los dos espacios de las piscinas, una parte es aire exterior, mientras que la otra es aire de retorno de la piscina. Cuando ambos caudales entran en el climatizador, se mezclan y, posteriormente, se filtran. Antes de introducir el aire en las piscinas, tiene que pasar por una batería de frío para deshumectarlo para, a continuación, calentarse en la batería de calor, de modo que entre al recinto a la temperatura óptima de confort de 27°C. De los 21300 m<sup>3</sup> de aire de retorno de la piscina, parte se expulsa al exterior y parte vuelve al climatizador para repetir el proceso.

## 6.1 Determinación del consumo térmico

La primera gran consideración que hay que tener en cuenta es que en los recintos con piscinas cubiertas existe una fuerte evaporación y que los ocupantes

tienen un grado de vestimenta muy bajo. Como consecuencia de ello los dos grandes objetivos a cumplir son la obtención de condiciones de confort adecuadas y evitar condensaciones. Para ello, se debe cumplir:

- Disponer de una temperatura y humedad ambiental adecuada.
- Mantener la temperatura del agua del vaso de las piscinas.
- Garantizar el aire de ventilación mínimo higiénico.
- Evitar corrientes de aire en la zona de ocupación y sobre la lamina de agua.
- Evitar que se produzcan condensaciones en los distintos cerramientos como consecuencia de la alta humedad absoluta y relativa del aire ambiente interior.

En las siguientes figuras pueden verse cuales son las pérdidas de calor en el vaso de las piscinas polivalente y de enseñanza:

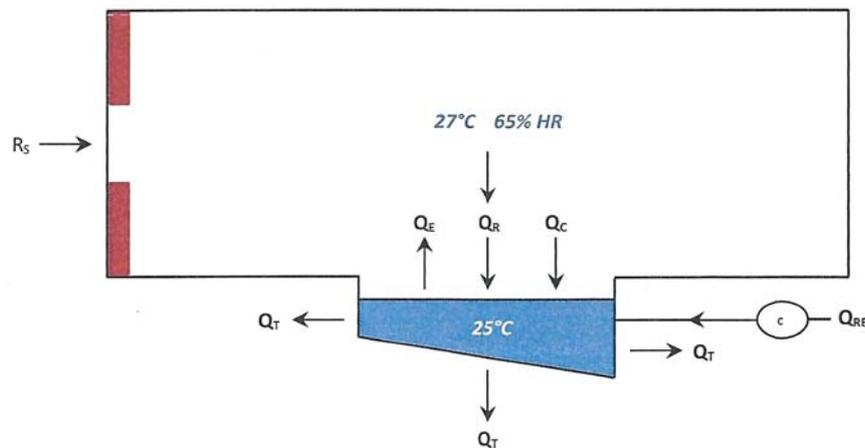


Figura 10. Esquema de pérdidas de calor en el vaso de la Piscina Polivalente (fuente CIATESA)

De la misma manera que sucede en la Piscina de Enseñanza.

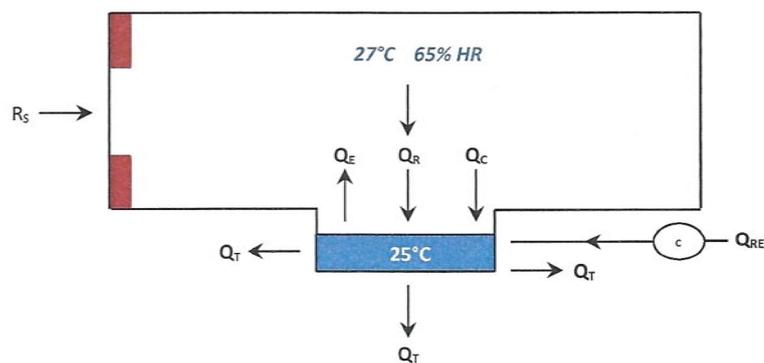


Figura 11. Esquema de pérdidas de calor en el vaso de la Piscina de Enseñanza (fuente CIATESA)

Siendo:

- $Q_E$  Evaporación de agua del vaso.
- $Q_R$  Radiación de calor por diferencia de temperatura.
- $Q_C$  Convección de calor entre agua y aire.
- $Q_{RE}$  Renovación de agua del vaso.

### 6.1.1 Pérdidas de calor por evaporación del agua de las piscinas

La evaporación en la lámina de agua será tanto mayor cuanto mayor sea la ocupación de la piscina, y en especial el número de bañistas, ya que la mayor interacción entre agua y aire en flujo turbulento que se crea como consecuencia del chapoteo, favorece la evaporación. De la misma forma que una elevada velocidad de aire sobre la lámina favorecerá también el fenómeno de la evaporación.

Por otro lado, las chanclas mojadas son elementos que aumentan la evaporación de agua así como el agua que los bañistas se llevan sobre la piel al salir del vaso. Existen dos factores más que suponen un aporte de humedad extra al ambiente y que como tales hay que tener en cuenta a la hora de calcular el incremento de humedad absoluta.

Estos factores son la carga latente (considerada en cualquier cálculo de climatización) de los propios bañistas y la del público en general y, por último, el aire exterior de ventilación, que en algunos casos puede tener más humedad absoluta que el aire ambiente interior, y como consecuencia suponer un aumento de la humedad ambiental, aunque en la mayoría de casos es justo al contrario, ayudando a deshumectar por estar este aire exterior más seco que el interior.

Existen multitud de fórmulas para calcular la cantidad de agua evaporada en función de los factores anteriormente descritos, aunque los resultados obtenidos por las diversas fórmulas pueden ser dispares, pero hay que considerar también que las hipótesis de cálculo respecto al número y tipo de bañistas (profesionales, niños, personas de la tercera edad, etc.) tienen gran importancia en la cantidad de agua evaporada y pueden ser más significativas en cuanto a resultados que la fórmula que escogamos en dicho cálculo.

A continuación se expone una de las más utilizadas, la fórmula de Bernier, la cual contempla la suma de dos términos: piscina sin agitación (coeficiente 16) y la piscina con ocupación (coeficiente 133).

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

Donde:

$M_e$  = masa de agua evaporada (kg/h)

$S$  = superficie de piscina (m<sup>2</sup>)

$W_e$  = humedad absoluta del aire saturado a la temperatura del agua (kg<sub>agua</sub>/kg<sub>aire</sub>)

$W_{as}$  = húmedas absoluta del aire saturado a la temperatura del aire interior (kg<sub>agua</sub>/kg<sub>aire</sub>)

$G_a$  = grado de saturación

$n$  = n<sup>º</sup> de nadadores por m<sup>2</sup> de superficie de lámina de agua

$N$  = n<sup>º</sup> total de ocupantes (espectadores)

Acudiendo al diagrama psicrométrico para determinar el valor de la humedad absoluta del aire saturado en las condiciones en las que vamos a tener nuestras piscinas ( $T^a$  del agua 25°C,  $T^a$  del aire 27°C y Humedad Relativa del 65%).

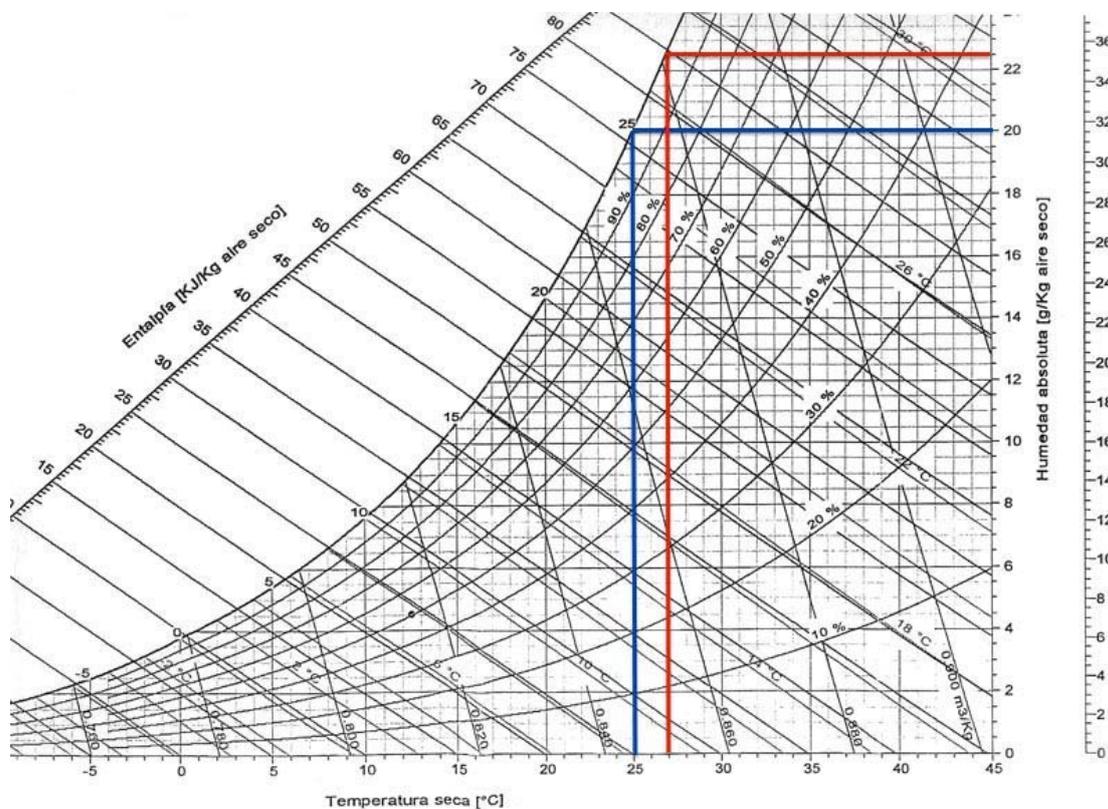


Figura 12. Diagrama Psicrometrico del Aire Seco. (Fuente: FICLAHO)

Observamos que la humedad absoluta del aire saturado a 27°C será de 0,0225kg agua/kg aire seco y de 0,200kg agua/kg aire seco para 25°C, con lo que incorporando estos valores a la fórmula de Benier con la superficie de agua en reposo, obtendremos la cantidad de masa de agua evaporada:

1. Piscina Polivalente ( $S = 25 \times 12,5 = 312,5 \text{ m}^2$ ), en reposo:

$$M_e = 312,5 \times (16) \times (0,0200 - 0,65 \times 0,0255) = 26,9 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

2. Piscina de Enseñanza ( $S = 10 \times 5 = 50 \text{ m}^2$ ), en reposo:

$$M_e = 50 \times [(16) \times (0,0200 - 0,65 \times 0,0255)] = 4,3 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

Seguidamente, se calcula el termino de la formula que atiende al número de bañistas, teniendo en cuenta que, según los valores de la tabla 7 del presente documento, la Piscina Polivalente tiene ocupaciones entre Lunes y Viernes de 45, 50 y 65 bañistas, de 50 los sábados y 30 los domingos, mientras que la Piscina de Enseñanza son de 15 y 25 bañistas entre Lunes y Viernes, con lo que habrá que determinar la evaporación existente en cada caso.

1. Piscina Polivalente:

$$M_e (30) = (133 \times 30) \times (0,0200 - 0,65 \times 0,0255) = 21,45 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

$$M_e (45) = (133 \times 45) \times (0,0200 - 0,65 \times 0,0255) = 32,17 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

$$M_e (50) = (133 \times 50) \times (0,0200 - 0,65 \times 0,0255) = 35,74 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

$$M_e (65) = (133 \times 65) \times (0,0200 - 0,65 \times 0,0255) = 46,47 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

2. Piscina Enseñanza:

$$M_e (15) = (133 \times 15) \times (0,0200 - 0,65 \times 0,0255) = 10,72 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

$$M_e (25) = (133 \times 25) \times (0,0200 - 0,65 \times 0,0255) = 17,87 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

Si además, tenemos en cuenta un número de espectadores o bañistas no activos hasta una ocupación total de 75 personas, y sumando los tres aportes de vapor de agua: lámina en reposo, bañistas y espectadores, tenemos para la Piscina Polivalente las siguientes masas de agua evaporada

$$M_e (30) = 26,9 + 21,45 + 0,1 \times (75-30) = 52,85 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

$$M_e (45) = 26,9 + 32,17 + 0,1 \times (75-45) = 62,07 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

$$M_e (50) = 26,9 + 35,74 + 0,1 \times (75-50) = 65,14 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

$$M_e (65) = 26,9 + 46,47 + 0,1 \times (75-65) = 74,37 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

Considerando una ocupación total de 35 personas en la Piscina de Enseñanza, obtenemos

$$M_e (15) = 4,3 + 10,72 + 0,1 \times (35-15) = 17,02 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

$$M_e (25) = 4,3 + 17,87 + 0,1 \times (35-25) = 23,17 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{hora}$$

Teniendo en cuenta que el calor de evaporación del agua ( $C_v$ ) a una temperatura de 25°C es de 676 Wh / kg, las pérdidas de calor por la evaporación del agua se reflejan en las siguientes tablas:

<b>N<sub>personas</sub></b>	<b>M<sub>e</sub> Agua Evaporada (kg agua / h)</b>	<b>Calor vaporización (Wh / kg agua)</b>	<b>Q<sub>evaporación</sub> diaria (kW)</b>	<b>Horas semanales (h / sem.)</b>	<b>Horas anuales (h / año)</b>	<b>Q<sub>evaporación</sub> agua (kWh / año)</b>
0	26,9	676	18184	93	4433	80616
30	52,85	676	35727	5	238	8515
45	62,07	676	41959	20	953	40004
50	65,14	676	44035	25	1192	52478
65	74,37	676	50274	25	1192	59913
<b>Pérdidas totales</b>						<b>241526 kWh</b>

Tabla 8. Pérdidas de calor producidas por la evaporación del agua de la Piscina Polivalente.

<b>N<sub>personas</sub></b>	<b>M<sub>e</sub> Agua Evaporada (kg agua / h)</b>	<b>Calor vaporización (Wh / kg agua)</b>	<b>Q<sub>evaporación</sub> diaria (kW)</b>	<b>Horas semanales (h / sem.)</b>	<b>Horas anuales (h / año)</b>	<b>Q<sub>evaporación</sub> agua (kWh / año)</b>
0	4,3	676	2907	123	5861	17037
15	17,02	676	11506	20	953	10965
25	23,17	676	15663	25	1192	18659
<b>Pérdidas totales</b>						<b>46661 kWh</b>

Tabla 9. Pérdidas de calor producidas por la evaporación del agua de la Piscina de Enseñanza

A pesar de que el factor de ocupación es fundamental para determinar las pérdidas por evaporación de agua, resulta más práctico, a la hora de poder analizar la gestión de la explotación de este tipo de recintos, contemplar pérdidas de manera mensual, tal y como se recogen en esta tabla:

<b>Mes</b>	<b>Q<sub>evaporación</sub> Polivalente (kWh)</b>	<b>Q<sub>evaporación</sub> Enseñanza (kWh)</b>	<b>Q<sub>evaporación</sub> total (kWh)</b>
Enero	22569	4415	26984
Febrero	20267	3917	24184
Marzo	22423	4323	26746
Abril	21586	4155	25741
Mayo	22653	4421	27074
Junio	21628	4155	25782
Julio	22382	4323	26704
Agosto	-	-	-
Septiembre	21357	4056	25413
Octubre	22653	4421	27074
Noviembre	21858	4253	26110
Diciembre	22152	4224	26376
<b>TOTALES</b>	<b>241526 kWh</b>	<b>46661 kWh</b>	<b>288187 kWh</b>

Tabla 10. Pérdidas mensuales de Calor producidas por la Evaporación del Agua de las Piscinas.

## 6.1.2 Pérdidas de calor por acondicionamiento del aire de las piscinas

### 6.1.2.1 Pérdidas de calor por cerramientos

Los cerramientos que componen el recinto en el que se ubican las piscinas y, en concreto, la superficie que está en contacto con el aire ambiente interior, ejercen de intercambiadores de calor (en un sentido y en el otro) produciéndose, a lo largo del año, unas importantes pérdidas de calor a través del material del que están constituidos dichos cerramientos.

Su expresión de cálculo se obtiene a partir de la ecuación de transferencia de calor por conducción, para el caso unidimensional,

$$Q_{\text{Cerr.}} = K \times S \times (T_{\text{AI}} - T_{\text{AE}}) \times h$$

Donde:

$Q_{\text{Cerr.}}$  = Pérdidas de calor por cerramientos.

$K$  = Coeficiente global de transmisión de calor de la pared ( $\text{W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$ )

$S$  = Superficie del cerramiento ( $\text{m}^2$ )

$T_{\text{AI}}$  = Temperatura del aire interior (K)

$T_{\text{AE}}$  = Temperatura el aire exterior (K)

El coeficiente  $K$  esta referenciado al material con el que está construida cada pared, de modo que el único factor variable en la expresión es el de la temperatura del aire exterior, en consecuencia se utilizaran los 8.760 datos meteorológicos horarios sintéticos generados con CLIMED 1.3 a partir de los datos climáticos del Instituto Nacional de Meteorología, para la provincia de Valencia.

#### 1. Piscina Polivalente:

- Fachada Este:
  - Área:  $155 \text{ m}^2$
  - $K$  (coeficiente global de transmisión de calor):
    - Hormigón (75%) =  $1,3423 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$
    - Vidrio (25%) =  $2,323 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$
- Fachada Oeste:
  - Área:  $147 \text{ m}^2$
  - $K$  (coeficiente global de transmisión de calor):
    - Hormigón (35%) =  $1,3423 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$
    - Vidrio (65%) =  $2,323 \text{ W} / \text{m}^2 \cdot \text{K}$

- Fachada Norte:
  - No se considera puesto que hay un habitáculo adyacente.
- Fachada Sur:
  - Área:  $18 \text{ m}^2$
  - K (coeficiente global de transmisión de calor):
    - Hormigón (90%) =  $1,3423 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$
    - Vidrio (10%) =  $2,323 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$
- Cubierta:
  - Área:  $950 \text{ m}^2$
  - K (coeficiente global de transmisión de calor):
    - Panel prefabricado aislante (75%) =  $0,3162 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$
    - Vidrio (25%) =  $2,323 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$

## 2. Piscina de Enseñanza:

- Fachada Este:
  - Área:  $79 \text{ m}^2$
  - K (coeficiente global de transmisión de calor):
    - Hormigón (70%) =  $1,3423 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$
    - Vidrio (30%) =  $2,323 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$
- Fachada Oeste:
  - Área:  $79 \text{ m}^2$
  - K (coeficiente global de transmisión de calor):
    - Hormigón (60%) =  $1,3423 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$
    - Vidrio (40%) =  $2,323 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$

- Fachadas Norte y Sur:
  - No se consideran relevantes puesto que tienen habitáculos adyacentes.
- Cubierta:
  - Área: 360 m<sup>2</sup>
  - K (coeficiente global de transmisión de calor):
    - Panel prefabricado aislante (75%) = 0,3162 W / m<sup>2</sup> · K
    - Vidrio (25%) = 2,323 W / m<sup>2</sup> · K

En las siguientes tablas se recogen las pérdidas de calor en cerramientos para cada una de las fachadas descritas anteriormente, distinguiendo entre las pérdidas del habitáculo que alberga la Piscina Polivalente y el que ocupa la de Enseñanza.

Mes	K <sub>Horm.</sub> (W / m <sup>2</sup> ·K)	K <sub>Vid.</sub> (W / m <sup>2</sup> ·K)	K <sub>Panel</sub> (W / m <sup>2</sup> ·K)	S <sub>Poli Este</sub> (m <sup>2</sup> )	S <sub>Poli Oeste</sub> (m <sup>2</sup> )	S <sub>Poli Sur</sub> (m <sup>2</sup> )	S <sub>Scub. Poli</sub> (m <sup>2</sup> )	T <sub>AE</sub> (°C)	T <sub>AI</sub> (°C)	Q <sub>CER Este</sub> (kWh)	Q <sub>CER Oeste</sub> (kWh)	Q <sub>CER Sur</sub> (kWh)	Q <sub>CER Cubierta</sub> (kWh)	Q <sub>CER TOTAL</sub> (kWh)
<b>Enero</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	14,65	27	3039	3061	320	9598	16019
<b>Febrero</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	16,52	27	2578	2597	272	8143	13589
<b>Marzo</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	16,25	27	2644	2661	278	8344	13928
<b>Abril</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	17,97	27	2223	2239	234	7022	11718
<b>Mayo</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	19,82	27	1766	1777	186	5573	9302
<b>Junio</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	22,76	27	1043	1050	110	3292	5495
<b>Julio</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	24,77	27	550	553	58	1735	2896
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	23,62	27	832	839	88	2631	4389
<b>Octubre</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	20,5	27	1599	1611	169	5052	8430
<b>Noviembre</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	17,43	27	2355	2373	248	7440	12417
<b>Diciembre</b>	1,3423	2,323	0,3162	155	147	18	950	15,03	27	2946	2962	310	9289	15507
<b>Pérdidas totales</b>													<b>113689 kWh</b>	

Tabla 11. Pérdidas de Calor en los Cerramientos de la Piscina Polivalente

Mes	K <sub>Horm.</sub> (W / m <sup>2</sup> ·K)	K <sub>Vid.</sub> (W / m <sup>2</sup> ·K)	K <sub>Panel</sub> (W / m <sup>2</sup> ·K)	S <sub>Ens Este</sub> (m <sup>2</sup> )	S <sub>Ens Oeste</sub> (m <sup>2</sup> )	S <sub>sub. Ens</sub> (m <sup>2</sup> )	T <sub>AE</sub> (°C)	T <sub>AI</sub> (°C)	Q <sub>CER Este</sub> (kWh)	Q <sub>CER Oeste</sub> (kWh)	Q <sub>CER Cubierta</sub> (kWh)	Q <sub>CER TOTAL</sub> (kWh)
Enero	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	14,65	27	1597	1693	7870	11160
Febrero	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	16,52	27	1355	1436	6677	9467
Marzo	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	16,25	27	1388	1472	6842	9701
Abril	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	17,97	27	1168	1238	5757	8164
Mayo	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	19,82	27	927	983	4570	6480
Junio	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	22,76	27	548	581	2699	3827
Julio	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	24,77	27	289	306	1422	2017
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	23,62	27	438	464	2157	3059
Octubre	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	20,5	27	841	891	4142	5873
Noviembre	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	17,43	27	1238	1312	6101	8651
Diciembre	1,3423	2,323	0,3162	79	79	360	15,03	27	1546	1638	7616	10800
<b>Pérdidas totales</b>											<b>79199 kWh</b>	

Tabla 12. Pérdidas de Calor producidas en los Cerramientos de la Piscina de Enseñanza

Los valores reflejados en las Tablas 13 y 14 no serán los que se utilicen en el balance energético del recinto, puesto que se deben tener en cuenta las ganancias de calor en cerramientos por acción de la irradiación directa y difusa solar, que reduce los consumos anteriores en un 38%.

#### 6.1.2.2 Pérdidas de calor por renovación/ventilación con Aire Exterior

El espacio en el que se ubican las piscinas debe cumplir un mínimo de exigencia en cuanto a la calidad del aire en su interior. La ventilación para asegurar que el aire tiene una calidad aceptable, se encarga de introducir el aire del exterior y retirar parte del aire interior, asegurando una recirculación y renovación del aire que siempre será desfavorable para el cálculo de cargas, ya que se retira aire en condiciones de confort por aire en otras condiciones más desfavorables.

Según determina la IT 1 en su apartado 1.1.4.2 relativo a la Exigencia de Calidad del Aire Interior, en las piscinas climatizadas el aire exterior de ventilación necesario para la dilución de los contaminantes será de 2,5 dm<sup>3</sup>/(s x m<sup>2</sup>), m<sup>2</sup> referidos a la superficie de la lámina de agua y de la playa adyacente, que en nuestro caso serán:

1. Piscina Polivalente:

$$Q_{AE} = 2,5 \text{ dm}^3 / (\text{s} \times \text{m}^2) = 2,5 \text{ m}^3 / 1000 \text{ dm}^3 \times 3600 \text{ s/h} \times 561,23 \text{ m}^2 = 5051 \text{ m}^3 / \text{h}$$

2. Piscina Enseñanza:

$$Q_{AE} = 2,5 \text{ dm}^3 / (\text{s} \times \text{m}^2) = 2,5 \text{ m}^3 / 1000 \text{ dm}^3 \times 3600 \text{ s/h} \times 231,30 \text{ m}^2 = 2082 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Como hemos mencionado previamente, se han de realizar 5 renovaciones de aire diarias de los espacios ocupados por las piscinas y que dicho volumen es de

14100 m<sup>3</sup>/ h para la Piscina Polivalente y de 7200 m<sup>3</sup>/ h para la de Enseñanza, de lo que se desprende que el caudal mínimo de aire interior representa un 36% y un 29% del total de aire renovado, valores mas que significativos a la hora de considerar la pérdida de calor asociada a la introducción del aire exterior de renovación (Q<sub>RAE</sub>) mediante la siguiente expresión:

$$Q_{RAE} = Q_{Min. AE} \times D_A \times C_e \times (T_{AI} - T_{AE}) \times h$$

Donde:

Q<sub>RAE</sub> = Pérdidas de calor por renovación con aire exterior.

Q<sub>Min. AE</sub> = Caudal mínimo de aire exterior de renovación.

D<sub>A</sub> = Densidad del aire ( se adopta valor constante de 1,2 kg/m<sup>3</sup>)

C<sub>e</sub> = Calor específico del aire (1010 J/kg · K)

T<sub>AI</sub> = Temperatura del Aire Interior (K)

T<sub>AE</sub> = Temperatura del Aire Exterior (K)

h = horas totales de apertura

En la expresión se observa que las pérdidas de calor por renovación con aire exterior varían, exclusivamente, con el grado de ocupación de los bañistas y las diferentes temperaturas del aire exterior a largo de un año. Por tal motivo, se utilizaran los 8760 datos meteorológicos horarios sintéticos generados con CLIMED 1.3 a partir de los datos climáticos del Instituto Nacional de Meteorología, para la provincia de Valencia.

Por lo complejo que resulta reflejar el resultado de todos los datos horarios generados, en las Tablas siguientes se representa, de manera resumida, los resultados obtenidos para cada uno de los meses del año, en el caso de la Piscina Polivalente y la de Enseñanza, tomando el sumatorio de los datos obtenidos en cada una de las horas de cada mes.

Mes	Q <sub>minAE</sub> (m <sup>3</sup> /h)	D <sub>A</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>e</sub> aire (J/kg·K)	T <sub>AE</sub> (°C)	T <sub>AI</sub> (°C)	Q <sub>RAE</sub> (kWh)	Q <sub>RAE</sub> con Recuperador de Calor (kWh)
<b>Enero</b>	5051	1,200	1010	14,65	27	21003	8401
<b>Febrero</b>	5051	1,200	1010	16,52	27	17818	7127
<b>Marzo</b>	5051	1,200	1010	16,25	27	18274	7310
<b>Abril</b>	5051	1,200	1010	17,97	27	15364	6145
<b>Mayo</b>	5051	1,200	1010	19,82	27	12203	4881
<b>Junio</b>	5051	1,200	1010	22,76	27	7211	2885
<b>Julio</b>	5051	1,200	1010	24,77	27	3799	1520
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	5051	1,200	1010	23,62	27	5749	2299
<b>Octubre</b>	5051	1,200	1010	20,5	27	11050	4420
<b>Noviembre</b>	5051	1,200	1010	17,43	27	16279	6511
<b>Diciembre</b>	5051	1,200	1010	15,03	27	20357	8143
<b>Pérdidas totales</b>						<b>149107 kWh</b>	<b>59643 kWh</b>

Tabla 13. Pérdidas de Calor motivadas por la Renovación del Aire de la Piscina Polivalente.

Mes	$Q_{\min AE}$ ( $m^3/h$ )	$D_A$ ( $kg/m^3$ )	$C_e$ aire ( $J/kg \cdot K$ )	$T_{AE}$ ( $^{\circ}C$ )	$T_{AI}$ ( $^{\circ}C$ )	$Q_{RAE}$ ( $kWh$ )	$Q_{RAE}$ con Recuperador de Calor ( $kWh$ )
Enero	2082	1,200	1010	14,65	27	8658	3463
Febrero	2082	1,200	1010	16,52	27	7345	2938
Marzo	2082	1,200	1010	16,25	27	7532	3013
Abril	2082	1,200	1010	17,97	27	6333	2533
Mayo	2082	1,200	1010	19,82	27	5030	2012
Junio	2082	1,200	1010	22,76	27	2973	1189
Julio	2082	1,200	1010	24,77	27	1566	626
Agosto	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	2082	1,200	1010	23,62	27	2370	948
Octubre	2082	1,200	1010	20,5	27	4555	1822
Noviembre	2082	1,200	1010	17,43	27	6710	2684
Diciembre	2082	1,200	1010	15,03	27	8391	3356
<b>Pérdidas totales</b>						<b>61461kWh</b>	<b>24585 kWh</b>

Tabla 14. Pérdidas de Calor motivadas por la Renovación del Aire de la Piscina de Enseñanza.

Destacar que la IT 1.2.4.5.2 del RITE nos exige que la energía térmica contenida en el aire expulsado sea recuperada con una eficiencia mínima del 50% para instalaciones con más de 6000 horas anuales de funcionamiento, tal y como sucede en nuestro caso.

En la última columna de ambas tablas figuran las pérdidas definitivas asociadas a la renovación del aire de las piscinas, puesto que los equipos existentes cuentan con un recuperador de calor que establece su eficiencia en un 60%.

### 6.1.3 Pérdidas de calor por renovación del agua de las piscinas

En una piscina cubierta, existen continuas pérdidas de agua, desde la evaporada en la lámina de agua y playas adyacentes existentes en el recinto, a la que los propios bañistas sacan del vaso, o la gastada en la limpieza de fondos y filtros. Sin embargo, estas cantidades son muy inferiores al 5% del volumen del vaso que por normativa, debido a razones higiénico sanitarias, debe reponerse diariamente.

Esta renovación implica unas pérdidas de calor ( $Q_R$  en Vatios) importantes, las cuales dependen de la  $T^a$  del agua de la red y de la  $T^a$  del agua de la piscina. Se puede calcular de la siguiente forma:

$$Q_R = V_r \times D \times C_e \times (T_{\text{agua}} - T_x)$$

Donde:

$V_r$  = Volumen de agua de renovación ( $m^3$ ) (5% volumen vaso)

$D$  = Densidad del agua ( $1000 \text{ kg} / m^3$ )

$C_e$  = Calor específico del agua =  $1,16 \text{ (Wh} / \text{kg} \cdot ^\circ\text{C)}$

$T_{\text{agua}}$  = Temperatura agua piscina ( $25^\circ\text{C}$ )

$T_x$  = Temperatura agua red ( $^\circ\text{C}$ )

Como se deduce al observar la ecuación, las pérdidas por renovación del agua de la piscina no serán constantes a lo largo de todo el año, puesto que durante el mismo existe una variación de la temperatura del agua de red, con lo que deberemos considerar esta variabilidad en los cálculos.

Para realizar el cálculo de las pérdidas de calor de ambas piscinas, nos apoyaremos en la norma UNE 94002 – 2005 (de igual manera, podrían haberse utilizado los recogidos en CENSOLAR), en la que figuran los datos de temperatura media del agua fría de red en  $^\circ\text{C}$  en todas las provincias de España con lo que tomaremos, en nuestro caso, las correspondientes a la provincia de Valencia.

Mes	Nº Días o renovaciones (días)	Volumen renovación ( $m^3$ )	Densidad agua ( $\text{kg}/m^3$ )	$C_e$ agua (Wh/ $\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}$ )	$T_{\text{agua}}$ piscina ( $^\circ\text{C}$ )	$T_{\text{agua}}$ red ( $^\circ\text{C}$ )	$Q$ renovación (kWh)
<b>Enero</b>	31	35,75	1000	1,16	25	10	19284
<b>Febrero</b>	28	35,75	1000	1,16	25	11	16256
<b>Marzo</b>	31	35,75	1000	1,16	25	12	16712
<b>Abril</b>	30	35,75	1000	1,16	25	13	14929
<b>Mayo</b>	31	35,75	1000	1,16	25	15	12856
<b>Junio</b>	30	35,75	1000	1,16	25	17	9953
<b>Julio</b>	31	35,75	1000	1,16	25	19	7713
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	30	35,75	1000	1,16	25	18	8999
<b>Octubre</b>	31	35,75	1000	1,16	25	16	11570
<b>Noviembre</b>	30	35,75	1000	1,16	25	13	14929
<b>Diciembre</b>	31	35,75	1000	1,16	25	11	17998
<b>Pérdidas totales</b>							<b>151200 kWh</b>

Tabla 15. Pérdidas de Calor por Renovación del Agua de la Piscina Polivalente.

Mes	Nº Días o renovaciones (días)	Volumen renovación (m <sup>3</sup> )	Densidad agua (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>e</sub> agua (Wh/kg·°C)	T <sub>agua</sub> piscina (°C)	T <sub>agua</sub> red (°C)	Q <sub>renovación</sub> (kWh)
<b>Enero</b>	31	3,60	1000	1,16	25	10	1942
<b>Febrero</b>	28	3,60	1000	1,16	25	11	1637
<b>Marzo</b>	31	3,60	1000	1,16	25	12	1683
<b>Abril</b>	30	3,60	1000	1,16	25	13	1503
<b>Mayo</b>	31	3,60	1000	1,16	25	15	1295
<b>Junio</b>	30	3,60	1000	1,16	25	17	1002
<b>Julio</b>	31	3,60	1000	1,16	25	19	777
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	30	3,60	1000	1,16	25	18	877
<b>Octubre</b>	31	3,60	1000	1,16	25	16	1165
<b>Noviembre</b>	30	3,60	1000	1,16	25	13	1503
<b>Diciembre</b>	31	3,60	1000	1,16	25	11	1812
<b>Pérdidas totales</b>							<b>15196 kWh</b>

Tabla 16. Pérdidas de Calor por la Renovación del Agua de la Piscina de Enseñanza.

#### 6.1.4 Pérdidas de calor por radiación

Para determinar las pérdidas de calor por radiación ( $Q_{Ra}$  en W/m<sup>2</sup>), aplicaremos la ecuación de Stefan-Boltzmann, en la que se observa que las pérdidas por radiación están en función de la diferencia entre la temperatura media de los cerramientos y la del agua, elevadas ambas a la cuarta potencia y expresadas en grados Kelvin.

$$Q_{Ra} = \sigma \times \varepsilon \times (T_{\text{agua}}^4 - T_c^4)$$

Donde:

$\sigma$  = constante de Stefan-Boltzmann =  $5,67 \times 10^{-8}$  W / m<sup>2</sup> · K<sup>4</sup>

$\varepsilon$  = emisividad de la superficie = 0,95 (agua)

T<sub>agua</sub> = temperatura del agua (K)

T<sub>c</sub> = temperatura superficial de los cerramientos (K)

En el caso de las piscinas cubiertas, motivo del estudio, los cerramientos se encuentran a muy pocos grados de temperatura por debajo de la del aire ambiente, y por lo tanto a muy poca diferencia con la temperatura del agua, así pues estas pérdidas por radiación se consideran generalmente despreciables.

#### 6.1.5 Pérdidas de calor por convección

Al igual que las pérdidas por radiación en el caso de piscinas cubiertas las pérdidas por convección ( $Q_c$ ) también se suelen despreciar, ya que al aplicar la fórmula el valor resultante es pequeño, pues la diferencia de temperaturas

también lo es. Además, cuando el recinto esta a régimen tendríamos una ganancia de calor, al ser la temperatura del aire de 27°C superior a la del agua (25°C).

### 6.1.6 Pérdidas de calor por transmisión

Las pérdidas de calor por transmisión dependen de las características constructivas del vaso (enterrado, visto, etc.) y del coeficiente de transmisión térmica del material empleado.

En el caso que nos ocupa, ambas piscinas constan de vaso de hormigón construido dentro del propio sótano del recinto con lo que las pérdidas por transmisión ( $Q_T$ , en W), se calculan con la fórmula:

$$Q_T = C_T \times S \times (T_{\text{agua}} - T_{\text{ext}})$$

Donde:

$C_T$  = coeficiente de transmisión de muros y solera (1,50 W/m<sup>2</sup> · °C)

$S$  = superficie de cerramiento del vaso (450 m<sup>2</sup> en Polivalente y 160 m<sup>2</sup> en la de Enseñanza)

$T_{\text{agua}}$  = temperatura del agua de la piscina (25°C)

$T_{\text{ext}}$  = temperatura exterior al cerramiento (15°C)

Se deduce al observar la ecuación, que las pérdidas por transmisión van a ser prácticamente constantes a lo largo de todo el calendario de apertura, puesto que consideramos que la temperatura de la superficie que encierra a los vasos va a sufrir muy poca variación a lo largo del año.

Mes	$C_t$ (W/ m <sup>2</sup> ·°C)	$S_{\text{cerr}}$ poli (m <sup>2</sup> )	$S_{\text{cerr}}$ ens. (m <sup>2</sup> )	$T_{\text{agua}}$ piscina (°C)	$T_{\text{ext}}$ (°C)	$H_{\text{totales}}$ de apertura (h)	$Q_{\text{transmisión}}$ polivalente (kWh)	$Q_{\text{transmisión}}$ enseñanza (kWh)	$Q_{\text{transmisión}}$ total (kWh)
Enero	1,5	450	160	25	15	744	5022	1786	6808
Febrero	1,5	450	160	25	15	672	4536	1613	6149
Marzo	1,5	450	160	25	15	744	5022	1786	6808
Abril	1,5	450	160	25	15	720	4860	1728	6588
Mayo	1,5	450	160	25	15	744	5022	1786	6808
Junio	1,5	450	160	25	15	720	4860	1728	6588
Julio	1,5	450	160	25	15	744	5022	1786	6808
Agosto	1,5	450	160	25	15				
Septiembre	1,5	450	160	25	15	720	4860	1728	6588
Octubre	1,5	450	160	25	15	744	5022	1786	6808
Noviembre	1,5	450	160	25	15	720	4860	1728	6588
Diciembre	1,5	450	160	25	15	744	5022	1786	6808
<b>Pérdidas totales</b>							<b>54108 kWh</b>	<b>19238 kWh</b>	<b>73346 kWh</b>

Tabla 17. Pérdidas de Calor por Transmisión de los vasos de las piscinas del Recinto Deportivo.

### 6.1.7 Pérdidas por puesta a régimen de las piscinas

El Ministerio de Educación, Cultura y Deporte y, en concreto, el Consejo Superior de Deportes determina en el punto 7 de las Normas para Instalaciones Deportivas (NIDE), en el que se detallan las Condiciones de Diseño de Piscinas Cubiertas, que al menos una vez al año se procederá a la renovación completa del agua del vaso de la piscina.

Por lo tanto, deberemos tener en cuenta la carga térmica que se genera en el calentamiento de todo el volumen del vaso, aunque solo se trate de unas pocas horas dentro de todo el ejercicio.

Para determinar dicha carga, emplearemos la siguiente expresión:

$$Q_{PR} = V \times D \times C_e \times (T_{\text{agua}} - T_x)$$

Donde:

- $Q_{PR}$  = Potencia puesta a régimen (W)
- V = volumen de agua de la piscina
- D = densidad del agua
- $C_e$  = calor específico del agua
- $T_{\text{agua}}$  = Temperatura del agua de la piscina
- $T_x$  = temperatura llenado red

Asumiendo que la renovación total del volumen del agua de los vasos se llevará a cabo en 48 horas y al comienzo de la temporada, en Septiembre, tomaremos la temperatura media del agua fría de red para ese mes (18°C) de la norma UNE 94002 - 2005.

Mes	Volumen Poli (m <sup>3</sup> )	Volumen Ens. (m <sup>3</sup> )	Densidad agua (Wh / kg · °C)	C <sub>e</sub> agua (Wh / kg · °C)	T <sub>agua</sub> piscina (°C)	T <sub>agua</sub> de red (°C)	Q <sub>P</sub> . Régimen Poli. (kWh)	Q <sub>P</sub> . Régimen Ens. (kWh)
<b>Septiembre</b>	715	72	1000	1,16	25	18	5806	585

Tabla 18. Pérdidas de Calor por Puesta a Régimen de los vasos de las piscinas del Recinto Deportivo.

### 6.1.8 Consumo de Agua Caliente Sanitaria (ACS)

En el recinto deportivo motivo de este estudio, se ha de hacer frente a una alta demanda de ACS durante todo el año, puesto que las actividades que en él se desarrollan (piscinas, gimnasio y sala de spinning) tienen una actividad intensiva a lo largo de los meses del calendario de apertura. Se establece un número hipotético de 300 duchas diarias.

Las necesidades que debe cubrir la producción de ACS son:

- Disponibilidad de ACS en todo momento.
- Seguridad de suministro frente a variaciones en la demanda.
- Temperatura de agua suficiente.

La ecuación que determina la cantidad de calor ( $Q_{ACS}$  en kcal) destinada a cubrir la demanda de ACS es:

$$Q_{ACS} = n \times V \times (T_u - T_{red})$$

Donde:

$n$  = número de ocupantes al día

$V$  = volumen de agua utilizado por persona y ducha (litros)

$T_u$  = temperatura de utilización (°C)

$T_{red}$  = temperatura de agua de red (°C)

Como se desprende de la ecuación anterior, y una vez fijado el número de ocupantes diario, será necesario conocer el volumen de agua utilizado por persona en cada ducha, así como la temperatura del agua de red.

Para la primera incógnita, tomaremos los datos reflejados en la tabla 3.1 de la sección HE4 del Código Técnico de Edificación,

Tabla 3.1. Demanda de referencia a 60°C (1)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 19. Demanda de referencia de ACS para distintos criterios de demanda (Fuente: RITE)

De igual manera a lo realizado en el apartado 6.1.3, tomaremos los datos de la temperatura media del agua fría de red en °C de la norma UNE 94002, con lo que ya tenemos los datos necesarios para establecer la demanda energética anual de ACS:

Mes	Nº días (días)	Nº usos diarios (usos/día)	Volumen de agua por uso (litros/uso)	T <sub>utilización</sub> (°C)	T <sub>agua de red</sub> (°C)	Demanda ACS (kWh)
<b>Enero</b>	31	300	20	60	10	10814
<b>Febrero</b>	28	300	20	60	11	9300
<b>Marzo</b>	31	300	20	60	12	10079
<b>Abril</b>	30	300	20	60	13	9373
<b>Mayo</b>	31	300	20	60	15	9733
<b>Junio</b>	30	300	20	60	17	8649
<b>Julio</b>	31	300	20	60	19	8538
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	30	300	20	60	18	8111
<b>Octubre</b>	31	300	20	60	16	9516
<b>Noviembre</b>	30	300	20	60	13	9750
<b>Diciembre</b>	31	300	20	60	11	9895
<b>Demanda total</b>						<b>103757 kWh</b>

Tabla 20. Demanda de ACS para el total de usos existentes en el Recinto Deportivo.

### 6.1.9 Pérdidas de calor por renovación del aire de los vestuarios

De igual manera que en el punto 6.1.2.2 se determinaban las pérdidas de calor por renovación del aire albergado en el espacio donde se encuentran las piscinas, se ha de considerar las pérdidas experimentadas por el mismo efecto en vestuarios y gimnasios (musculación y spinning).

En el apartado IT 1.1.4.2 del RITE, donde se establecen los parámetros operativos para garantizar las condiciones exigidas en lo relativo a la calidad del aire interior de los edificios, se observa que gimnasios y vestuarios están englobados en distintas categorías de calidad de aire interior en función del uso del edificio de referencia. En el caso de los vestuarios dicha categoría es la de IDA 2 (aire de buena calidad), mientras que en los gimnasios es de IDA 3 (aire de calidad media).

En función de la categoría en la que se haya englobado cada espacio se establece, mediante el procedimiento o método indirecto de caudal de aire exterior por persona, los caudales de aire exterior a aportar, en dm<sup>3</sup>/s por persona, siendo de 12,5 dm<sup>3</sup>/s x p para los vestuarios y de 8 dm<sup>3</sup>/s x p en el caso de los gimnasios, o lo que es lo mismo, 45 m<sup>3</sup>/h x p en vestuarios y 28,8 m<sup>3</sup>/h en gimnasios.

Se deduce que será necesario conocer la ocupación de estos espacios para cada hora en la que el recinto este abierto al público, de modo que será dicha ocupación lo primero que determinamos. Observando la tabla 7, establecemos la siguiente ocupación:

Horario	Lunes a Viernes				Sábado				Domingo			
	Npers Vestu 1	Npers Vestu 2	Npers gim.	Npers spin.	Npers Vestu 1	Npers Vestu 2	Npers gim.	Npers spin.	Npers Vestu 1	Npers Vestu 2	Npers gim.	Npers spin.
7:00-8:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8:00-9:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9:00-10:00	45	55	35	20	50	45	30	15	30	0	0	0
10:00-11:00	45	55	35	20	50	45	30	15	30	0	0	0
11:00-12:00	45	55	35	20	50	45	30	15	30	0	0	0
12:00-13:00	45	55	35	20	50	45	30	15	30	0	0	0
13:00-14:00	65	45	30	15	50	45	30	15	30	0	0	0
14:00-15:00	65	45	30	15								
15:00-16:00	65	45	30	15								
16:00-17:00	65	45	30	15								
17:00-18:00	90	75	50	25								
18:00-19:00	90	75	50	25								
19:00-20:00	90	75	50	25								
20:00-21:00	90	75	50	25								
21:00-22:00	90	75	50	25								
22:00-23:00	0	0	0	0								

Tabla 21. Horario de apertura y ocupación de Vestuarios, Gimnasio y Spinning.

Recordemos que la expresión utilizada para establecer las pérdidas de calor asociadas a la introducción del aire exterior de renovación ( $Q_{RAE}$ ) es la siguiente:

$$Q_{RAE} = Q_{Min. AE} \times D_A \times C_e \times (T_{AI} - T_{AE}) \times h$$

Donde:

$Q_{RAE}$  = Pérdidas de calor por renovación con aire exterior.

$Q_{Min. AE}$  = Caudal mínimo de aire exterior de renovación.

$D_A$  = Densidad del aire (1,2 kg / m<sup>3</sup> para facilitar cálculos)

$C_e$  = Calor específico del aire (1010 J / kg · K)

$T_{AI}$  = Temperatura del aire interior (K)

$T_{AE}$  = Temperatura del aire exterior (K)

H = horas totales de apertura

Empleando la ecuación anterior para los distintos grados de ocupación que nos encontramos en cada uno de los habitáculos, obtenemos los siguientes resultados:

Nº personas (p)	Nº horas Vestu 1 (h/año)	Nº horas Vestu 2 (h/año)	Q <sub>min AE Vestu</sub> (m <sup>3</sup> /h x p)	D <sub>A</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	C <sub>aire</sub> (J/kg · K)	T <sub>AE</sub> (°C)	T <sub>AI</sub> (°C)	Q <sub>RAE Vestu 1</sub> (kWh)	Q <sub>RAE Vestu 2</sub> (kWh)
0	-	-	45,00	1,200	1010	14,65	23,00	-	-
30	239	-	45,00	1,200	1010	19,82	23,00	574	-
45	957	1196	45,00	1,200	1010	24,77	23,00	4091	1779
50	239	-	45,00	1,200	1010	25,00	23,00	964	-
55	-	957	45,00	1,200	1010	23,62	23,00	-	5000
65	957	-	45,00	1,200	1010	20,50	23,00	1317	-
75	-	1196	45,00	1,200	1010	17,43	23,00	-	7057
90	1196	-	45,00	1,200	1010	15,03	23,00	8468	-
Pérdidas totales								15414 kWh	13836 kWh

Tabla 22. Pérdidas de calor por Renovación del Aire de Vestuarios, en función de la ocupación.

Expresando las pérdidas anteriores en cada uno de los meses del año tenemos:

Mes	Q <sub>Rae Vestu 1</sub> (kWh)	Q <sub>Rae Vestu 2</sub> (kWh)	Q <sub>Rae Total Vestuarios</sub> (kWh)
<b>Enero</b>	3390	2968	6359
<b>Febrero</b>	2651	2313	4964
<b>Marzo</b>	2456	2168	4624
<b>Abril</b>	1798	1578	3376
<b>Mayo</b>	931	852	1783
<b>Junio</b>	-141	-64	-205
<b>Julio</b>	-1147	-917	-2064
<b>Agosto</b>	-	-	-
<b>Septiembre</b>	-554	-408	-961
<b>Octubre</b>	783	748	1531
<b>Noviembre</b>	2183	1937	4120
<b>Diciembre</b>	3062	2661	5723
<b>Totales</b>	<b>15414 kWh</b>	<b>13836 kWh</b>	<b>29250 kWh</b>

Tabla 23. Pérdidas de calor mensuales por Renovación del Aire de Vestuarios.

## 6.2 Determinación del consumo eléctrico

Los consumos eléctricos en el recinto de las piscinas climatizadas estudiadas son producidos por las Deshumectadoras-Enfriadoras, los motores de ventilación de los climatizadores, bombas para la circulación del agua, iluminación de todas las estancias y consumo de pequeños equipos auxiliares.

### 6.2.1 Consumo de las deshumectadoras-enfriadoras

El uso de las deshumectadoras en recintos con piscinas climatizadas es necesario para mantener las condiciones interiores de diseño determinadas en la IT 1.1 en cuanto a Exigencia de Bienestar e Higiene, donde se establece que la temperatura seca del aire de los locales que alberguen piscinas climatizadas se mantendrá entre 1°C y 2°C por encima del agua del vaso, con un máximo de 30°C, mientras que la humedad relativa del local se mantendrá siempre por debajo de 65%, para proteger los cerramientos de la formación de condensados.

En nuestro caso, hemos fijado en 27°C la temperatura seca del aire, 25°C la de los vasos de las piscinas y 65% la Humedad Relativa en el ambiente.

Es necesario contrarrestar el efecto de las continuas pérdidas de calor por evaporación que sufren los vasos de las piscinas mediante la instalación de unidades de tratamiento del aire ó unidades deshumectadoras.

En el caso del recinto deportivo que estudiamos, contamos con dos unidades, cada una de ellas destinada a los dos espacios en los que se ubican la Piscina Polivalente y la Piscina de Enseñanza.

1. Piscina Polivalente: Equipo con deshumectación mediante circuito frigorífico y recuperación total del calor de condensación con una potencia de deshumectación de 93,1 kg/h.
2. Piscina de Enseñanza: Equipo con deshumectación mediante circuito frigorífico y recuperación total del calor de condensación con una potencia de deshumectación de 27,3 kg/h.

El consumo eléctrico de las deshumectadoras vendrá marcado por la demanda ó caudal de aire de renovación necesario para mantener las condiciones de confort y, consecuentemente del uso que se realice de ambos equipos.

Es necesario volver a apuntar que la IT 1, en su apartado 1.1.4.2 relativo a la Exigencia de Calidad del Aire Interior determina que en las piscinas climatizadas el aire exterior de ventilación necesario para la dilución de los contaminantes será de 2,5 dm<sup>3</sup>/(s x m<sup>2</sup>), m<sup>2</sup> referidos a la superficie de la lámina de agua y de la playa adyacente, que en nuestro caso serán:

1. Piscina Polivalente:

$$Q_{AE} = 2,5 \text{ dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2) = 2,5 \text{ m}^3/ 1000 \text{ dm}^3 \times 3600 \text{ s/h} \times 561,23 \text{ m}^2 = 5051 \text{ m}^3/\text{h}$$

2. Piscina Enseñanza:

$$Q_{AE} = 2,5 \text{ dm}^3/(\text{s} \times \text{m}^2) = 2,5 \text{ m}^3/ 1000 \text{ dm}^3 \times 3600 \text{ s/h} \times 231,3 \text{ m}^2 = 2082 \text{ m}^3/\text{h}$$

En este tipo de instalaciones donde la humedad relativa del aire interior es elevada, es posible obtener una deshumectación mediante la introducción de aire exterior generalmente en mejores condiciones de humedad que el aire interior, con lo que es importante tener en cuenta la deshumectación asociada al caudal mínimo de aire de ventilación obligatorio.

La expresión que determina que masa de agua deshumectada se obtendría con el caudal mínimo de aire exterior ( $Q_{AE}$ ) es la siguiente:

$$M_e = Q_{AE} \times D_{AE} \times (W_{AI} - W_{AE})$$

Donde:

$M_e$  = masa de vapor de agua a evacuar (kg/h)

$Q_{AE}$  = caudal mínimo de aire exterior ( $m^3/h$ )

$D_{AE}$  = densidad el aire exterior ( $1,2 \text{ kg}/m^3$ )

$W_{AI}$  = humedad absoluta del aire ambiente interior ( $kg_{agua}/kg_{as}$ )

$W_{AE}$  = humedad absoluta del aire exterior ( $kg_{agua}/kg_{as}$ )

En la expresión se observa que la masa de vapor de agua variara, únicamente, con la humedad absoluta del aire exterior y el caudal mínimo de aire exterior (si las piscinas están dentro del horario de apertura o de cierre). Por tal motivo, se utilizaran los 8760 datos meteorológicos horarios sintéticos generados con CLIMED 1.3 a partir de los datos climáticos del Instituto Nacional de Meteorología, para la provincia de Valencia.

Dado que sería imposible reflejar el resultado de todos los datos horarios generados, en las siguientes tablas se representa, a modo ilustrativo, los resultados obtenidos para cada uno de los meses del año, en el caso de la Piscina Polivalente y en el de la Piscina de Enseñanza.

Mes	$T_{AE}$ (°C)	$T_{AI}$ (°C)	$D_{AE}$ (kg/ $m^3$ )	$W_{AE}$ (kg ag/kg as)	$W_{AI}$ (kg ag/kg as)	$Q_{min}$ AE ( $m^3/h$ )	$M_e$ (min AE) (kg/mes)	$M_e$ req BCP (kg/mes)	$P_{desh}$ um. BCP (kg/h)	$F_{uso}$ BCP (%)	$P_{comp}$ (kW)	$Q_{elec}$ deshum. (kWh)
Enero	14,65	27	1,2	0,004745	0,0155	5051	48501	1358	93,1	7,4	31,08	453
Febrero	16,52	27	1,2	0,005243	0,0155	5051	41779	1887	93,1	9,5	31,08	630
Marzo	16,25	27	1,2	0,005079	0,0155	5051	46992	1796	93,1	7,7	31,08	600
Abril	17,97	27	1,2	0,006059	0,0155	5051	41199	3129	93,1	11,4	31,08	1045
Mayo	19,82	27	1,2	0,007650	0,0155	5051	35398	6669	93,1	21,7	31,08	2226
Junio	22,76	27	1,2	0,010116	0,0155	5051	23495	11107	93,1	30,9	31,08	4950
Julio	24,77	27	1,2	0,012478	0,0155	5051	13626	19677	93,1	32,8	31,08	6569
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	23,62	27	1,2	0,011436	0,0155	5051	17737	14826	93,1	26	31,08	3708
Octubre	20,5	27	1,2	0,008401	0,0155	5051	32013	8200	93,1	25,6	31,08	2737
Noviembre	17,43	27	1,2	0,006182	0,0155	5051	40666	3780	93,1	14,9	31,08	1262
Diciembre	15,03	27	1,2	0,005134	0,0155	5051	46745	1711	93,1	8,2	31,08	571
<b>Consumo total</b>											<b>24750 kWh</b>	

Tabla 24. Consumo Eléctrico de la Deshumectadora de la Piscina Polivalente.

Mes	T <sub>AE</sub> (°C)	T <sub>AI</sub> (°C)	D <sub>AE</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	W <sub>AE</sub> (kg ag/kg as)	W <sub>AI</sub> (kg ag/kg as)	Q <sub>min</sub> AE (m <sup>3</sup> /h)	M <sub>e</sub> (min AE) (kg/mes)	M <sub>e</sub> req BCP (kg/mes)	P <sub>desh</sub> um. BCP (kg/h)	F <sub>uso</sub> BCP (%)	P <sub>comp</sub> (kW)	Q <sub>elec</sub> deshum. (kWh)
Enero	14,65	27	1,2	0,004745	0,0155	2082	19992	0	93,1	0,0	31,08	0
Febrero	16,52	27	1,2	0,005243	0,0155	2082	17221	0	93,1	0,0	31,08	0
Marzo	16,25	27	1,2	0,005079	0,0155	2082	19370	0	93,1	0,0	31,08	0
Abril	17,97	27	1,2	0,006059	0,0155	2082	16982	0	93,1	0,0	31,08	0
Mayo	19,82	27	1,2	0,007650	0,0155	2082	14591	91	93,1	7,4	31,08	33
Junio	22,76	27	1,2	0,010116	0,0155	2082	9684	525	93,1	21,8	31,08	346
Julio	24,77	27	1,2	0,012478	0,0155	2082	5617	1480	93,1	29,2	31,08	538
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	23,62	27	1,2	0,011436	0,0155	2082	7311	951	93,1	15,4	31,08	191
Octubre	20,5	27	1,2	0,008401	0,0155	2082	13196	155	93,1	10,3	31,08	56
Noviembre	17,43	27	1,2	0,006182	0,0155	2082	16762	0	93,1	0,0	31,08	0
Diciembre	15,03	27	1,2	0,005134	0,0155	2082	19268	0	93,1	0,0	31,08	0
<b>Consumo total</b>											<b>1164 kWh</b>	

Tabla 25. Consumo Eléctrico de la Deshumectadora de la Piscina de Enseñanza.

De la observación de estas dos tablas de muestra puede afirmarse que el factor de uso de las unidades deshumectadoras es francamente bajo, de hecho, el promedio a lo largo del año no supera el 33% en ambos casos. Incluso en la hora con condiciones ambientales exteriores más desfavorables tenemos un factor de uso del 67% en el equipo asociado a la Piscina Polivalente y del 70% en el de la Piscina de Enseñanza, valores muy alejados de su régimen nominal que debería ser el que nos encontraríamos en los días de condiciones más extremas.

Este hecho nos lleva a la conclusión de que los equipos deshumectadores están sobredimensionados para cubrir la demanda del recinto deportivo, aunque también hay que resaltar el poco consumo eléctrico derivado del uso de los mismos.

La causa hay que buscarla en el caudal mínimo de aire exterior que satisface, en muchas de las horas del año, la demanda necesaria para alcanzar las condiciones de confort deseadas y desde el punto de vista energético, a pesar de tener mayores pérdidas de carga por renovación del aire de las piscinas, es más económico tratar el aire de ventilación que hacer trabajar al compresor de las deshumectadoras durante un número de horas superior al que lo hacen bajo este planteamiento.

### 6.2.2 Consumo de los ventiladores de las deshumectadoras

El consumo de los ventiladores estará claramente marcado por las necesidades de renovación del aire de las piscinas.

Recordamos que se han de realizar 5 renovaciones diarias del aire de los espacios ocupados por las piscinas y que dicho volumen es de 14100 m<sup>3</sup>/h para la Polivalente y de 7200m<sup>3</sup>/h para la de Enseñanza. Las deshumectadoras de ambas piscinas cuentan con sendos ventiladores de impulsión y extracción del aire que, de manera horaria, ha de circular por las propias deshumectadoras con el fin de recuperar parte del calor del aire extraído y, por otra parte, impulsar el aire necesario ajustado a nuestras condiciones de confort. Consideramos el consumo eléctrico total de los ventiladores existentes constante a lo largo del año:

Mes	Nº Días (días)	Q <sub>nom</sub> BCP (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>nec</sub> renov. (m <sup>3</sup> /h)	P <sub>Vent.</sub> Extrac. (kW)	P <sub>Vent.</sub> Imp. (kW)	h <sub>diarias</sub> (h)	Q <sub>elec</sub> ventilación (kWh)
Enero	31	22000	14100	7,40	7,40	24	7057
Febrero	28	22000	14100	7,40	7,40	24	6374
Marzo	31	22000	14100	7,40	7,40	24	7057
Abril	30	22000	14100	7,40	7,40	24	6830
Mayo	31	22000	14100	7,40	7,40	24	7057
Junio	30	22000	14100	7,40	7,40	24	6830
Julio	31	22000	14100	7,40	7,40	24	7057
Agosto	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	30	22000	14100	7,40	7,40	24	6830
Octubre	31	22000	14100	7,40	7,40	24	7057
Noviembre	30	22000	14100	7,40	7,40	24	6830
Diciembre	31	22000	14100	7,40	7,40	24	7057
<b>Demanda total</b>							<b>76035 kWh</b>

Tabla 26. Consumo eléctrico de los ventiladores de la deshumectadora de la Piscina Polivalente.

Mes	Nº Días (días)	Q <sub>nom</sub> BCP (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>nec</sub> renov. (m <sup>3</sup> /h)	P <sub>Vent.</sub> Extrac. (kW)	P <sub>Vent.</sub> Imp. (kW)	h <sub>diarias</sub> (h)	Q <sub>elec</sub> ventilación (kWh)
Enero	31	7500	7200	2,20	2,20	24	3143
Febrero	28	7500	7200	2,20	2,20	24	2839
Marzo	31	7500	7200	2,20	2,20	24	3143
Abril	30	7500	7200	2,20	2,20	24	3041
Mayo	31	7500	7200	2,20	2,20	24	3143
Junio	30	7500	7200	2,20	2,20	24	3041
Julio	31	7500	7200	2,20	2,20	24	3143
Agosto	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	30	7500	7200	2,20	2,20	24	3041
Octubre	31	7500	7200	2,20	2,20	24	3143
Noviembre	30	7500	7200	2,20	2,20	24	3041
Diciembre	31	7500	7200	2,20	2,20	24	3143
<b>Demanda total</b>							<b>33961 kWh</b>

Tabla 27. Consumo eléctrico de los ventiladores de la deshumectadora de la Piscina de Enseñanza.

### 6.2.3 Consumo por renovación del aire de los vestuarios

Como ya se vio en el apartado 6.1.9, es de obligado cumplimiento mantener las condiciones de calidad del aire interior mediante la renovación del aire interior de los mismos.

Esta renovación se llevara a cabo a través de los equipos de extracción e impulsión diseñados para tal fin, con el consecuente consumo eléctrico de los mismos, quedando reflejado en las siguientes tablas, la primera, referido al grado de ocupación, y la segunda, distribuido por meses.

Nº personas (p)	Nº horas Vestu 1 (h/año)	Nº horas Vestu 2 (h/año)	Q <sub>min AE</sub> Vestu (m <sup>3</sup> /h x p)	Q <sub>nom</sub> Vestu 1 (m <sup>3</sup> /h)	Q <sub>nom</sub> Vestu 2 (m <sup>3</sup> /h)	P <sub>nom</sub> Vestu 1 (kW)	P <sub>nom</sub> Vestu 2 (kW)	Q <sub>RAE</sub> Vestu 1 (kWh)	Q <sub>RAE</sub> Vestu 2 (kWh)
0	-	-	45,00	3750	3750	0,60	0,60	-	-
30	238	-	45,00	3750	3750	0,60	0,60	51	-
35	-	-	45,00	3750	3750	0,60	0,60	-	-
45	952	1191	45,00	3750	3750	0,60	0,60	309	386
50	238	-	45,00	3750	3750	0,60	0,60	86	-
55	-	952	45,00	3750	3750	0,60	0,60	-	377
65	952	-	45,00	3750	3750	0,60	0,60	446	-
75	-	1191	45,00	3750	3750	0,60	0,60	-	643
90	1191	-	45,00	3750	3750	0,60	0,60	771	-
<b>Consumos totales</b>								<b>1663 kWh</b>	<b>1406 kWh</b>

Tabla 28. Consumo eléctrico en función de la ocupación por renovación del aire de los Vestuarios.

Mes	Q <sub>Elec</sub> renovación Aire Vestu 1 (kWh)	Q <sub>Elec</sub> renovación Aire Vestu 2 (kWh)	Q <sub>Elec</sub> renovación Aire Total Vestu (kWh)
<b>Enero</b>	159	135	294
<b>Febrero</b>	140	118	258
<b>Marzo</b>	154	131	285
<b>Abril</b>	147	124	271
<b>Mayo</b>	159	135	294
<b>Junio</b>	148	125	273
<b>Julio</b>	154	129	283
<b>Agosto</b>	-	-	-
<b>Septiembre</b>	143	120	262
<b>Octubre</b>	159	135	294
<b>Noviembre</b>	152	129	282
<b>Diciembre</b>	149	125	274
<b>Totales</b>	<b>1663 kWh</b>	<b>1406 kWh</b>	<b>3069 kWh</b>

Tabla 29. Consumo eléctrico mensual por renovación del aire de los Vestuarios.

Al observar los resultados totales, podemos afirmar que el consumo eléctrico producido por los equipos encargados de garantizar la calidad del aire interior no es demasiado significativo, aun tratándose de una de las zonas cuyo aire ha de contar con unas condiciones higiénicas sanitarias mas restrictivas. Por este motivo, se desestima la posibilidad de determinar mas consumos eléctricos resultantes de la renovación del aire interior de otras estancias, excluyendo, lógicamente, aquellas que albergan las piscinas.

#### 6.2.4 Consumo de las bombas

El régimen de funcionamiento de las bombas de una instalación de este tipo es muy elevado puesto que el mantenimiento de las condiciones de confort que se fijan como consigna, así como todos los procesos encaminados a cumplir con las garantías marcadas por la normativa en cuanto a calidad del agua y del ambiente, hacen que el bombeo sea prácticamente continuo durante el total de las horas de la temporada.

Tan solo los grupos de bombeo incluidos en los circuitos primarios de generación de energía no seguirán esta máxima, puesto que tan solo entraran en funcionamiento cuando los equipos destinados a cubrir una determinada demanda se vean obligados a entrar en funcionamiento.

Para simplificar el cálculo del consumo eléctrico derivado de su uso, consideramos que funcionan el total de las horas de la temporada a un 75% de su régimen nominal, obteniendo la siguiente tabla:

Mes	Días	P <sub>nom</sub> total bombas (kW)	F <sub>uso</sub> del total de bombas (%)	H <sub>uso</sub> mensuales (h)	Q <sub>elec</sub> grupos bombeo (kWh)
Enero	31	18,77	75	744	10474
Febrero	28	18,77	75	772	9460
Marzo	31	18,77	75	744	10474
Abril	30	18,77	75	720	10136
Mayo	31	18,77	75	744	10474
Junio	30	18,77	75	720	10136
Julio	31	18,77	75	744	10474
Agosto	-	-	-	-	-
Septiembre	30	18,77	75	720	10136
Octubre	31	18,77	75	744	10474
Noviembre	30	18,77	75	720	10136
Diciembre	31	18,77	75	744	10474
<b>Consumo total</b>				<b>112845 kWh</b>	

Tabla 30. Consumo Eléctrico del uso de los grupos de bombeo.

### 6.2.5 Consumo de iluminación

Para averiguar el consumo eléctrico producido por la iluminación del recinto, conocida la potencia disponible en alumbrado exterior, alumbrado interior de la Piscina Polivalente y el de la Piscina de Enseñanza, solo necesitaremos despejar la incógnita de cual es el horario de encendido de las distintas luminarias a lo largo de la temporada. Acudiendo a los datos del Ministerio de Fomento pertenecientes al Observatorio Astronómico Nacional, extraemos la información del amanecer y el ocaso anual para la ciudad del Valencia, obteniendo todos los datos necesarios:

Mes	Días	h <sub>amanecer</sub>	h <sub>ocaso</sub>	h <sub>uso</sub>	P <sub>ilum</sub> ext (kW)	P <sub>ilum</sub> Poliv (kW)	P <sub>ilum</sub> Ens. (kW)	Q <sub>ilum</sub> ext (kWh)	Q <sub>ilum</sub> Poliv (kWh)	Q <sub>ilum</sub> Ens (kWh)
<b>Enero</b>	31	8:18	17:57	6	0,988	9,222	4,368	184	1715	812
<b>Febrero</b>	28	7:40	18:36	5	0,988	9,222	4,368	138	1429	677
<b>Marzo</b>	31	7:17	19:18	4	0,988	9,222	4,368	123	1144	542
<b>Abril</b>	30	7:20	20:39	2,5	0,988	9,222	4,368	74	715	339
<b>Mayo</b>	31	6:53	21:02	2	0,988	9,222	4,368	61	572	271
<b>Junio</b>	30	6:34	21:29	1,5	0,988	9,222	4,368	44	429	203
<b>Julio</b>	31	6:49	21:26	1,5	0,988	9,222	4,368	46	429	203
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	30	7:42	20:00	4	0,988	9,222	4,368	119	1144	542
<b>Octubre</b>	31	8:01	19:15	5	0,988	9,222	4,368	153	1429	677
<b>Noviembre</b>	30	7:48	17:48	6	0,988	9,222	4,368	178	1715	812
<b>Diciembre</b>	31	8:13	17:40	6,5	0,988	9,222	4,368	199	1858	880
<b>Consumo total (kWh)</b>								<b>1319</b>	<b>12579</b>	<b>5958</b>

Tabla 31. Consumo Eléctrico por Iluminación Interior y Exterior del Recinto.

### 6.3 Balance energético

Una vez caracterizada la demanda energética del recinto deportivo para el conjunto de las dos piscinas ubicadas en el, realizamos un análisis global mediante los balances energéticos observados en la parte térmica y la parte eléctrica con el fin de ofrecer una perspectiva más clara acerca del reparto de la demanda energética, no solo diferenciada en los dos apartados anteriores, sino también con una visión global de la totalidad del recinto.

#### 6.3.1 Consumo térmico

En la parte de las pérdidas de calor o consumo térmico obtenemos la siguiente tabla resumen, a partir de todos los cálculos realizados en el apartado 6.1 del presente documento:

Mes	$Q_{\text{evaporacion}}$ (kWh)	$Q_{\text{cerramientos}}$ (kWh)	$Q_{\text{renovación}}$ aire (kWh)	$Q_{\text{renovación}}$ agua (kWh)	$Q_{\text{transmision}}$ (kWh)	$Q_{\text{puesta a}}$ régimen (kWh)	$Q_{\text{totales}}$ Polivalente (kWh)
<b>Enero</b>	22653	9957	8401	19284	5022	-	65317
<b>Febrero</b>	20267	8447	7127	16256	4536	-	56634
<b>Marzo</b>	22423	8657	7310	16712	5022	-	60124
<b>Abril</b>	21586	7284	6145	14929	4860	-	54805
<b>Mayo</b>	22653	5782	4881	12856	5022	-	51194
<b>Junio</b>	21628	3415	2885	9953	4860	-	42741
<b>Julio</b>	22382	1800	1520	7713	5022	-	38437
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	21357	2728	2299	8709	4860	5806	45759
<b>Octubre</b>	22653	5240	4420	11570	5022	-	48905
<b>Noviembre</b>	21858	7718	6511	14929	4860	-	55876
<b>Diciembre</b>	22152	9639	8143	17998	5022	-	62954
<b>Totales</b>	<b>241610</b>	<b>70669</b>	<b>59643</b>	<b>150909</b>	<b>54108</b>	<b>5806</b>	<b>582745</b>

Tabla 32. Pérdidas de calor anuales experimentadas en la Piscina Polivalente.

Como se observa en la tabla 34, las mayores pérdidas de calor vienen dadas por la continua evaporación del agua del vaso de la piscina, bañistas y zona de playas. Estas pérdidas se podrían atenuar con la colocación de una manta térmica que cubra el vaso de la piscina durante las horas de cierre del recinto, puesto que recordemos que en el caso de la Piscina Polivalente (el más crítico), las pérdidas por evaporación durante las horas mencionadas son de 26,9 kg/h, que durante la noche (23:00 h – 7:00 h) son de 215,20 kg.

A continuación, las pérdidas por renovación del agua del vaso de la piscina también son considerables, aunque en este caso poco o nada puede hacerse puesto que son las pérdidas derivadas de los criterios de renovación del agua marcados por la normativa en cuanto a las condiciones higiénico sanitarias de dicha agua. Tan sólo apuntar que existe una idea común por parte de las entidades gestoras de este tipo de recintos que apuntan hacia un control fitosanitario del agua que no implique, necesariamente, tanto volumen de agua de renovación, por el coste energético que supone, sumado al propio coste del agua, que en la mayoría de los casos, suele nutrirse de la red de suministro de agua potable.

Como tercer elemento mas llamativo, se ha de considerar el consumo térmico provocado por las pérdidas de calor sufridas en los cerramientos del espacio en el que se ubica la piscina. Hemos de ser rigurosos sobre este punto y volver a incidir en el hecho que se han considerado las ganancias por irradiación directa y difusa sobre los cerramientos de ambas piscinas lo que arroja valores un 38% inferiores de pérdidas de calor a los reflejados en el punto 6.1.2.1.

A lo largo del año, la evolución de las pérdidas de calor ó consumo térmico es la siguiente:

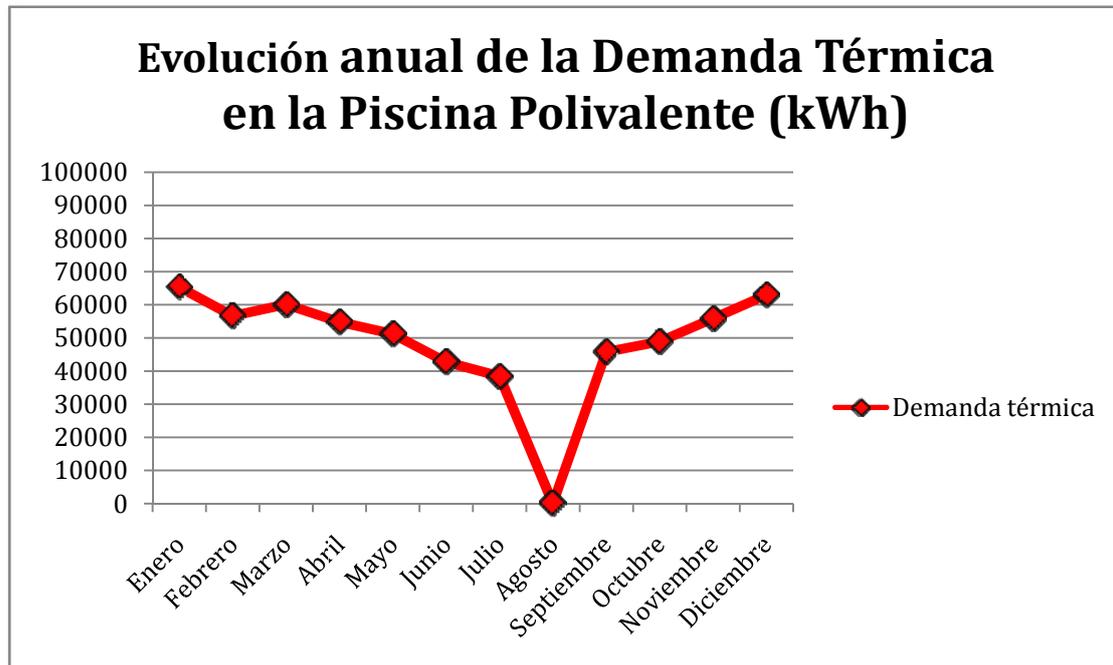


Figura 13. Evolución anual de la Demanda Térmica provocada en la Piscina Polivalente.

Atendiendo a la figura anterior, se observa que la demanda térmica que encontraremos en la Piscina Polivalente en particular, y en el Recinto Deportivo en general, está íntimamente relacionada con las condiciones climatológicas existentes en el exterior de las instalaciones.

En particular, las pérdidas de calor que más se ven afectadas por las condiciones climatológicas exteriores son las correspondientes a la renovación del aire del espacio habitado por las piscinas y las derivadas de la renovación del agua del vaso, que dependen de la temperatura del aire exterior y la temperatura del agua de red, respectivamente. El resto de pérdidas, sin serlo, podemos considerarlas prácticamente constantes a lo largo de toda la temporada.

En cuanto al reparto porcentual de estas pérdidas de calor o consumo térmico, vemos en la siguiente figura el reparto definitivo de las mismas para el caso de la Piscina Polivalente:

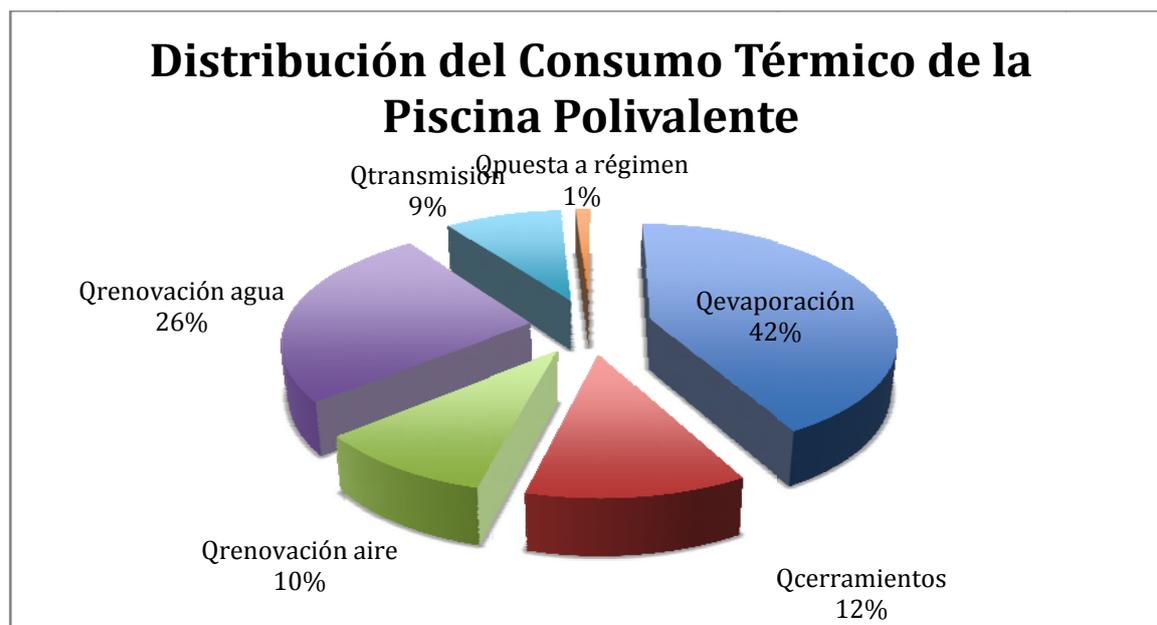


Figura 14. Porcentaje de Pérdidas de Calor anuales previstas en la Piscina Polivalente.

La figura 14 muestra y confirma claramente lo apuntado anteriormente en cuanto al reparto y el peso de cada una de las pérdidas de calor previstas en la Piscina Polivalente.

De manera análoga, a lo largo del Estudio se han ido calculando las pérdidas de calor previstas en la Piscina de Enseñanza.

Mes	Qevaporacion (kWh)	Qcerramientos (kWh)	Qrenovación aire (kWh)	Qrenovación agua (kWh)	Qtransmisión (kWh)	Qpuesta a régimen (kWh)	Qtotales Enseñanza (kWh)
<b>Enero</b>	4421	6937	3463	1942	1786	-	18548
<b>Febrero</b>	3917	5885	2938	1637	1613	-	15990
<b>Marzo</b>	4323	6030	3013	1683	1786	-	16834
<b>Abril</b>	4155	5075	2533	1503	1728	-	14994
<b>Mayo</b>	4421	4028	2012	1295	1786	-	13541
<b>Junio</b>	4155	2379	1189	1002	1728	-	10453
<b>Julio</b>	4323	1254	626	777	1786	-	8765
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	4056	1901	948	877	1728	585	10095
<b>Octubre</b>	4421	3651	1822	1165	1786	-	12844
<b>Noviembre</b>	4253	5377	2684	1503	1728	-	15545
<b>Diciembre</b>	4224	6713	3356	1812	1786	-	17892
<b>Totales</b>	<b>46667</b>	<b>49230</b>	<b>24585</b>	<b>15196</b>	<b>19238</b>	<b>585</b>	<b>155501</b>

Tabla 33. Pérdidas de Calor anuales experimentadas en la Piscina de Enseñanza.

Aunque quizás pareciese lógico esperar el mismo reparto de las pérdidas de calor en la Piscina de Enseñanza que el experimentado en la Piscina Polivalente,

lo cierto es que en la Tabla 35 podemos observar que no es así, siendo las pérdidas de calor producidas en Cerramientos el factor de mayor importancia para esta piscina. Anteriormente se ha puntualizado que en las pérdidas de calor en los Cerramientos se ha considerado una disminución del 32% por la acción del sol, pero también hay que considerar que en este caso, la lámina de agua del vaso de la piscina y su ocupación son mucho más pequeñas que en el caso de la Polivalente, mientras que la superficie que envuelve el habitáculo de la Piscina de Enseñanza no es, en relación, tan pequeño respecto a la Polivalente.

El resto de pérdidas pueden considerarse y analizarse de manera análoga a lo comentado en párrafos anteriores para el caso de la Piscina Polivalente. La evolución de la demanda energética esperada en el espacio ocupado por la Piscina de Enseñanza a lo largo de la temporada se recoge en la siguiente figura:

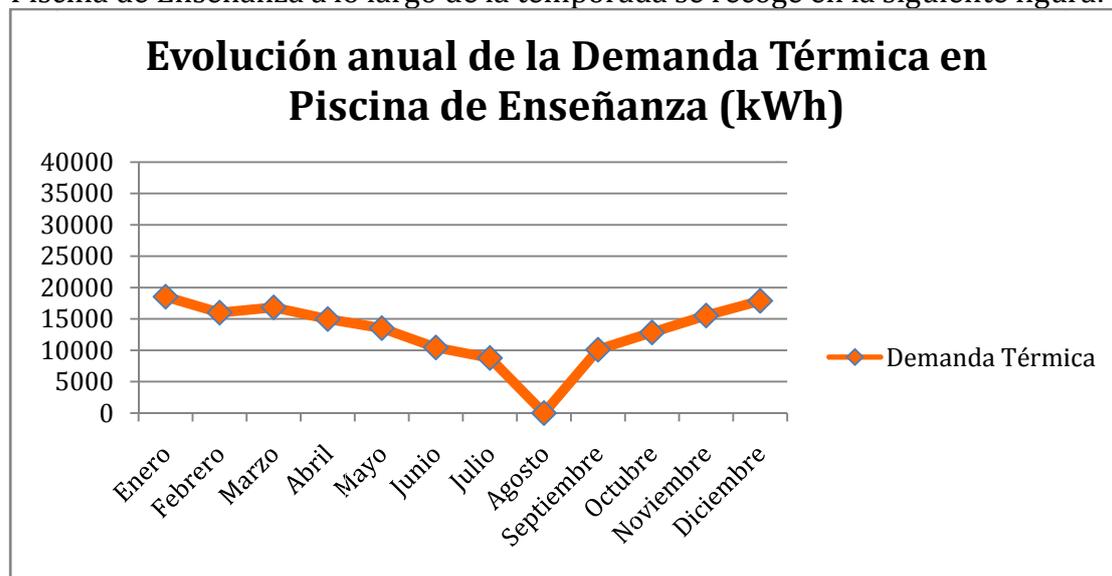


Figura 15. Evolución anual de la Demanda Térmica en la Piscina de Enseñanza.

El reparto porcentual de las pérdidas en la Piscina de Enseñanza resultante es:

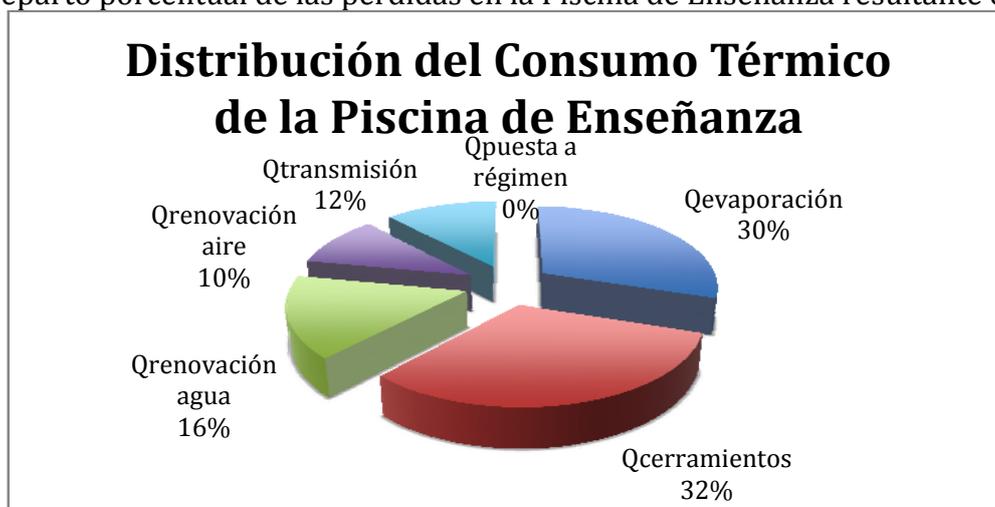


Figura 16. Porcentaje de Pérdidas de Calor anuales previstas en la Piscina de Enseñanza.

Desde el punto de vista térmico, hemos visto las pérdidas previstas en las dos piscinas del recinto, sin embargo, para hacer el balance completo de las pérdidas de calor es necesario contar con las generadas en cubrir la demanda de ACS del total de los vestuarios, así como las que se desprenden de renovar el aire de dichos vestuarios. Incorporando estos dos últimos conceptos y sumándolos a los ya observados en ambas piscinas, completamos la siguiente tabla en la que se recogen las pérdidas totales de calor para el total del Recinto Deportivo:

Mes	Q <sub>evap</sub> (kWh)	Q <sub>cerr</sub> (kWh)	Q <sub>renov</sub> aire (kWh)	Q <sub>renov</sub> agua (kWh)	Q <sub>trans</sub> (kWh)	Q <sub>puesta</sub> régimen (kWh)	Demanda ACS (kWh)	Q <sub>renov</sub> aire Vestu (kWh)	Q <sub>total</sub> Recinto (kWh)
<b>Enero</b>	27074	16894	11864	21225	6808	-	10814	6359	101038
<b>Febrero</b>	24184	14332	10065	17893	6149	-	9300	4964	86887
<b>Marzo</b>	26746	14688	10322	18395	6808	-	10079	4624	91661
<b>Abril</b>	25741	12359	8679	16433	6588	-	9373	3376	82547
<b>Mayo</b>	27074	9810	6893	14150	6808	-	9733	1783	76250
<b>Junio</b>	25782	5794	4074	10955	6588	-	8649	-205	61638
<b>Julio</b>	26704	3054	2146	8490	6808	-	8538	-2064	53676
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	25413	4630	3247	9586	6588	6390	8111	-961	63004
<b>Octubre</b>	27074	8891	6242	12735	6808	-	9516	1531	72797
<b>Noviembre</b>	26110	13096	9195	16433	6588	-	9750	4120	85292
<b>Diciembre</b>	26376	16352	11499	19810	6808	-	9895	5723	96464
<b>Totales</b>	<b>288277</b>	<b>119900</b>	<b>84227</b>	<b>166106</b>	<b>73346</b>	<b>6390</b>	<b>103757</b>	<b>29250</b>	<b>871254</b>

Tabla 34. Pérdidas de Calor anuales existentes en todo el Recinto Deportivo.

En el global de las pérdidas de calor del recinto se concluye que el peso de las pérdidas asociadas a la evaporación del agua sigue siendo, con diferencia, el factor mas significativo.

Las pérdidas globales detectadas en la Renovación del Agua de los vasos y las determinadas en los Cerramientos son os siguientes factores determinantes en el total de las pérdidas sufridas en el Recinto.

El siguiente foco de pérdidas lo encontramos en el existente para cubrir la demanda de ACS de los vestuarios del Recinto. Es difícil cuantificar le numero de servicios o duchas que se va a llevar a cabo en cada hora y día de la temporada pero se ha tratado de hacer una aproximación lo más real posible teniendo en cuenta el número de abonados y contando con datos fidedignos de ocupación para el global del curso, con lo que su relevancia está bien justificada.

La renovación del aire de las piscinas, así como la transmisión de calor de los vasos de las piscinas a la superficie que los envuelve también juegan un papel significativo en estas pérdidas de calor y, por último, se consideran las pérdidas por renovación del aire de los vestuarios porque conllevan un consumo térmico digno de destacarse.

A partir de ahí, y aunque se refleje el consumo de puesta a régimen de los vasos de las piscinas, se ha considerado adoptar como no significativas el resto de las pérdidas que sufre habitualmente un edificio de estas características.

Se representa, en esta ocasión, la evolución de la demanda térmica del total del recinto, aunque detallando los distintos agentes que intervienen en el resultado de la curva total.

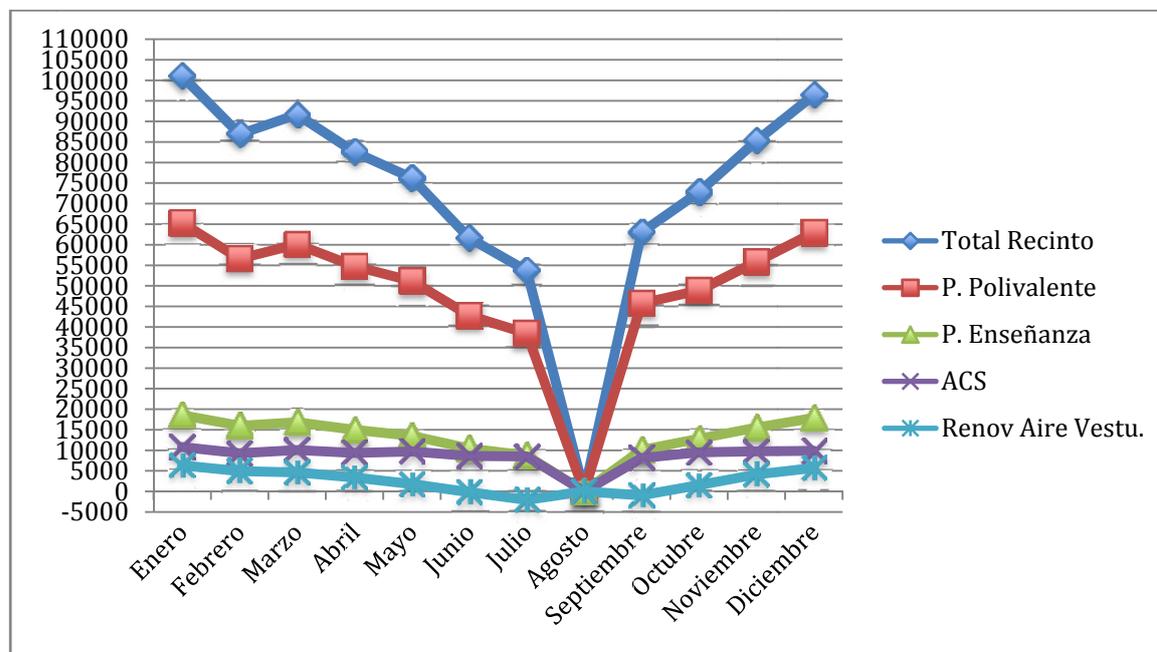


Figura 17. Evolución anual de la Demanda Térmica existente en todo el Recinto Deportivo.

Como es normal, la curva que engloba a todas las demás se ajusta a la demanda global del recinto, resultante de sumar las otras cuatro.

Por tratarse de un recinto en el que el público asistente se nutre principalmente de abonados, se considera que la afluencia del mismo es bastante constante a lo largo de los distintos horarios de actividades dentro del calendario de apertura, hecho que se refleja en una curva prácticamente lineal y constante para la demanda térmica de ACS, con mínimas oscilaciones por la variación en la temperatura de la red de distribución de agua potable.

Se ha de mencionar el hecho de que la curva correspondiente a la renovación del aire de los Vestuarios “ desciende hasta la parte negativa del eje de ordenadas, puesto que el global de las pérdidas de calor de los meses más cálidos es negativo, lo que implica que será necesario aportar frío por parte del sistema de climatización para garantizar las condiciones mínimas de confort.

Todas las curvas se desploman con la llegada del mes de cierre, para ir desplegándose hacia valores más elevados a medida que nos alejamos de los meses más cálidos de verano y nos acercamos a valores pico observados en los meses de invierno.

A modo de resumen final del capítulo del balance térmico, se recoge el reparto proporcional del total de las pérdidas, de igual modo que se hizo para ambas piscinas:

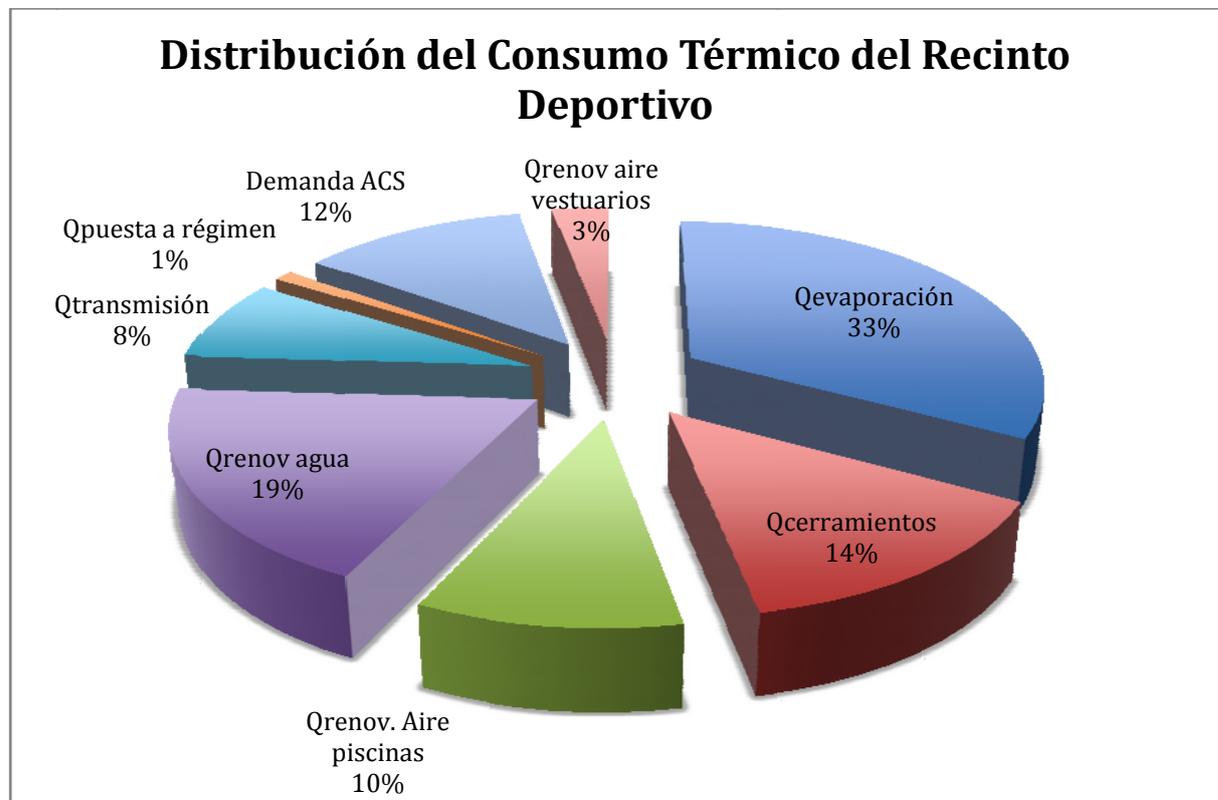


Figura 18. Porcentaje de Pérdidas de Calor anuales previstas en todo el Recinto Deportivo.

### 6.3.2 Consumo eléctrico

El balance y análisis de los consumos eléctricos se va a realizar de manera simplificada, considerando únicamente significativos los consumos generados por el uso de los equipos destinados a mantener las condiciones de confort en el aire ambiente de piscinas y vestuarios, así como el consumo de los destinados a mantener las condiciones de calidad e higiénico sanitarias que marca la normativa vigente.

Al igual que en el punto anterior 6.3.1 de consumo térmico, distinguiremos entre el consumo eléctrico existente en la Piscina Polivalente y el de la Piscina de Enseñanza para, finalmente, sumarlos y añadir el resto de consumos eléctricos relevantes.

De este modo, el resumen de los consumos eléctricos derivado del uso de dichos equipos en la Piscina Polivalente queda como sigue.

Mes	Q <sub>Deshumectadora</sub> (kWh)	Q <sub>Ventilación</sub> (kWh)	Q <sub>Totales Polivalente</sub> (kWh)
<b>Enero</b>	453	7057	7510
<b>Febrero</b>	630	6374	7004
<b>Marzo</b>	600	7057	7657
<b>Abril</b>	1045	6830	7874
<b>Mayo</b>	2226	7057	9283
<b>Junio</b>	4950	6830	11779
<b>Julio</b>	6569	7057	13626
<b>Agosto</b>	-	-	-
<b>Septiembre</b>	3708	6830	10765
<b>Octubre</b>	2737	7057	9794
<b>Noviembre</b>	1262	6830	8091
<b>Diciembre</b>	571	7057	7628
<b>Totales</b>	<b>24750 kWh</b>	<b>76263 kWh</b>	<b>101013 kWh</b>

Tabla 35. Consumo eléctrico de los equipos existentes en la Piscina Polivalente.

Como ya se explica en la determinación de los distintos consumos eléctricos, el sobredimensionamiento de los equipos de deshumectación implica que su consumo sea muy inferior al que podría esperarse y, por otra parte, las condiciones exteriores del aire de renovación son suficientes para conservar las condiciones del aire exterior, de ahí el elevado consumo en ventilación – renovación.

La evolución del consumo eléctrico contemplado en los equipos destinados a funcionar para la Piscina Polivalente será:

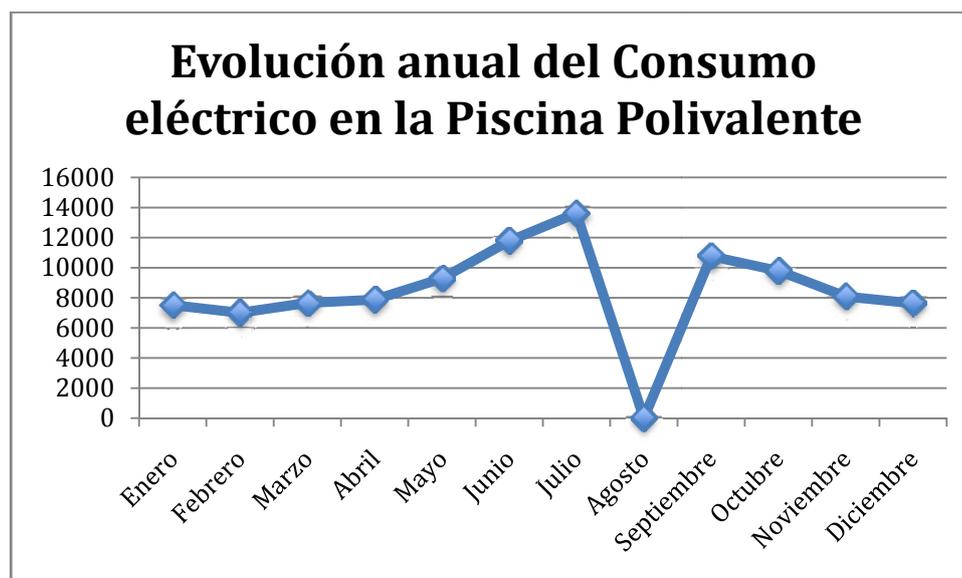


Figura 19. Evolución anual del Consumo Eléctrico esperado en equipos de la Piscina Polivalente.

Como era de esperar, el comportamiento de la evolución del consumo eléctrico es antagónico al visto con anterioridad para los consumos térmicos. En este caso los picos de demanda los encontramos alrededor de los meses más cálidos, en los que las condiciones ambientales exteriores hacen que aumente la exigencia de los equipos.

El reparto porcentual de este consumo eléctrico en la Piscina Polivalente es sencillo:

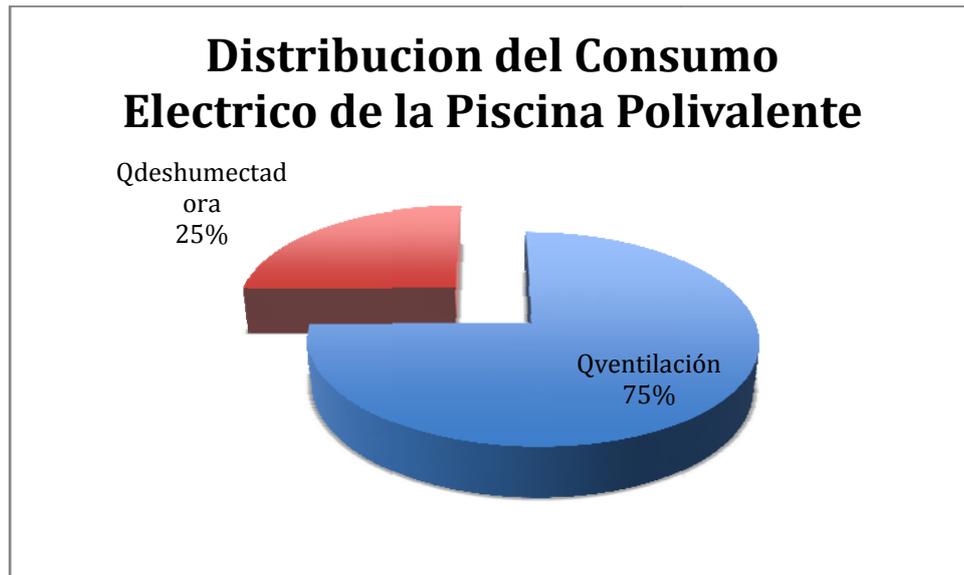


Figura 20. Distribución del Consumo Eléctrico de los equipos existentes en la Piscina Polivalente.

Aparentemente, viendo la última figura, puede resultar excesivo el consumo de ventilación frente al de la deshumectadora pero recordemos que energéticamente y, por lo tanto económicamente, es más rentable acondicionar el aire de renovación que hacer entrar a funcionar el compresor de la deshumectadora. Será necesario encontrar cierto equilibrio entre las prestaciones de la deshumectadora y el planteamiento energéticamente más conveniente.

Pasando a valorar los consumos eléctricos que se prevén de la Piscina de Enseñanza, se detalla el desglose de dichos consumos, correspondientes a los equipos que intervienen en la conservación de las propiedades del espacio en el que se ubica, en la tabla que sigue a continuación:

Mes	Q <sub>Deshumectadora</sub> (kWh)	Q <sub>Ventilación</sub> (kWh)	Q <sub>Totales Enseñanza</sub> (kWh)
Enero	0	3143	3143
Febrero	0	3143	3143
Marzo	0	3143	3143
Abril	0	3143	3143
Mayo	33	3143	3176
Junio	346	3143	3489
Julio	538	3143	3681
Agosto	-	-	-
Septiembre	191	3143	3334
Octubre	56	3143	3199
Noviembre	0	3143	3143
Diciembre	0	3143	3143
<b>Totales</b>	<b>1164 kWh</b>	<b>34569 kWh</b>	<b>35733 kWh</b>

Tabla 36. Consumo eléctrico de los equipos existentes en la Piscina de Enseñanza.

Como se deduce al analizar los valores de la tabla anterior, para el caso de la Piscina de Enseñanza, el consumo derivado del uso de la deshumectadora tiene aun menos peso en el global que en el caso de la Polivalente y, por otra parte, observando la siguiente figura de la evolución de su consumo eléctrico, se adivina que tampoco tendrá un papel principal en el global del consumo eléctrico del recinto.

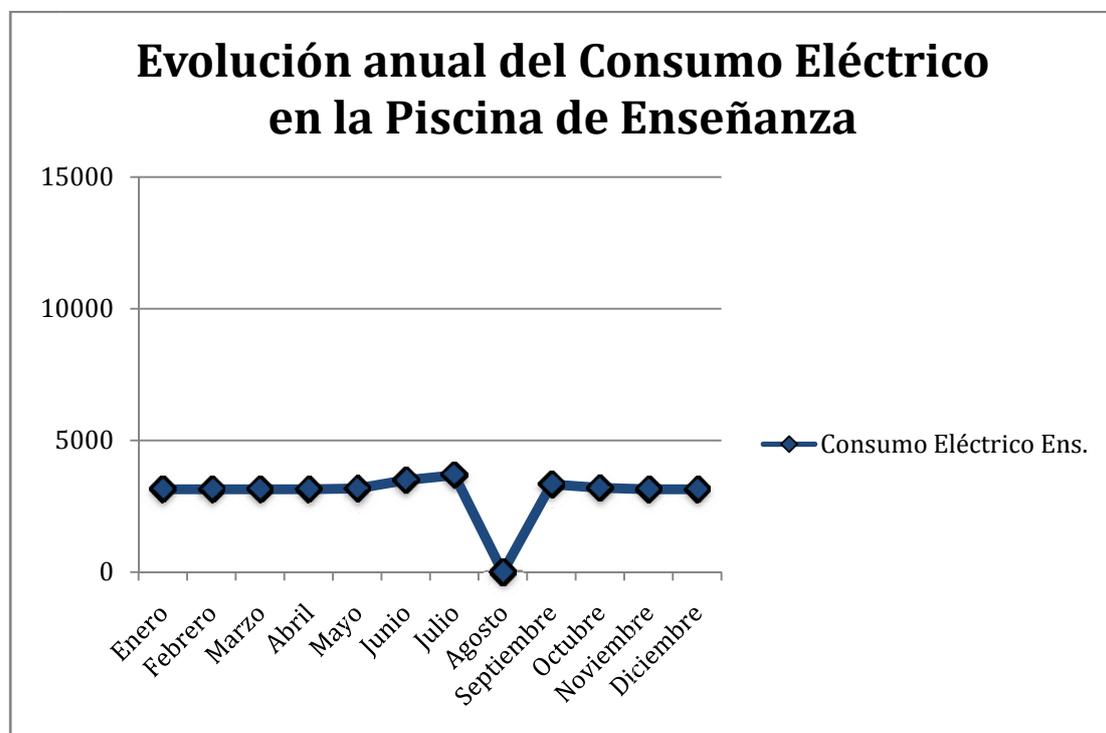


Figura 21. Evolución anual del Consumo Eléctrico en equipos de la Piscina de Enseñanza.

Quizá la figura de mayor impacto para el caso del consumo eléctrico localizado en la Piscina de Enseñanza sea la figura del reparto porcentual de consumos, donde se ve claramente la desproporción del reparto:

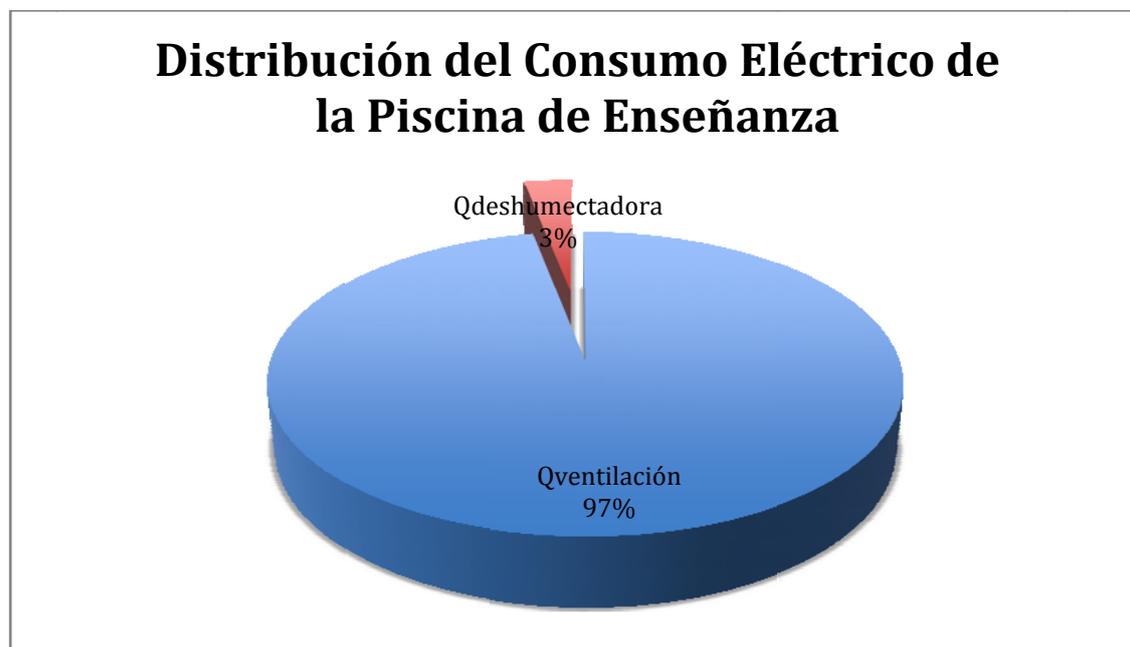


Figura 22. Distribución del Consumo Eléctrico de los equipos existentes en la Piscina de Enseñanza.

A pesar de haber argumentado el bajo consumo de las deshumectadoras del recinto en párrafos anteriores en detrimento del consumo en ventilación, es inevitable pensar que la potencia de la deshumectadora instalada en la zona de la Piscina de Enseñanza es exagerada, muy por encima de lo necesario y difícilmente justificable, a pesar del argumento del ahorro energético esgrimido con el factor de uso de la ventilación exterior.

Una vez se han definido los consumos eléctricos propios y exclusivos de cada una de las zonas de las piscinas, se ha de incorporar al total del balance de consumos eléctricos los que se producen en procesos o zonas comunes, como son los consumos eléctricos de los equipos destinados a garantizar las condiciones de confort y de calidad de aire de los vestuarios, los ocasionados por el grupo de bombeo que se encuentra en funcionamiento casi continuo al renovar volúmenes de agua y cubrir las diferentes demandas térmicas existentes en el recinto y, por último, el consumo correspondiente a la iluminación de todo el recinto, tanto interior como exterior.

En la tabla siguiente se recogen todos los consumos mencionados:

Mes	Q <sub>deshumectadora</sub> (kWh)	Q <sub>ventilación</sub> (kWh)	Q <sub>renovación aire vestu</sub> (kWh)	Q <sub>Bombas</sub> (kWh)	Q <sub>Iluminación</sub> (kWh)	Q <sub>total Recinto</sub> (kWh)
Enero	453	10200	294	10474	2712	24132
Febrero	630	9517	258	9460	2245	22110
Marzo	600	10200	285	10474	1808	23366
Abril	1045	9972	271	10136	1127	22551
Mayo	2259	10200	294	10474	904	24130
Junio	5296	9972	273	10136	676	26353
Julio	7107	10200	283	10474	678	28741
Agosto	-	-	-	-	-	-
Septiembre	3899	9972	262	10136	1804	26300
Octubre	2793	10200	294	10474	2260	26020
Noviembre	1262	9972	282	10136	2706	24357
Diciembre	571	10200	274	10474	2937	24456
<b>Totales</b>	<b>25914 kWh</b>	<b>110832 kWh</b>	<b>3069 kWh</b>	<b>112845 kWh</b>	<b>19856 kWh</b>	<b>272517 kWh</b>

Tabla 37. Consumos eléctricos anuales existentes en el Recinto Deportivo.

Se puede afirmar, bajo la evidencia que arrojan los resultados de la tabla 39, que los principales focos de consumo eléctrico del recinto se encontraran en la ventilación y el bombeo, fundamentales para mantener las condiciones de calidad e higiene necesarias, siendo prácticamente continuos a lo largo del calendario de apertura del recinto:

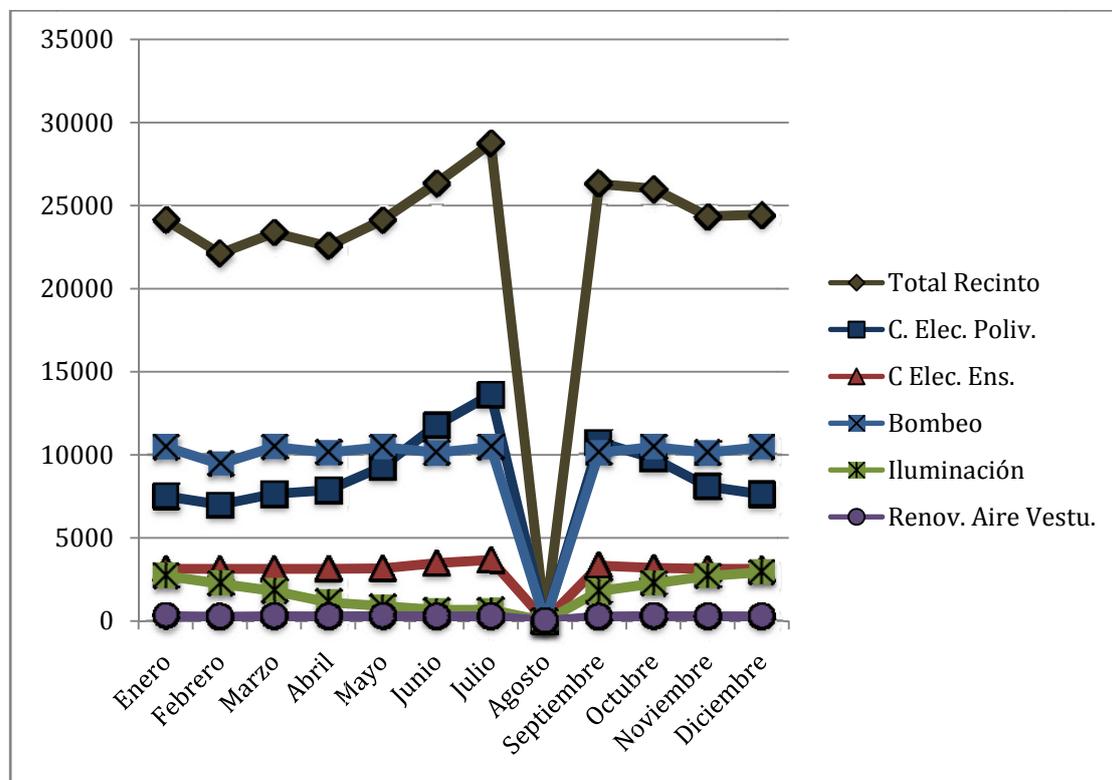


Figura 23. Evolución anual del Consumo Eléctrico en todo el Recinto.

En la figura anterior se refleja, de manera más gráfica, todo lo que se ha comentado en este punto relativo a los consumos eléctricos en cuanto a la importancia o peso de cada uno de los agentes consumidores de energía eléctrica y la evolución de las cargas asociadas a cada uno de estos agentes a lo largo de todo un año.

Se entiende, a la vista de la observación de la línea correspondiente al consumo eléctrico por renovación del aire de vestuarios, que se hayan considerado despreciables muchos de los consumos eléctricos secundarios, no implicados en procesos propios de climatización, por ser muy poco significativos en el global de la carga (cualquier variación en las condiciones climáticas tendría mayor repercusión en los consumos eléctricos de los equipos considerados que la provocada por los equipos de estos procesos secundarios).

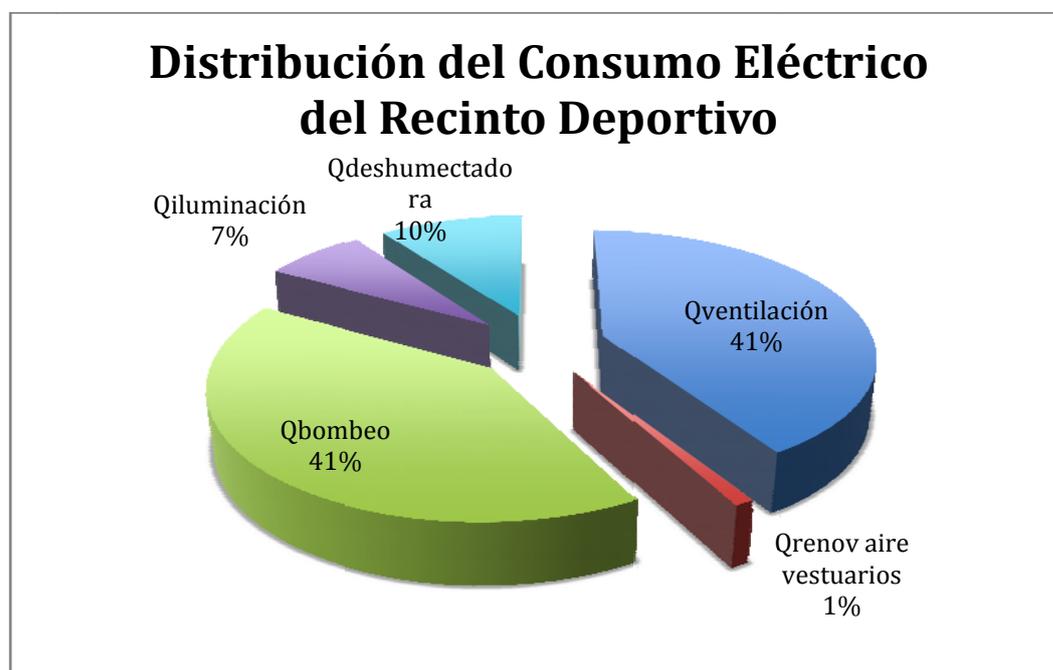


Figura 24. Reparto porcentual de los Consumos Eléctricos anuales del Recinto Deportivo.

## 7. Valoración del equipo actual

Actualmente, el recinto está alimentado por un micromotor a gas modelo Senergino TI, con una potencia térmica de 77 kW y un rendimiento térmico asociado del 53,1% (perdiéndose el resto de la potencia térmica vía los gases de escape), y una potencia eléctrica de 50 kW y un rendimiento eléctrico del motor del 34,5%, siendo el rendimiento global del equipo de un 87,6%. En el anexo se incorpora la ficha técnica del equipo.

Este equipo cubre el 30,89% de la demanda térmica del recinto a lo largo de un total de 6081 horas de la temporada de apertura (un 75,86% del tiempo total), estando el resto de la demanda cubierta por el uso de una caldera convencional

de la marca Ygnis de 250 kW, disponiéndose de otra en caso de avería. El resto de horas el equipo no deja de funcionar, sino que lo sigue haciendo a un régimen menor al nominal, por lo que sigue generando, en menor medida, electricidad.

Para determinar si la elección de este equipo de microgeneración es correcta para cumplir las necesidades del recinto estudiado, deberemos calcular la carga térmica total del recinto a lo largo de cada uno de los días del año, tal y como se detalla en el punto 6.1 del presente documento.

Trabajando sobre los 8760 datos horarios obtenidos con CLIMED 1.3, se han determinado las demandas horarias que nos permiten construir la curva de demanda térmica acumulada. Para ello se ha determinado el pico máximo de la demanda térmica, el cual se produce con las peores condiciones exteriores posibles. Esto se corresponde en los datos con el día 22 de Enero a las 21:00, momento en el cual encontramos un valor máximo de 249,28 kW. A partir de esta demanda máxima, se determina la curva estableciendo las horas anuales de funcionamiento para cada porcentaje de ese pico de demanda máxima.

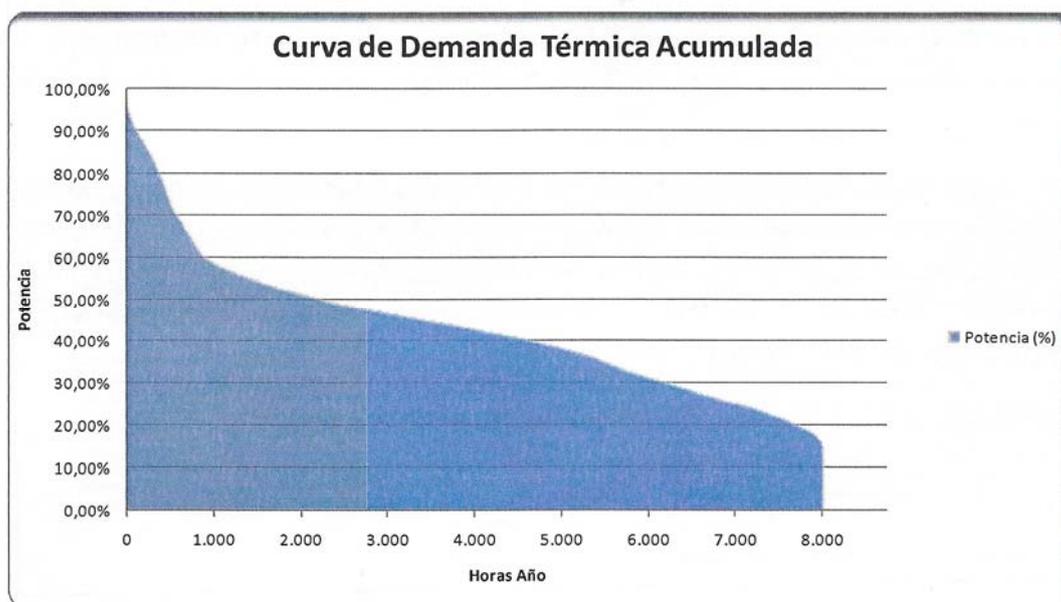


Figura 25. Curva de Demanda Térmica Acumulada del Recinto Deportivo

Por otro lado, el valor mínimo de demanda térmica lo encontramos el día 4 de Julio a las 15:00, hora en la que la demanda es de 36,27 kW. Es necesario remarcar, que el mes de Agosto obtendríamos valores inferiores, pero al estar el recinto cerrado no existe demanda. Centrándonos en el consumo eléctrico, acudimos otra vez a los datos horarios del CLIMED para determinar las horas en las que se producirán los puntos máximos y mínimos de consumo a lo largo de la temporada. El momento de mayor consumo corresponde a las 18:00 del día 10 de Septiembre, donde se alcanza un pico de 66,63 kW de demanda, mientras que el mínimo consumo eléctrico registrado es de 27,79 kW, el cual se da en un total de 3230 horas a lo largo de la temporada de apertura. Este equipo, con una potencia eléctrica de 50 kW, va a producir electricidad en exceso ya que,

observando los datos, podemos ver que el consumo eléctrico es inferior a 50 kW un total de 7588 horas al año.

Mes	Q <sub>totales</sub> recinto (kWh)	Q <sub>útil</sub> total Micro (kWh)	Q <sub>útil</sub> total Cald. (kWh)	η Térm. micro. (%)	P Térm. Micro. (kW)	η Eléc. Micro. (%)	P Eléc. Micro. (kW)	η Térm. Cald. (%)	C <sub>Gas Natural</sub> Cald. (kWh)	C <sub>Gas Natural</sub> Micro. (kWh)	CG Eléctrico Micro. (kWh)
Enero	101038	51183	49855	53,1	77	34,5	50	90	55394	96390	33254
Febrero	86887	44909	41979	53,1	77	34,5	50	90	46643	84574	29178
Marzo	91661	48786	42875	53,1	77	34,5	50	90	47639	91875	31697
Abril	82547	41948	40600	53,1	77	34,5	50	90	45111	78998	27254
Mayo	76250	42371	33880	53,1	77	34,5	50	90	37644	79794	27529
Junio	61638	33488	28150	53,1	77	34,5	50	90	31278	63066	21758
Julio	53676	22278	31398	53,1	77	34,5	50	90	34886	41955	14474
Agosto	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Septiembre	63004	30315	32689	53,1	77	34,5	50	90	36321	57090	19696
Octubre	72797	45191	27606	53,1	77	34,5	50	90	30673	85105	29361
Noviembre	85292	47235	38057	53,1	77	34,5	50	90	42286	88955	30689
Diciembre	96464	49844	46620	53,1	77	34,5	50	90	51800	93868	32384
<b>Totales</b>	<b>871254</b>	<b>457545</b>	<b>413709</b>	-	-	-	-	-	<b>459677</b>	<b>861670</b>	<b>297247</b>

Tabla 38. Resumen de Consumos de Gas Natural y Generación Eléctrica del Equipo de Microgeneración Actual.

Podemos observar en la tabla que el consumo total de gas natural asciende a 1321347 kWh, por lo que el consumo de energía útil, en el que se tienen en cuenta las posibles pérdidas energéticas del combustible en forma de gases de combustión, hasta que se utiliza en el recinto para producir energía, es el siguiente:

$$\text{Consumo Energía Útil} = 0,9 \times \text{Consumo GN Caldera} + 0,531 \times \text{Consumo GN Micro.} = 871256 \text{ kWh}$$

Este consumo, multiplicado por el precio de la energía útil que el recinto tiene acordado con la compañía eléctrica (0,0515 € / kWh):

$$871256 \text{ kWh} \times 0,0515 \text{ € / kWh} = 44869,7 \text{ €}$$

una cifra a la que tenemos que añadir los costes fijos de la operación que son, por un lado, los términos fijos del contrato:

- Terminio fijo de la tarifa: 940,44 €
- Alquiler de contador: 450€

y, por otro lado, los importes de mantenimiento, que incluyen:

- Mantenimiento Preventivo Sala de Calderas: 1490 €
- Mantenimiento Correctivo Sala de Calderas: 447 €

- Mantenimiento Preventivo y Correctivo Microgeneración: 6626 €

Sumando todos estos costes, obtenemos un gasto total de **54823,3 €**. A este precio tenemos que restarle el coste de la electricidad proveniente de la red de suministro que debería consumir y no consume la instalación puesto que es alimentada por el sistema de microgeneración. Este ahorro de energía eléctrica, a un precio establecido de 0,11159 € / kWh supone un ahorro de:

$$272517\text{kWh} \times 0,11159 \text{ € / kWh} = 30410,2 \text{ €}$$

Estableciendo el coste final anual en **24413,13 € / año**.

## 8. Propuestas de mejora

Después de analizar el comportamiento de la instalación actual y los costes anuales del recinto y estableciendo una serie de criterios de evaluación, que son:

- Cubrir la mayor parte de la demanda térmica del recinto.
- Ahorro de energía primaria global.
- Disminución de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Rentabilidad de la instalación.

Hemos determinado que existen motores más ajustados a nuestras necesidades que el instalado actualmente. Nos hemos decantado por el modelo KWE SB 33, comercializado por la firma Altare, con una potencia térmica de 70,5 kW y un rendimiento térmico del 70,7%, y una potencia eléctrica de 33 kW con un rendimiento del 33,1%. Este equipo será capaz de cubrir el 28,28% de la demanda térmica del recinto a lo largo de un total de 6489 horas de la temporada de apertura y, al igual que en el motor actual, el resto de la demanda será cubierta por el uso de las calderas convencionales.

A priori, se podría pensar que el equipo actual es más adecuado al cubrir un porcentaje de la potencia demandada superior al propuesto durante un número de horas menor que el del equipo propuesto, pero aun así considerable.

Fijándonos únicamente en este criterio, el equipo actual sería suficientemente válido siguiendo los parámetros de rentabilidad deseados, con lo que deberemos analizar el resto de criterios para optimizar la decisión.

Teniendo en cuenta que maximizando las horas de funcionamiento también se minimizan los arranques de los equipos, evitando la consecuente bajada de rendimiento que este último hecho provoca. En este sentido, el equipo propuesto funcionaría unas 400 horas más que el equipo actual.

Observando el grado de cobertura de la demanda eléctrica que satisfacen cada uno de los equipos podemos tener una mejor visión de que equipo se ajusta más a las necesidades. Como ya se ha mencionado previamente, el mínimo consumo eléctrico registrado a lo largo del año es de 27,79 kW y se da en un total de 3230 horas del calendario de apertura. Teniendo en cuenta que no se han tenido en cuenta algunos de los consumos eléctricos auxiliares por ser poco significativos, se superara con toda probabilidad el umbral de los 33 kW de consumo, por lo que el equipo propuesto será capaz de cubrir toda la demanda eléctrica existente a cualquier hora de laño sin producir excedentes de energía eléctrica.

Con todos los criterios de evaluación desarrollados, nos quedaría analizar cual sería el coste de la inversión a realizar para valorar si resultaría rentable incorporar este nuevo equipo de microgeneración para sustituir al anterior.

La instalación del equipo actual se realizo en 2010, mediante un programa de amortización de la inversión realizada a 10 años, por lo que aun no han finalizado los pagos referentes al equipo actual, de forma que no sería lógico un cambio de equipo hasta que finalicen los pagos del programa de amortización.

De todas formas, vamos a analizar el coste de la instalación del nuevo sistema de microgeneración por si fuese interesante realizar el cambio una vez finalizados los pagos del sistema actual.

### 8.1 Valoración del equipo propuesto

Teniendo en cuenta las especificaciones del equipo KWE SB 33, descritas en el apartado interior, podemos calcular los consumos de gas natural que tendría el recinto si funcionase con el equipo propuesto.

Mes	Q <sub>totales</sub> recinto (kWh)	Q <sub>útil</sub> total Micro (kWh)	Q <sub>útil</sub> total Cald. (kWh)	$\eta$ Térm. micro. (%)	P Térm. Micro. (kW)	$\eta$ Eléc. Micro. (%)	P Eléc. Micro. (kW)	$\eta$ Térm. Cald. (%)	C <sub>Gas</sub> Natural Cald. (kWh)	C <sub>Gas</sub> Natural Micro. (kWh)	CG Eléctrico Micro. (kWh)
<b>Enero</b>	101038	51183	49855	70,7	70,5	33,1	33	90	55394	72395	23958
<b>Febrero</b>	86887	44909	41979	70,7	70,5	33,1	33	90	46643	63520	21021
<b>Marzo</b>	91661	48786	42875	70,7	70,5	33,1	33	90	47639	69004	22836
<b>Abril</b>	82547	41948	40600	70,7	70,5	33,1	33	90	45111	59332	19635
<b>Mayo</b>	76250	42371	33880	70,7	70,5	33,1	33	90	37644	59930	19833
<b>Junio</b>	61638	33488	28150	70,7	70,5	33,1	33	90	31278	47366	15675
<b>Julio</b>	53676	22278	31398	70,7	70,5	33,1	33	90	34886	31511	10428
<b>Agosto</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Septiembre</b>	63004	30315	32689	70,7	70,5	33,1	33	90	36321	42878	14190
<b>Octubre</b>	72797	45191	27606	70,7	70,5	33,1	33	90	30673	63919	21153
<b>Noviembre</b>	85292	47235	38057	70,7	70,5	33,1	33	90	42286	66810	22110
<b>Diciembre</b>	96464	49844	46620	70,7	70,5	33,1	33	90	51800	70500	23331
<b>Totales</b>	<b>871254</b>	<b>457545</b>	<b>413709</b>	-	-	-	-	-	<b>459677</b>	<b>647164</b>	<b>214170</b>

Tabla 39. Resumen de Consumos de Gas Natural y Generación Eléctrica del Equipo de Microgeneración Propuesto.

A primera vista, se puede observar una disminución de la cantidad de Gas Natural utilizada en la microgeneración, así como la disminución de energía eléctrica producida, lógica ya que el equipo propuesto tiene una menor potencia eléctrica.

El consumo total de GN ascendería a 1106841 kWh y, considerando que actualmente el recinto está pagando por kWh de energía útil, calculamos el consumo de energía útil que tendría el equipo propuesto:

$$\text{Consumo Energía Útil} = 0,9 \times \text{Consumo GN Calderas} + 0,707 \times \text{Consumo GN Micro.} = 871254,3 \text{ kWh}$$

Multiplicando este consumo por el precio de la energía útil que tiene el recinto actualmente tendremos:

$$\text{Coste Energía Útil} = 871254,3 \text{ kWh} \times 0,0515 \text{ € / kWh} = 44869,6 \text{ €}$$

Sumando los gastos fijos, especificados en el apartado anterior, los cuales ascienden a un total de 9.953,44€ y restando el ahorro que supone la autoproducción de energía eléctrica, llegamos a un coste final de:

$$\text{Coste final} = 44869,6\text{€} + 9953,44\text{€} - 214170 \text{ kWh} \times 0,11159 \text{ € / kWh} = 30923,84 \text{ €}$$

El consumo de energía útil es prácticamente el mismo que el de la instalación actual, pero la producción de energía eléctrica es menor, por lo que supone un ahorro menor que el equipo utilizado en la actualidad. A la vista de estos resultados, finalmente no resultara rentable incorporar este equipo y toma mayor relevancia la opción de incorporar baterías a la instalación. Si en un futuro se volviesen a implantar las ayudas económicas que hace unos años el gobierno facilitaba a los usuarios de cogeneración se volvería a estudiar esta solución para valorar su implantación.

## 8.2 Valoración del uso de baterías

Cabe recordar, tal como se ha mencionado en el punto 7 del estudio, que el equipo actual, funcionando a régimen nominal, generará electricidad en exceso durante gran parte del año, por lo que otra posible mejora a tener en cuenta sería incorporar a la instalación un sistema de baterías para almacenar estos excesos, con el fin de incrementar el ahorro en la instalación, al tener disponible una mayor cantidad de energía eléctrica.

El equipo es capaz de generar anualmente un total de 297247 kWh, lo que supone un exceso de:

$$297247 \text{ kWh} - 272517 \text{ kWh} = 24730 \text{ kWh / año}$$

Utilizando el caso de menor consumo, las 3230 horas en las que el consumo eléctrico es de 27, 79 kWh y considerando que con el resto de consumos auxiliares por ser poco significativos del recinto se alcanzasen los 35 kWh, tendríamos un exceso de 15 kWh si el equipo funciona a régimen nominal, por lo que sería necesario disponer de un conjunto de baterías capaz de almacenar ese exceso de electricidad.

Observando la oferta de baterías existente en el mercado actualmente, existen modelos para el sector residencial y modelos para edificios con unos valores de consumo más elevado que el del Recinto actual, por lo que, para nuestro caso, lo más apropiado para que la mejora pueda ser rentable sería colocar un conjunto de baterías de pequeña escala en la instalación. Escogiendo el modelo Intensium® Home de la marca Saft, el cual tiene una capacidad de 4 kWh por unidad. Sería necesario colocar un mínimo de 4 baterías de este modelo para que fuese posible almacenar todo el exceso de electricidad en el caso de menor consumo eléctrico.

Cada una de estas baterías tiene un precio de unos 9000 €, por lo que el coste ascendería a 36000 €, sin incluir costes de instalación y el resto de elementos necesarios para unir las baterías a la red del recinto. Es una cifra muy elevada y para establecer si sería rentable sería necesario estudiar cuales serian los ahorros derivados del uso de las baterías, cuál sería el proceso a seguir para la utilización de la energía que almacenan, pero esta fuera del alcance de este trabajo final de grado.

### **8.3 Valoración de otras posibles mejoras del recinto**

Aparte de posibles mejoras que afectan al equipo de microgeneración, también sería interesante observar posibles mejoras para reducir determinadas pérdidas de calor en el recinto con el fin de disminuir el consumo necesario para que las instalaciones funcionen cumpliendo las condiciones de confort.

Por un lado, tal y como se menciona en el apartado 6.3.1, sería interesante evaluar el efecto que tendría en las pérdidas por evaporación de las piscinas el incorporar una manta térmica que tapanía las piscinas durante las horas de cierre (23:00h – 7:00h). Estas mantas suelen estar fabricadas con polipropileno o vinilo y su principal función es mantener la temperatura del agua y evitar la evaporación del líquido al ambiente de la cubierta. Las principales ventajas que ofrecen desde el punto de vista de la gestión energética son:

1. Una reducción en la pérdida de calor del agua disminuyendo en el consumo de combustible de las calderas (calentamiento) y el consumo de electricidad de la bomba de circulación del agua, ya que no es necesario que el agua pase tan a menudo por los calentadores.
2. Reducción de los niveles de humedad del recinto de la piscina ya que no se requiere el uso en continuo del sistema de ventilación.

- Ahorros eléctricos en el consumo eléctrico al apagar el sistema de ventilación en horario de no uso.

Observando la siguiente tabla, adaptada de una publicación de la “Professional Pool Operators of America” del 2011, podemos observar cómo afecta a la temperatura de una piscina el uso de la manta térmica:

TIPO DE MANTA	TEMPERATURA AMBIENTE MEDIA DÍA (C°)	TEMPERATURA AMBIENTE MEDIA NOCHE (C°)	TEMPERATURA MÁXIMA AGUA (C°)	BAJADA TEMPERATURA NOCHE AGUA (C°)
SIN MANTA	33,33	12,75	24,44	- 7,3
MANTA FIJA			28,88	-2,2
MANTA LÍQUIDA			27,77	-3,3
MANTA LÍQUIDA 2 VECES AL DÍA			28,33	-2,7

Tabla 40. Comparativa en el uso de manta térmica en piscinas cubiertas respecto a la pérdida o ganancia de temperatura.

Se puede ver a simple vista la gran capacidad de la manta térmica fija para mantener la temperatura del agua durante la noche, consiguiendo que la bajada de temperatura en las condiciones de la tabla se viese reducida en un 69,86% respecto a la bajada de temperatura ocurrida al no utilizar la manta.

Teniendo en cuenta las dimensiones de la Piscina Polivalente y de la Piscina de Enseñanza, calculamos en la página “www.outlet-piscinas.com” cual sería el coste aproximado de adquirir una manta térmica para cada una de las piscinas:

- En el caso de la Polivalente (25 m x 12,5 m), escogemos una manta de polipropileno de 400 micras que asciende al precio de 2160 €, a los que hay que añadir el precio de los gastos de envío (20 €) y el precio de un enrollador para la manta (178 €)
- Para la Piscina de Enseñanza escogemos el mismo modelo de manta, adaptándolo a las dimensiones más reducidas de la piscina, siendo el precio de la manta de 365 €, teniendo que incluir otro enrollador para la manta (178 €)

$$\text{Coste total} = 2160 \text{ €} + 365 \text{ €} + (2 \times 178 \text{ €}) + 20 \text{ €} = 2901 \text{ €}$$

Es una medida de mejora altamente recomendable para todo tipo de piscinas ya que el bajo coste se vera amortizado enseguida gracias a la reducción en el consumo de calor para mantener la temperatura de la piscina. Sin entrar a calcular cual sería la disminución exacta de las pérdidas de calor, observando la tabla 40, se puede establecer una reducción del orden del 60% de las pérdidas por evaporación.

En nuestro caso, esta reducción supondría:

$$\begin{aligned} \text{Pérdidas Piscina durante el cierre} \times 0,4 &= (\text{Pérdidas Polivalente durante} \\ \text{cierre} + \text{Pérdidas Enseñanza durante cierre}) \times 0,4 &= (80616 + 17037) \times 0,4 \\ &= 39061 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Una reducción de 58591 kWh al año, lo que implicaría un ahorro en la factura final de aproximadamente:

$$58591 \text{ kWh} \times 0,0515 \text{ € / kWh} = 3017,44 \text{ €/año}$$

Recuperándose la inversión realizada el primer año de utilización.

Por otro lado, otra medida interesante a tener en cuenta sería la de incorporar placas termosolares a una o más de las fachadas del edificio. Estas placas recogen la energía solar en forma de calor la cual puede aprovecharse para la producción de agua caliente sanitaria (ACS) y calefacción, reduciendo los consumos del recinto. El uso de placas solares implica la instalación de un depósito para la energía recogida por ellas, para que de ahí sea incorporada al resto del suministro.

Para las aplicaciones mencionadas, el tipo de placa más recomendable sería el colector solar de placa plana, de vidrio, el cual utiliza agua como transportador de energía. El agua calentada por los conductores pasaría por un intercambiador de calor, integrado en el tanque de almacenamiento de energía para producir ACS o calefacción auxiliar. En el punto 6.1.8 consideramos que el consumo medio de ACS sería de 6000 litros diarios (300 usos) por lo que el depósito acumulador necesario para abastecer todo el consumo de ACS debería tener esa capacidad. Sin embargo, el estudio para determinar la superficie de colectores necesaria, seleccionar el modelo de colector más apropiado y diseñar la instalación sería un Trabajo Final de Grado en su totalidad, por lo que queda fuera del alcance de este Trabajo Final de Grado.

- **Bibliografía:**

1. Código Técnico de la Edificación (2013). Documento Básico Ahorro de Energía. HE 0 Limitación del consumo energético.
2. Código Técnico de la Edificación (2013). Documento Básico Ahorro de Energía. HE 1 Limitación de la demanda energética.
3. Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (2011 – 2020)  
([http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Documents/20100630\\_PANER\\_Espanaversion\\_final.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EnergiaRenovable/Documents/20100630_PANER_Espanaversion_final.pdf))
4. Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética (2014-2020)  
([http://www.f2e.es/uploads/doc/20140512084153.pnaee\\_2014\\_2020.pdf](http://www.f2e.es/uploads/doc/20140512084153.pnaee_2014_2020.pdf))
5. Revista Deporcam Enero/Febrero 2015. Reportaje “Control y Ahorro Energético: Piscinas Climatizadas: la manta térmica”  
([http://www.investigacionengestiondeportiva.es/Articulos/Piscinas-climatizadas-Manta-termica\\_DEPORCAM21.pdf](http://www.investigacionengestiondeportiva.es/Articulos/Piscinas-climatizadas-Manta-termica_DEPORCAM21.pdf))
6. Guía Básica de Microgeneración (2012).  
(<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-de-Microgeneracion-fenercom-2012.pdf>)

## 2. CONCLUSION

## **Conclusión**

En este Trabajo Final de Grado se ha estudiado el comportamiento térmico de un recinto deportivo con dos piscinas climatizadas mediante un balance energético. Se han analizado las pérdidas de calor del recinto y los consumos energéticos para compararlos con el consumo anual de recinto y valorar si estas eran razonables y ajustadas a las necesidades del recinto y cumpliendo las condiciones de confort establecidas.

Analizando los resultados, se han propuesto una serie de mejoras para intentar optimizar la instalación actual:

- Propuesta de cambio del equipo de microgeneración actual. Con esta medida se pretendía, una vez acabado el programa de pagos del actual equipo de microgeneración actual, cambiar el equipo por uno que se ajustase más a las necesidades del recinto. Sin embargo, la reducción del precio era insuficiente para tenerlo en cuenta, así que se desestimó la mejora.
- Propuesta de incluir baterías en la instalación para acumular el excedente de electricidad. Puesto que la potencia eléctrica del equipo de microgeneración permite que se cree un excedente de electricidad en determinados momentos de año. Seleccionamos una batería que se ajustaba a la capacidad del recinto, pero no se entra en el cálculo específico del coste ya que se considera que el precio por batería es muy elevado, por lo que sería necesario un estudio en profundidad de cuando sería óptimo utilizar la energía de las baterías para maximizar el ahorro energético.
- Propuesta de utilización de mantas térmicas. Se estudio el efecto que tendría sobre las pérdidas por evaporación de las piscinas el utilizar unas mantas térmicas para cubrir las piscinas durante las horas de no funcionamiento. Se decidió que sería muy positivo para el consumo su utilización y se calculo el presupuesto necesario para su adquisición.
- Propuesta de incorporación de placas termosolares. Se analizo el uso de placas de este tipo en recintos deportivos con piscinas climatizadas para abaratar los costes de producción de ACS y calefacción, pero el estudio en profundidad de la instalación de este equipo queda fuera de este Trabajo Final de Grado, por lo que, si se decidiese estudiar esta mejora, sería necesario realizar un nuevo estudio del recinto.

Con la propuesta realizada se obtendrían unos ahorros del 12% en la factura anual, los cuales podrían aumentar si se realizase el estudio en profundidad de dos de las mejores propuestas: inclusión de baterías en la instalación ó el uso de placas termosolares para la producción de ACS y para apoyar a la producción de calefacción.

### 3. ANEJOS

### 3.1. FICHAS TECNICAS







Modelo	Motor: Kubota L4	Potencia eléctrica	Rendimiento eléctrico	Potencia térmica	Rendimiento térmico	Consumo	Rendimiento global
KWE SB 33	Lambda=1 Catalizador de tres vías	33 kW <i>min. 16 kW</i>	33,1%	70.5 kW <sup>1</sup>	70,7%	99.7 kW <sup>2</sup> 9,9 Nm <sup>3</sup> /h <sup>3</sup>	103,8%

Generador asincrónico refrigerado por agua  
Recuperador de condensación integrado  
**Puede operar con propano**

<sup>1</sup> T retorno 45°C  
<sup>2</sup> Según DIN ISO 3064-1 ± 5%  
<sup>3</sup> Gas Natural PCI 10,10 kWh/Nm<sup>3</sup>

Dimensiones

Largo	155 cm
Ancho	87 cm
Alto	108 cm
Peso	1.010 kg

Datos adicionales

Cilindrada	3.6 litros
Nivel sonoro a 1 m	55 dB(A)
Presión de alimentación de gas	20 - 50 mbar
Temperaturas max. imp/ret	90 / 70 °C
Rpm	1.500 r/min
Tensión	3 x 400 V / 50Hz

Mantenimiento

Intervalo de mantenimiento	4.000 h
Overhaul	40.000 h

Emisiones

1/2TA-Luft

NOx < 125 mg/Nm<sup>3</sup> @ O2 = 5 %  
CO < 150 mg/Nm<sup>3</sup> @ O2 = 5 %

Control

Centralita de regulación BR06 montada en armario eléctrico independiente



Funciones:

- Control y monitorización continua del equipo
- Sincronismo y vigilancia de red
- Modulación lineal de carga (50-100%)
- Almacenamiento de datos
- Acceso remoto a través de red
- Interfaz de usuario, operador y mantenedor

Posibilidad de integrar solución de supervisión y gestión EXEON Cogen

**Ventajas**

- Motor industrial de alta eficiencia Kubota K36
- Muy bajas emisiones gracias al catalizador de tres vías.
- Recuperación de calor optimizada para combinar máximo rendimiento y simplicidad.
- Control potente y versátil con telegestión incorporada.
- Instalación Plug&Play con mínimas necesidades de espacio.
- Mínimas vibraciones y nivel sonoro.
- Modulación lineal de la carga tanto por demanda térmica como eléctrica.
- Mínimas necesidades de espacio.

**Construcción:** Módulo compacto de microgeneración compuesto por motor a gas de 3.600 cm<sup>3</sup> operando con mezcla estequiométrica, acoplado directamente mediante transmisión amortiguada a un alternador asincrónico refrigerado por agua de 3x400V a 50 Hz para trabajo en paralelo con la red. Motor y generador montados elásticamente sobre bastidor de acero con bandeja inferior de recogida de líquidos. Circuito primario de recuperación de calor de motor y evacuación de gases de escape independizado mediante intercambiador de calor de placas. El agua del circuito externo circula por el recuperador de calor del alternador y luego por el secundario del intercambiador de calor de placas. Incluye grupo de regulación de gas a partir de presión de suministro 20-50 mbar y salida de humos con catalizador de tres vías y silenciador. Unidad de control por microprocesador KW Energie BR-06 con interfaz en castellano y supervisión remota a través de internet montada en cuadro eléctrico independiente (incluido). Instrumentación completa para operación automática gobernada por demanda térmica y/o eléctrica. Todo el conjunto se monta en un encapsulado de protección y aislamiento acústico compuesto de paneles desmontables. El suministro incluye latiguillos flexibles y válvulas de corte para las conexiones de agua y gas así como accesorio de conexión para salida de humos.

Sujeto a modificaciones

Mayo 2012

80



Modelo	Motor: MWM L4	Potencia eléctrica	Rendimiento eléctrico	Potencia térmica	Rendimiento térmico	Consumo	Rendimiento global
Senergino TI	Mezcla pobre Turbo-Intercooler Catalizador oxidación	50 kW	34.5%	77 kW	53.1%	145 kW 14,4 m³/h*	87.6%

Potencia según ISO 3046-1/DIN 6271 a cos phi=1  
Generador síncrono refrigerado por aire

\*Gas Natural PCI 10,10 kWh/Nm³

Dimensiones

Largo	2.445 mm
Ancho	900 mm
Alto	1.760 mm
Peso	1.800 kg

Emisiones

1/2 TA-Luft	NOx < 250 mg/Nm³ @ O2 = 5 % CO < 150 mg/Nm³ @ O2 = 5 %
-------------	---

Datos adicionales

Cilindrada	4,8 litros
Nivel sonoro a 1 m	68-70 dB(A)
Presión de alimentación de gas	20 - 50 mbar
Temperaturas imp/ret	85 / 70 °C
Rpm	1500 r/min
Tensión	3 x 400 V / 50Hz

Control

PLC de control Siemens S7-300 montado en armario sobre el frontal del módulo



Mantenimiento

Intervalo de mantenimiento	1.250 h
Overhaul	40.000 h

Funciones:

- Operación automática en paralelo con la red eléctrica.
- Regulación por demanda térmica con modulación de carga
- Supervisión local y remota con almacén de datos
- Envío instantáneo de alarmas.

**Ventajas**

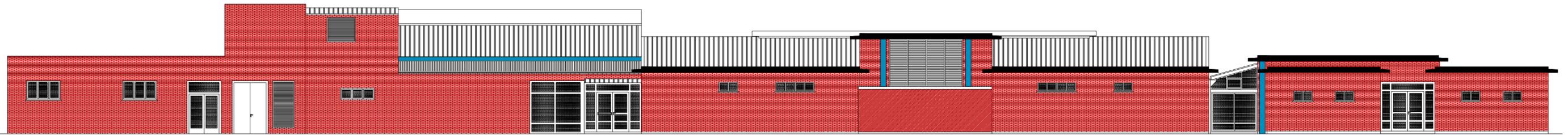
- Motor heavy-duty MWM G 4.12 turbo-intercooler de última generación.
- Optimizado para máximo rendimiento eléctrico con fiabilidad garantizada.
- Recuperación de calor integrada con un único circuito al exterior.
- Mínimas emisiones gracias al catalizador de oxidación.
- Control industrial para una total flexibilidad. Pantalla táctil.
- Cabinado compacto, practicable y listo para conectar.

**Construcción:** Módulo compacto de microgeneración compuesto por motor tetracilíndrico a gas de 4.800 cm³ operando con mezcla pobre, acoplado directamente mediante transmisión amortiguada a un alternador síncrono refrigerado por aire de 3x400V a 50 Hz para trabajo en paralelo con la red. Motor y generador montados elásticamente sobre bastidor de acero con bandeja inferior de recogida de líquidos. Circuito primario de recuperación de calor de motor y evacuación de gases de escape completo independizado mediante intercambiador de calor de placas. Bomba de secundario y válvula de aumento de temperatura de retorno (anticondensados) integrados. Incluye grupo de regulación de gas a partir de presión de suministro 20-50 mbar y salida de humos con catalizador de oxidación y silenciador. PLC de control Siemens S7-300 con interfaz mediante pantalla táctil y comunicaciones configurables montada en cuadro eléctrico sobre el frontal del cabinado. Instrumentación completa para operación automática gobernada por demanda térmica y/o eléctrica. Todo el conjunto se monta en un encapsulado de protección y aislamiento acústico con paneles laterales completamente abatibles y ventilación forzada.

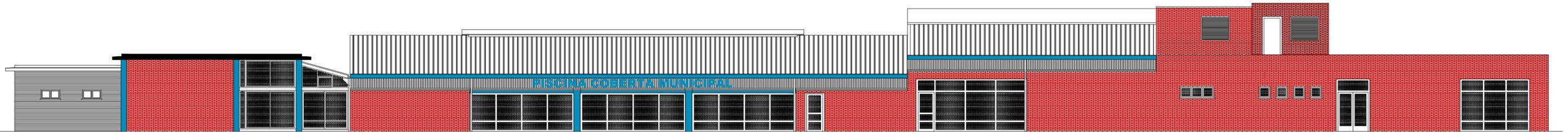
Sujeto a modificaciones

Junio 2010

## 3.2. PLANOS



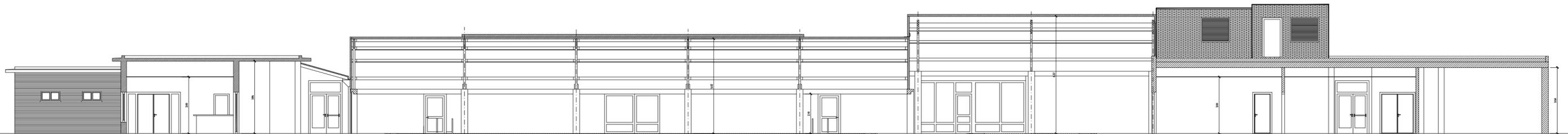
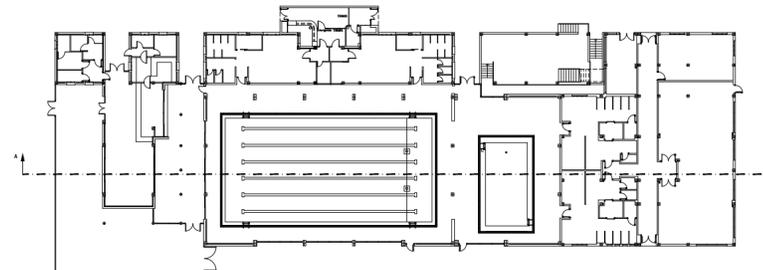
ALZADO ESTE



ALZADO OESTE



ALZADO SUR



SECCIÓN A - A'

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA  
TÉCNICA  
SUPERIOR  
INGENIEROS  
INDUSTRIALES  
VALENCIA

Proyecto:

ESTUDIO OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA  
PISCINA MUNICIPAL EN POBLA DE FARNALS

Fecha:

Septiembre 2015

Escala:

1/150

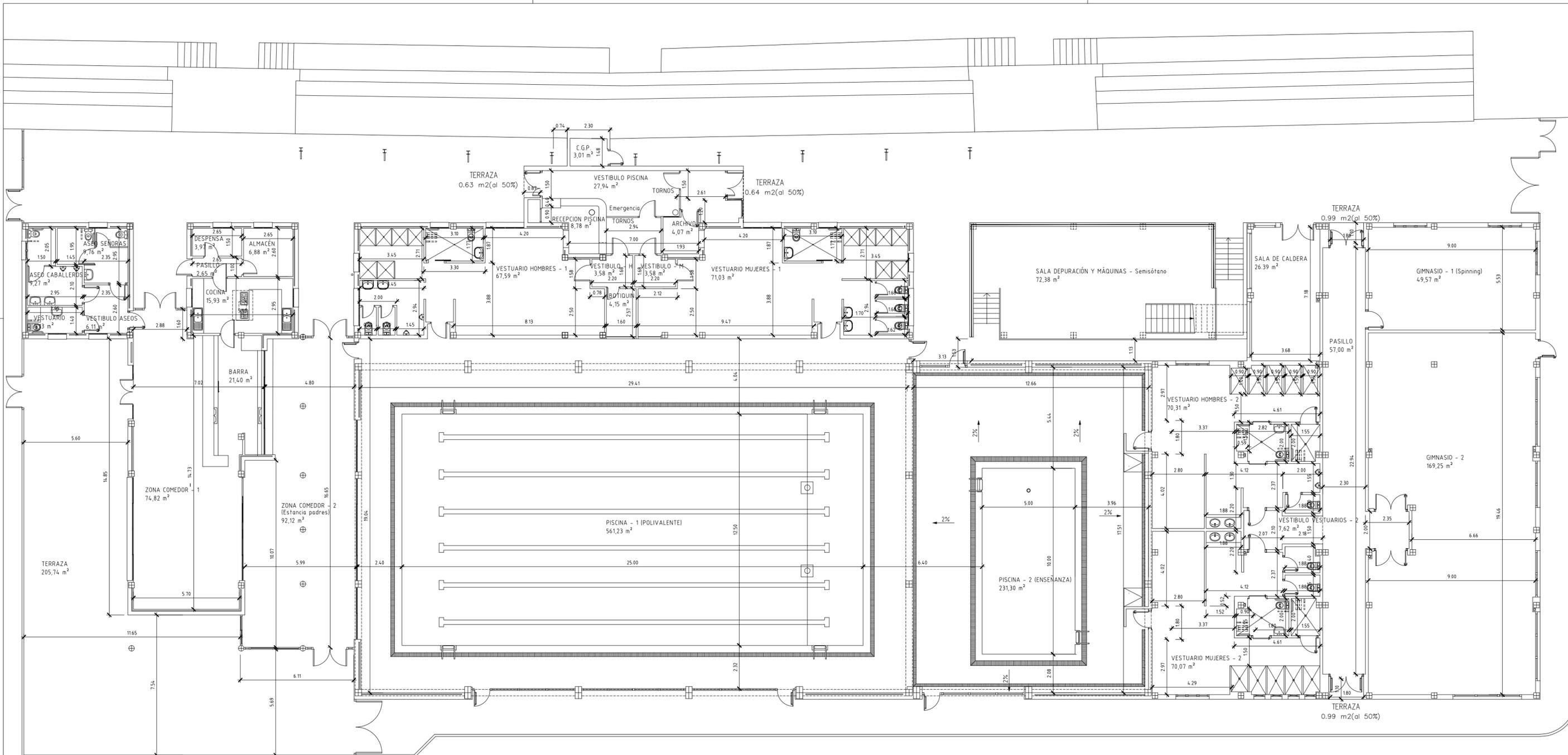
Plano:

Alzados y secciones.

Nº Plano:

1

David Ibañez Granell  
Autor proyecto



SUPERFICIE UTIL		TOTAL
BAR - RESTAURANTE		452,78 m <sup>2</sup>
ZONA COMEDOR - 1	74,82 m <sup>2</sup>	
ZONA COMEDOR - 2 (Estancia padres)	92,12 m <sup>2</sup>	
BARRA	214,0 m <sup>2</sup>	
COCINA	15,93 m <sup>2</sup>	
ALMACEN	6,88 m <sup>2</sup>	
DESPENSA	3,97 m <sup>2</sup>	
PASILLO	2,65 m <sup>2</sup>	
ASEO SEÑORAS	9,76 m <sup>2</sup>	
ASEO CABALLEROS	9,27 m <sup>2</sup>	
VESTUARIO	4,13 m <sup>2</sup>	
VESTIBULO ASEOS	6,11 m <sup>2</sup>	
TERRAZA	205,74 m <sup>2</sup>	

PISCINA		1538,31 m <sup>2</sup>
TERRAZA	0,63 m <sup>2</sup>	
TERRAZA	0,64 m <sup>2</sup>	
VESTIBULO PISCINA	27,94 m <sup>2</sup>	
RECEPCIÓN	8,78 m <sup>2</sup>	
ARCHIVO	4,07 m <sup>2</sup>	
VESTIBULO VEST. HOMBRES	3,58 m <sup>2</sup>	
VESTIBULO VEST. MUJERES	3,58 m <sup>2</sup>	
VESTUARIO HOMBRES - 1	67,59 m <sup>2</sup>	
VESTUARIO MUJERES - 1	71,03 m <sup>2</sup>	
PISCINA - 1 (Polivalente)	561,23 m <sup>2</sup>	
BOTUQUIN	4,15 m <sup>2</sup>	
SALA DEPURACIÓN Y MÁQUINAS	72,38 m <sup>2</sup>	
PISCINA - 2 (Enseñanza)	231,30 m <sup>2</sup>	
VESTUARIO HOMBRES - 2	70,31 m <sup>2</sup>	
VESTUARIO MUJERES - 2	70,07 m <sup>2</sup>	
VESTIBULO VESTUARIOS - 2	7,62 m <sup>2</sup>	
PASILLO	57,00 m <sup>2</sup>	
GIMNASIO - 1 (Spinning)	49,57 m <sup>2</sup>	
GIMNASIO - 2	169,25 m <sup>2</sup>	
SALA DE CALDERA	26,39 m <sup>2</sup>	
TERRAZA	0,99 m <sup>2</sup>	
TERRAZA	0,99 m <sup>2</sup>	
ALMACÉN DE PRODUCTOS QUÍMICOS	26,21 m <sup>2</sup>	
C.G.P.	3,01 m <sup>2</sup>	
SUPERFICIE UTIL TOTAL		1991,09 m <sup>2</sup>

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto:

ESTUDIO OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA  
PISCINA MUNICIPAL EN POBLA DE FARNALS

Fecha:

Septiembre 2015

Escala:

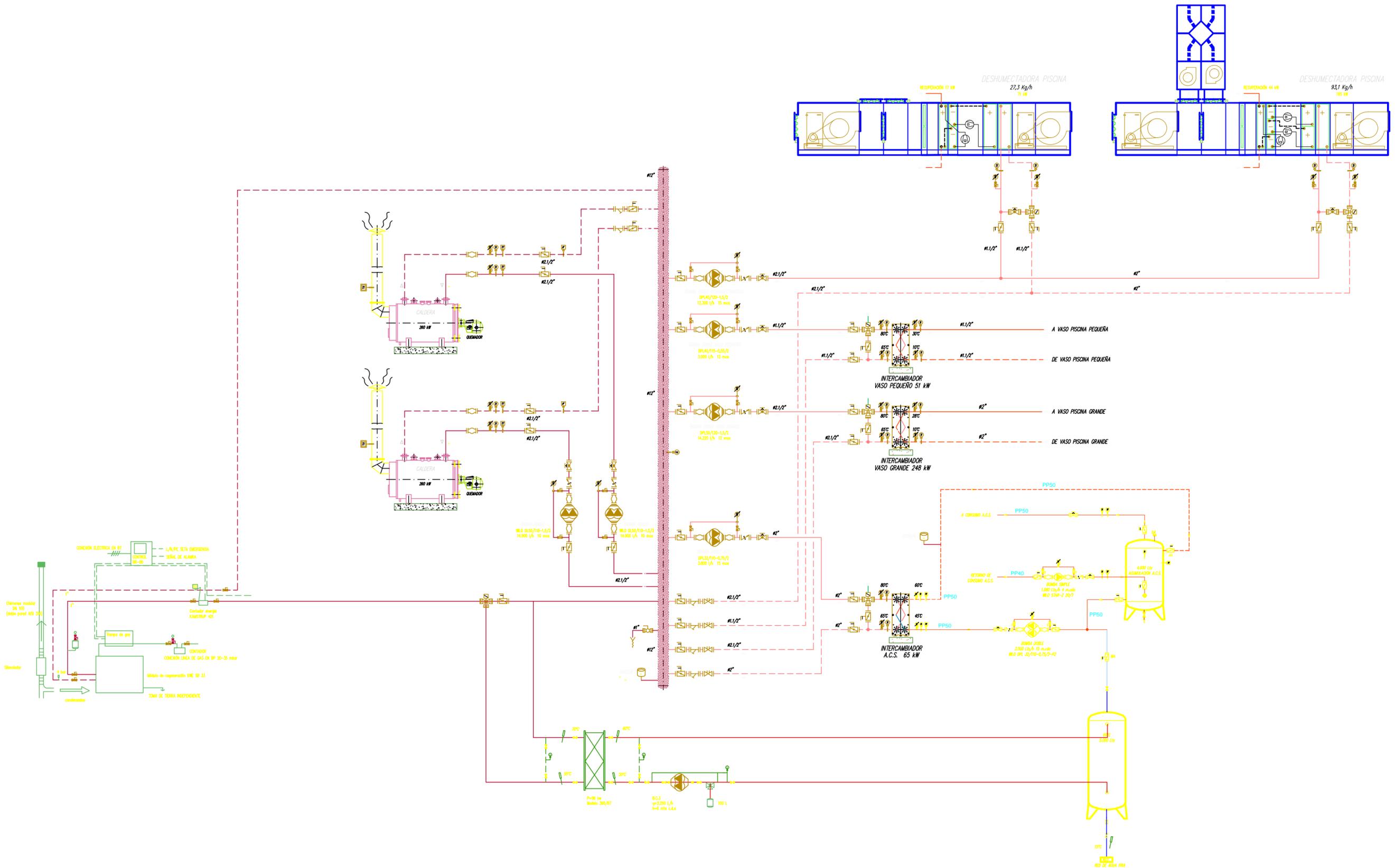
1/150

Plano:

Plano planta: Cotas y superficies

Nº Plano:

David Ibañez Granell  
Autor proyecto



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **ESTUDIO OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA PISCINA MUNICIPAL EN POBLA DE FARNALS**

Fecha: **Septiembre 2015**

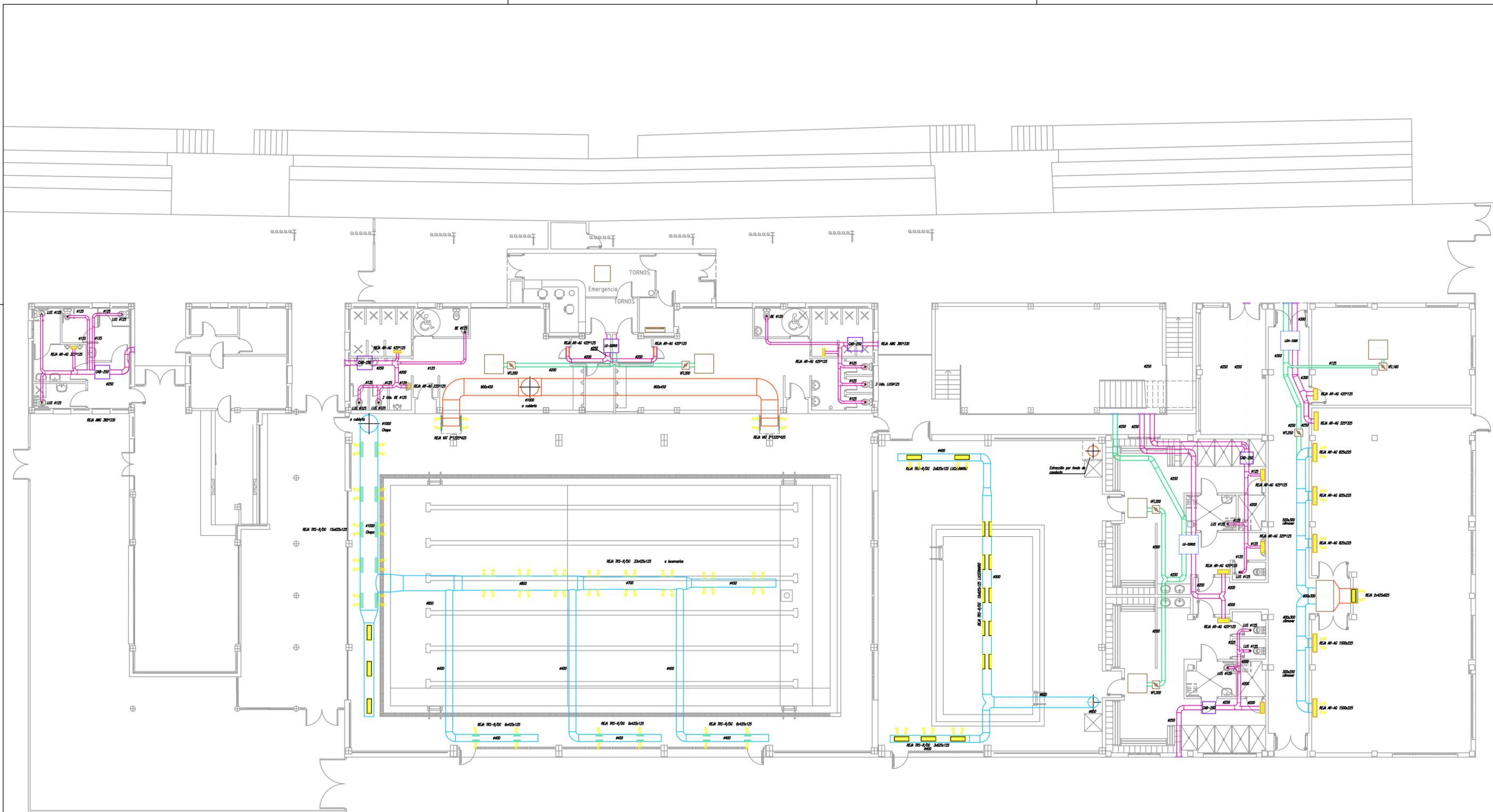
Escala:

**S/E**

Plano: **Nº Plano:**

**Esquema de principio propuesto de microgeneración.**

**David Ibañez Granell**  
Autor proyecto



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN  
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: **ESTUDIO OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA PISCINA MUNICIPAL EN POBLA DE FARNALS**

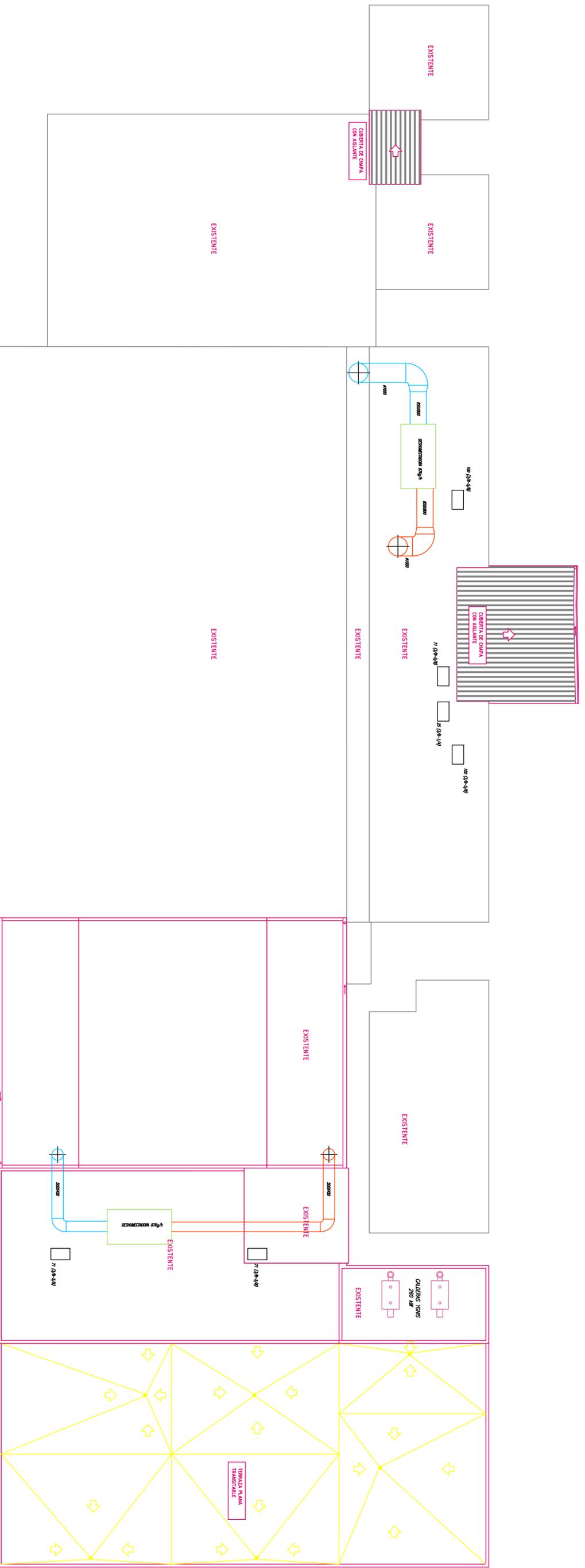
Fecha: **Septiembre 2015**

Escala: **1/150**

Plano: **Climatización.**

Nº Plano:

David Ibañez Granell  
Autor proyecto



CUBIERTA DE CHAPA  
CON AISLANTE RECEPCION 45.13 m<sup>2</sup>

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERIA EN  
TECNOLOGIAS INDUSTRIALES

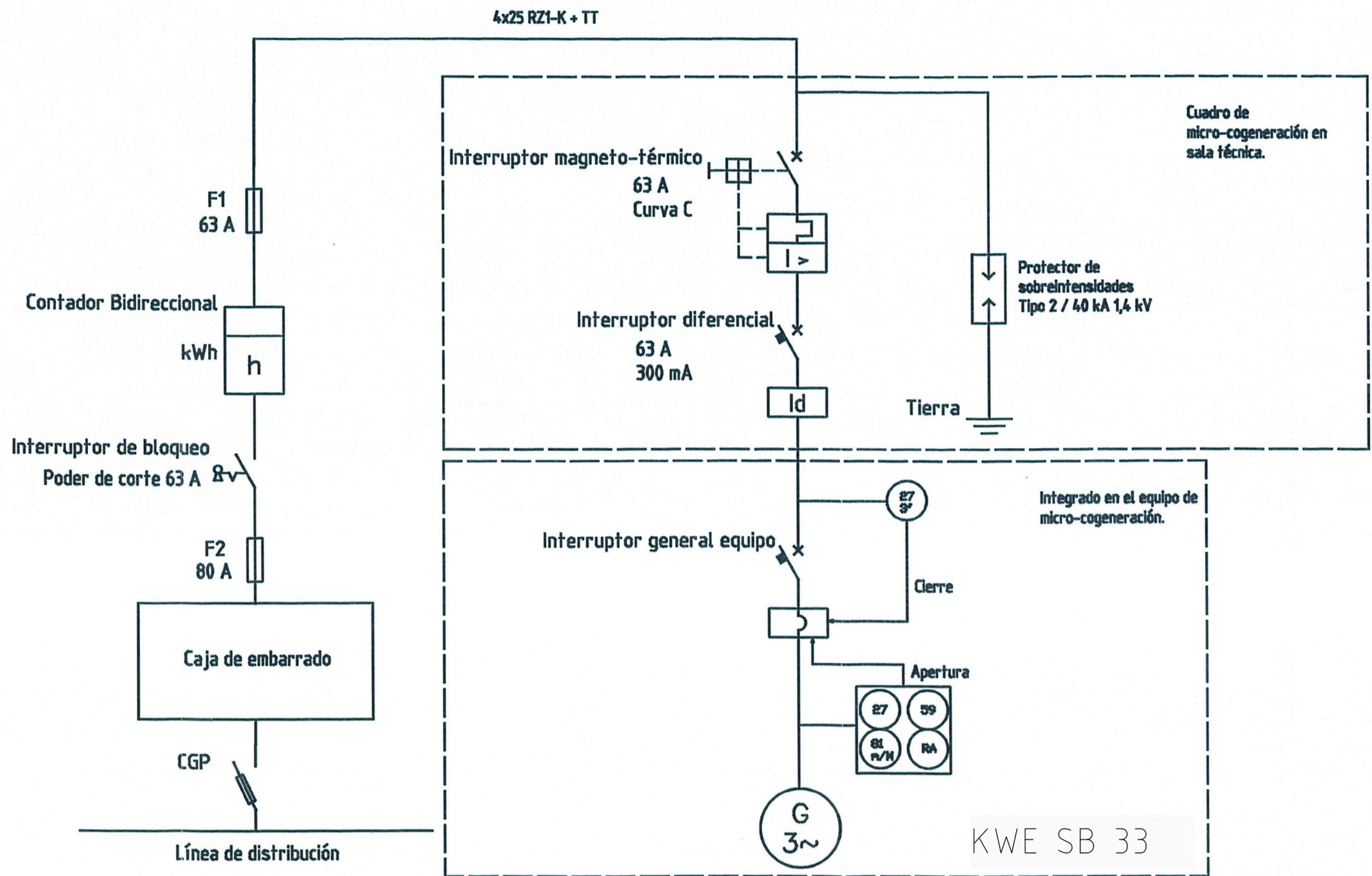
**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA**

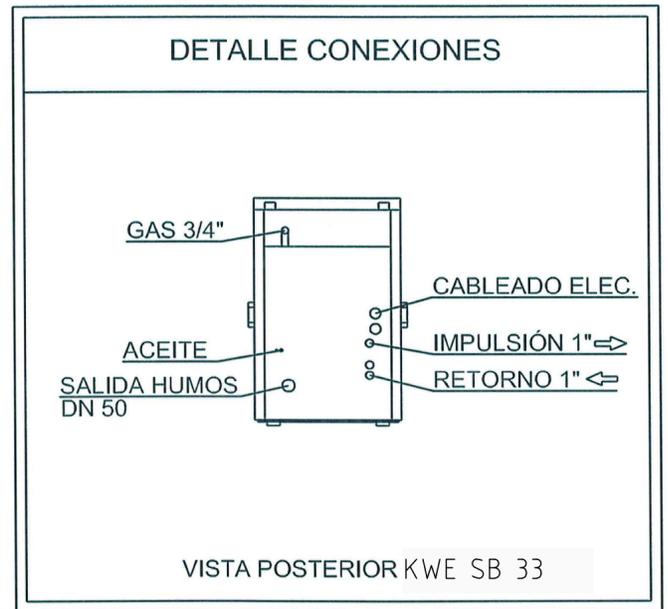
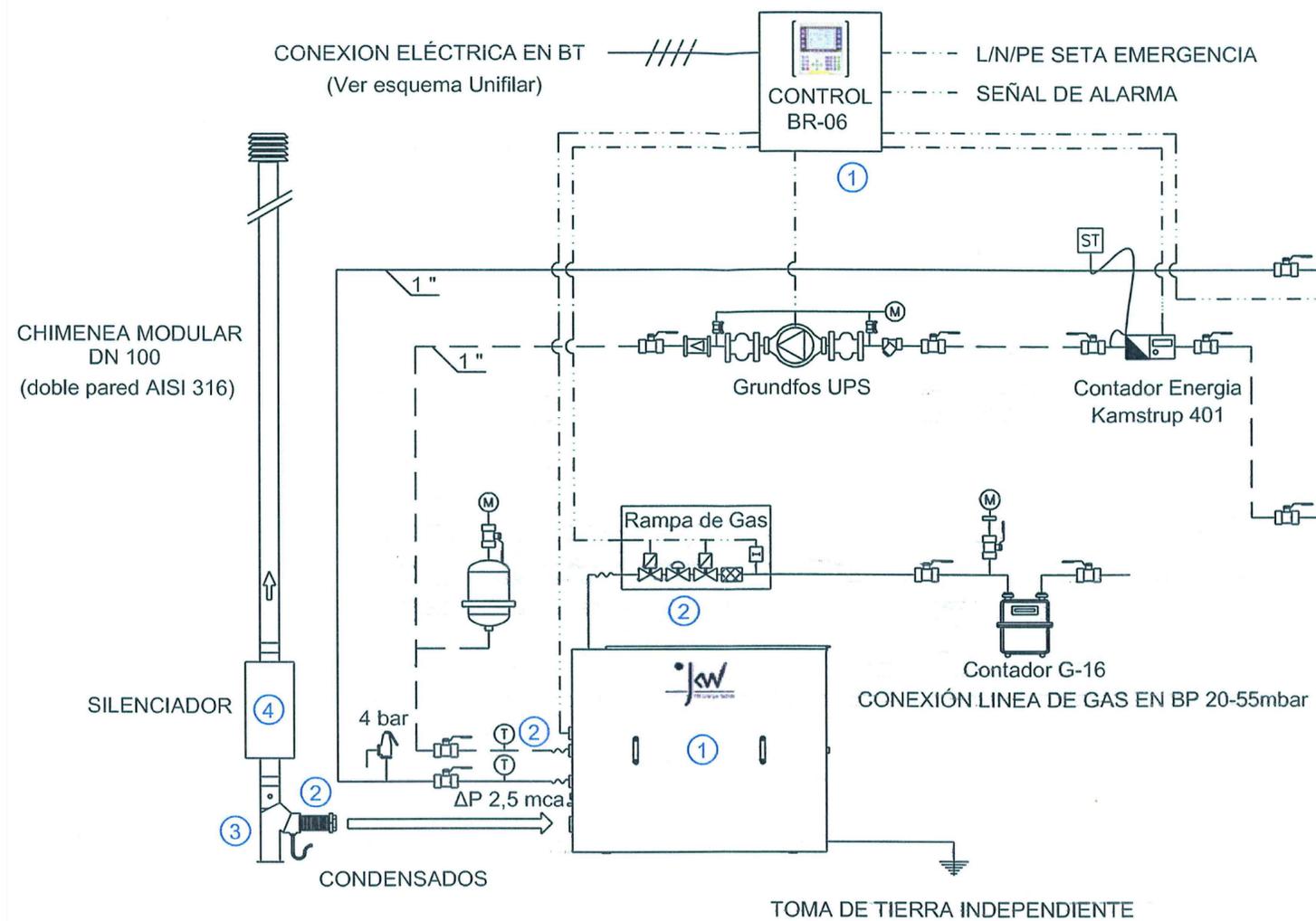
Proyecto:  
**ESTUDIO OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA PISCINA MUNICIPAL EN POBLA DE FARNALS**

Fecha: Septiembre 2015  
Escala: 1/150  
Plano: Climatización cubierta.

David Ibañez Granell  
Autor Proyecto



TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES		Proyecto:
		<b>ESTUDIO OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA          PISCINA MUNICIPAL EN POBLA DE FARNALS</b>
Fecha:	Septiembre 2015	Escala:
Plano:	Esquema unifilar del sistema de microgeneración	S/E Nº Plano:
David Ibañez Granell Autor proyecto		<b>6</b>



CÓDIGO	REF. ALTARE	ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN
①	KW04	Módulo KWE SB 33	Módulo compacto de microgeneración de 33 kW eléctricos y 68 térmicos, con rendimiento eléctrico 28,3 % y rendimiento global 92,5 %. Características: -Motor industrial a gas Ford ESG642 a 1530 rpm. Regulación por sonda lambda y catalizador para emisiones inferiores a 1/2 TA-Luft. Incluido grupo completo de regulación de gas 20-50mbar. -Generador asincrónico de 3x400V a 50 Hz refrigerado por agua. Corrección de factor de potencia a 0,98. Unidad de control por microprocesador BR-06 con interfaz en castellano y supervisión remota a través de Internet. -Encapsulado de protección y aislamiento acústico compuesto de paneles desmontables que garantiza un nivel sonoro inferior a 55 dB(A) a 1 m. -Cuadro eléctrico independiente para sujeción a pared. Incluido 6 metros de cable para conexión entre módulo y cuadro.
②	KW12	kit de Conexiones G 2"	Compuesto por: - Acoplamiento flexible para salida de humos de 2". - Dos mangueras armadas de 1" x 800 mm. para conexiones hidráulicas de impulsión y retorno. - Conjunto de conexión al multiblock de gas formado por interruptor del presión de gas, manguera armada de 3/4" y válvula de seguridad antiincendios. - Manguera y conector para drenaje de aceite lubricante. - Banda aislante para el suelo.
③	KW23	kit de Salida de Humos DN 100	Codo de 87° 5/4" a DN100 con pie de apoyo. Sistema DÖRING EWW4a cónico estanco con conectores flexibles para silenciador de 2". Incorpora sifón de acero inoxidable para recogida y eliminación de condensados y dos tomas de medida de 1/2" con tapones de acero inoxidable
④	KW25	Silenciador externo DN 100	Silenciador externo adicional en acero inoxidable DN 100

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA

Proyecto: ESTUDIO OPTIMIZACIÓN ENERGÉTICA DE UNA PISCINA MUNICIPAL EN POBLA DE FARNALS

Fecha: Septiembre 2015

Escala: S/E

Plano: Esquema de principio del equipo de microgeneración

Nº Plano: 7

David Ibañez Granell  
Autor proyecto

