



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

# **AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL**

Autor: José Pedrajas Boceta  
Director: Alejandro Morell Fernández

Madrid  
Junio 2017

José  
Pedrajas  
Boceta

# AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL



## **AUTORIZACIÓN PARA LA DIGITALIZACIÓN, DEPÓSITO Y DIVULGACIÓN EN RED DE PROYECTOS FIN DE GRADO, FIN DE MÁSTER, TESIS O MEMORIAS DE BACHILLERATO**

### ***1º. Declaración de la autoría y acreditación de la misma.***

El autor D. José Pedrajas Boceta

DECLARA ser el titular de los derechos de propiedad intelectual de la obra: “Auditoría Energética de un Hospital”, que ésta es una obra original, y que ostenta la condición de autor en el sentido que otorga la Ley de Propiedad Intelectual.

### ***2º. Objeto y fines de la cesión.***

Con el fin de dar la máxima difusión a la obra citada a través del Repositorio institucional de la Universidad, el autor CEDE a la Universidad Pontificia Comillas, de forma gratuita y no exclusiva, por el máximo plazo legal y con ámbito universal, los derechos de digitalización, de archivo, de reproducción, de distribución y de comunicación pública, incluido el derecho de puesta a disposición electrónica, tal y como se describen en la Ley de Propiedad Intelectual. El derecho de transformación se cede a los únicos efectos de lo dispuesto en la letra a) del apartado siguiente.

### ***3º. Condiciones de la cesión y acceso***

Sin perjuicio de la titularidad de la obra, que sigue correspondiendo a su autor, la cesión de derechos contemplada en esta licencia habilita para:

- a) Transformarla con el fin de adaptarla a cualquier tecnología que permita incorporarla a internet y hacerla accesible; incorporar metadatos para realizar el registro de la obra e incorporar “marcas de agua” o cualquier otro sistema de seguridad o de protección.
- b) Reproducir la en un soporte digital para su incorporación a una base de datos electrónica, incluyendo el derecho de reproducir y almacenar la obra en servidores, a los efectos de garantizar su seguridad, conservación y preservar el formato.
- c) Comunicarla, por defecto, a través de un archivo institucional abierto, accesible de modo libre y gratuito a través de internet.
- d) Cualquier otra forma de acceso (restringido, embargado, cerrado) deberá solicitarse expresamente y obedecer a causas justificadas.
- e) Asignar por defecto a estos trabajos una licencia Creative Commons.
- f) Asignar por defecto a estos trabajos un HANDLE (URL *persistente*).

### ***4º. Derechos del autor.***

El autor, en tanto que titular de una obra tiene derecho a:

- a) Que la Universidad identifique claramente su nombre como autor de la misma
- b) Comunicar y dar publicidad a la obra en la versión que ceda y en otras posteriores a través de cualquier medio.
- c) Solicitar la retirada de la obra del repositorio por causa justificada.
- d) Recibir notificación fehaciente de cualquier reclamación que puedan formular terceras personas en relación con la obra y, en particular, de reclamaciones relativas a los derechos de propiedad intelectual sobre ella.

### ***5º. Deberes del autor.***

El autor se compromete a:

- a) Garantizar que el compromiso que adquiere mediante el presente escrito no infringe ningún derecho de terceros, ya sean de propiedad industrial, intelectual o cualquier otro.
- b) Garantizar que el contenido de las obras no atenta contra los derechos al honor, a la intimidad y a la imagen de terceros.
- c) Asumir toda reclamación o responsabilidad, incluyendo las indemnizaciones por daños, que pudieran ejercitarse contra la Universidad por terceros que vieran infringidos sus derechos e intereses a causa de la cesión.

- d) Asumir la responsabilidad en el caso de que las instituciones fueran condenadas por infracción de derechos derivada de las obras objeto de la cesión.

**6º. Fines y funcionamiento del Repositorio Institucional.**

La obra se pondrá a disposición de los usuarios para que hagan de ella un uso justo y respetuoso con los derechos del autor, según lo permitido por la legislación aplicable, y con fines de estudio, investigación, o cualquier otro fin lícito. Con dicha finalidad, la Universidad asume los siguientes deberes y se reserva las siguientes facultades:

- La Universidad informará a los usuarios del archivo sobre los usos permitidos, y no garantiza ni asume responsabilidad alguna por otras formas en que los usuarios hagan un uso posterior de las obras no conforme con la legislación vigente. El uso posterior, más allá de la copia privada, requerirá que se cite la fuente y se reconozca la autoría, que no se obtenga beneficio comercial, y que no se realicen obras derivadas.
- La Universidad no revisará el contenido de las obras, que en todo caso permanecerá bajo la responsabilidad exclusiva del autor y no estará obligada a ejercitar acciones legales en nombre del autor en el supuesto de infracciones a derechos de propiedad intelectual derivados del depósito y archivo de las obras. El autor renuncia a cualquier reclamación frente a la Universidad por las formas no ajustadas a la legislación vigente en que los usuarios hagan uso de las obras.
- La Universidad adoptará las medidas necesarias para la preservación de la obra en un futuro.
- La Universidad se reserva la facultad de retirar la obra, previa notificación al autor, en supuestos suficientemente justificados, o en caso de reclamaciones de terceros.

Madrid, a 13 de Junio de 2017

**ACEPTA**



Fdo. José Pedrajas Boceta

Motivos para solicitar el acceso restringido, cerrado o embargado del trabajo en el Repositorio Institucional:

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
"Auditoría Energética de un Hospital"  
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el  
curso académico 2016 / 2017 es de mi autoría, original e inédito y  
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es  
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada  
de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: José Pedrajas Boceta      Fecha: 13 / 06 / 2017

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Alejandro Morell Fernández      Fecha: 13 / 06 / 2017





ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

# **AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL**

Autor: José Pedrajas Boceta  
Director: Alejandro Morell Fernández

Madrid  
Junio 2017

José  
Pedrajas  
Boceta

# AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL



# AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UN HOSPITAL

**Autor: Pedrajas Boceta, José.**

Director: Morell Fernández, Alejandro.

Entidad colaboradora: Creara Consultores.

## RESUMEN DEL PROYECTO

### Introducción

Hoy en día la energía representa un recurso de consumo muy necesario y vital en cualquier ámbito o sector de actividad. Por esta razón el consumo eficiente de energía se antoja esencial para cualquier institución. Factores como la subida en el precio de la energía, la necesidad de reducir la emisión de gases contaminantes, el cumplimiento de nuevas normativas o el compromiso por la penetración de energías renovables hacen de la eficiencia energética un objetivo clave.

Es aquí donde entran en escena las auditorías energéticas [1], que son estudios que realizan un análisis completo y detallado de las características energéticas de cualquier edificio. Se anotan detalles de los equipos consumidores de energía, se estudia la situación geográfica, se recogen las facturas de energía y se realiza un balance energético. Con estos datos y resultados se posibilita detectar las áreas de ahorro potencial de energía, y se recomiendan una batería de medidas de ahorro energético, que permiten grandes ahorros económicos, así como la reducción de emisiones contaminantes.

Entre las normativas, planes de fomento y estrategias más relevantes relativas al ahorro energético y las auditorías energéticas que existen en España, destacan el Real Decreto 56/2016, la norma ISO 50001, la norma UNE-EN 16247, el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE), el Código Técnico de la Edificación (CTE) o las guías del Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía (IDAE).

Los hospitales son centros con consumos elevados de energía, creciendo cada vez más la urgencia de convertirlos en edificios de consumo eficiente de energía. Hay que tener en cuenta que muchos de los servicios ofrecidos en un hospital deben ser continuos e ininterrumpidos. Además, entre otras cosas, es necesario un cuidado muy riguroso para cumplir con las condiciones energéticas de higiene requeridas en distintas estancias, como los quirófanos y las salas de operaciones.

Ante este panorama, en este proyecto se realiza la auditoría energética de un hospital de gran tamaño (17.957 m<sup>2</sup>, 7 plantas) y consumo (7,5 GWh/año) situado en la provincia de Madrid. El objetivo perseguido es analizar y hacer un balance del consumo energético actual del hospital, para así identificar medidas y acciones encaminadas a contribuir a mejorar la eficiencia energética del hospital y la optimización de sus recursos,

consiguiendo así un ahorro energético y económico. Este proyecto ha sido realizado con la colaboración de la empresa Creara Consultores.

Zona climática	D3
Nº de plantas	7
Superficie construida (m <sup>2</sup> )	17.947
Número de usuarios	650
Tipología edificatoria	Hospital
Consumo energético anual (kWh)	7.509.077

*Tabla 1. Datos característicos del hospital*

## **Metodología**

El proyecto ha sido realizado siguiendo seis etapas diferenciadas:

1. Recopilación de información inicial: Esta etapa ha implicado una recogida de datos básicos del edificio, como su superficie, localización, las facturas de energía del año 2015 y un inventario de los equipos existentes en el hospital (equipos de calefacción, refrigeración, ACS, ventilación, equipos médicos, equipos de cocina...)
2. Toma de datos y medidas: Se han realizado entrevistas con personal de mantenimiento y se han hecho fotos y distintas medidas de parámetros energéticos sobre los equipos, usando instrumentos como cámara termográfica y analizador de redes. Se ha recogido también un listado de equipos con horarios de funcionamiento.
3. Evaluación del estado del hospital y balance energético: En esta fase se ha elaborado un balance energético global en base al análisis de los suministros de energía empleados. Se ha evaluado también el estado energético actual de los equipos e instalaciones. Para la elaboración de cálculos numéricos, balances, gráficas y tablas se ha empleado principalmente el programa Microsoft Excel.
4. Propuesta de medidas de ahorro energético y evaluación económica: Se ha realizado un análisis de medidas de mejora, evaluando el potencial de cada una y llevando a cabo un estudio detallado de las variables de viabilidad económica, teniendo en cuenta inversión requerida, el período de retorno de la inversión y el ahorro económico.
5. Plan de negocio: En esta penúltima fase se ha elaborado un plan de actuación y se han evaluado diferentes alternativas de plan de negocio entre una empresa de servicios energéticos (ESE) y el hospital.
6. Realización de memoria definitiva.

## Resultados y conclusiones

Una vez analizadas las instalaciones del hospital, se concluye que el área de mayor consumo es la de climatización (calefacción + refrigeración) con un 60%, que es a su vez donde existe un mayor potencial de ahorro energético. Los consumos de ACS (7%) y ventilación (6%) también son considerables, debido a las necesidades estrictas de ventilación en zonas de operación quirúrgica y a la necesidad del agua para usos sanitarios y de limpieza. Se determina también que existe un uso eficiente de la iluminación, ya que se ha renovado recientemente con tecnología LED, lo que hace que el consumo en iluminación sea reducido (5%).

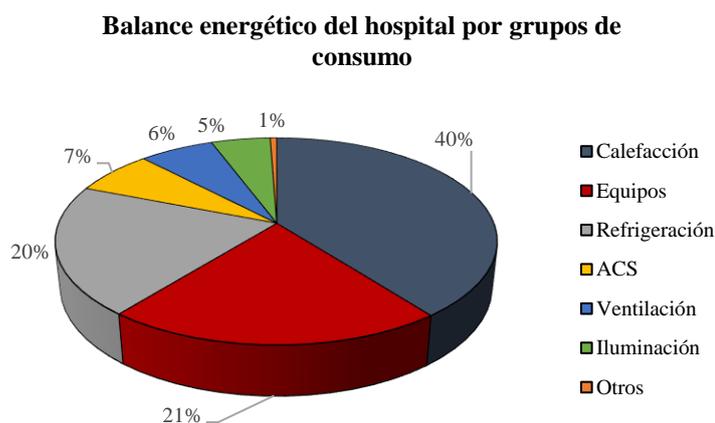


Figura 1. Balance energético por áreas de consumo

Analizando las fuentes de energía de consumo del hospital, el mayor peso energético proviene del suministro eléctrico (54%), mientras que el suministro de gasóleo también es importante (45%), al ser el que sustenta las calderas, encargadas de la calefacción y la generación de agua caliente sanitaria. El suministro de gas natural (1%) tan solo se usa para los equipos de cocina.

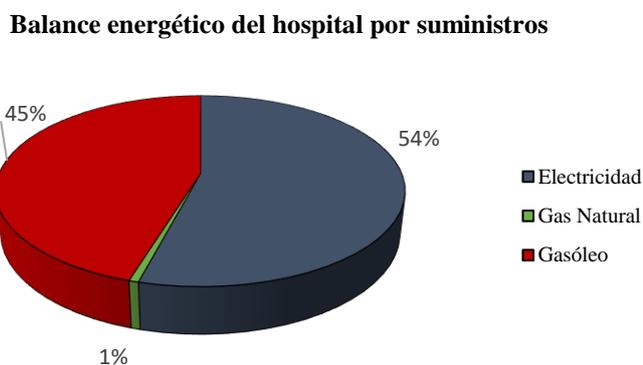


Figura 2. Balance energético por suministros

En cuanto a las posibilidades de ahorro, se ha elaborado una lista final de 11 medidas propuestas de ahorro energético. La implantación conjunta de todas ellas supondría un ahorro energético anual de 978.508 kWh, dando lugar a un ahorro económico anual de

77.884 € y a una reducción de 302.783 kg de emisiones de CO<sub>2</sub> al año. La inversión requerida para llevar a cabo estas medidas recomendadas sería de 517.709 €. El valor actual neto de la inversión realizada es de 273.471 €, considerando para el proyecto un ciclo de vida de 10 años.

Descripción de la mejora	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro económico (€/año)	Inversión (€)	PRS (años)	Ahorro en emisiones (kg CO <sub>2</sub> /año)
Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural	379.196	30.683	85.909	2,8	102.383
Instalación de sistema solar térmico para ACS	177.872	10.661	126.000	11,8	48.025
Sustitución de equipos con refrigerante R22	150.396	11.493	190.641	16,6	54.143
Sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas	94.708	7.238	22.362	3,1	34.095
Climatizadoras con recuperador de calor	46.168	3.528	22.362	6,3	16.620
Sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad	44.100	4.044	47.500	11,7	15.876
Variadores de frecuencia en bombas	32.904	2.515	11.082	4,4	11.845
Automatización de la conexión y desconexión de transformadores	31.341	2.395	13.224	5,5	11.283
Instalación de sobre-enchufes (Sistema plugwise)	25.229	1.928	16.860	8,7	9.082
Aislamiento del cuerpo de las bombas	17.931	1.370	4.030	2,9	6.455
Cambio en la facturación. Reducción de la potencia contratada	-	6.020	100	0,02	-
<b>TOTAL</b>	<b>978.508</b>	<b>77.884</b>	<b>517.709</b>	<b>6,6</b>	<b>302.783</b>

Tabla 2. Listado final de medidas de ahorro propuestas

Las medidas propuestas de ahorro en climatización suponen un 11,7 % de ahorro sobre el consumo energético actual del hospital. Entre las medidas propuestas, destaca el cambio de calderas de gasóleo por calderas de condensación de gas natural. Es la medida con mayor ahorro energético de entre todas las propuestas ya que implica un ahorro del 5,05 % sobre el consumo total. Estas calderas tienen mayor rendimiento, un combustible más barato y menos emisiones de contaminantes.

La instalación de climatizadoras con sistema free-cooling y recuperador de calor es otra medida muy eficiente y con un gran potencial de ahorro energético, dado que estos equipos permiten reutilizar la energía aprovechable del aire extraído de las salas, así como utilizar el aire exterior para refrigeración en ciertas ocasiones. También resulta interesante el análisis realizado de la tarifa eléctrica contratada, que ha permitido concluir con la propuesta de reducir la potencia contratada en varios períodos tarifarios.

En lo que se refiere a la implantación de energías renovables, destacan como medidas propuestas la instalación de un sistema solar térmico para ACS y un sistema solar

fotovoltaico para suministro de electricidad. Ambas medidas conllevan un período de retorno de la inversión alto, pero se consideran muy interesantes desde el punto de vista de sostenibilidad energética y de reducción de emisión de gases contaminantes.

El plan de actuación está orientado a implantar todas las medidas desde el inicio. A pesar de que conlleva un desembolso económico mayor de inicio, se considera que hay suficientes recursos económicos para implementar todas las medidas desde el principio. Es la opción idónea debido a la necesidad de aprovechar el potencial de ahorro energético del hospital desde el primer momento.

Por último, tras el análisis de factores y riesgos que afectan al plan de negocio se han planteado dos alternativas de negocio para la empresa de servicios energéticos y el hospital. En la primera opción el porcentaje de ahorros se reparte en un 90% para la empresa de servicios energéticos, que se encarga por completo de la inversión, y un 10% para el hospital. Por otro lado, en el segundo escenario de negocio planteado, el hospital y la empresa energética comparten al 50% tanto los ahorros obtenidos como los gastos de la inversión a realizar. Entre las dos opciones planteadas, se plantea como propuesta inicial la primera alternativa, ya que es el escenario más común en este tipo de proyectos y resulta mucho más atractivo para el hospital.

El plan de negocio propuesto entre hospital y ESE es una recomendación de cara a que la auditoría energética no se quede simplemente en un cumplimiento de la ley actual por parte del hospital, ya que este proyecto representa una gran oportunidad para el hospital de cara a implantar las medidas de ahorro recomendadas y obtener un importante ahorro económico.

Como recomendación para futuros estudios de este proyecto, sería interesante analizar la posibilidad de implantar un Sistema de Gestión de la Energía en el hospital, promoviendo un servicio de telemedida, asesoramiento continuo en la gestión energética de las instalaciones, así como formación del personal del hospital en temas de gestión de ahorro energético. De esta manera se impulsa la mejora continua, yendo más allá de la implantación de las medidas de ahorro energético recomendadas en este proyecto.

## **Referencias**

- [1] España, “Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedo,” pp. 11655–11681, 2016.



# **ENERGY AUDIT OF A HOSPITAL**

**Author: Pedrajas Boceta, José.**

Director: Morell Fernández, Alejandro.

Collaborator entity: Creara Consultores.

## **PROJECT ABSTRACT**

### **Introduction**

Nowadays energy represents a resource for consumption very necessary and essential in every area or scope of application. For this reason, efficient consumption of energy becomes essential for every institution. Factors as the rise of the energy's price, the need to reduce contaminant emissions, the fulfillment of new energy laws or the commitment to increase the use of renewable energies make energy efficiency a clear objective.

It is here where energy audits [1] play an important role. They are studies that make a complete and detailed analysis of the energetic characteristics of every building. Details of energy consumer devices are taken, geographical situation of the hospital is analyzed, energy bills are collected and an energy balance is also done. With this data and results, energy audits enable to detect areas of potential energy saving, and a list of energy saving measures is proposed in order to get economic benefits as well as the reduction of contaminant emissions.

Among the regulations, standards and incentive programs existing in Spain related to energy efficiency and energy audits, there can be highlighted the Royal Decree Act 56/2016, the ISO standard 50001, the standard UNE-EN 16247, the Regulations of Thermal Installations in Buildings (RITE), the Technical Building Code (CTE) or the guides of the Institute for the Energy Diversification and Saving (IDAE).

Hospitals are health centers with high energy consumptions, growing every time more the urgency to convert them into building of efficient consumption of energy. It has to be taken into account that many of the services offered by a hospital must be continued and uninterrupted. Furthermore, it is necessary a careful attention to comply with the energetic conditions of hygiene required in different rooms, such as the surgery rooms and operating rooms.

In this scenario, this project consists on conducting the energy audit of a hospital of great size (17.957 m<sup>2</sup>, 7 floors) and high consumption (7,5 GWh/year) located in Madrid. The pursued objective is to analyze and make a balance of the actual energy consumption of the hospital, in order to identify measures and actions aimed to contribute to improve the energetic efficiency of the hospital and the optimization of its energy resources,

obtaining a great energetic and economic saving. This project has been made with the collaboration of the company Creara Consultores.

Climatic zone	D3
Number of floors	7
Constructed surface (m <sup>2</sup> )	17.947
Number of users	650
Type of building	Hospital
Annual energetic consumptio (kWh)	7.509.077

*Table 1. Characteristic data of the hospital*

## **Methodology**

This project has been done following six differentiated steps:

1. Initial information gathering: This phase has involved the collection of basic data of the hospital, such as its surface, location, energy bills during year 2015 and an inventory of the equipment and energy devices existing in the hospital (heating systems, refrigeration systems, ventilation system, medical equipment, cooking equipment...)
2. Data collection and measurement: There have been conducted some interviews with maintenance staff and some photographs have been made as well as different measures of energetic parameters of the equipment, using instruments like the thermographic camera and the net analyzer.
3. Evaluation of the current state of the hospital and energetic balance: In this phase a global energetic balance has been elaborated based on the analysis of the energy supplies of the hospital. It has also been evaluated the energetic state of the equipment and the installations. For the elaboration of numeric calculations, balances, graphics and tables it has been used mainly the programme Microsoft Excel.
4. Proposal of energy saving measures and economic evaluation: An analysis of energy saving measures has been conducted, evaluating the potential of each one and doing a detailed study of the variables of economic viability, considering the required investment, the payback period and the economic saving.
5. Business plan: In this penultimate step, an action plan has been designed and some different alternatives of business plan have been evaluated, between an energy service company (ESCO) and the hospital.
6. Preparation of ultimate report.

## Results and conclusions

Once the facilities of the hospital have been analyzed, it can be concluded that the area of highest consumption is the air conditioning (heating + cooling) with a 60%, which is also where there exists a higher potential for energetic saving. The consumptions of hot water (7%) and ventilation (6%) are also considerable, owing to the strict needs of ventilation in many place like surgery rooms and the need of hot water for healthcare and cleaning uses. It is also determined that illumination use is very efficient, as it has been renovated recently with LED technology, what made illumination consumption to be reduced (5%).

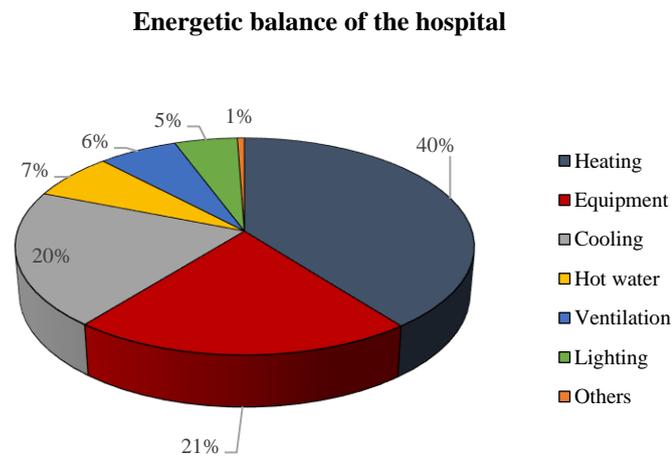


Figure 1. Energetic balance by consumption areas

Analyzing the energy sources of consumption in the hospital, the greatest energetic weight comes from the electric supply (54%), while the diesel oil supply is also important (45%) as it is the one that provides energy to the heating boilers, in charge of the heating and the generation of hot water. Gas natural supply (1%) is only used for cooking equipment.

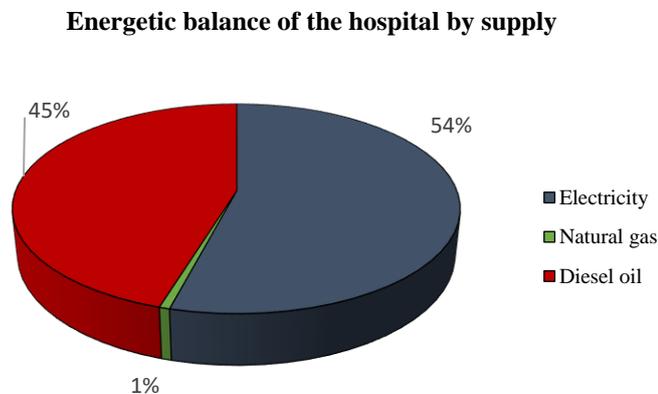


Figure 2. Energetic balance by supply

Regarding the possibilities of saving energy, a final list of 11 proposed measures of energetic saving has been elaborated. The joint implementation of all of them would involve an annual energetic saving of 978.508 kWh, what implies an annual economic saving of 77.884 € and a reduction of 302.783 kg of CO<sub>2</sub> emissions. The required investment to undertake these measures is 517.709 €. The net present value of the investment would be 273.471 €, considering for the project a life cycle of 10 years.

Description of the measure	Energetic saving (kWh/year)	Economic saving (€/year)	Investment (€)	Simple payback (years)	Saving in emissions (kg CO <sub>2</sub> /year)
Substitution of current boilers by gas natural condensing boilers	379.196	30.683	85.909	2,8	102.383
Installation of solar thermic system for hot water	177.872	10.661	126.000	11,8	48.025
Substitution of equipment with refrigerant R-22	150.396	11.493	190.641	16,6	54.143
Free-cooling system to give cooling service to technical rooms	94.708	7.238	22.362	3,1	34.095
Air handlers with heat recovery system	46.168	3.528	22.362	6,3	16.620
Photovoltaic solar system to generate electricity	44.100	4.044	47.500	11,7	15.876
Frequency converters in pumps	32.904	2.515	11.082	4,4	11.845
Automotion of connection and disconnection of transformers	31.341	2.395	13.224	5,5	11.283
Installation of Plugwise system	25.229	1.928	16.860	8,7	9.082
Insulation of the body of the pump	17.931	1.370	4.030	2,9	6.455
Change in billing. Reduction of the contracted power	-	6.020	100	0,02	-
<b>TOTAL</b>	<b>978.508</b>	<b>77.884</b>	<b>517.709</b>	<b>6,6</b>	<b>302.783</b>

Table 2. Final list of proposed saving measures

The proposed measures in air conditioning saving involve a 11,7 % of saving over the current energetic consumption of the building. Among the proposed measures, it can be highlighted the substitution of diesel oil boilers by gas natural condensing boilers. It is the measure with a greatest saving among all the proposed measures as it involves an energetic saving of 5,05% over the total consumption of the hospital. These boilers have a higher performance, a cheaper combustibile and produce less emissions of contaminants.

The installation of air conditioners with free-cooling system and heat recovery system is another measure very efficient and with a high potential of energy saving, as these systems enable to reuse the exploitable energy of the air extracted of the rooms, as well as using the outside air to refrigerate in some occasions. It is also interesting the analysis conducted on the current contracted electric tariff, what has enabled to conclude with a proposal to decrease the power contracted during some tariff periods.

Regarding the implantation of renewable energies, there are two important measures that have been proposed: the installation of a solar thermic system for hot water and a solar photovoltaic system for generating electricity. Both measures involve a long payback period, but they are considered interesting from the point of view of the energetic sustainability and the decrease in the emission of contaminants.

The action plan is oriented to introduce all the measures from the beginning. Although it requires a high investment initially, it is considered that there are enough economic resources to introduce all the measures at the beginning of the project. It is the best option owing to the need to take advantage of the potential energetic saving of the hospital as early as possible.

Finally, after an analysis of the possible factors and risks affecting the business plan, two business plans have been proposed between the energy service company (ESCO) and the hospital. In the first alternative, the percentage of savings is shared in a 90% for the ESCO, which would be responsible of the whole investment, and a 10% for the hospital. On the other hand, in the second scenario proposed, the ESCO and the hospital share 50%-50% the savings as well as the required investment. Among the alternatives analyzed, it is proposed initially the first one as it is the most common scenario in this type of projects and it is much more attractive for the client, the hospital.

The proposed business plan is a recommendation for the hospital looking forward the energy audit not only to be a fulfillment of the current law, as this project represents a great opportunity to introduce the proposed energy saving measures and obtain an important economic saving.

As a recommendation for future studies on this project, it would be interesting to analyze the possibility to introduce an Energy Management System in the hospital, promoting a telemetry system, giving continuous advice in the energy management of the facilities, as well as giving formation to the hospital's staff in topics related to energetic saving. In this way, it would be promoted the continuous improvement, going beyond the implementation of the measures proposed in this project.

## **References**

- [1] España, “Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores,” pp. 11655–11681, 2016.



# Índice de contenidos

1.	Introducción .....	1
2.	Marco legal.....	5
3.	Motivación .....	9
4.	Objetivos .....	13
5.	Metodología y recursos utilizados .....	17
6.	Descripción y datos del edificio.....	21
7.	Climatología de la zona .....	31
8.	Fuentes de energía. Contabilidad energética .....	35
8.1.	Suministro de electricidad.....	35
8.1.1.	Curva de carga eléctrica .....	38
8.2.	Suministro de gas natural.....	41
8.3.	Suministro de gasóleo .....	42
9.	Detalle y clasificación de las instalaciones .....	47
9.1.	Instalaciones de climatización.....	47
9.1.1.	Calefacción .....	47
9.1.2.	Refrigeración .....	50
9.1.3.	Ventilación y distribución.....	53
9.1.4.	Sistema de control.....	53
9.2.	Instalaciones de agua caliente sanitaria .....	54
9.3.	Instalaciones de iluminación .....	56
9.4.	Equipos restantes.....	57
9.5.	Envolvente del edificio .....	61
10.	Balance de energía. Usos y áreas de consumo .....	65
10.1.	Procedimiento de cálculo empleado.....	65
10.2.	Reparto energético por áreas de consumo.....	66
10.3.	Reparto del suministro de electricidad .....	68
10.4.	Reparto del consumo de gas natural .....	69
10.5.	Reparto del consumo de gasóleo .....	69
11.	Estudio y análisis de medidas de ahorro .....	73
11.1.	Medidas de ahorro en climatización y ACS.....	74
11.1.1.	Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural .....	74

11.1.2.	Aislamiento del cuerpo de las calderas.....	77
11.1.3.	Instalación de un recuperador de humos en las calderas.....	79
11.1.4.	Sustitución de equipos con refrigerante R22 por otros equipos adaptados a la normativa .....	81
11.1.5.	Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas .....	84
11.1.6.	Aislamiento del cuerpo de las bombas .....	87
11.1.7.	Instalación de climatizadoras con recuperador de calor .....	91
11.1.8.	Instalación de variadores de frecuencia en bombas y válvulas de dos vías a la entrada de climatizadoras y fancoils .....	95
11.2.	Medidas de ahorro para transformadores.....	100
11.2.1.	Automatización de la conexión y desconexión de transformadores .....	100
11.3.	Medidas de ahorro para equipos ofimáticos .....	103
11.3.1.	Instalación de sobre-enchufes (Sistema plugwise) .....	103
11.4.	Utilización de energías renovables.....	106
11.4.1.	Instalación de sistema solar térmico para ACS .....	106
11.4.2.	Instalación de sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad .....	113
11.5.	Medidas de ahorro en la tarifa de facturación eléctrica.....	116
11.5.1.	Reducción de la potencia contratada.....	116
12.	Resumen de medidas: Comparativa y resultados.....	123
12.1.	Resumen y comparativa de medidas .....	123
12.2.	Selección de medidas a proponer para su implantación .....	128
12.3.	Efectos cruzados entre medidas propuestas .....	129
13.	Resultados del proyecto propuesto .....	133
14.	Plan de actuación .....	139
15.	Plan de negocio .....	143
15.1.	Escenario A.....	144
15.2.	Escenario B .....	146
16.	Conclusiones.....	151
16.1.	Resumen y conclusiones sobre los resultados .....	151
16.2.	Recomendaciones para futuros estudios.....	152
17.	Bibliografía .....	155
18.	Anexos.....	161
18.1.	Inventario de equipos de calefacción .....	161
18.2.	Inventario de equipos de refrigeración.....	164

18.3.	Inventario de equipos de agua caliente sanitaria .....	167
18.4.	Inventario de equipos de ventilación.....	168
18.5.	Inventario de equipos varios.....	170
18.6.	Inventario de equipos de iluminación.....	171



# Índice de tablas

Tabla 1. Datos característicos del hospital.....	21
Tabla 2. Indicadores de consumo energético y emisión de CO2 .....	22
Tabla 3. Emisiones unitarias de CO2 utilizadas .....	22
Tabla 4. Consumo, coste y emisiones de CO2 por fuente de suministro.....	35
Tabla 5. Factura de consumo eléctrico año 2015 .....	36
Tabla 6. Consumo eléctrico horario .....	39
Tabla 7. Factura de consumo de gas natural año 2015 .....	42
Tabla 8. Factura de consumo de gasóleo año 2015 .....	43
Tabla 9. Características de las calderas.....	49
Tabla 10. Características de los equipos centralizados de refrigeración .....	52
Tabla 11. Características de la caldera de ACS.....	56
Tabla 12. Distribución de los equipos de iluminación.....	57
Tabla 13. Distribución de consumos por tipo de equipo .....	58
Tabla 14. Balance energético por áreas de consumo .....	67
Tabla 15. Balance del suministro de electricidad por usos .....	68
Tabla 16. Balance de gas natural por usos.....	69
Tabla 17. Balance de gasóleo por usos .....	69
Tabla 18. Sustitución de calderas de gasóleo por calderas de condensación de gas natural.....	75
Tabla 19. Medida: Sustitución de calderas actuales por caldera de condensación de gas natural .	75
Tabla 20. Medida Aislamiento del cuerpo de las calderas.....	78
Tabla 21. Ahorro energético obtenido con instalación de recuperador de humos.....	80
Tabla 22. Instalación de recuperador de humos en las calderas .....	80
Tabla 23. Equipos de sustitución para unidades centralizadas de refrigeración y calefacción .....	82
Tabla 24. Equipos de sustitución para unidades individuales de refrigeración .....	82
Tabla 25. Sustitución de equipos con refrigerante R22 .....	83
Tabla 26. Cálculos de porcentaje de ahorro sobre consumo de enfriadoras .....	85
Tabla 27. Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas .....	86
Tabla 28. Aislamiento del cuerpo de las bombas.....	90
Tabla 29. Características de las UTAs.....	92
Tabla 30. Cálculo de ahorro sobre consumo de UTAs en invierno .....	92
Tabla 31. Instalación de climatizadoras con recuperador de calor.....	93
Tabla 32. Relación grado de apertura de la válvula y potencia que demanda la bomba .....	97
Tabla 33. Cálculo de ahorro energético generado con variadores de frecuencia .....	98
Tabla 34. Instalación de variadores de frecuencia en bombas.....	98
Tabla 35. Automatización de la conexión y desconexión de transformadores .....	102
Tabla 36. Instalación de sobre-enchufes (Plugwise) .....	104
Tabla 37. Cálculo de demanda de ACS.....	107
Tabla 38. Cálculo de radiación solar disponible .....	108
Tabla 39. Cálculo de ahorro energético con 65 colectores.....	109
Tabla 40. Cálculo de ahorro energético con 45 colectores.....	110
Tabla 41. Instalación solar térmica para ACS .....	112

Tabla 42. Cálculo de potencia pico mínima a instalar.....	113
Tabla 43. Cálculo de energía solar incidente en paneles fotovoltaicos .....	114
Tabla 44. Instalación solar fotovoltaica.....	115
Tabla 45. Potencias máximas registradas .....	117
Tabla 46. Cálculo de ahorro económico generado al reducir potencia contratada.....	118
Tabla 47. Reducción de la potencia contratada.....	119
Tabla 48. Resumen de medidas de ahorro analizadas.....	123
Tabla 49. Lista resumen de las medidas analizadas .....	124
Tabla 50. Medidas ordenadas según ahorro energético anual.....	125
Tabla 51. Medidas ordenadas según inversión requerida .....	126
Tabla 52- Medidas ordenadas según período de retorno de su inversión .....	127
Tabla 53. Medidas propuestas. Ahorro total generado .....	128
Tabla 54. Ahorro de medidas con efectos cruzados .....	130
Tabla 55. Ahorro en inversión de medidas con sinergias .....	130
Tabla 56. Lista final resumen de medidas de ahorro propuestas .....	133
Tabla 57. Ahorro generado según área de uso .....	134
Tabla 58. Resultados del proyecto propuesto .....	134
Tabla 59. Comparativa del consumo energético y el coste económico después de implantar las medidas.....	134
Tabla 60. Resultados económicos del proyecto propuesto .....	135
Tabla 61. Emisiones de CO <sub>2</sub> antes y después de implantar las medidas.....	136
Tabla 62. Medidas de PRS bajo-medio.....	139
Tabla 63. Medidas de PRS medio-alto.....	140
Tabla 64. Medidas especiales de PRS muy alto.....	140
Tabla 65. Condiciones Escenario de negocio A .....	144
Tabla 66. Condiciones Escenario de negocio B .....	146
Tabla 67. Equipos centralizados de calefacción.....	161
Tabla 68. Equipos de bombeo para calefacción.....	161
Tabla 69. Equipos individuales de calefacción .....	163
Tabla 70. Equipos centralizados de refrigeración .....	164
Tabla 71. Equipos de bombeo de refrigeración .....	164
Tabla 72. Equipos individuales de refrigeración .....	166
Tabla 73. Equipo centralizado de generación de ACS.....	167
Tabla 74. Equipos de bombeo para ACS .....	167
Tabla 75. Equipos de ventilación.....	169
Tabla 76. Equipos varios.....	170
Tabla 77. Equipos de iluminación.....	177

# Índice de figuras

Figura 1. Hospital auditado en el proyecto .....	21
Figura 2. Vista en planta. Cubierta del hospital .....	22
Figura 3. Cafetería .....	23
Figura 4. Habitación .....	24
Figura 5. Zonas comunes.....	24
Figura 6. Consulta.....	25
Figura 7. Parking.....	26
Figura 8. Laboratorio.....	27
Figura 9. Sala equipos de calor.....	27
Figura 10. Sala equipos de frío .....	27
Figura 11. Cubierta .....	28
Figura 12. Temperaturas y precipitaciones medias en Madrid durante los últimos años [19] .....	31
Figura 13. Consumos eléctricos mensuales en 2015 .....	37
Figura 14. Consumo eléctrico por períodos de facturación en 2015 .....	38
Figura 15. Consumo eléctrico medio diario .....	40
Figura 16. Evolución de potencia a lo largo del día.....	40
Figura 17. Calderas de gasóleo.....	47
Figura 18. Bomba circuito de calor .....	48
Figura 19. Bombas gemelas circuitos de calor .....	48
Figura 20. Bombas de calor situadas en la cubierta.....	49
Figura 21. Sala de calderas.....	49
Figura 22. Torre de refrigeración .....	50
Figura 23. Enfriadora.....	50
Figura 24. Bomba circuito de frío.....	51
Figura 25. UTA situada en la cubierta .....	53
Figura 26. Sistema de control de calderas .....	54
Figura 27. Caldera de ACS .....	54
Figura 28. Circuito primario de ACS .....	55
Figura 29. Circuito secundario de ACS .....	55
Figura 30. Acumulador de ACS.....	56
Figura 31. Panel LED.....	57
Figura 32. Downlight LED .....	57
Figura 33. Equipos médicos de quirófano.....	58
Figura 34. Equipos de cocina.....	59
Figura 35. Switch .....	59
Figura 36. Equipos ofimáticos .....	60
Figura 37. Transformador nº2, 800 kVA.....	60
Figura 38. Balance energético por equipos.....	61
Figura 39. Fachada latera .....	61
Figura 40. Balance energético por áreas de consumo .....	67
Figura 41. Balance energético por suministros.....	68

Figura 42. Balance eléctrico por usos.....	69
Figura 43. Balance de gasóleo por usos .....	70
Figura 44. Comparativa de medida analizada con respecto al promedio del resto de medidas .....	76
Figura 45. Termografía de la caldera (lado frontal) .....	77
Figura 46. Termografía de la caldera (lateral) .....	77
Figura 47. Ejemplo de caldera con recuperador de humos .....	79
Figura 48. Bombas de calor con refrigerante R-22 .....	81
Figura 49. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	83
Figura 50. Reparto de horas en función de temperatura .....	84
Figura 51. Comparativa de medida analizada con resto de medidas .....	86
Figura 52. Termografía 1 - bombas circuito de calor .....	87
Figura 53. Termografía 2 - bombas circuito primario de calor .....	87
Figura 54. Termografía de bombas de impulsión .....	88
Figura 55. Termografía de colectores .....	88
Figura 56. Ejemplo de bombas gemelas bien aisladas.....	89
Figura 57. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	90
Figura 58. Intercambiador de calor.....	91
Figura 59. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	94
Figura 60. Circuito de frío – Climatizadora 18 - UCI .....	95
Figura 61. Circuitos de retorno - fancoil.....	96
Figura 62. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	99
Figura 63. Esquema unifilar de trafos .....	100
Figura 64. Pérdidas en función de tensión del transformador .....	101
Figura 65. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	102
Figura 66. Elementos del sistema plugwise .....	104
Figura 67. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	105
Figura 68. Sistema de circulación forzada.....	106
Figura 69. Energía solar captada mensual frente a demanda de ACS, usando 65 colectores .....	109
Figura 70. Energía solar captada mensual frente a demanda de ACS, usando 45 colectores .....	111
Figura 71. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	112
Figura 72. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	115
Figura 73. Consumo eléctrico mensual distribuido por períodos de facturación en 2015 .....	117
Figura 74. Comparación de medida analizada con promedio del resto de medidas.....	119
Figura 75. Medidas ordenadas según ahorro energético anual .....	125
Figura 76. CO <sub>2</sub> emitido a la atmósfera.....	136
Figura 77. Evolución beneficios Escenario A .....	145
Figura 78. Evolución beneficios Escenario B .....	147

# Índice de acrónimos y unidades

ACS: Agua Caliente Sanitaria  
BOE: Boletín Oficial del Estado  
CTE: Código Técnico de la Edificación  
CGBT: Cuadro General de Baja Tensión  
CPD: Centro de Procesamiento de Datos  
ESE: Empresa de Servicios Energéticos  
IDAE: Instituto para la Investigación y Desarrollo de Energía  
IPC: Índice de Precio al Consumidor  
ISO: International Organization for Standardization  
MAE: Medida de Ahorro Energético  
MAGRAMA: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.  
PCI: Poder Calor Inferior  
PCS: Poder Calorífico Superior  
PRS: Período de Retorno Simple  
RD: Real Decreto  
RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios  
SAI: Sistema de Alimentación Ininterrumpida  
TIR: Tasa Interna de Rentabilidad  
UNE: Una Norma Española  
UTA: Unidad de Tratamiento de Aire  
VAN: Valor Actual Neto

W: Vatio  
kW: Kilovatio  
kWh: Kilovatio hora  
MW: Megavatio  
MWh: Megavatio hora  
MWs: Megavatio segundo  
V: Voltio  
kV: Kilovoltio  
kVA: Kilovoltioamperio  
MJ: Megajulio  
m: metro  
m<sup>2</sup>: Metro cuadrado  
m<sup>3</sup>: Metro cúbico  
km: Kilómetro  
km<sup>2</sup>: Kilómetro cuadrado  
kg: Kilogramo



# Introducción



## 1. Introducción

La energía es un recurso necesario que representa un factor de consumo esencial para todos los sectores de actividad. Por esta razón, un uso más óptimo y racional supone un beneficio en cuanto a calidad de vida y desarrollo. Esta persistencia en la búsqueda de la optimización del consumo energético ha convertido a la auditoría energética en una de las actividades clave en el mundo de la eficiencia energética [1].

Las medidas de ahorro energético pueden jugar un papel muy importante a la hora de reducir el consumo de energía y los costes energéticos, así como de cara a la protección del medio ambiente. Un consumo eficiente de energía conlleva a una reducción de emisiones de gases CO<sub>2</sub> a la atmósfera, reduciendo así la contaminación.

Las fuentes de energía no renovables como gasóleo o gas natural son las principales responsables de la emisión de gases contaminantes. Por ello, se hace esencial la necesidad de emplear fuentes de energía renovables, que cada vez se están utilizando más en España. Sin embargo, las centrales de fuel, carbón, gas natural y ciclo combinado siguen siendo en España actualmente las principales generadoras de electricidad, con lo que ello repercute en la emisión de gases contaminantes.

El ahorro energético es hoy en día una necesidad imperial para cualquier institución. Un parámetro muy importante para evaluar el grado de ahorro energético de las instalaciones es la eficiencia energética, que mide la relación entre cantidad de energía requerida y cantidad de energía usada.

Para disponer de unas instalaciones con un alto grado de eficiencia energética, es necesario que éstas se caractericen por infraestructuras de alta calidad que se coordinen mediante un control eficiente de la energía. Son necesarias unas prácticas responsables desde el punto de vista energético buscando siempre maximizar el aprovechamiento de la energía, una alta penetración de energías renovables y un cumplimiento de todos los requerimientos de la normativa correspondiente.

La preocupación por el ahorro energético y la implantación de energías renovables viene provocada por varios factores: el modelo energético actual [2], marcado por un crecimiento constante de la demanda y el dominio de los combustibles fósiles; y el incremento del precio de la energía eléctrica, que hace de la factura energética un punto muy importante a tener en cuenta en la partida de gastos de cualquier empresa.

Ante este panorama, las auditorías energéticas han adquirido un gran auge, ya que son estudios que analizan las características energéticas de cualquier edificio [3]. Se trata de un análisis detallado en el que se anotan las características de consumo de todos los equipos que consumen energía, se realizan mediciones, se analiza la situación geográfica, se recogen los datos de facturación eléctrica y se verifica el cumplimiento de la normativa establecida.

## INTRODUCCIÓN

---

La ventaja de este estudio es que los datos tomados y resultados obtenidos permiten analizar áreas de ahorro potencial de energía, y se proponen una serie de acciones o medidas de ahorro energético y económico, facilitando así la toma de decisiones e inversiones económicas que persiguen la optimización y el ahorro.

Por estas razones, la auditoría energética se antoja como una herramienta clave para medir la eficiencia energética [4] de las instalaciones de cualquier local, y de esta manera poder sacar conclusiones sobre cómo ahorrar energía de manera efectiva y económica. Además, se demandan ingenieros para desempeñar esta tarea ya que este perfil profesional reúne las aptitudes y conocimientos necesarios para realizar este tipo de proyectos [5].

**Marco legal**



### 2. Marco legal

A continuación, se comentan brevemente las normativas, planes de fomento y estrategias más relevantes relativas al ahorro energético y a las auditorías energéticas que existen actualmente en España:

**Real Decreto 56/2016** [5]: Este documento transpone las directrices de la Directiva 2012/27/UE de octubre de 2012 del Parlamento Europeo y del Consejo, en relación a la eficiencia energética. Dicho documento concreta la normativa y directrices que deben seguir las auditorías energéticas. Este real decreto, en sus artículos 2 y 3 establece el ámbito de aplicación de las auditorías energéticas, así como el alcance de la exigencia y los criterios mínimos que éstas deben cumplir. El artículo 4 indica el personal autorizado para llevar a cabo dicha actividad como auditor energético. Los requisitos que aparecen en este documento son los que se aplican en la realización del proyecto.

**ISO 50001** [6]: Es una norma internacional publicada en 2011, cuyo objetivo es servir como apoyo y guía a las organizaciones ayudándolas a coordinar un sistema de gestión energético que fije unos objetivos específicos siguiendo una política energética encaminada a optimizar el rendimiento energético y buscar el potencial de ahorro.

**Norma UNE-EN 16247** [7]: Se trata de una serie de normas a cumplir por las distintas partes auditables de la empresa, como pueden ser el edificio, los procesos, el método de transporte y la metodología para realizar la auditoría energética. Esta norma es conocida como la norma de auditorías energéticas, ya que el Real Decreto anteriormente mencionado RD 56/2016 la señala como la metodología o directriz a seguir a la hora de realizar una auditoría energética, englobando no sólo a edificios sino a cualquier tipo de instalación.

**Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE)** [8]: Este reglamento fija un conjunto de condiciones que deben ser cumplidas por las instalaciones de agua caliente sanitaria, climatización y calefacción. Estas exigencias van encaminadas a atender la demanda térmica mediante un uso óptimo y racionalizado de la energía, buscando la implantación de energías renovables, mayores rendimientos energéticos y la recuperación de energías residuales.

**Código Técnico de la Edificación** [9]: Este código establece la normativa y especificaciones que deben seguir los edificios en materia de requerimientos básicos de habitabilidad, sostenibilidad y seguridad. Además, dispone de un documento sobre ahorro energético donde fija unas normas de energías renovables y eficiencia energética.

**Plan de energías renovables 2011-2020** [10]: Se trata de un plan redactado por el gobierno de España para el período 2011-2020, que define una serie de objetivos y plantea nuevos escenarios energéticos, siempre orientados hacia el uso de energías renovables. Este plan va acorde con la Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo. Fija como meta que al

## MARCO LEGAL

---

menos un 20% de la energía final consumida proceda de energías renovables en el año 2020. Este objetivo se ha establecido tanto en España como en la media de la Unión Europea.

# Motivación



### 3. Motivación

El consumo eficiente de energía es hoy día una necesidad principal para cualquier institución. Por ello se hace necesaria una reducción de la demanda energética, para lo cual se necesita un mejor aprovechamiento de los recursos energéticos. Además, tal y como se comentó en la introducción, la subida del precio de la electricidad hace que el coste de la energía deje de ser despreciable, pasando a ser un factor importante dentro de los gastos de cualquier empresa, especialmente en aquellos edificios que requieran un alto consumo de energía eléctrica.

Los hospitales son centros que requieren consumos elevados de energía y en muchos países de Europa la alta proporción de hospitales que no han sido construidos recientemente hace que sean edificios de consumo ineficiente de energía. Por esta razón crece la urgencia de reformarlos reduciendo el gasto energético innecesario [11], convirtiéndolos así en centros de consumo eficiente de energía [12]. De hecho, en España el coste debido al consumo energético en hospitales ronda el 10% de los costes totales de operación en los que incurre el hospital, razón importante para buscar maneras de incrementar la eficiencia energética de este tipos de edificios.

Un elemento clave en el adecuado funcionamiento de un hospital es aquel de sus fuentes de energía, teniendo en cuenta que el servicio de un hospital debe ser continuo e ininterrumpido, y requiere un cuidado muy estricto de las condiciones energéticas de higiene requeridas en muchas zonas, como las salas quirúrgicas [13].

Con este motivo del mejor aprovechamiento de los recursos energéticos en hospitales, se ha realizado la auditoría energética de un hospital de gran tamaño y consumo situado en la provincia de Madrid. El fin es analizar y cuantificar su consumo energético actual e intentar reducirlo proponiendo medidas de ahorro o modificaciones en sus instalaciones. Dicha auditoría será realizada con la supervisión de la empresa Creara Consultores [14], que colaborará en la realización del proyecto.

Mediante la realización de este proyecto se pretende ahondar en el aprendizaje de los pasos y el proceso requerido para llevar a cabo una auditoría energética, ver qué mediciones o datos son más importantes a tener en cuenta, comprender cómo se comporta la instalación energéticamente, estudiar la demanda de energía requerida y analizar el potencial de ahorro energético.

Se realizarán varias visitas a las instalaciones del hospital, recopilando todos los datos que sean necesarios para analizar los equipos consumidores de energía y realizando mediciones de distintos parámetros eléctricos. Con toda esta información se podrá realizar posteriormente un análisis técnico de la situación energética actual de las instalaciones del hospital. La motivación de este análisis es establecer un plan de actuación basado en una serie de propuestas que conlleven a un ahorro energético en la demanda del hospital,

## MOTIVACIÓN

---

cuantificando la viabilidad económica de dichas medidas de manera que el hospital realice una inversión rentable.

# Objetivos



### 4. Objetivos

El propósito final de este proyecto es identificar medidas y acciones encaminadas a contribuir a mejorar la eficiencia energética del hospital y la optimización de sus recursos, consiguiendo así un ahorro energético y económico. Para ello se llevará a cabo una auditoría energética.

Se pretende ahondar en el aprendizaje del proceso requerido para la realización de una auditoría energética, siguiendo todos los pasos indicados según la normativa. En primer lugar, se persigue realizar una descripción amplia y detallada del hospital y sus condiciones normales de funcionamiento, recopilando todos los datos disponibles que describan el comportamiento energético de las instalaciones del hospital. Por ello se considera importante entender las especialidades en el comportamiento de un hospital y conocer de primera mano las condiciones energéticas requeridas de higiene según normativa en distintas salas críticas del hospital, como quirófanos y salas de operaciones.

Una vez recopilados todos los datos e información de las instalaciones y equipos del hospital, la misión es completar una contabilidad energética del hospital, clasificando los consumos y obteniendo un balance detallado por área de consumo. De esta manera, se pretende conseguir un conocimiento fiable del consumo energético del hospital y su coste asociado.

Otro de los objetivos que se buscan con la auditoría energética en este proyecto es detectar aquellas áreas o máquinas de uso ineficiente de la energía, o mal aprovechamiento, así como verificar si los equipos cumplen con la normativa. De esta manera se pretende evaluar el potencial de mejora de ahorro energético del hospital y determinar qué instalaciones se recomienda cambiar o reformar.

El resultado que se plantea en este proyecto es obtener, a partir de este estudio detallado, una serie de medidas, acciones y recomendaciones a llevar a cabo para mejorar la eficiencia energética de las instalaciones cuantificando la viabilidad económica de las medidas propuestas. El output final es un plan de actuación y un plan de negocio indicando la inversión a realizar y los beneficios económicos.

## OBJETIVOS

---

# **Metodología y recursos utilizados**



### 5. Metodología y recursos utilizados

Se ha realizado la auditoría siguiendo una metodología [15] que consta de seis fases diferenciadas:

#### **Fase 1ª: Recopilación de información inicial.**

En esta primera etapa se recogen datos de normativa vigente relativa a las necesidades energéticas del hospital, así como de facturación de energía eléctrica y de combustibles utilizados en el hospital. Se solicita al cliente un inventario general de las instalaciones incluyendo los principales equipos consumidores de energía. Otro análisis previo que se realiza es un estudio de la zona geográfica y el entorno medioambiental del hospital.

#### **Fase 2ª: Toma de datos y medidas.**

- Toma de datos de los equipos que consumen energía.
- Realización de medidas sobre los equipos (analizador de redes, cámara termográfica...). Estos instrumentos son importantes para tomar medidas que luego permitan analizar posibles propuestas de ahorro energético.

Durante esta fase se realizan entrevistas con el personal de mantenimiento y mediciones de parámetros eléctricos. También es necesario un listado de equipos con horarios de funcionamiento, así como datos del sistema de control. Es necesaria también una cámara para tomar fotos de todo aquello que se considere relevante en las instalaciones del hospital.

#### **Fase 3ª: Evaluación del estado del hospital y balance energético**

Una vez realizadas las visitas in situ, en esta fase se hace un análisis de los suministros de energía utilizados y se elabora un balance energético global. Otra tarea a realizar en esta fase es el análisis de propuestas de mejora y ahorro energético, evaluando el potencial de cada una. Se utiliza principalmente el programa Microsoft Excel para la elaboración de cálculos numéricos, balances, gráficas y tablas.

#### **Fase 4ª: Análisis económico de las medidas estudiadas de ahorro energético.**

Consiste en un análisis detallado de las variables de viabilidad económica de cada propuesta, teniendo en cuenta la inversión requerida, el período de retorno de la inversión y el ahorro económico.

#### **Fase 5ª: Plan de negocio.**

Una vez completa la lista de medidas propuestas de ahorro con su análisis de rentabilidad económica, se procede a la elaboración de un plan de actuación y se evalúan diferentes

alternativas de plan de negocio entre una empresa de servicios energéticos (ESE) y el hospital.

### **Fase 6ª: Realización de memoria.**

- Elaboración de la memoria preliminar.
- Recepción de correcciones y comentarios del director de proyecto.
- Redacción de la memoria definitiva.

# **Descripción y datos del edificio**



### 6. Descripción y datos del edificio

El hospital objeto de estudio se encuentra situado en la provincia de Madrid. Se trata de una parcela con un único inmueble. El edificio tiene una superficie útil construida de 17.947 m<sup>2</sup>, situado en una parcela de 6.757 m<sup>2</sup>.

Entre trabajadores y pacientes con acompañantes, el hospital tiene un aforo aproximado de 650 personas. Fue construido en 1993, aunque recientemente se ha realizado una reforma en el sistema de iluminación.

Los principales datos del hospital se muestran en la siguiente tabla:

Zona climática	D3
Nº de plantas	7
Superficie construida (m <sup>2</sup> )	17.947
Número de usuarios	650
Tipología edificatoria	Hospitales y Clínicas
Consumo energético anual (kWh)	7.509.077

Tabla 1. Datos característicos del hospital



Figura 1. Hospital auditado en el proyecto

## DESCRIPCIÓN Y DATOS DEL EDIFICIO



Figura 2. Vista en planta. Cubierta del hospital

A partir del consumo energético y la superficie útil, se han calculado dos indicadores muy representativos: el consumo de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> por superficie del hospital.

Indicador	Unidades	Valor
Consumo de energía de la instalación por superficie del edificio	[kWh / m <sup>2</sup> ]	418,40
Emisiones CO <sub>2</sub> por superficie del edificio	[kg CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> ]	133,23

Tabla 2. Indicadores de consumo energético y emisión de CO<sub>2</sub>

Para los datos de emisión de CO<sub>2</sub> a partir del consumo energético, se han tomado como referencia las emisiones unitarias por kWh recogidas en el MAPAMA [16]:

Fuente de energía	Unidades	Emisión de CO <sub>2</sub>
Electricidad	kg CO <sub>2</sub> / kWh	0,36
Gas Natural	kg CO <sub>2</sub> / kWh	0,22
Gasóleo	kg CO <sub>2</sub> / kWh	0,27

Tabla 3. Emisiones unitarias de CO<sub>2</sub> utilizadas

En cuanto a la distribución del hospital, éste dispone de 7 plantas: planta baja, planta 1<sup>a</sup>, planta 2<sup>a</sup>, planta 3<sup>a</sup>, cubierta, sótano 1 y sótano 2. Cuenta con 250 habitaciones individuales con cama para acompañante y 10 suites con salón. Entre otras salas específicas, se pueden mencionar la Unidad de Reproducción, la Unidad de Cirugía Ambulatoria, la Unidad de Endoscopia o la Unidad de Reanimación Post-Quirúrgica. El hospital se mantiene abierto los 7 días de la semana, 24 horas.

## DESCRIPCIÓN Y DATOS DEL EDIFICIO

---

La distribución y utilidad de las plantas del hospital es la siguiente:

**Planta baja:** Se trata de la planta de acceso principal al edificio. Se compone de:

- Hall principal
- Zonas comunes
- Quiosco
- Consultas
- Cafetería
- Nido
- 29 habitaciones
- Zona VIP
- Zona de Reproducción asistida
- Sala de juntas



Figura 3. Cafetería

**Planta 1ª:** Esta planta está dedicada únicamente al alojamiento de los pacientes. Se compone de:

- 68 habitaciones
- 4 suites
- Zonas comunes



Figura 4. Habitación

**Planta 2<sup>a</sup>:** Tiene una distribución y estructura similar a la de la 1<sup>a</sup> planta.

- 68 habitaciones
- 4 suites
- Zonas comunes



Figura 5. Zonas comunes

**Planta 3<sup>a</sup>:** Parecida a las plantas 1<sup>a</sup> y 2<sup>a</sup>, pero incluye salas de consultas y reuniones.

- 47 habitaciones
- Zonas comunes y terraza
- 21 consultas



Figura 6. Consulta

**Sótano 1:** Esta planta está destinada a la zona de urgencias, los quirófanos y la UCI. Así mismo, se encuentran el paritorio y el salón de actos; y las escaleras que comunican con las plantas superiores.

- Paritorio
- Consulta de pediatría
- Zonas comunes
- Sala de rayos X
- TAC
- Resonancia
- Urgencias
- Quirófanos
- UCI
- Salón de actos
- Dirección
- Endoscopia



Figura 7. Parking

**Sótano 2:** Esta planta es importante de cara a completar la auditoría energética, ya que en ella se disponen las salas de máquinas y las salas de frío y calor, donde se encuentran los equipos principales de climatización como calderas y enfriadoras. En esta planta también se encuentra la sala de transformadores y cuadros generales, así como las instalaciones de la cocina y almacén, anexas al comedor.

- Laboratorio
- Zonas comunes
- Vestuarios
- Cocina
- Farmacia
- Capilla
- Comedor
- Talleres
- Sala equipo de frío
- Sala equipos de calor
- Electrofisiología
- Cuadros generales
- Esterilización



Figura 8. Laboratorio



Figura 9. Sala equipos de calor



Figura 10. Sala equipos de frío

## DESCRIPCIÓN Y DATOS DEL EDIFICIO

---

**Cubierta:** Es la azotea del edificio. Aquí se encuentran las unidades de tratamiento de aire (UTAs), los climatizadores, los equipos de extracción de aire, la red de conductos y tuberías y las torres enfriadoras de refrigeración.



Figura 11. Cubierta

# Climatología de la zona



## 7. Climatología de la zona

El clima en Madrid es continental, principalmente cálido y seco, con veranos calurosos e inviernos fríos. Pocas precipitaciones a lo largo del año, siendo noviembre el mes más lluvioso. Los meses más calurosos son julio y agosto, con una temperatura media durante estos meses de 24°C mientras que el mes más frío es enero con una temperatura media mínima de 5°C [17].

En cuanto a la curva de precipitaciones, es inversa a la curva de temperaturas. La precipitación media a lo largo del año es de 450 mm, siendo mínima en verano. Con una diferencia media de 13°C, la amplitud térmica en Madrid es considerable. En invierno las heladas son comunes sobre todo por la noche, pero en reducidas ocasiones pueden producirse nevadas. En cuanto a la humedad, la media se sitúa en torno al 57% con gran humedad en invierno y clima muy seco en verano [18].

El clima afecta de manera importante en el uso de los sistemas de climatización del hospital. Por ello en base a estas características, se prevé que el sistema de calefacción funcione desde noviembre hasta abril, mientras que el consumo de refrigeración sea máximo en julio y agosto.

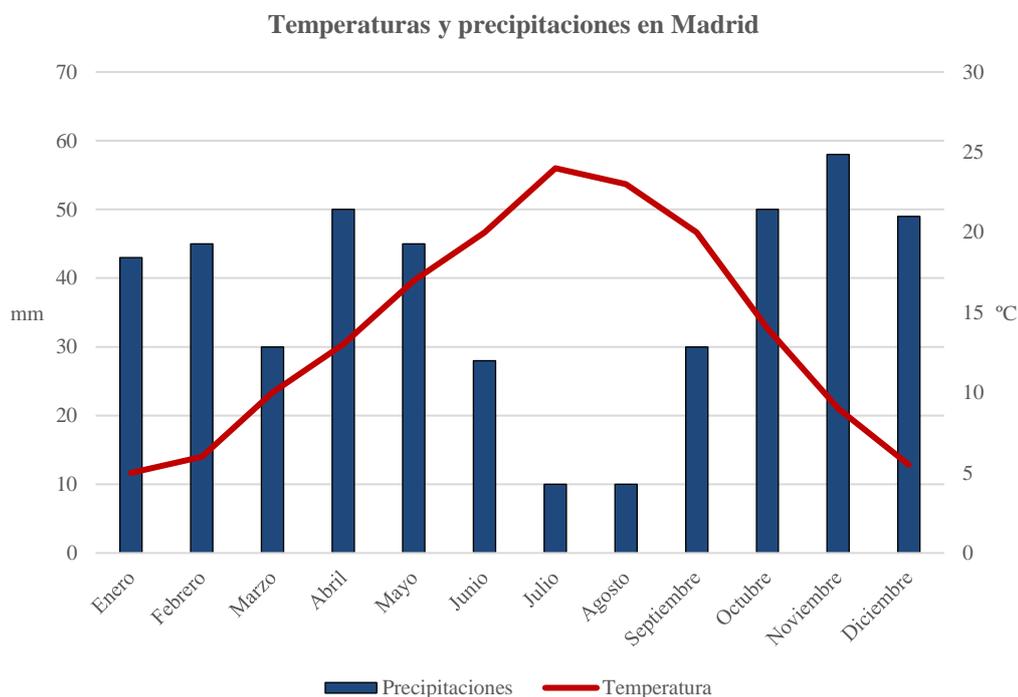


Figura 12. Temperaturas y precipitaciones medias en Madrid durante los últimos años [19]



**Fuentes de energía.  
Contabilidad  
energética**



## 8. Fuentes de energía. Contabilidad energética

El hospital cuenta con un suministro de electricidad, uno de gasóleo y otro de gas natural. El suministro de gasóleo va destinado a las calderas de gasóleo que se encargan de la calefacción y el agua caliente sanitaria (ACS) del hospital, mientras que el suministro de gas natural va destinado a los equipos de cocina. El resto de equipos del hospital (equipos de refrigeración, iluminación, equipos médicos, transformadores...) consumen energía eléctrica.

En cuanto a la acometida, el hospital tiene 4 transformadores de potencia 800 kVA, con una relación de transformación de tensiones 20kV/230V. El centro de transformación se encuentra en el sótano 2. La acometida eléctrica es recibida en este centro a través de líneas de media tensión. El cuadro general de baja tensión (CGBT) se encuentra en una sala próxima a la del centro de transformación. Desde el CGBT se distribuye el esquema al resto de cuadros secundarios, situados en cada una de las plantas del hospital.

La tabla 4 muestra un resumen de la contabilidad energética del hospital en el año 2015, con el consumo por cada fuente de energía, indicando el coste económico y las emisiones de CO<sub>2</sub> anuales por cada suministro.

Fuente energética	Consumo energético anual (kWh)	Coste energético anual (€)	Emisiones de CO <sub>2</sub> anuales (kg)
Electricidad	4.066.855	310.794	1.464.068
Gas Natural	48.701	2.362	10.714
Gasóleo	3.393.521	176.869	916.251
<b>Total</b>	<b>7.509.077</b>	<b>490.026</b>	<b>2.391.033</b>

Tabla 4. Consumo, coste y emisiones de CO<sub>2</sub> por fuente de suministro

### 8.1. Suministro de electricidad

Se han utilizado las últimas facturas disponibles facilitadas por el departamento de gestión del hospital. Estas facturas corresponden a un año completo, desde enero de 2015 a diciembre de 2015.

La modalidad de tarifa de acceso utilizada es 6.1A, contratada con Endesa. Se trata de una tarifa para tensiones iguales o superiores a 1kV e inferiores a 30kV, con potencia contratada superior a 450 kW en uno o más de los períodos [20]. En el caso de este hospital, tiene contratada una potencia máxima de 765 kW en los períodos 1 y 2, mientras que la potencia máxima contratada en el resto de períodos es de 905 kW.

## FUENTES DE ENERGÍA. CONTABILIDAD ENERGÉTICA

---

El importe de energía reactiva durante todos los meses es nulo, ya que no se ha cometido ningún exceso. La potencia eléctrica facturada cada mes por la compañía eléctrica dependerá de los registros del equipo de medida, que para esta modalidad de tarifas tienen tele-medida integrada.

El coste promedio de la energía eléctrica es de 0,0764 €/kWh. Para el cálculo de este valor sólo se está teniendo en cuenta el término de energía variable, pero no la facturación por potencia. Es decir, no se consideran ni incluyen los costes fijos de la facturación (potencia contratada, energía reactiva, alquiler de equipos de medida e IVA). La tabla 5 muestra el consumo eléctrico y el coste promedio por término de energía mensual. El consumo se ha tomado del término de energía variable recogido en cada una de las facturas. En el coste total se ha incluido el impuesto sobre la electricidad del 5,11269 % [21].

Mes	Consumo eléctrico (kWh)	Coste (€)
Enero 2015	331.587	27.140,84
Febrero 2015	279.502	23.234,85
Marzo 2015	308.606	21.685,17
Abril 2015	321.333	21.113,44
Mayo 2015	333.934	21.758,65
Junio 2015	363.656	28.430,68
Julio 2015	419.225	35.826,47
Agosto 2015	393.208	23.586,58
Septiembre 2015	343.806	24.032,90
Octubre 2015	343.287	22.187,52
Noviembre 2015	331.392	22.923,74
Diciembre 2015	297.319	23.756,15
<b>Total</b>	<b>4.066.855</b>	<b>310.794,07</b>

Tabla 5. Factura de consumo eléctrico año 2015

La gráfica siguiente muestra la evolución mensual del consumo eléctrico en las instalaciones del hospital.

### Consumos eléctricos mensuales en 2015

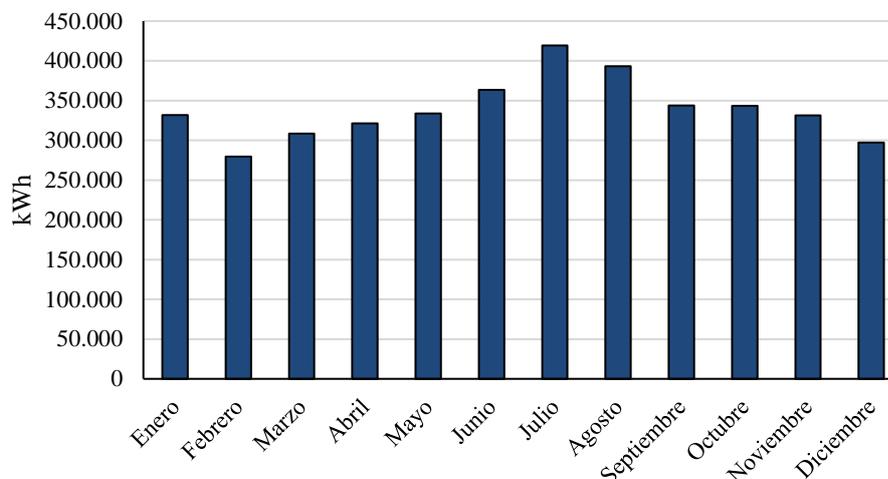


Figura 13. Consumos eléctricos mensuales en 2015

Se aprecia un consumo mucho mayor en verano, que se debe claramente al uso de los equipos de refrigeración. Como se ha comentado anteriormente sobre el clima, los veranos en Madrid son calurosos. No se observa un pico de consumo en invierno porque los equipos de calefacción no son eléctricos.

En la gráfica se ve que el consumo y la temperatura exterior están correlacionados. El hospital está abierto todo el año, por eso hay un consumo base. El consumo base es alto, ya que el hospital dispone de muchos equipos que se usan prácticamente todos los días, como la iluminación, los aparatos médicos, ofimáticos y de cocina. Además, equipos como los servidores, SAIs y CPDs se encuentran operativos durante todo el año.

El consumo eléctrico, como se ha dicho previamente, se realiza en 6 períodos según la tarifa 6.1A. La siguiente gráfica refleja qué cantidad de energía consumida se destina a cada período.

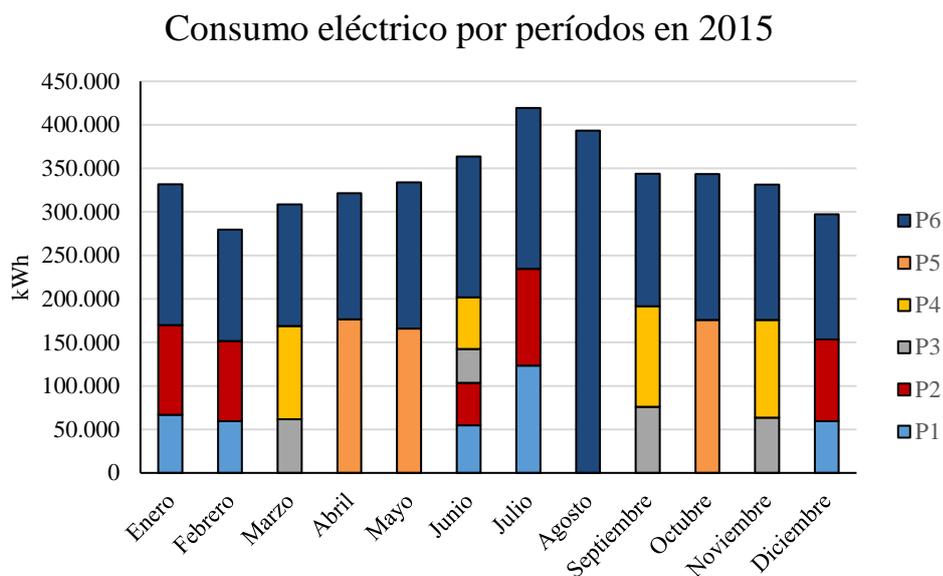


Figura 14. Consumo eléctrico por períodos de facturación en 2015

El consumo por períodos es muy variado ya que el horario y mensualidad de los períodos para esta tarifa no es el mismo para cada mes. El período de consumo más barato es el P6, que está presente en festivos, en todo agosto, y en el resto de meses del año durante las 8 primeras horas del día [20].

Por esta razón, es el período en el que se produce un mayor consumo. Al tratarse de un hospital, con unas exigencias de consumo que no se pueden adelantar o posponer en el tiempo, y no una industria, donde sería más fácil desplazar el consumo según el precio de la energía, no es posible reducir el consumo en períodos 1 y 2 a cambio de aumentarlo en P6.

### 8.1.1. Curva de carga eléctrica

Mediante el analizador de redes instalado en el hospital, se ha facilitado para la auditoría la curva de carga horaria. Es decir, se dispone del consumo eléctrico por cada cuarto de hora durante todos los días del año 2015. Con todos estos datos, se ha realizado un análisis para sacar conclusiones del comportamiento energético de las instalaciones. Se ha calculado el promedio de potencia demandada por cada día y hora de la semana. Los resultados se muestran en la tabla 6:

## FUENTES DE ENERGÍA. CONTABILIDAD ENERGÉTICA

Consumo (kWh)							
Hora	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
1	370	386	382	384	375	374	367
2	365	382	374	374	369	366	354
3	359	370	369	369	362	362	356
4	357	365	362	365	358	356	353
5	356	362	362	362	356	357	351
6	407	420	423	402	392	368	358
7	483	493	502	491	475	417	412
8	554	548	556	544	518	431	414
9	566	560	566	558	529	438	417
10	586	577	582	566	546	463	446
11	570	564	561	551	540	451	441
12	592	589	591	579	569	487	475
13	562	566	561	549	546	465	454
14	563	565	566	554	547	482	469
15	561	563	562	550	545	481	465
16	547	541	539	530	525	468	460
17	540	536	533	526	516	458	451
18	538	537	536	528	517	465	453
19	564	561	553	554	536	482	472
20	497	498	495	490	475	437	425
21	491	492	488	481	471	443	440
22	433	427	427	422	418	403	402
23	406	403	401	397	396	386	390
24	380	394	391	391	386	384	376
<b>TOTAL</b>	11.650	11.698	11.684	11.517	11.272	10.229	10.006

Tabla 6. Consumo eléctrico horario

A partir de estos datos calculados a partir de la curva horaria eléctrica se ha obtenido el consumo medio del hospital por cada día de la semana, tal y como se refleja en la figura 15:

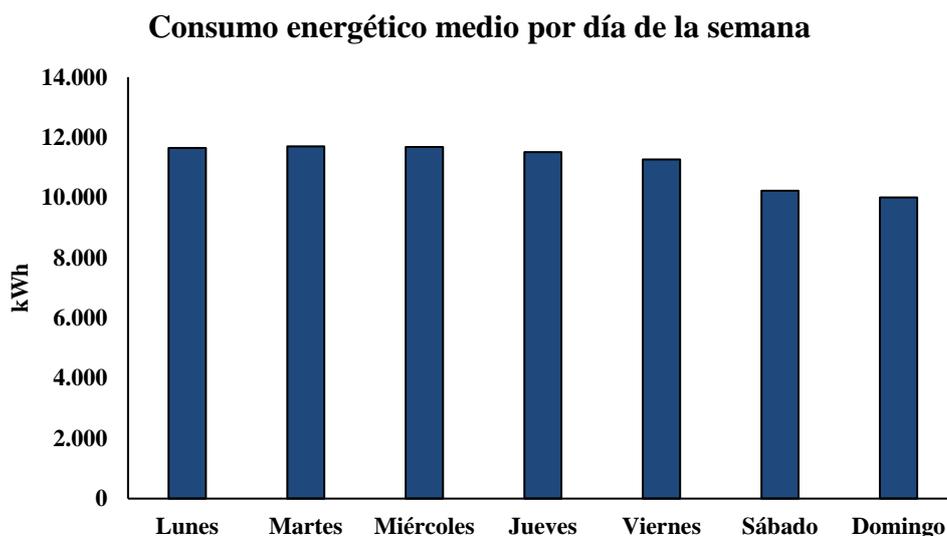


Figura 15. Consumo eléctrico medio diario

Se observa que existe un consumo promedio en torno a los 11.000 kWh/día de lunes a viernes, viéndose levemente reducido durante el fin de semana, quizás debido que, a pesar de que el hospital no cierra, durante los días no laborables (sábado y domingo) hay menos actividad en el centro.

La siguiente gráfica muestra la evolución de la potencia demandada en las instalaciones del hospital a cada hora, en función de si es día laborable o fin de semana. Esta gráfica permite comprender el funcionamiento energético de las instalaciones del hospital a lo largo de la semana.

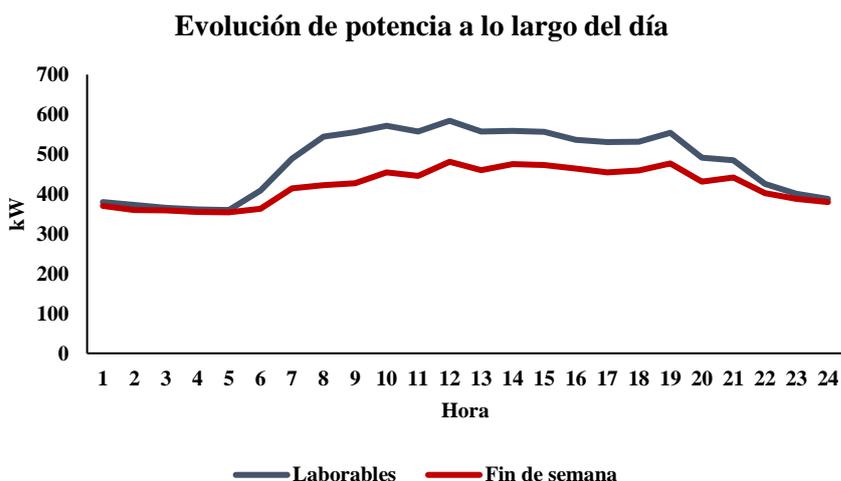


Figura 16. Evolución de potencia a lo largo del día

A partir de la evolución que sigue la potencia demandada se puede deducir el horario de funcionamiento del hospital. Hay una potencia constante durante la noche, algo inferior a

los 350 kW. Dicho valor aumenta a partir de las 5 de la mañana, con un promedio de 500 kW de potencia demandada durante el día, volviendo a la potencia base por la noche. Este aumento es debido a las instalaciones del hospital que solo se encuentran operativas durante el día, como iluminación, equipos ofimáticos y ciertos equipos médicos.

En cambio, durante los fines de semana este cambio se aprecia menos, siendo la potencia demandada prácticamente constante durante todo el día ya que las zonas que permanecen operativas durante el fin de semana, lo hacen también durante la noche.

El consumo base se alcanza durante la noche, cuando las zonas de funcionamiento diurno permanecen cerradas. Equipos como SAIs, CPDs, servidores o equipos de climatización en zonas quirúrgicas han de quedarse funcionando durante todo el día, siendo inevitable parte de este consumo. Sin embargo, las ineficiencias como pérdidas en transformadores también forman parte de este consumo, por lo que se puede reducir implantando medidas de gestión energética.

### 8.2. Suministro de gas natural

El hospital dispone de un suministro de gas natural para los equipos de cocina. La modalidad de tarifa de acceso utilizada la 3.4, contratada con Gas Natural Fenosa. Se trata de una tarifa para presión de suministro mayor a 4 bar e inferior o igual a 60 bar.

Se han utilizado las últimas facturas disponibles facilitadas por el departamento de gestión del hospital. Estas facturas corresponden a un año completo, desde febrero de 2015 a enero de 2016.

Los períodos de facturación son irregulares, normalmente bimensuales por lo que no es posible realizar una gráfica que muestre con certeza la evolución del consumo de gas natural. Sin embargo, se presupone un consumo constante con pequeñas variaciones de gas natural a lo largo de todo el año, ya que los únicos equipos consumidores de gas natural en las instalaciones son equipos de cocina y su uso es función de la ocupación del hospital, que puede presentar pequeñas variaciones a lo largo del año.

La tabla 7 contiene los costes mensuales de gas natural. Como los consumos vienen dados en PCS, para el cálculo del consumo total en PCI se ha considerado un factor de conversión PCS/PCI de 0,904. En cuanto al coste de gas natural, se ha incluido el coste del término variable con el impuesto de hidrocarburos de 0,00054 €/kW [21]. El coste promedio de la energía es 0,0485 €/kWh.

Mes	Consumo (kWh)	Coste (€)
Febrero 2015	4.215	197,95
Marzo 2015	4.215	197,95
Abril 2015	5.472	247,75
Mayo 2015	5.472	247,75
Junio 2015	371	16,38
Julio 2015	-	-
Agosto 2015	14.905	642,73
Septiembre 2015	-	-
Octubre 2015	10.463	445,33
Noviembre 2015	-	-
Diciembre 2015	-	-
Enero 2016	8.761	366,58
<b>Total, PCI</b>	<b>48.701</b>	<b>2.362,40</b>

Tabla 7. Factura de consumo de gas natural año 2015

### 8.3. Suministro de gasóleo

El suministro de gasóleo va destinado a las calderas de calefacción y ACS. El hospital tiene el suministro contratado de gasóleo con Galp Energía.

Se han utilizado las últimas facturas disponibles, que corresponden a un año completo, desde enero de 2015 a diciembre de 2015. La siguiente tabla muestra el consumo de gasóleo mensual. Para el consumo total en kWh se ha tenido en cuenta un factor de conversión de litros de gasóleo de 10,28 kWh/l. El coste unitario promedio del kWh consumido de gasóleo es 0,0521 €/kWh.

## FUENTES DE ENERGÍA. CONTABILIDAD ENERGÉTICA

---

Mes	Consumo gasóleo (litros)	Coste (€)
Enero 2015	59.971	31.144,68
Febrero 2015	30.049	20.132,83
Marzo 2015	30.050	19.442,35
Abril 2015	30.021	21.585,10
Mayo 2015	29.996	15.594,32
Junio 2015	0	0,00
Julio 2015	0	0,00
Agosto 2015	30.002	14.157,94
Septiembre 2015	30.009	13.466,84
Octubre 2015	30.018	14.078,44
Noviembre 2015	0	0,00
Diciembre 2015	59.993	27.266,88
<b>Total (kWh)</b>	<b>3.393.521</b>	<b>176.869,38</b>

Tabla 8. Factura de consumo de gasóleo año 2015

Puede estimarse que el consumo de gasóleo depende claramente de la temperatura, ya que se utiliza para la calefacción del centro. Por esta razón el consumo es superior en los meses invernales y luego tiene un consumo base mucho más reducido, que viene determinado por el consumo de ACS, siendo este mucho menor que el de calefacción.



# **Detalle y clasificación de las instalaciones**



### 9. Detalle y clasificación de las instalaciones

Se ha agrupado el conjunto de las instalaciones del hospital en x secciones: climatización, ACS, iluminación, sistemas de gestión y equipos varios, como transformadores, equipos ofimáticos y equipos médicos.

#### 9.1. Instalaciones de climatización

La climatización de este edificio cubre la calefacción y refrigeración del mismo, así como la ventilación, especialmente importante y con una serie de restricciones importantes en algunas salas del hospital, como zonas quirúrgicas. La calefacción emplea calderas como unidades de generación; para la refrigeración se utilizan torres de refrigeración y enfriadoras; y para la ventilación se utiliza unidades de tratamiento de aire (UTAs). Además, hay equipos de generación y distribución independientes, asociados a las unidades centrales de generación.

##### 9.1.1. Calefacción

El hospital cuenta con 3 calderas de gasóleo, que se encargan de calentar el agua para dar calefacción al hospital. Su período de funcionamiento va desde noviembre a abril. Este sistema de calderas emplea de unidades terminales tanto radiadores como fancoils y climatizadoras.

Las tres calderas, marca Vulcano Sadeca, son iguales y tienen las mismas características. Mediante los colectores se produce la mezcla de agua del circuito primario con el secundario. A partir de los colectores salen los ramales, que se encargan servir a las distintas salas y estancias a través de las unidades emisoras.



Figura 17. Calderas de gasóleo

Las instalaciones del hospital cuentan con grupos de bombas gemelas que, mediante los ramales, impulsan el agua para contrarrestar las pérdidas. Los ramales tienen válvulas que permiten abrir y cerrar manualmente, para poder dar servicio a las distintas salas del edificio.

## DETALLE Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

---

Se consigue que el agua esté en todos los puntos de la instalación a la presión necesaria gracias a las bombas gemelas, que funcionan de manera alternativa compensando las pérdidas que existen en el circuito.



Figura 18. Bomba circuito de calor



Figura 19. Bombas gemelas circuitos de calor

En cuanto a la calefacción en las zonas de quirófanos, el agua caliente es impulsada en los ramales hacia las unidades de tratamiento de aire, y éstas impulsan el aire ya climatizado a los quirófanos. Siguiendo los requerimientos que indica la normativa, el aire climatizado debe ser impulsado a una presión tal que permita tener en todo momento una presión positiva. Además, este hospital cuenta con varias bombas de calor que apoyan el sistema de calefacción del hospital.



Figura 20. Bombas de calor situadas en la cubierta

El emplazamiento de la sala de calderas se sitúa en la planta sótano 2 del hospital. Se trata de una zona no climatizada, por lo que se producen pérdidas de calor en el cuerpo de las bombas que impulsan el aire caliente, ya que el cuerpo de estos equipos carece de aislamiento.



Figura 21. Sala de calderas

La siguiente tabla muestra las características y datos de potencia y rendimiento de las calderas. El resto de equipos de calefacción, tales como bombas de calor, equipos de bombeo y unidades terminales emisoras como cassettes, splits y fancoils, aparecen detallados en el anexo.

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)
Caldera	VULCANO SADECA EUROBLOC SUPER 800	3	930.400	0,89	700

Tabla 9. Características de las calderas

La potencia eléctrica se refiere a la potencia del quemador de la caldera.

### 9.1.2. Refrigeración

Dependiendo del tipo de sala a enfriar o de su situación, se distinguen distintos sistemas de refrigeración en el hospital. Como sistema principal, las instalaciones cuentan con un sistema centralizado de refrigeración basado en tres torres de refrigeración y tres enfriadoras, siendo estas tres últimas las unidades centrales de generación de frío.



Figura 22. Torre de refrigeración



Figura 23. Enfriadora

Estas enfriadoras se encuentran en la sala de frío del sótano 2 y se mantienen en funcionamiento desde mayo hasta septiembre, mientras que las torres de refrigeración están situadas en la cubierta. El agua enfriada en las enfriadoras es llevada hacia las unidades emisoras terminales, como fancoils y unidades de tratamiento de aire. Éstas últimas se utilizan para acondicionar las zonas de UCI, paritorio, quirófano...

## DETALLE Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

---

Las enfriadoras funcionan con un sistema agua-agua y contienen varios compresores que les permiten modular el factor de carga de trabajo. Todas las enfriadoras disponen de un circuito primario con seis bombas gemelas que alimentan los distintos circuitos de distribución.



Figura 24. Bomba circuito de frío

Además de las enfriadoras, el hospital cuenta con un sistema de apoyo que consiste en varias bombas de calor que funcionan en modo frío desde mayo a septiembre, y en modo calor desde noviembre a abril. Se utilizan manualmente los termostatos ubicados en distintas zonas del edificio para gestionar la temperatura de estos equipos.

En cuanto a la refrigeración de algunas salas técnicas de racks, servidores y CPDs que requieren estar refrigeradas en todo momento, se utilizan distintos equipos de refrigeración independientes, como los splits. Por ejemplo, en el hospital hay varias salas de CPD refrigeradas mediante un sistema de máquina partida con splits que fijan la temperatura a 22°C durante todo el día.

La siguiente tabla contiene las características de las torres de refrigeración, de las enfriadoras y de las bombas de calor principales. La potencia eléctrica hace referencia a la potencia absorbida en función del rendimiento de la máquina. Hay 3 bombas de calor que funcionan con refrigerante R22 y se propondrá sustitución, ya que la normativa no permite recargar estos equipos con refrigerante R22.

## DETALLE Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Torre de Refrigeración	APAREL / WR-18	1	-	-	3.000	-
Torre de Refrigeración	EWK 324/09	1	-	-	4.000	-
Torre de Refrigeración	EWK 324/09	1	-	-	4.000	-
Enfriadora	TRANE CGWN213	1	431.300	4,05	106.400	R407C
Enfriadora	TRANE CGWN213	1	431.300	4,05	106.400	R407C
Enfriadora	TRANE ECGWD21	1	380.400	4,39	86.700	R22
Bomba de Calor	CIATESA / IL-95	1	22.100	2,26	9.779	R22
Bomba de Calor	CIATESA / IL-80	1	18.900	2,30	8.217	R22
Bomba de Calor	MDV	1	13.600	2,40	5.655	R410A

Tabla 10. Características de los equipos centralizados de refrigeración

El resto de equipos aparecen detallados en el anexo.

### 9.1.3. Ventilación y distribución

El hospital Moncloa cuenta con 25 unidades de tratamiento de aire, y equipos de extracción. Estos equipos se encargan de renovar el aire en las distintas estancias del hospital, asegurando una correcta calidad del aire para los trabajadores y los pacientes. De estas 25 unidades de tratamiento de aire, 15 son nuevas y cuentan con sistema de recuperación de calor y free-cooling, 4 disponen de sistema free-cooling y el resto no dispone ni de recuperador de calor ni de sistema free-cooling. Todas estas unidades de tratamiento de aire se localizan en la cubierta del edificio.



Figura 25. UTA situada en la cubierta

Estas unidades de tratamiento de aire dan servicio a las zonas con mayor restricción en cuanto a calidad de aire, como quirófanos, UCI y urgencias. Los equipos de extracción de aire dan servicio a la zona de garaje, aseos, cocinas, cuartos de basura, etc.

En el anexo de inventarios aparecen indicadas las características de los equipos de extracción como los de ventilación y distribución.

### 9.1.4. Sistema de control

Los distintos sistemas de climatización del hospital son gestionados mediante un sistema de control del que dispone el hospital, que tiene las siguientes funcionalidades:

- Controlar en qué momento se encienden y apagan las unidades de generación de calor (calderas) y frío (enfriadoras), así como gestionar la temperatura de generación.

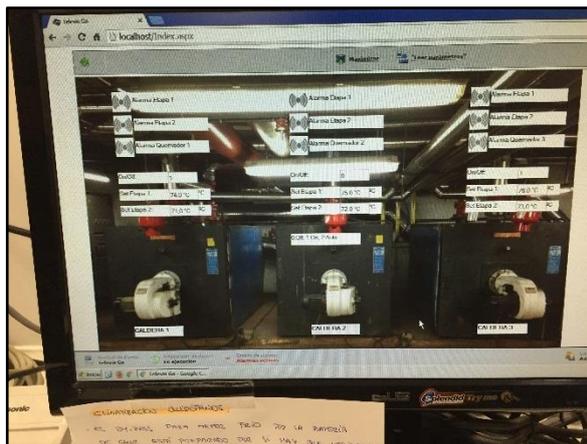


Figura 26. Sistema de control de calderas

- Gestión de las unidades de tratamiento de aire, permitiendo controlar la impulsión. De esta manera se puede mantener o fijar a la presión de la zona climatizada en valores determinados. Además, este sistema realiza medidas de humedad y temperatura seca en tiempo real, lo que resulta muy interesante desde el punto de vista del ahorro energético pues facilita acometer acciones de freecooling y recuperación de calor.
- Monitoreo y control de temperaturas de impulsión y retorno

### 9.2. Instalaciones de agua caliente sanitaria

Para suplir la demanda de ACS se emplea una caldera de gasóleo. El fluido portador de calor es calentado en la caldera, desde donde transporta la energía calorífica hasta el acumulador mediante un intercambiador. La caldera para ACS es de marca Roca, con 657 kW de potencia térmica y 400 litros de capacidad.



Figura 27. Caldera de ACS

En cuanto al sistema de bombeo, se encarga de impulsar y distribuir el agua caliente a los distintos puntos de consumo del hospital. El sistema de bombeo primario hace circular

## DETALLE Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

---

al fluido caloportador desde la caldera al primario del intercambiador, mientras que el sistema de bombeo secundario permite impulsar el fluido desde el acumulador al intercambiador.



Figura 28. Circuito primario de ACS



Figura 29. Circuito secundario de ACS

El acumulador está aislado térmicamente y tiene una gran capacidad con respecto al consumo del hospital, permitiendo la estratificación del fluido que está contenido en el acumulador. De esta manera se consigue que sitúe arriba el agua más caliente, siendo ésta impulsada y transportada desde ahí a los puntos de consumo.



Figura 30. Acumulador de ACS

A continuación, se indican las características de la caldera de ACS.

Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)	Potencia térmica (W)	Rto.	Capacidad (litros)
Caldera	ROCA NTD-500	1	700	657.000	0,88	400

Tabla 11. Características de la caldera de ACS

El equipo de bombeo para ACS se encuentra detallado en los anexos.

### 9.3. Instalaciones de iluminación

La instalación de iluminación del hospital se encuentra totalmente renovada, habiéndose instalado tecnología LED. El edificio tiene detectores de presencia en todos los aseos. Por tanto, desde el punto de vista de la iluminación, las instalaciones del hospital son eficientes energéticamente y no requieren ninguna propuesta de mejora.

La potencia total instalada en el edificio es de 81,62 kW. La siguiente tabla determina la representatividad de las lámparas y su consumo en el edificio. Como se observa el 100% son LED, debido a la reforma que se ha realizado recientemente. En cuanto al tipo de luminaria, la mayoría son tipo downlight o empotrada.

## DETALLE Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Tecnología	Lámparas		Consumo	
	Unidades	%	kWh	%
LED	5.863	100,00	381.415	100,00
<b>Total</b>	<b>5.863</b>	<b>100%</b>	<b>381.415</b>	<b>100%</b>

Tabla 12. Distribución de los equipos de iluminación

En el anexo se ha detallado un inventario por estancia de los equipos existentes de iluminación en el edificio.



Figura 31. Panel LED



Figura 32. Downlight LED

### 9.4. Equipos restantes

El centro ha proporcionado un inventario de los equipos del hospital. Dicho inventario viene detallado en el anexo. La tabla 13 indica los tipos de equipos existentes en el edificio y qué porcentaje de consumo tiene cada grupo.

## DETALLE Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

Servicio energético	Consumo (kWh)	%
Equipos ofimáticos	171.919	10,80%
Equipos médicos	880.672	55,32%
Equipos On 24h	123.034	7,73%
Equipos de cocina	292.000	18,34%
Otros	124.217	7,80%
<b>Total</b>	<b>1.591.842</b>	<b>100%</b>

Tabla 13. Distribución de consumos por tipo de equipo

Se observa claramente que los equipos médicos son los que representan el mayor consumo, con un 55%. Es lógico, al tratarse de un hospital el edificio en estudio. Además, se trata de equipos de potencias considerables, lo que da lugar a grandes consumos. Por mencionar algunos equipos médicos de los que dispone el hospital, se encuentran la máquina de resonancia magnética, los ecógrafos, el TAC o la máquina de rayos X, entre otros muchos.

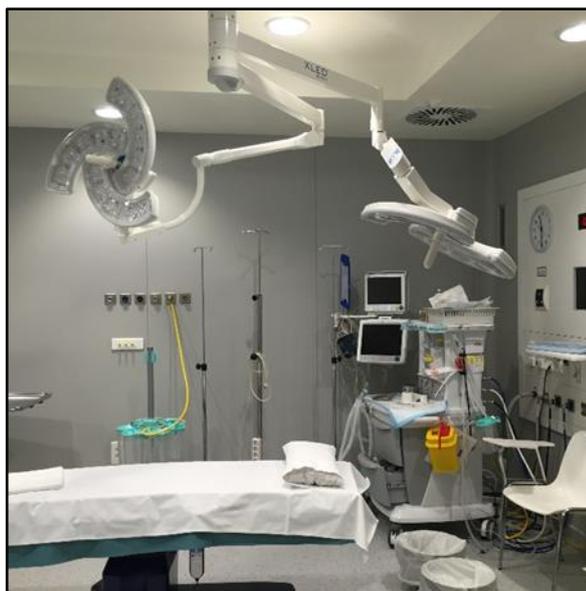


Figura 33. Equipos médicos de quirófano

Otro grupo de equipos que representa un consumo considerable es el de equipos de cocina, que funcionan con el suministro de gas natural. En este grupo se incluyen equipos como el horno, la cocina de gas o la mesa caliente.



Figura 34. Equipos de cocina

Dentro del grupo de equipos ON 24h se incluyen transformadores, servidores, racks, SAIs o CPDs, que tienen que estar funcionando a todas horas. Muchos de ellos requieren estar en salas refrigeradas. El grupo denominado ‘otros’ incluye a todos aquellos equipos que no han podido ser englobado en ningunos de los otros grupos de consumo.



Figura 35. Switch

## DETALLE Y CLASIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES

---



Figura 36. Equipos ofimáticos

El hospital cuenta con 4 transformadores de 640 kW (800 KVA), con tensión de 10 kV en el primario y 400 V en el secundario.



Figura 37. Transformador nº2, 800 kVA

La siguiente gráfica muestra la distribución por consumo de los equipos del hospital:

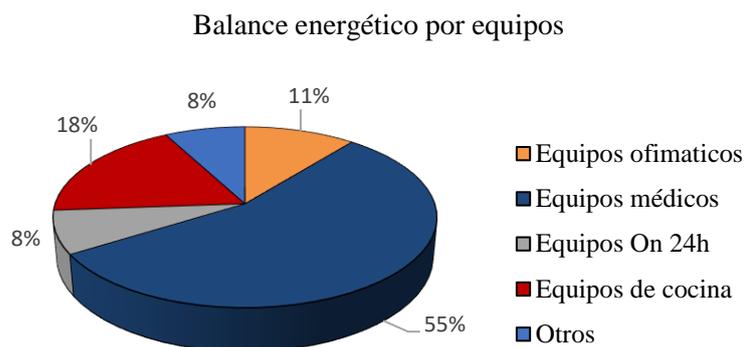


Figura 38. Balance energético por equipos

### 9.5. Envoltente del edificio

Se trata de un edificio construido con ladrillo y estructura de hormigón. Al no estar el hospital rodeado de otros edificios que le den sombra, se puede decir que recibe suficiente radiación solar directa a lo largo del año. En cuanto a la orientación, la fachada principal del edificio se encuentra orientada hacia el este. La cubierta, en la que se ubican las torres de refrigeración, las bombas de calor y las unidades de tratamiento de aire, es plana de tipo transitable.

Analizando la envoltente del edificio desde un punto de vista energético, el aislamiento existente es correcto y no existen ineficiencias ni puente térmicos reseñables que puedan ocasionar pérdidas de calor considerables a tener en cuenta. En este proyecto no se han analizado medidas de acción sobre la envoltente tales como aumentar el aislamiento en las fachadas, porque la reducción de demanda térmica que podría causar esta acción no sería rentable económicamente, al ser acciones de gran coste que requieren una gran inversión. Como el aislamiento actual de la envoltente está en buen estado, se han descartado acciones sobre la misma.



Figura 39. Fachada lateral



**Balance de energía.  
Usos y áreas de  
consumo**



### 10. Balance de energía. Usos y áreas de consumo

#### 10.1. Procedimiento de cálculo empleado

Para la realización del balance energético global, se ha establecido una división por grupos de consumo principales del hospital: calefacción, refrigeración, ventilación, demanda de agua caliente sanitaria, iluminación y equipos.

Para el cálculo del consumo energético, intervienen dos variables principales: la potencia que consume el equipo analizado, y el tiempo durante el cual se utiliza. De ahí sale la fórmula empleada para el cálculo del consumo:

$$\text{Consumo energético} = \text{Potencia (kW)} \times \text{Tiempo (h)}$$

Según el grupo de consumo hay que prestar más atención a distintos factores:

- Climatización y ventilación: hace falta conocer revisar las hojas de características para conocer la potencia de los equipos de calor (calderas) y equipos de frío (enfriadoras) prestando especial atención al rendimiento de dichos equipos. También hay que ver el factor de carga de trabajo de estos equipos, y el período de funcionamiento, que en el caso de calderas va de noviembre a abril, y en el caso de enfriadoras funcionan desde mayo a septiembre. Los horarios de funcionamiento los facilita el personal de mantenimiento. Además, como se ha comentado en secciones previas, hay salas que refrigeración en todo momento. El horario de climatización en zonas quirúrgicas depende del uso que se dé a estas salas.
- Iluminación: Importante preguntar el horario de funcionamiento del hospital, para ver cuántas horas permanecen iluminadas las distintas salas. También es necesario conocer el tipo de equipo auxiliar y la potencia. Al haber sido reformado recientemente, toda la iluminación de este hospital es tipo LED con driver como equipo auxiliar. El driver no aumenta el consumo de la luminaria. Los leds tienen potencias reducidas. Además, hay detectores de presencia en baños.
- Producción de agua caliente sanitaria: Aquí es necesario conocer la potencia y rendimiento de la caldera de ACS, que se indicó en la sección previa. También hay que dar atención al tipo de actividad y número de usuarios. Al tratarse de un hospital, el agua caliente se destina a usos sanitarios (baños, duchas...) de pacientes y usos de limpieza del edificio. El hospital cuenta con unos 600 usuarios aproximadamente, incluyendo empleados y pacientes.
- Equipos restantes: para el cálculo del consumo de estos equipos hay que conocer la potencia de cada uno. Para ello, el hospital ha facilitado un inventario con las potencias de los distintos equipos médicos, de cocina y ofimáticos. Es necesario preguntar horarios de uso y factor de carga al personal de mantenimiento.

Los horarios de funcionamiento se preguntaron durante la visita de las instalaciones, en distintas entrevistas con usuarios del hospital y personal de mantenimiento. Se han englobado dentro del apartado ‘Otros’ a todos aquellos equipos que no se han podido ser incluidos dentro de ningún grupo, como los que se conectan a la red puntualmente o luminarias de emergencia.

Una vez realizado el balance energético global, se han comparado el resultado con el consumo obtenido de las facturas energética, ajustando el balance de manera que cuadre y tenga sentido. También se han utilizado las curvas de carga para entender la demanda energética del hospital y ajustar el balance.

Tal y como se ha dicho se busca obtener información sobre potencia y tiempo de uso en cada una de las áreas de consumo. La información de potencia se ha conseguido con el inventario de equipos y la toma de datos realizada durante la visita. Para la información de tiempo se han usado varios métodos:

- Listado con horarios de funcionamiento de los distintos equipos.
- Entrevistas con usuarios y personal de mantenimiento.
- Información sobre del sistema de gestión y control.
- Mediciones de parámetros eléctricos.

### 10.2. Reparto energético por áreas de consumo

El uso energético con mayor consumo es la calefacción, con un 39,5%, seguido del resto equipos (21%) y la refrigeración (20%). Por tanto, la calefacción tiene una demanda mayor que la refrigeración, teniendo las calderas de gasóleo un peso importante en el consumo energético del hospital. De esta manera, la climatización (calefacción + refrigeración) representa un 60% del consumo energético total del hospital. Se trata de un porcentaje considerable y lógico, pues son instalaciones de uso sanitario que requieren estar a unas condiciones específicas, especialmente en quirófanos y salas de operaciones.

La iluminación representa un porcentaje muy reducido del consumo, debido que la tecnología LED es muy eficiente energéticamente y consume muy poco, siendo incluso mayores los consumos de ACS y ventilación, que suelen área de mayor consumo en un hospital que en cualquier otro edificio terciario, debido a las necesidades estrictas de ventilación en zonas de operación quirúrgica y a la necesidad del agua para usos sanitarios y de limpieza.

## BALANCE DE ENERGÍA. USOS Y ÁREAS DE CONSUMO

En la siguiente tabla aparece el porcentaje de distribución por grupos de consumo durante el año 2015:

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	381.415,0	5,08
Calefacción	2.969.279,1	39,54
Refrigeración	1.522.731,3	20,28
Ventilación	482.216,8	6,42
ACS	518.542,2	6,91
Equipos	1.591.841,7	21,20
Otros	43.050,6	0,57
<b>Total</b>	<b>7.509.077</b>	<b>100%</b>

Tabla 14. Balance energético por áreas de consumo

La distribución se ve reflejada en la siguiente gráfica:

Balance energético del hospital

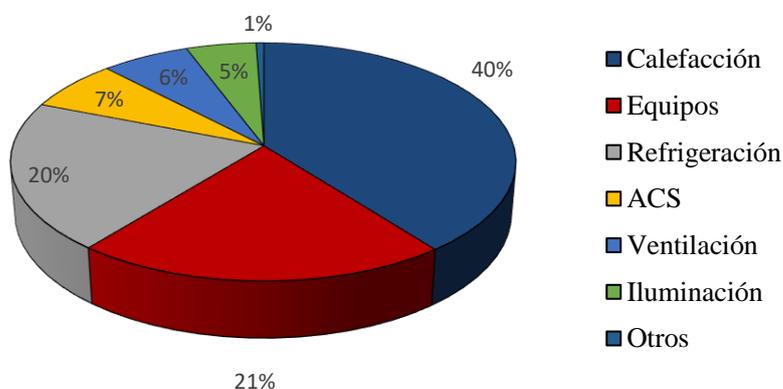


Figura 40. Balance energético por áreas de consumo

Si se establece una clasificación en el balance energético distinguiendo entre los tres suministros distintos del edificio (electricidad, gasóleo y gas natural) queda una gráfica como la siguiente:

Balance energético del hospital por suministros

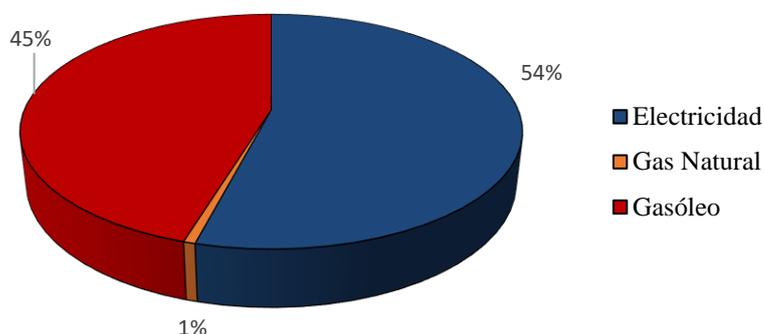


Figura 41. Balance energético por suministros

Se puede comprobar que el mayor peso energético proviene del suministro eléctrico. El suministro de gasóleo también es importante, al ser el que sustenta las calderas, encargadas de la calefacción y el agua caliente sanitaria. El porcentaje del suministro de gas natural es muy pequeño, ya que solo se destina a los equipos de cocina.

### 10.3. Reparto del suministro de electricidad

Atendiendo solo al suministro eléctrico, los grupos de mayor consumo son la refrigeración (37%) y los equipos (39 %). Las máquinas encargadas de la refrigeración, enfriadoras y bombas de calor en modo frío, funcionan de mayo a septiembre, que representa el período en que se produce el pico en consumo de refrigeración. Durante el resto del año, solo se usa para la refrigeración de algunas salas técnicas.

La tabla 15 muestra la distribución del balance eléctrico del año 2015, mientras que la gráfica 42 refleja cómo queda esa distribución.

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Iluminación	381.415	9,38
Calefacción	57.148	1,41
Refrigeración	1.522.731	37,44
Ventilación	482.217	11,86
ACS	28.032	0,69
Equipos	1.591.842	39,14
Otros	3.470	0,09
<b>Total</b>	<b>4.066.855</b>	<b>100%</b>

Tabla 15. Balance del suministro de electricidad por usos

Balance eléctrico del hospital

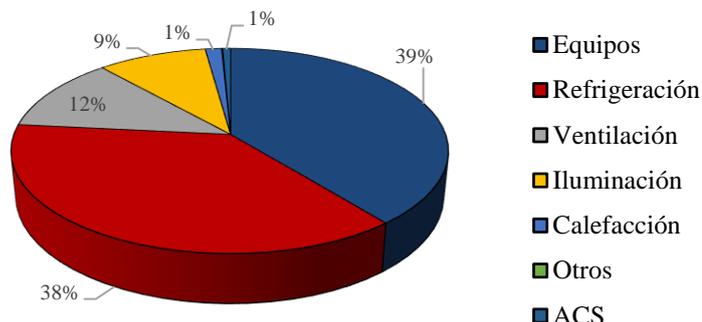


Figura 42. Balance eléctrico por usos

## 10.4. Reparto del consumo de gas natural

Como se ha visto en secciones previas, el gas natural solo se emplea en los equipos de cocina. La distribución del consumo de gas natural durante el año 2015 se muestra en la tabla siguiente:

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Cocinas	48.701	100%
<b>Total</b>	<b>48.701</b>	<b>100%</b>

Tabla 16. Balance de gas natural por usos

## 10.5. Reparto del consumo de gasóleo

El 85,6 % del consumo de gasóleo durante el año 2015 fue utilizado por las tres calderas que se encargan de la calefacción del edificio, mientras que el resto se emplea en la caldera destinada a ACS, tal y como se observa en la siguiente tabla:

Uso energético	Consumo (kWh)	Consumo (%)
Calefacción	2.903.010	85,6
ACS	490.510	14,4
<b>Total</b>	<b>3.393.521</b>	<b>100%</b>

Tabla 17. Balance de gasóleo por usos

Esta diferencia de uso entre la demanda de calefacción y ACS se observa igualmente en la siguiente gráfica:

**Balance térmico de gasóleo del hospital**

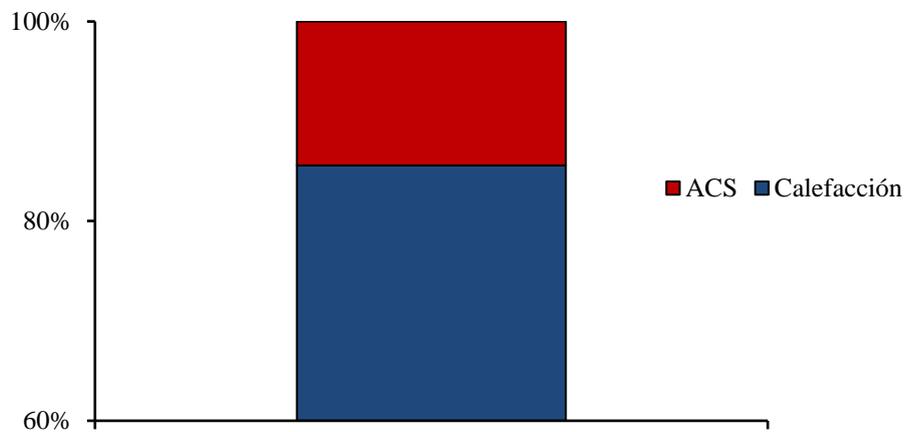


Figura 43. Balance de gasóleo por usos

# **Estudio y análisis de medidas de ahorro**



### 11. Estudio y análisis de medidas de ahorro

En esta sección se procede al análisis de medidas de ahorro energético, evaluando el ahorro potencial que suponen las acciones estudiadas, en términos de ahorro de energía, ahorro económico y ahorro ambiental.

Para cada una de las medidas estudiadas, se medirá no solo el ahorro energético sino también la inversión que requiere (inmovilizado + mano de obra) y su período de retorno simple (payback) para conocer los resultados económicos, mediante el cálculo del valor actual neto de la inversión. Para el cálculo del VAN se ha indicado un ciclo de vida de 10 años para la inversión, con una tasa de descuento del 1% y un índice de precio al consumidor (IPC) del 1%. Los resultados ambientales se han calculado comprobando cuál es la reducción en emisiones contaminantes, tanto de emisiones de CO<sub>2</sub> como de emisiones radiactivas.

Para la obtención del presupuesto de los costes que conlleva los materiales y aparatos necesarios para llevar a cabo cada una de las medidas analizadas, se ha utilizado la web del generador de precios CYPE [22], así como estimaciones realizadas en base a presupuestos de proyectos previos realizados por la empresa Creara Consultores . Además, se ha realizado una comparativa de cada medida estudiada con respecto al resto.

### 11.1. Medidas de ahorro en climatización y ACS

#### 11.1.1. Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural

El hospital dispone en la actualidad de 4 calderas de tipo atmosférico que usan gasóleo como combustible, tres de ellas para calefacción y una cuarta explícitamente para ACS. El problema que presentan estas calderas es que los humos evacúan una parte considerable del calor latente ya que los productos de la combustión salen a una temperatura cercana a los 160°C. Esto representa un claro problema de eficiencia energética ya que se desaprovecha la energía disponible por la alta temperatura a la que son evacuados a los humos.

La solución que se propone a este problema es el cambio de estas calderas tradicionales de gasóleo por calderas de condensación de gas natural [23], ya que estas calderas aprovechan el calor de condensación de los productos de la combustión, lo que hace que el rendimiento sea muy superior, en torno al 105% sobre el PCI. Este tipo de calderas disponen de un mecanismo que permite reutilizar el vapor de agua generado en los gases que participan en la combustión, aprovechándolo hasta convertirlo a líquido. De esta manera, los gases de la combustión salen a una temperatura mucho inferior, cercana a los 70°.

Hay dos razones principales que hacen que se trate de una medida de ahorro muy atractiva:

La primera se debe al ahorro energético que se obtiene gracias al mayor rendimiento de este tipo de calderas. La medida evaluada consiste en sustituir las cuatro calderas actuales (las 3 de calefacción son similares, con una potencia de 930,4 kW, mientras que la de ACS tiene una potencia de 657 kW) por 3 calderas de 620 kW y rendimiento del 100%. Este aumento de rendimiento permite producir el mismo calor con una potencia total mucho menor, y en consecuencia un menor consumo térmico. El ahorro energético es de 379.196 kW/año, suponiendo un 5,05% de ahorro energético sobre el consumo total del hospital.

La segunda razón principal del atractivo de la medida es el ahorro económico conseguido por el uso de un combustible barato. Además de por el hecho comentado de que el consumo sería menor, el uso de un combustible más barato (52,1 €/MWh de gasóleo frente a 48,5 €/MWh de gas natural) hace que el ahorro económico sea considerable, de 30.683 € anuales, recuperando la inversión en menos de 3 años.

La siguiente tabla muestra un resumen de los cálculos realizados para la estimación del ahorro que se obtiene con la medida:

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

Equipos	Pot_inst térmica(kW)	Consumo térmico (kWh/año)	Rendimiento esperable	Nueva Potencia térmica(kW)	Nuevo Consumo térmico (kWh/año)	Ahorro térmico (kWh/año)	Nuevo coste térmico (€/año)	Antiguo Coste térmico (€/año)	Ahorro (€/año)
3 calderas de gasóleo (calefacción)	2.791	2.912.131	100%	1.479	2.591.797	320.334	125.723	151.779	26.056
1 caldera de gasóleo (ACS)	657	490.510	100%	329	431.649	58.861	20.938	25.565	4.627
Total	3.448	3.402.641	100%	1.808	3.023.446	379.196	146.661	177.345	30.683

**Tabla 18. Sustitución de calderas de gasóleo por calderas de condensación de gas natural**

En cuanto a las características de las calderas elegidas, se trata de un conjunto de 3 calderas de condensación de gas natural, de pie, en cascada y con potencia útil 620 kW. Las calderas presentan gran aislante térmico y quemador modulante de gas natural. Además, contienen una sonda de temperatura exterior. Los precios se han obtenido en la web del generador de precios CYPE [22]. La inversión que se ha tenido en cuenta no solo incluye el coste de las calderas y la mano de obra, sino también el contrato de gas natural y su coste por término fijo.

Los resultados de ahorro económico y energético de la medida se muestran en la siguiente tabla:

<b>Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
379.196	5,05%	30.683
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
83.330	2.079	85.909
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
2,8	10	225.198
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
102.383	-	

**Tabla 19. Medida: Sustitución de calderas actuales por caldera de condensación de gas natural**

La siguiente figura muestra una comparación de la medida estudiada con respecto al resto:

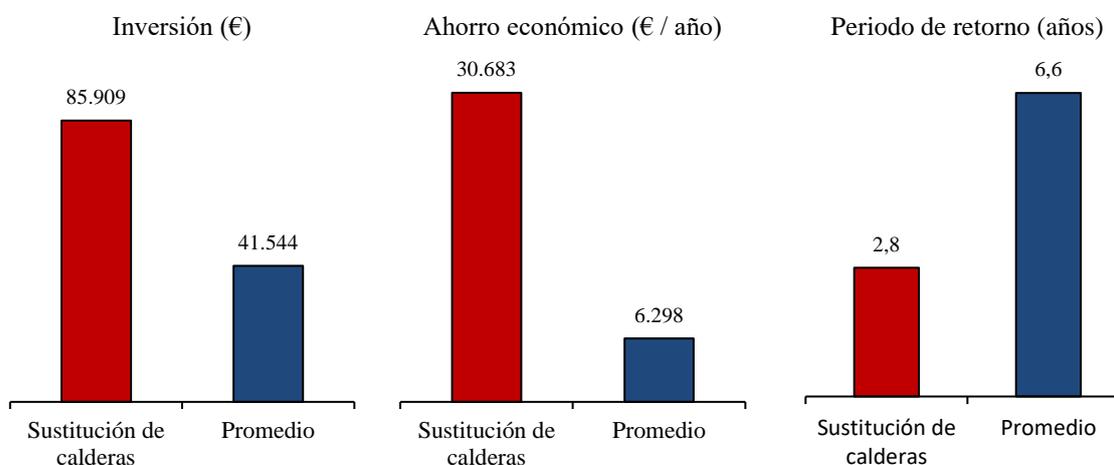


Figura 44. Comparativa de medida analizada con respecto al promedio del resto de medidas

En cuanto a la posibilidad de sustituir las calderas actuales por calderas de biomasa [24], no se ha contemplado ni analizado detalladamente debido a la gran oportunidad que supone tener acceso al suministro de gas natural. Entre algunas de las desventajas que ofrecen las calderas de biomasa, se pueden mencionar el menor rendimiento de estas calderas o el hecho de que estas calderas requieren unos costes mayores de mantenimiento y operación [25]. También existe el problema ligado al transporte ya que se trata de un combustible rural alejado del centro urbano y los canales de distribución están menos desarrollados que en el caso del gas natural. Además, como la biomasa es un material de menor densidad energética implica la necesidad de un mayor espacio de almacenamiento, que no es necesario en el caso del gas natural.

## 11.1.2. Aislamiento del cuerpo de las calderas

Las calderas del hospital no están perfectamente aisladas. Esta falta de aislamiento da lugar a pérdidas térmicas en la caldera, ocasionando un mayor consumo térmico [26]. Ante esta ineficiencia energética, la medida a evaluar consiste en instalar un aislante que rodee la cámara de combustión interna de la caldera y la parte trasera, lo que ayudará a reducir el consumo energético de la misma. Las siguientes imágenes muestran termografías que se han realizado de la caldera durante la visita al hospital:

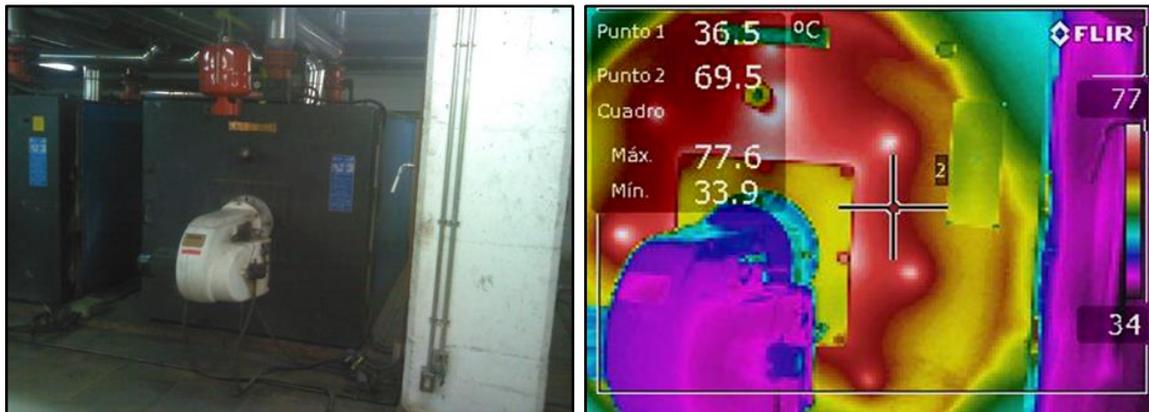


Figura 45. Termografía de la caldera (lado frontal)

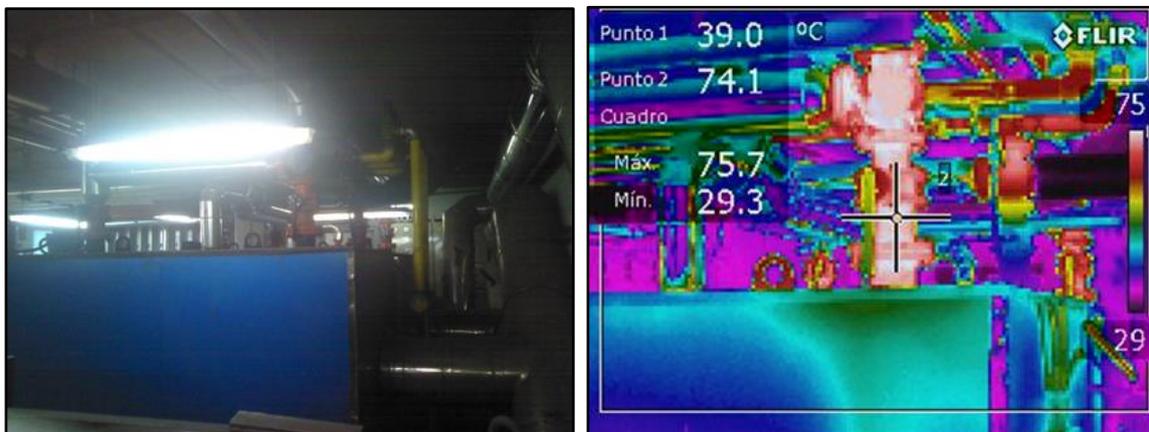


Figura 46. Termografía de la caldera (lateral)

Se propone utilizar un aislamiento con las siguientes características:

- Composición de manta armada por lana de roca
- Espesor: 5 cm
- Conductividad: 0,035 W/(m°K)
- Temperatura máx.: 750°C
- Apto para superficies irregulares

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

- Coste del aislante: 44 €/m

Se ha empleado el software AISLAM [27] para calcular el ahorro energético propiciado por esta medida. Este software cumple con los requerimientos del RITE, pues está reconocido por el Ministerio de Industria. En la inversión de esta medida se tienen en cuenta:

- Mano de obra.
- Coste del material (44 €/m de aislante).
- Costes indirectos.

El ahorro energético generado viene dado por la disminución de pérdidas térmicas gracias al aislamiento, reduciendo el consumo de combustible en la caldera.

Los resultados económicos y el ahorro generado por la gestión de esta medida se indican la siguiente tabla:

Aislamiento del cuerpo de la caldera		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
6.490	0,09%	338
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
1.262	1.056	2.318
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
6,9	10	1.116
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
1.752	-	

Tabla 20. Medida Aislamiento del cuerpo de las calderas

Analizando los resultados, se considera que la medida más rentable de cara a mejorar la eficiencia energética en la caldera es la sustitución de las actuales por calderas de condensación de gas natural. Como esas calderas ya traen aislamiento, esta última medida estudiada no entrará como medida propuesta en el listado final, dando prioridad a la caldera de condensación.

### 11.1.3. Instalación de un recuperador de humos en las calderas

Como se ha comentado anteriormente, el hospital dispone de cuatro calderas de gasóleo, tres para uso destinado a calefacción y una para agua caliente sanitaria. Ante la ineficiencia energética existente debido al hecho de que los humos salen de la caldera a una temperatura relativamente alta, en torno a 160°C, se plantea como otra solución posible la instalación de un recuperador de calor a la salida de los humos de la caldera [23].

La finalidad de este recuperador de humos es que se encargue de reutilizar la energía aprovechable de estos humos por su temperatura, y con este calor aprovechado precalentar el agua que retorna de los circuitos de calefacción antes de entrar en la caldera. De esta manera, el comportamiento de la caldera sería parecido al de una caldera de condensación.

El recuperador de humos dispone de un intercambiador que permite comunicar los humos salidos de la caldera con el agua que retorna del circuito de calefacción, sin que se produzca mezcla para no intervenir en la calidad del agua. El funcionamiento para la caldera de agua caliente sanitaria es igual que para las de calefacción, solo que en el caso de la caldera de ACS el agua que se precalienta antes de entrar a la caldera es la que viene por el circuito de retorno de ACS.

La recuperación de calor será mayor cuanto más baja se la temperatura del agua que retorna del circuito de calefacción, que es el agua con la que se produce el intercambio de calor. La siguiente imagen, recogida de una plataforma logística auditada por Creara, muestra un ejemplo de caldera con recuperador de humos en chimenea.



Figura 47. Ejemplo de caldera con recuperador de humos

Se ha estimado una mejora en el rendimiento de las calderas del 4% gracias al recuperador de humos. El ahorro energético viene dado por el ahorro de combustible que se consigue por la mejora del rendimiento de las calderas. Se conseguiría con esta medida un ahorro de 146.579 kWh anuales, tal y como se observa en la tabla 21:

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

Uso	Tipo de equipo	Marca	Unidades	Potencia térmica (W)	Rendimiento	Consumo (kWh/año)	Incremento rendimiento	Ahorro energético (kWh/año)
Calefacción	Caldera	VULCANO SADECA	3	930.400	89%	2.912.131	4%	125.253
ACS	Caldera	ROCA NTD	1	657.000	88%	490.510	4%	21.327
								146.579

**Tabla 21. Ahorro energético obtenido con instalación de recuperador de humos**

Además de un total de cuatro recuperadores de humos para las calderas, la inversión también tiene en cuenta la desviación de la chimenea y de los conductos, los materiales auxiliares, la puesta en marcha y la mano de obra. Los resultados de ahorro económico y energético de la medida se indican en la siguiente tabla:

<b>Instalación de un recuperador de humos en las calderas</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
146.579	1,95%	7.640
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
26.006	13.003	39.010
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
5,1	10	38.542
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO <sub>2</sub> / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
39.576	-	

**Tabla 22. Instalación de recuperador de humos en las calderas**

A la vista de los resultados, resulta más rentable la medida propuesta de sustituir las calderas actuales por calderas de condensación de gas natural. Por esta razón, la instalación del recuperador de humos no entrará como medida propuesta en el listado final, considerando que la caldera de condensación cumple esta función.

### 11.1.4. Sustitución de equipos con refrigerante R22 por otros equipos adaptados a la normativa

Desde diciembre de 2014 está estipulado que los equipos que lleven refrigerantes hidroclorofluorocarbonos (HCFC), entre los que destaca el R-22, se pueden seguir utilizando, pero queda prohibido recargarlos con refrigerante R-22. Esta prohibición se rige actualmente por la normativa del RD 115/2017 [28].

El hospital cuenta con varios equipos que utilizan refrigerante R-22:

- Una enfriadora y una bomba de calor que actúan como unidades de refrigeración centralizada.
- Una bomba de calor que actúa como unidad de calefacción centralizada.
- 51 bombas de calor de distintos modelos que funcionan como unidades individuales de refrigeración.



Figura 48. Bombas de calor con refrigerante R-22

Estos equipos, además de utilizar este refrigerante del que está prohibida su recarga, son antiguos y poseen rendimientos bajos, todos por debajo de 3. Por ello, la medida que se estudia consiste en sustituir estos equipos por otros que cumplan la normativa, y que además sean más eficientes energéticamente, es decir, con rendimientos mayores. De esta manera se compensará la inversión obligatoria realizada con unos ahorros energéticos y económicos importantes. Para una demanda energética similar, los nuevos equipos con EER y COP superiores permitirán generar calor o frío con un consumo eléctrico inferior.

Para los tres equipos centralizados de refrigeración y calefacción, se ha evaluado sustituir la enfriadora y las bombas de calor por otros tres equipos similares, pero con mayor rendimiento. La tabla siguiente muestra los equipos evaluados:

Equipos de sustitución para unidades centralizadas de refrigeración y calefacción							
Uso	Tipo de equipo	Marca	Potencia Térmica (W)	Potencia eléctrica (W)	Rendimiento	Consumo (kWh/año)	Ahorro (kWh/año)
Refrigeración	Bomba de calor	Daikin	22.400	6.137	3,65	3.226	1.525
Calefacción	Bomba de calor	Daikin	25.000	6.345	3,94	278	15
Refrigeración	Enfriadora	HOTECSA ADVANCE	365.600	114.250	3,2	148.498	102.135

Tabla 23. Equipos de sustitución para unidades centralizadas de refrigeración y calefacción

En cuanto a los equipos individuales de refrigeración, se propone sustituir las 51 bombas de calor por 10 equipos VRV que aportan una potencia térmica equivalente, pero con un menor consumo eléctrico. La tabla 24 indica el cambio comentado:

Unidades de individuales de refrigeración equipos de sustitución							
Tipo de equipo	Marca	Unidades	Pot. Térmica (W)	Pot. Eléctrica (W)	Rendimiento	Consumo (kWh/año)	Ahorro (kWh/año)
VRV	Daikin	10	33.500	8.701	3,85	60.979	46.721

Tabla 24. Equipos de sustitución para unidades individuales de refrigeración

Para el ciclo de vida de la inversión se han considerado 20 años, ya que es una medida que requiere una inversión grande por ser muchos equipos y no se esperan ahorros inmediatos, sino que se trata de una inversión a largo plazo. Para estimar los precios de los equipos, se ha utilizado el catálogo Daikin 2016 [29]. Los resultados de ahorro económico y energético de la medida se indican en la siguiente tabla:

Sustitución de equipos con refrigerante R-22 con otro refrigerante adaptado a la normativa		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
150.396	2,0%	11.493
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
142.981	47.660	190.641
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
16,6	20	48.970
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
54.143	0,07670	

Tabla 25. Sustitución de equipos con refrigerante R22

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio.

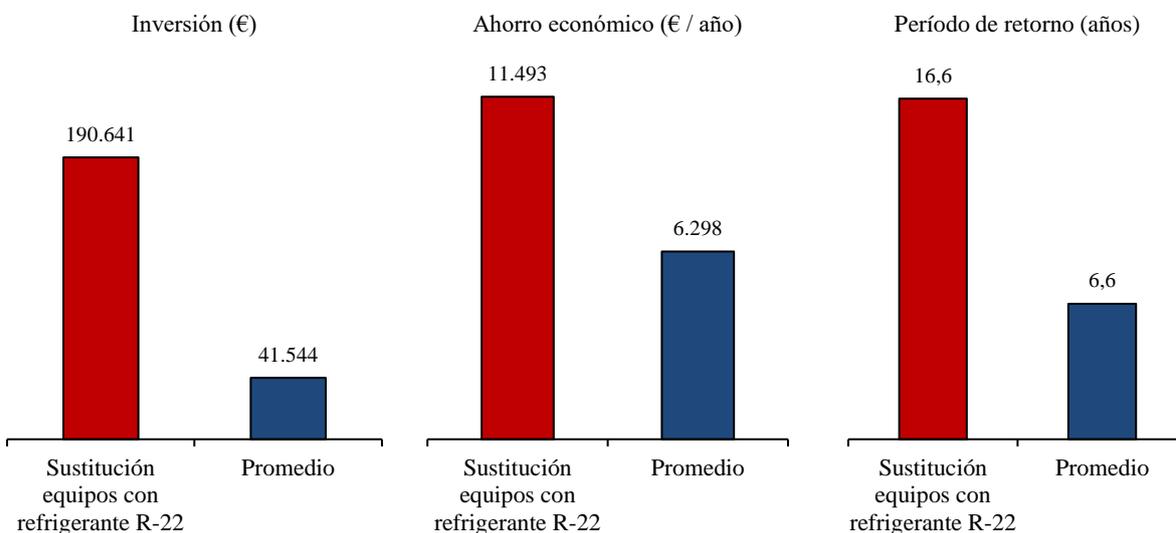


Figura 49. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas

### 11.1.5. Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas

De las 25 unidades de tratamiento de aire existentes en el hospital, 10 de ellas carecen de sistema de free-cooling. Estos equipos sin free-cooling no permiten aprovechar el aire exterior para refrigerar salas técnicas que demandan refrigeración en todo momento [30]. Esta carencia da lugar a un mayor consumo de los equipos centrales de frío, en este caso las tres enfriadoras del edificio, que están funcionando durante todo el año para satisfacer el frío demandado por estos equipos técnicos, tales como CPDs, SAIs, racks y servidores.

Se ha empleado el programa de cálculo de frecuencias horarias del IDAE para conocer cómo se distribuyen las horas del año según la temperatura. Se considera que a partir de una temperatura inferior a 22°C es posible realizar free-cooling, siendo más efectivo cuanto menor sea la temperatura, lo que hace que el porcentaje de ahorro energético sea mayor.

Tras realizar el análisis, se observa que en Madrid hay muchas horas a lo largo del verano en las que la temperatura es inferior a 22°C. La siguiente gráfica muestra el reparto de las horas del verano según su temperatura:

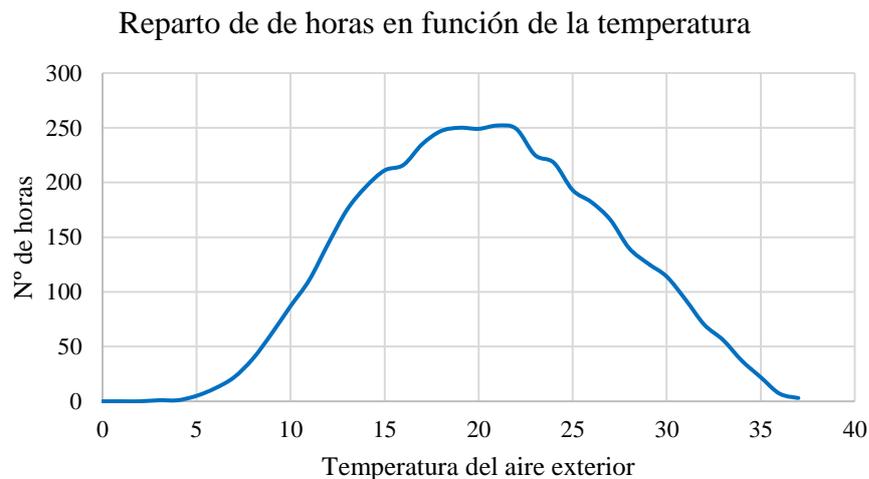


Figura 50. Reparto de horas en función de temperatura

El número de horas que cumple esta condición es 2515, lo que representa un 57% de las horas. Es decir, durante todas estas horas sería posible poner en marcha un sistema free-cooling que permita el uso del aire exterior para que contribuya a la refrigeración de las salas técnicas durante el verano. Así se disminuye el consumo de las enfriadoras que dan servicio a las climatizadoras que refrigeran estas salas.

Sin embargo, el porcentaje de ahorro que se ha estimado depende de cómo de baja sea la temperatura del aire exterior. Se ha considerado para el cálculo que cuando la temperatura es inferior a 5°C el ahorro es máximo (100%) lo que supone que las enfriadoras no consumen energía, mientras que cuando la temperatura está entre 20 y 22°C, el ahorro es del 10%,

siendo nulo a partir de 22°C. La tabla 26 muestra los cálculos realizados para la estimación del porcentaje de ahorro que se aplicaría sobre el consumo de las enfriadoras.

Temperatura (°C)	Horas	Horas (%)	Ahorro
< 5	2	0,05%	1
>=5 y <10	140	3,17%	0,9
>=10 y <15	713	16,15%	0,65
>=15 y <20	1.159	26,25%	0,3
>=20 y <22	501	11,35%	0,1
<b>Promedio</b>	2.515	56,95%	0,224

Tabla 26. Cálculos de porcentaje de ahorro sobre consumo de enfriadoras

Por tanto, 22,4% es el porcentaje de ahorro aplicable. Además, se ha estimado que el 60% del uso de las enfriadoras es para dar servicio a climatizadoras (resto para fancoils) y que dentro de ese 60%, solo el 40% se aplicaría a equipos para free-cooling. El ahorro energético viene generado por la reducción en el consumo de las enfriadoras, permitiendo el sistema free-cooling que las climatizadoras refrigeren con el aire exterior sin emplear agua refrigerada.

Para la medida ahorro estudiada, se propone sustituir los 10 climatizadores antiguos por otros 10 nuevos que dispongan de sistema free-cooling. Para la inversión se ha considerado la diferencia entre una UTA con recuperador de calor y sistema free-cooling y una UTA simple solo con baterías de calor y frío.

La inversión incluye los 10 climatizadores, además de rejillas, materiales auxiliares, servomotores que controlen la apertura y cierre de las rejillas, sondas de temperatura para controlar cuándo se requiere el funcionamiento, costes indirectos y mano de obra. Los precios se han obtenido en la web del generador de precios CYPE [22].

Los resultados económicos y el ahorro generado por la gestión de esta medida se indican la siguiente tabla:

Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
94.708	1,26%	7.238
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
14.908	7.454	22.362
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
3,1	10	51.037
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
34.095	0,04830	

Tabla 27. Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio.

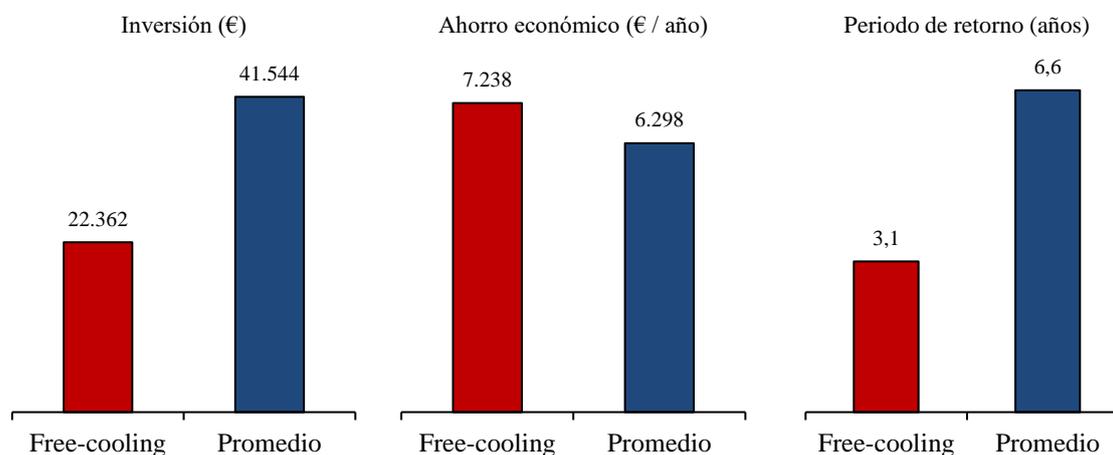
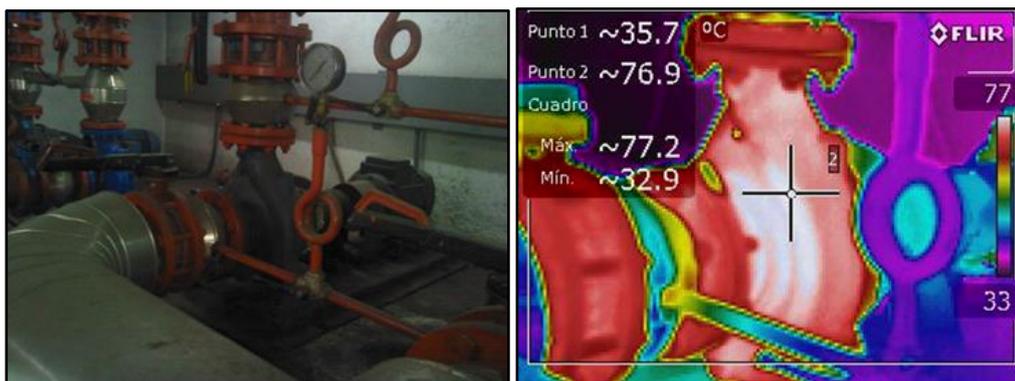


Figura 51. Comparativa de medida analizada con resto de medidas

## 11.1.6. Aislamiento del cuerpo de las bombas

Durante la visita al hospital se constató que los cuerpos de las bombas de distribución de calefacción, refrigeración y ACS no estaban bien aislados. Además, se realizaron termografías para medir el aislamiento de las bombas.



El problema que supone que estos equipos estén en contacto directo con el ambiente es que se produce una pérdida importante de energía especialmente en las épocas de verano e invierno, con altas y bajas temperaturas que dan lugar a pérdidas de calor en las bombas hacia el exterior, lo que ocasiona un mayor consumo eléctrico en las bombas [27].



Figura 54. Termografía de bombas de impulsión



Figura 55. Termografía de colectores

La medida que se propone es aislar las bombas de forma que se reduzca esta ineficiencia energética. La idea es utilizar un método de aislamiento que permita desmontar fácilmente el aislante en caso de operaciones de reparación o mantenimiento.

Se propone utilizar un aislamiento con las siguientes características:

- Composición de espuma elastomérica
- Espesor: 3 cm
- Conductividad: 0,037 W/(m°K)
- Temperatura máx.: 150°C
- Temperatura mín.: -50°C
- Recubrimiento exterior: de chapa metálica de aluminio, espesor 0,6 mm.
- Coste del aislante: 44 €/m
- Configuración con desmontaje fácil

La fotografía x realizada en un centro auditado por Creara muestra dos bombas gemelas cuyos cuerpos están cubiertos con el aislamiento propuesto. Se ha dejado el motor sin aislar para permitir una correcta ventilación del mismo.



Figura 56. Ejemplo de bombas gemelas bien aisladas

Al igual que para el cálculo del ahorro generado con el aislamiento de la caldera, se ha empleado el software AISLAM, programa que cumple con los requerimientos del RITE. El ahorro que se consigue viene originado por un aislamiento que aumenta la densidad lineal de flujo con aislamiento, reduciendo así las pérdidas de transmisión de calor y el consumo eléctrico que demandan las bombas para la impulsión del fluido.

Los resultados de ahorro económico y energético de la medida se indican en la siguiente tabla:

Aislamiento del cuerpo de las bombas		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
17.931	0,24%	1.370
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
385	3.645	4.030
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
2,9	10	9.862
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
6.455	0,009145	

Tabla 28. Aislamiento del cuerpo de las bombas

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio.

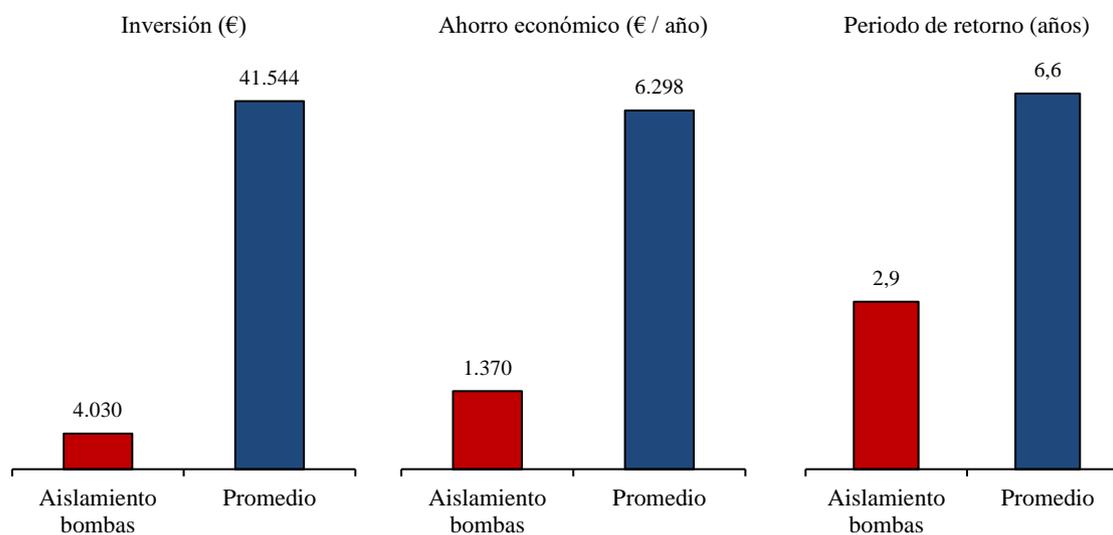


Figura 57. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas

### 11.1.7. Instalación de climatizadoras con recuperador de calor

En el edificio hay muchas climatizadoras antiguas que no tienen recuperador de calor. Por esta razón, no se puede aprovechar el aire de retorno que se extrae de las salas climatizadas. Este hecho supone una ineficiencia energética importante, ya que se desaprovecha el potencial energético del aire extraído [30].

En la cubierta del hospital hay 10 climatizadoras con este problema. La medida que se propone es sustituir esas climatizadoras por otras con recuperador de calor, que permitan reutilizar parte de la energía del aire extraído. Así se consigue pre-climatizar el aire que se va a introducir en las salas con la energía aportada por el aire extraído.



Figura 58. Intercambiador de calor

La temperatura de consigna para la impulsión se consigue cuando se hacen pasar por el intercambiador de calor el aire exterior a introducir y el aire de retorno que se extrae. Sin embargo, no se llega a realizar mezcla para que se mantenga la calidad del aire introducido.

Con la medida propuesta se obtiene una disminución del consumo de los equipos encargados de la generación de frío y calor, ya que el aire exterior que se introduce requiere un menor aporte térmico. La instalación de estos equipos recuperadores de calor en las climatizadoras da lugar a un aprovechamiento de la energía del aire extraído, permitiendo a los equipos de generación alcanzar altas eficiencias, dependiendo del salto de temperatura entre la temperatura exterior y la temperatura a la que el aire se extrae.

Los cálculos realizados indican que el potencial de aprovechamiento energético del aire extraído será mayor en invierno que en verano. Para verano se consigue una recuperación de frío de un 15% mientras que en invierno obtiene un 62% de calor recuperado.

Para obtener el ahorro energético, se calcula el calor intercambiado multiplicando el calor específico del aire por el flujo másico y el salto térmico, para cada momento. Una vez obtenido este calor, se multiplica por el número de horas que se está a la temperatura calculada, obteniendo así el ahorro energético en cada momento. Para conocer la temperatura

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

que se da a cada hora se procede como en la medida de free-cooling, usando el Programa de Cálculo de frecuencias horarias del IDAE.

$$Q_{\text{intercambiado}} = C_p \times \text{flujo másico} \times \Delta T$$

Las tablas siguientes muestran los cálculos seguidos para calcular el ahorro generado en invierno por 6 climatizadoras con motor de retorno de potencia 1,5 kW y con recuperador de calor.

<b>Motor retorno (kW)</b>	1,5
<b>Nº UTAs</b>	6
<b>T de retorno aire (°C)</b>	22
<b>Q aire retorno (m<sup>3</sup>/h)</b>	800
<b>Densidad aire (kg/m<sup>3</sup>)</b>	1,2
<b>Cp aire (J/kg.°K)</b>	726
<b>Flujo másico (kg/s)</b>	0,267

Tabla 29. Características de las UTAs

<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Horas</b>	<b>Horas (%)</b>	<b>AT</b>	<b>Q (W)</b>	<b>Ahorro (kWh)</b>
> 22	34	0,78%	0	0	0
>=20 y <22	46	1,06%	1	194	9
>=15 y <20	329	7,57%	3	581	191
>=10 y <15	1169	26,91%	7	1.355	1.584
>=5 y <10	1912	44,01%	11	2.130	4.072
<b>Suma</b>	<b>4344</b>	<b>100%</b>		<b>4.259</b>	<b>5.856</b>
					<b>35.136</b>

Tabla 30. Cálculo de ahorro sobre consumo de UTAs en invierno

En vez de instalar recuperadores de calor en las climatizadoras existentes, la medida evaluada propone sustituir estas 10 climatizadoras por otras 10 nuevas con recuperador de calor. Así se podría aprovechar la inversión para la medida de free-cooling, ya que las climatizadoras elegidas tienen tanto sistema free-cooling como recuperador de calor. Para la inversión se ha considerado la diferencia entre una UTA con recuperador de calor y sistema free-cooling y una UTA simple solo con baterías de calor y frío.

Para llevar a cabo la medida propuesta se necesita adaptar la red de conductos de forma que los ventiladores adicionales de las climatizadoras permitan que pase por el recuperador de calor tanto el aire impulsado como el aire de retorno. Hay que tener en cuenta que los ventiladores asociados al recuperador de calor tienen un pequeño consumo eléctrico, viéndose en reducido el ahorro energético, aunque de manera insignificante.

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

---

El coste de los equipos se ha obtenido de la web del generador de precios CYPE [22]. Los resultados económicos y el ahorro generado por la gestión de esta medida se indican la siguiente tabla:

<b>Instalación de climatizadoras con recuperadores de calor</b>		
<b>Ahorro</b>		
<b>Ahorro energético</b>		<b>Ahorro económico</b>
kWh / año	%	Eu / año
46.168	0,61%	3.528
<b>Inversión</b>		
<b>Inmovilizado</b>	<b>Mano de obra</b>	<b>Total</b>
Eu	Eu	Eu
14.908	7.454	22.362
<b>Resultados económicos</b>		
<b>PRS</b>	<b>Vida útil</b>	<b>VAN</b>
años	años	Eu
6,3	10	13.472
<b>Resultados ambientales</b>		
<b>Reducción de emisiones contaminantes</b>		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
16.620	0,02355	

Tabla 31. Instalación de climatizadoras con recuperador de calor

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio:

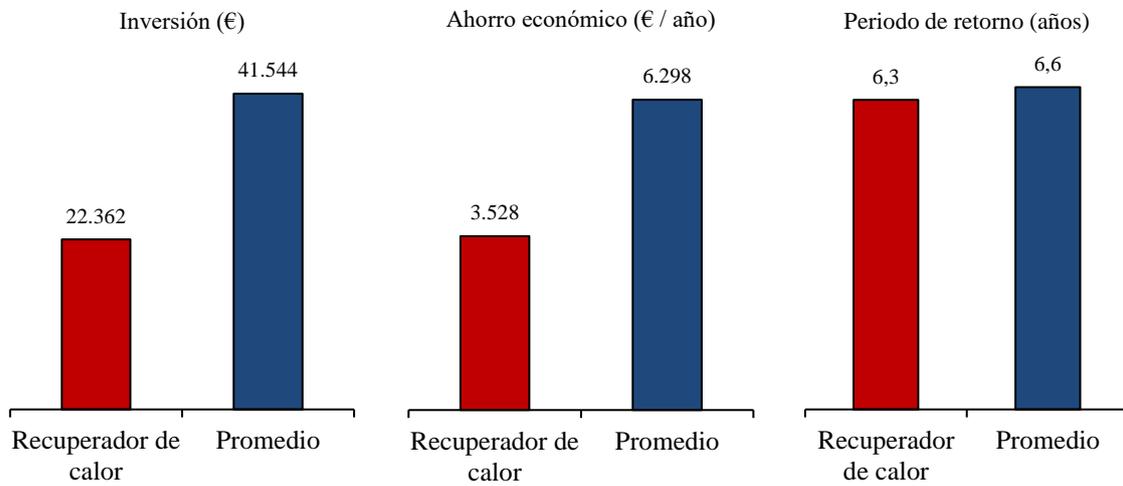


Figura 59. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas

### 11.1.8. Instalación de variadores de frecuencia en bombas y válvulas de dos vías a la entrada de climatizadoras y fancoils

El sistema actual de climatización del hospital está compuesto por 18 circuitos de bombeo, encargados de dar servicio a las climatizadoras situadas en la cubierta y a los fancoils, ubicados en las distintas plantas del hospital. Estos son los 18 circuitos de bombeo del edificio:

- Circuito secundario de frío – Climatizadoras – Zona Urgencias.
- Circuito secundario de frío – Climatizadoras – Zona U.C.I.



Figura 60. Circuito de frío – Climatizadora 18 - UCI

- Circuito secundario de frío – Climatizadoras – Aire primario habitaciones zonas S.E., S.O. y N.O.
- Circuito secundario de frío – Climatizadoras – Patología, Radiología, Rehabilitación, Laboratorio y Farmacia.
- Circuito secundario de frío – Climatizadoras – Zonas de vestíbulo y Cafetería.
- Circuito secundario de frío – Climatizadoras – Pasillos de quirófanos y Reanimación.
- Circuito secundario de frío – Climatizadoras – Quirófanos y Paritorio.
- Circuito secundario de calor – Climatizadoras – Patología, Radiología, Rehabilitación, Laboratorio y Farmacia.
- Circuito secundario de calor – Climatizadoras – Zona Urgencias.
- Circuito secundario de calor – Climatizadoras – Zona U.C.I

- Circuito secundario de calor – Climatizadoras – Aire primario habitaciones zonas S.E., S.O. y N.O.
- Circuito secundario de calor – Climatizadoras – Zonas de vestíbulo y Cafetería.
- Circuito secundario de calor– Climatizadoras – Pasillos de quirófanos y Reanimación.
- Circuito secundario de calor – Climatizadoras – Quirófanos y Paritorio.
- Circuito secundario de calor – Climatizadoras y radiadores – Zona de talleres.
- 3 Circuitos secundarios de frío/calor – fancoils – zonas S.E., S.O. y N.O



Figura 61. Circuitos de retorno - fancoil

Con este sistema, el agua es impulsada a las climatizadoras y fancoils a través de las bombas. La sonda de temperatura se encarga de enviar la orden de cesar el funcionamiento de los ventiladores de estas unidades terminales cuando la temperatura baja por debajo de la consigna en alguna zona.

La ineficiencia encontrada reside en que las bombas siempre funcionan al máximo, al 100% de su factor de carga, sin importar cuál sea la demanda energética. Esto hace que las bombas estén en todo momento impulsando un caudal constante que da servicio a todos los equipos que componen el circuito. Este tipo de sistema basado en un caudal constante genera una clara ineficiencia energética, ya que el consumo de las bombas es máximo y superior al necesario, dando lugar además a pérdidas térmicas e hidráulicas.

La medida propuesta consiste en la modificación del circuito de tuberías para climatización del edificio, mediante la instalación de válvulas de dos vías a la entrada de climatizadoras y fancoils. También se propone instalar variadores de frecuencia en los equipos de bombeo, que permiten regular el caudal de agua utilizado reduciendo así el consumo eléctrico de las bombas.

Si la sonda de temperatura no indica la orden para funcionar, el sistema propuesto permite impedir el paso de agua climatizada a las baterías de los equipos, lo que supone una importante reducción de consumo en las bombas y equipos terminales. De esta manera, las válvulas de dos vías que se proponen instalar a la entrada de los equipos terminales, permiten regular la apertura o cierre en función de la orden que dé la sonda de temperatura para arranque o paro de los ventiladores de estos equipos.

Los variadores de frecuencia permiten modificar la frecuencia de la energía eléctrica que llega al motor en función de la demanda. La reducción de la frecuencia reduce la velocidad del motor de la bomba, reduciendo así la potencia y el consumo del mismo.

Se ha estimado que la apertura media de las válvulas es de un 68%. Para conocer la relación existente entre la apertura de las válvulas y la potencia eléctrica que demandan las bombas, se ha utilizado la curva polinómica proporcionada por Creara, que da la potencia eléctrica esperable a demandar por la bomba en función del grado de apertura de las válvulas. Para una apertura del 68%, se corresponde con un factor de carga de 74% para las bombas.

Apertura de la válvula (%)	100%	80%	60%	40%	20%	0%
Potencia media demandada por la bomba (%)	100%	87%	66%	45%	24%	0%

Tabla 32. Relación grado de apertura de la válvula y potencia que demanda la bomba

Este valor permite calcular el ahorro energético que se generaría con esta medida, al comparar el consumo eléctrico de las bombas al trabajar a un 74% frente al 100% original. El ahorro energético generado por esta medida se debe a la reducción de pérdidas térmicas y la reducción del consumo eléctrico demandado por las bombas. Sin embargo, no se ha calculado el ahorro generado por la reducción de pérdidas térmicas, al no tener datos suficientes para una regresión que permitiese obtener la potencia térmica que tendrían estos equipos sin el ventilador.

La medida consiste en instalar variadores de frecuencia en las 51 bombas existentes en el hospital. La tabla 33 muestra los cálculos para ver cómo se ha estimado el ahorro energético generado con dichos variadores. El tipo de variador dependerá de la potencia del motor de la bomba.

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

Uso	Marca	Unidades	Potencia Motor (kW)	Potencia instalada (kW)	Factor de carga	Uso total (h/año)	Consumo (kW/año)	Factor de carga con variador	Ahorro (kWh/año)
Refrigeración	Itur	6	2,2	13,2	1	584	7.709	0,74	2.004
Refrigeración	Itur	17	3,5	59,5	1	584	34.748	0,74	9.034
ACS	Itur	3	3,2	9,6	1	1.460	14.016	0,74	3.644
ACS	Itur	3	3,2	9,6	1	1.460	14.016	0,74	3.644
Calefacción	Itur	3	2,2	6,6	1	1.752	11.563	0,74	3.006
Calefacción	Itur	9	3,2	28,8	1	876	25.229	0,74	6.559
Calefacción	Itur	10	2,3	22	1	876	19.272	0,74	5.011
									32.904

Tabla 33. Cálculo de ahorro energético generado con variadores de frecuencia

Los resultados de ahorro económico y energético de la medida se indican en la siguiente tabla. Para el coste de la mano de obra se ha estimado un 50% sobre el coste del variador.

Instalación de variadores de frecuencia en bombas y válvulas de dos vías a la entrada de climatizadoras y fancoils		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
32.904	0,4%	2.515
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
7.388	3.694	11.082
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
4,4	10	14.438
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
11.845	0,01678	

Tabla 34. Instalación de variadores de frecuencia en bombas

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio:

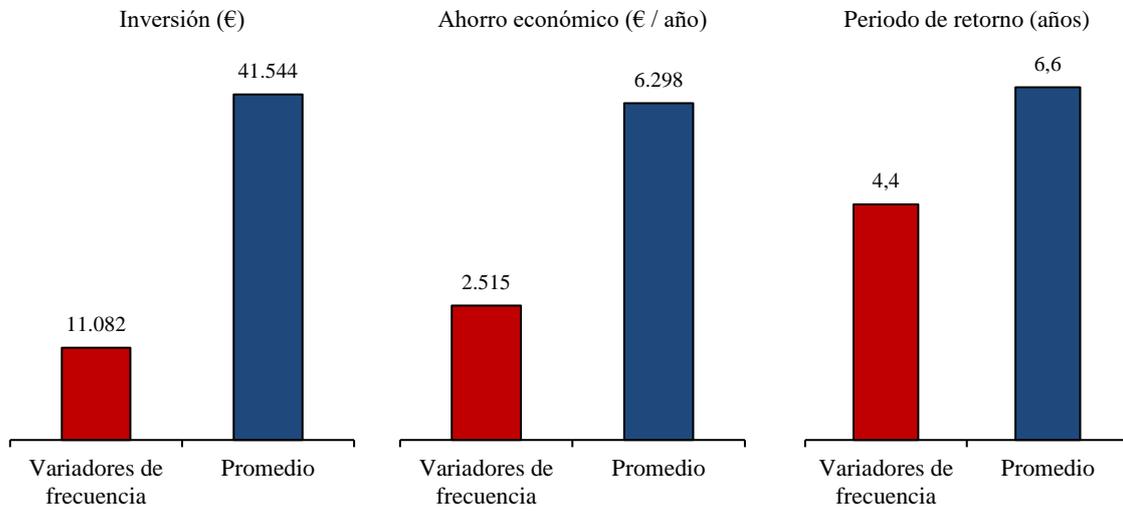


Figura 62. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas

## 11.2. Medidas de ahorro para transformadores

### 11.2.1. Automatización de la conexión y desconexión de transformadores

El hospital cuenta con un centro de transformación que tiene 4 transformadores de 640 kW (800 kVA). Sin embargo, los históricos de potencia del año 2015 proporcionados por la curva de carga horaria muestran que la potencia máxima demandada en un momento puntual fue de 828 kW, mientras que la potencia promedio es de 465 kW. Por tanto, se observa claramente cómo resulta innecesario el uso de los 4 cuatro transformadores. La instalación está sobredimensionada.

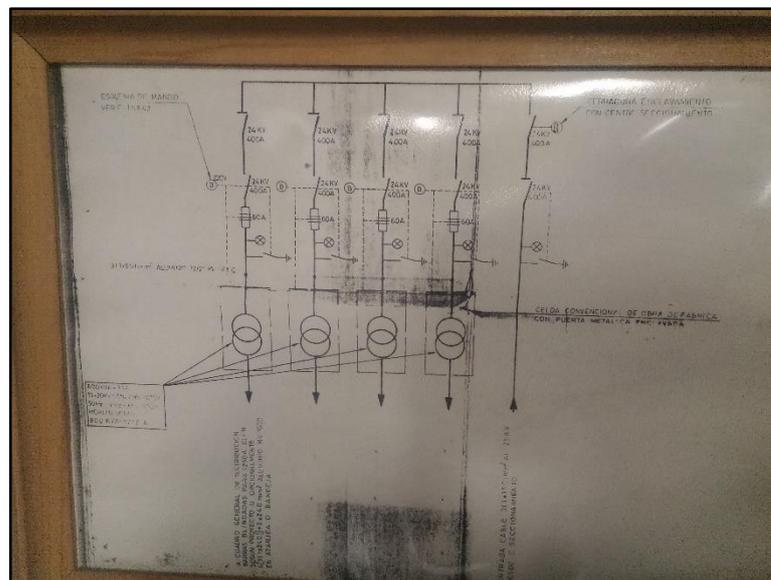


Figura 63. Esquema unifilar de trafos

Teniendo dos transformadores en funcionamiento de manera permanente, se puede satisfacer la demanda de manera que estos dos transformadores funcionen al 70% de su capacidad en los momentos de máxima de demanda, siendo el factor de carga necesario para suplir la demanda media mucho inferior. De esta manera, se busca reducir de manera considerable el consumo de los transformadores, reduciendo las pérdidas totales intrínsecas de los transformadores. La medida que se propone es automatizar la conexión y el apagado de los transformadores de manera eficiente en función del consumo del hospital, dejando siempre dos en funcionamiento.

La automatización que se quiere implementar analiza la evolución de la carga en el transformador, decidiendo en función de unos límites de carga cuándo es necesario conectar un tercer transformador. Además, si en cualquier momento falla algún transformador, este sistema de automatización permite arrancar rápidamente otro transformador, proporcionando máxima seguridad a las instalaciones del hospital.

El ahorro energético obtenido con esta medida viene de la ausencia de consumo que tendrán el tercer y cuarto transformador, ya que se considera que estarán la mayor parte del tiempo desconectados. El consumo está ligado a las pérdidas en el hierro (vacío) de estos equipos. Estas pérdidas se deben a los ciclos de histéresis y a las corrientes parásitas de Foucault.

Para el cálculo de dichas pérdidas se han utilizado las tablas de fabricantes de transformadores, que dan las pérdidas en vacío en función de la potencia del transformador y su tensión de alimentación. La siguiente gráfica muestra la evolución de las pérdidas en el hierro según estos parámetros.

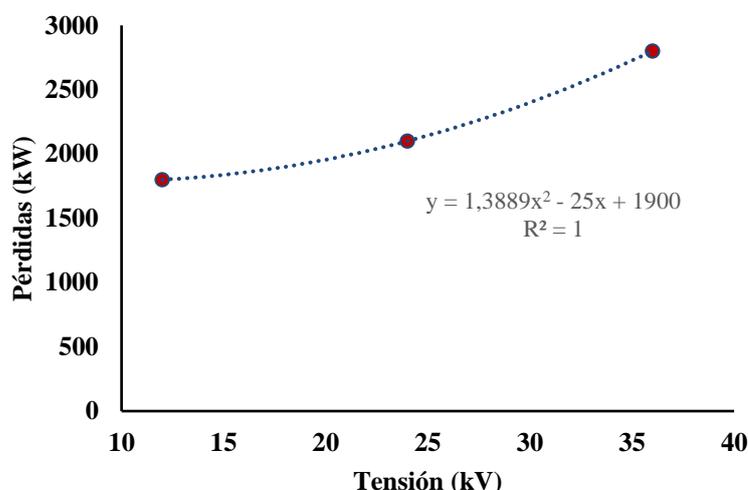


Figura 64. Pérdidas en función de tensión del transformador

En este caso, a un transformador de potencia nominal 800 kVA y tensión nominal de entrada 10 kV le corresponden unas pérdidas en el hierro de 1.789 W. Para dos transformadores, las pérdidas alcanzan los 3,78 kW, consiguiendo un ahorro anual de 31.341 kWh con la desconexión casi permanente de dos transformadores.

En la inversión, se incluyen aquellos elementos de motorización que permiten la conexión y desconexión de los transformadores, así como el sistema de control que evalúa la carga a la que están sometidos los transformadores en todo momento. Los resultados de ahorro económico y energético de la medida se indican en la siguiente tabla:

Automatización de la conexión y desconexión de transformadores		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
31.341	0,4%	2.395
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
11.300	1.924	13.224
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
5,5	10	11.092
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
11.283	0,01598	

Tabla 35. Automatización de la conexión y desconexión de transformadores

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio:

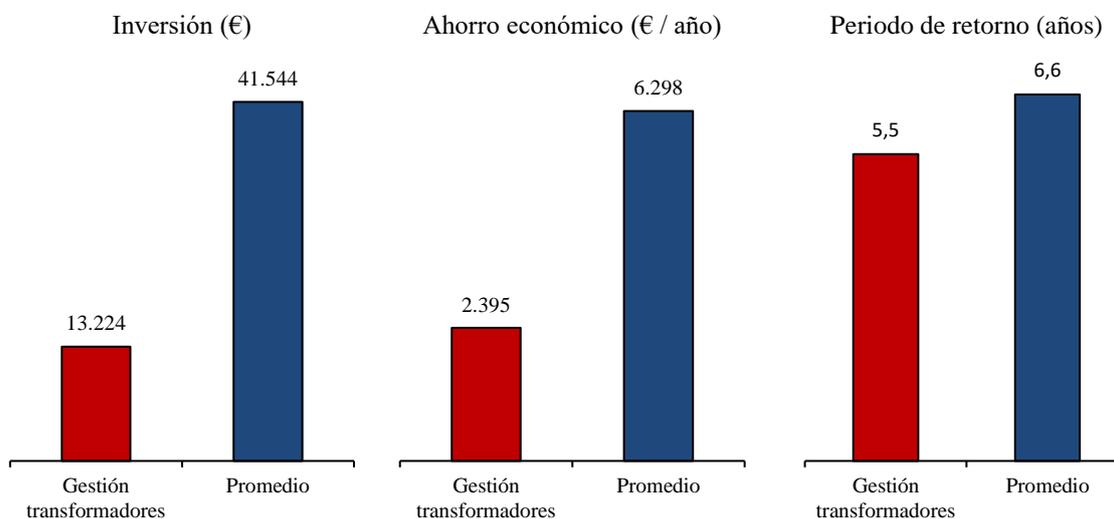


Figura 65. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas

### 11.3. Medidas de ahorro para equipos ofimáticos

#### 11.3.1. Instalación de sobre-enchufes (Sistema plugwise)

En el hospital hay actualmente numerosos equipos que no se apagan ni desconectan cuando no están utilizándose. Es el caso de equipos ofimáticos como ordenadores, monitores, fotocopiadoras o impresoras. El problema es que cuando estos equipos están en modo stand-by o espera siguen consumiendo, en función de su potencia stand-by. Podría parecer un consumo insignificante, pero la suma del consumo en stand-by de todos estos equipos representa un porcentaje a considerar sobre el consumo eléctrico total del hospital.

La medida que se analiza para evitar este problema de exceso de consumo en stand-by es la instalación de los denominados sobre-enchufes (Plugwise) [31]. Este sistema tiene como finalidad mantener bajo control y minimizar el consumo de todos aquellos equipos ofimáticos, cuando están en modo stand-by. Los elementos que constituyen este sistema Plugwise son el software, el sobre-enchufe inalámbrico y el receptor.

- El software es un programa que se instala en cualquier ordenador, y desde él se mantiene un control de los consumos de cada sobre-enchufe, visualizando estos consumos en cualquier momento. Este programa permite mandar cuándo se encienden o apagan los aparatos receptores conectados a los sobre-enchufes, atendiendo a distintas configuraciones o parámetros como el horario o cualquier evento concreto.
- El sobre-enchufe inalámbrico realiza una medición del consumo de energía de todos los aparatos conectados a él, y se encarga de apagar o encender los dispositivos siguiendo las indicaciones y órdenes que recibe del software. La comunicación con los receptores se realiza vía Zigbee.
- El receptor se encarga de recibir y procesar las señales recibidas del sobre-enchufe vía Zigbee. El número de ordenadores de control con software de control y el número de sobre-enchufes que envían señales a los receptores se ha elegido en función de las zonas o salas del hospital y el número de equipos ofimáticos que hay en cada una.



Figura 66. Elementos del sistema plugwise

El ahorro energético obtenido con la implantación del sistema Plugwise viene dado por la eliminación del consumo stand-by que afecta a todos los equipos ofimáticos del hospital. Por tanto, este ahorro se calcula multiplicando la potencia stand-by de los equipos ofimáticos por el número de horas que estos equipos estarían funcionando en modo stand-by. Para la inversión se han tenido en cuenta el coste de los tres elementos que componen el sistema: software, sobre-enchufe y receptores. El número de elementos viene determinado por el número de equipos ofimáticos a los que afecta esta medida.

Los resultados de ahorro económico y energético de la medida se indican en la tabla 36:

Instalación de sobre-enchufes (Plugwise)		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
25.229	0,34%	1.928
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
16.860	0	16.860
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
8,7	10	2.746
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
9.082	0,01287	

Tabla 36. Instalación de sobre-enchufes (Plugwise)

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio:

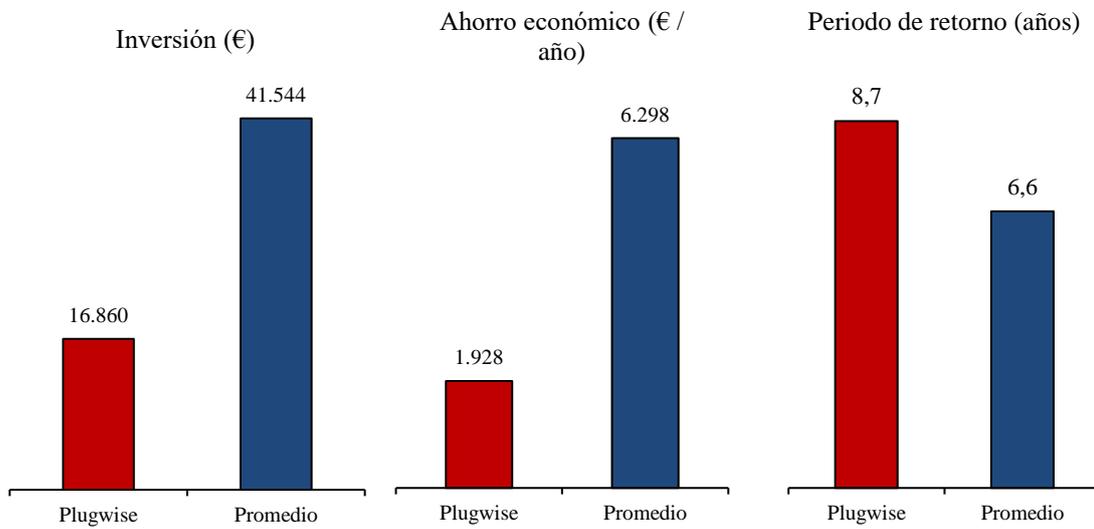


Figura 67. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas

## 11.4. Utilización de energías renovables

### 11.4.1. Instalación de sistema solar térmico para ACS

Se ha propuesto como medida de ahorro la implantación de una instalación solar térmica que permita la obtención de agua caliente a partir del aprovechamiento del calor proveniente del sol. Su aplicación directa es la producción de agua caliente sanitaria.

Se trata de una medida de carácter obligatorio ya que al tratarse de un edificio al que se le van a realizar algunas reformas, el Código Técnico de la Edificación en su sección 4 establece como una exigencia para este tipo de edificios que se realice parte de la cobertura de demanda de agua caliente sanitaria mediante energía solar térmica [32].

La configuración elegida se basa en satisfacer la demanda de ACS mediante un sistema en el que se complementen la instalación solar térmica y un sistema convencional basado en una caldera de gas natural por condensación, que sustituirá a la caldera de gasóleo destinada a ACS que existe actualmente en el edificio.

Se optará por una instalación con circulación forzada, en la que las bombas se encargan de la circulación del agua. Se ha elegido este tipo de instalación dada su mayor aplicabilidad, teniendo en cuenta las instalaciones y el tamaño del hospital.

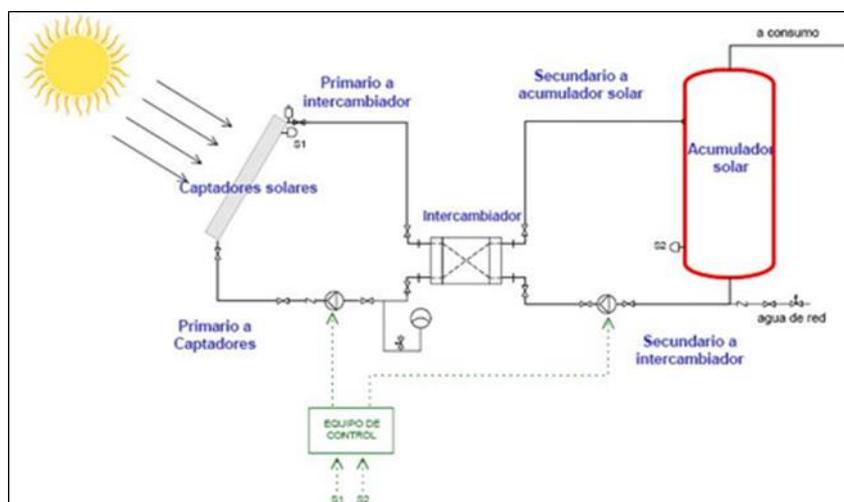


Figura 68. Sistema de circulación forzada

Para la elección del tipo de colector, se ha optado por colectores de placa plana, puesto que tienen una alta eficiencia. Son ideales cuando la temperatura que se requiere es moderada, 45°C en el caso del hospital, y las condiciones del ambiente exterior no son extremas. Para el diseño de la instalación térmica, se siguen los pasos y exigencias de la sección 4 del Código Técnico de la Edificación, que da pautas sobre la contribución solar mínima de agua caliente sanitaria [32].

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

Lo primero que hace falta es conocer cuál es la contribución solar mínima en % de ACS que se exige en este caso específico, al tratarse de un hospital situado en Madrid capital. Según la tabla 2.1 del documento citado anteriormente, para el caso en que la fuente energética de apoyo sea gas natural, las variables que influyen en el % exigido de contribución son la zona climática y la demanda diaria de ACS del edificio, en litros.

La figura 3.1 de la norma indica que la zona correspondiente del hospital, Madrid, se considera zona climática IV. Para el cálculo de la demanda, el CTE establece 55 l/día a 60°C por cama en caso de hospitales. Como el hospital dispone de aproximadamente 550 camas, la demanda de ACS a 60°C es de 30.250 l/día, lo que obliga a una contribución solar como mínimo del 70%.

Al ser la temperatura de consumo para esta instalación de 45°C, la demanda a considerar a efectos de cálculo es de 44.140 l/día. Con estos datos se calcula la demanda energética mensual, obteniendo una demanda anual de 324.040 kWh, tal y como se observa en la tabla 37.

Mes	Días del mes	% de ocupación	Consumo mensual en m <sup>3</sup>	Temperatura de red(°C)	Salto térmico (°C)	Necesidad energética mensual en MJ
Enero	31	90%	739	8	37	114.619
Febrero	28	90%	673	8	37	104.452
Marzo	31	90%	739	10	35	108.442
Abril	30	90%	715	12	33	98.802
Mayo	31	90%	739	14	31	95.918
Junio	30	90%	715	17	28	83.857
Julio	31	90%	739	20	25	77.386
Agosto	31	90%	739	19	26	80.474
Septiembre	30	90%	715	17	28	83.857
Octubre	31	90%	739	13	32	99.176
Noviembre	30	90%	715	10	35	104.944
Diciembre	31	90%	739	8	37	114.619
						1.166.545 (MJ)
						324.040 (kWh)

**Tabla 37. Cálculo de demanda de ACS**

Para determinar la radiación solar diaria por metro cuadrado que incide sobre Madrid (en Wh/día) ha sido utilizada la base de datos existente en la web de Photovoltaic Geographical System (PVGS) [33]. Teniendo en cuenta que Madrid tiene latitud 40,4° y longitud 3,7°; se ha considerado una inclinación de 40° para los captadores planos. El software facilitado por Creara aplica un coeficiente k que tiene en cuenta para el cálculo de la radiación solar las pérdidas por inclinación, orientación y sombras.

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

Mes	H(Wh)	H corregida	k	E(Wh)	horas de sol útiles	I (W)	t <sup>a</sup> (°C)	rendimiento	Aportación solar por m <sup>2</sup> x día (MJ)	Energía disponible por m <sup>2</sup> x mes(MJ)	Superficie colectora ideal (m2)
Enero	1.983	1.983	1,41	2.625	8	328,1	15	66%	6,3	155	738
Febrero	2.704	2.704	1,29	3.289	9	365,4	15	68%	8,0	181	576
Marzo	4.444	4.444	1,15	4.821	9	535,6	16	72%	12,6	312	348
Abril	5.097	5.097	1,02	4.877	9,5	513,4	17	72%	12,7	305	324
Mayo	6.492	6.492	0,92	5.602	9,5	589,7	19	74%	15,0	371	259
Junio	7.236	7.236	0,88	6.013	9,5	632,9	23	76%	16,4	393	213
Julio	7.344	7.344	0,92	6.379	9,5	671,4	25	77%	17,6	436	177
Agosto	6.441	6.441	1,03	6.260	9,5	659,0	26	77%	17,3	429	188
Septiembre	4.982	4.982	1,20	5.638	9	626,5	24	76%	15,4	370	227
Octubre	3.357	3.357	1,40	4.412	9	490,2	21	73%	11,7	289	343
Noviembre	2.138	2.138	1,53	3.079	8	384,9	18	70%	7,7	186	564
Diciembre	1.611	1.611	1,51	2.284	7	326,2	16	67%	5,5	136	842

**Tabla 38. Cálculo de radiación solar disponible**

En función de la energía disponible por m<sup>2</sup> mensual se ha hallado la superficie colectora ideal. Con este valor, y recordando que se pretende cubrir un 70% de la demanda de ACS, se ha optado por utilizar 65 colectores de alta eficiencia de 4 m<sup>2</sup> de superficie. De esta manera, la superficie colectora real es de 260 m<sup>2</sup>. Además, se ha comprobado que hay espacio suficiente en la cubierta del edificio.

Una vez completados los cálculos se comprueba que durante los meses de verano (junio, julio, agosto y septiembre) la cantidad de aportación solar es considerablemente mayor a la necesidad energética, llegando a alcanzar un 10,6% de energía desperdiciada anual. Los resultados se muestran en la tabla 39.

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

Mes	Necesidad energética mensual en MJ	Energía solar total captada (MJ)	% de sustitución	Déficit energético (MJ)	Sobrante energético (MJ)	Energía solar desperdiciada (%)	Energía ahorrada (MJ)
Enero	114.619	40.355	35%	74.264	0	0%	40.355
Febrero	104.452	47.151	45%	57.301	0	0%	47.151
Marzo	108.442	81.002	75%	27.440	0	0%	81.002
Abril	98.802	79.290	80%	19.511	0	0%	79.290
Mayo	95.918	96.400	100%	0	483	1%	95.918
Junio	83.857	102.306	100%	0	18.449	22%	83.857
Julio	77.386	113.377	100%	0	35.991	47%	77.386
Agosto	80.474	111.524	100%	0	31.050	39%	80.474
Septiembre	83.857	96.217	100%	0	12.360	15%	83.857
Octubre	99.176	75.195	76%	23.981	0	0%	75.195
Noviembre	104.944	48.342	46%	56.602	0	0%	48.342
Diciembre	114.619	35.373	31%	79.246	0	0%	35.373
Total	1.166.545	926.533	71%	338.345		11%	828.200
	324.040	257.370	(kWh)				230.056

Tabla 39. Cálculo de ahorro energético con 65 colectores

El porcentaje medio mensual de demanda cubierto por la instalación térmica es del 71%, cumpliendo de esta manera las exigencias del CTE. La siguiente gráfica muestra la relación entre energía solar captada y demanda de ACS mensual.

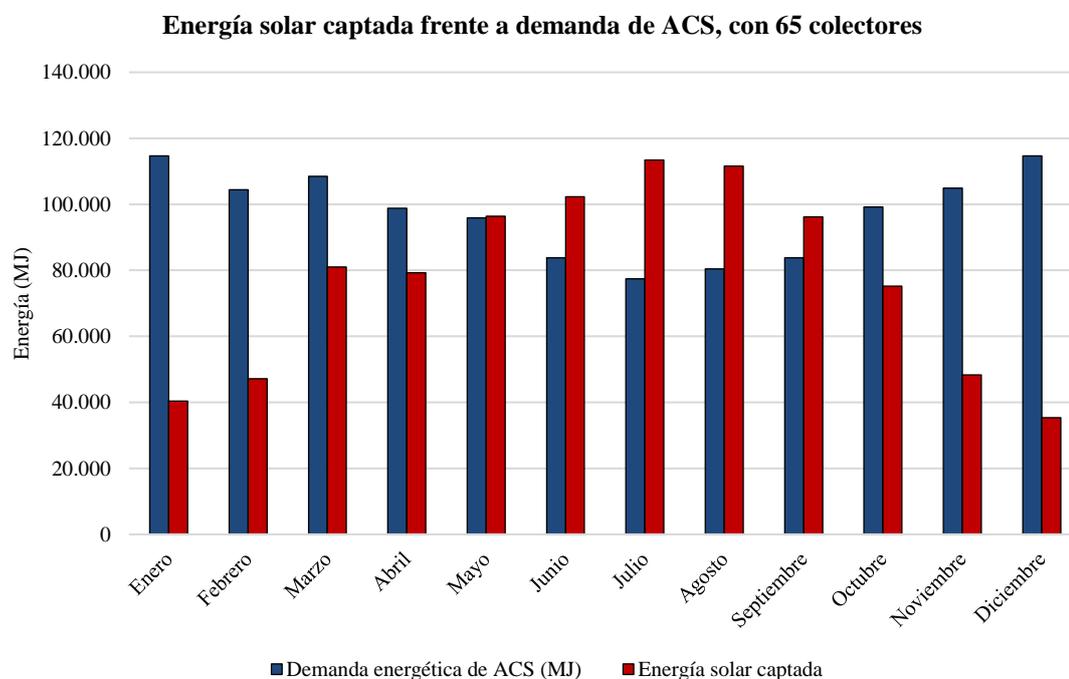


Figura 69. Energía solar captada mensual frente a demanda de ACS, usando 65 colectores

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

Sin embargo, tal y como se ha comentado anteriormente y se ve claramente en la gráfica, durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre la contribución solar sobrepasa de manera desmedida el 110% de la demanda energética. El CTE, en su apartado 2.1, indica que el dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética y en no más de tres meses seguidos el 100 %.

Ante esta otra exigencia que no se cumple en este caso y que choca con cubrir la demanda mínima del 70%, se ha optado por reducir la cobertura de la demanda de ACS, para disminuir así al mínimo la energía solar desperdiciada. De esta manera, el ahorro económico será mucho mayor ya que se estará aprovechando al máximo la capacidad de la instalación al no producir excedentes. Dicho esto, se ha decidido utilizar 45 colectores (20 menos) de alta eficiencia de 4 m<sup>2</sup> de superficie. De esta manera, la superficie colectora real es de 180 m<sup>2</sup>. Los resultados se muestran en la tabla 40.

Mes	Necesidad energética mensual en MJ	Energía solar total captada (MJ)	% de sustitución	déficit energético (MJ)	Sobrante energético (MJ)	Energía solar desperdiciada (%)	Energía ahorrada (MJ)
Enero	114.619	27.938	24%	86.681	0	0%	27.938
Febrero	104.452	32.643	31%	71.809	0	0%	32.643
Marzo	108.442	56.078	52%	52.364	0	0%	56.078
Abril	98.802	54.893	56%	43.908	0	0%	54.893
Mayo	95.918	66.739	70%	29.179	0	0%	66.739
Junio	83.857	70.827	84%	13.030	0	0%	70.827
Julio	77.386	78.492	100%	0	1106	0%	77.386
Agosto	80.474	77.209	96%	3.265	0	0%	77.209
Septiembre	83.857	66.612	79%	17.245	0	0%	66.612
Octubre	99.176	52.058	52%	47.118	0	0%	52.058
Noviembre	104.944	33.468	32%	71.476	0	0%	33.468
Diciembre	114.619	24.489	21%	90.130	0	0%	24.489
Total	1.166.545	641.446	55%	526.206		0%	640.340
	324.040	178.179	kWh			0%	177.872

**Tabla 40. Cálculo de ahorro energético con 45 colectores**

El ahorro energético obtenido disminuye hasta 177.872 kWh anuales. Era de esperar ya que la superficie colectora es ahora menor. El porcentaje medio anual de demanda cubierto por la instalación térmica es del 55%, pero en este caso la energía solar desperdiciada es tan solo del 0,2%, optimizando así al máximo el uso de la instalación solar. La siguiente gráfica muestra la relación entre energía solar captada y demanda de ACS mensual, para la nueva instalación elegida.

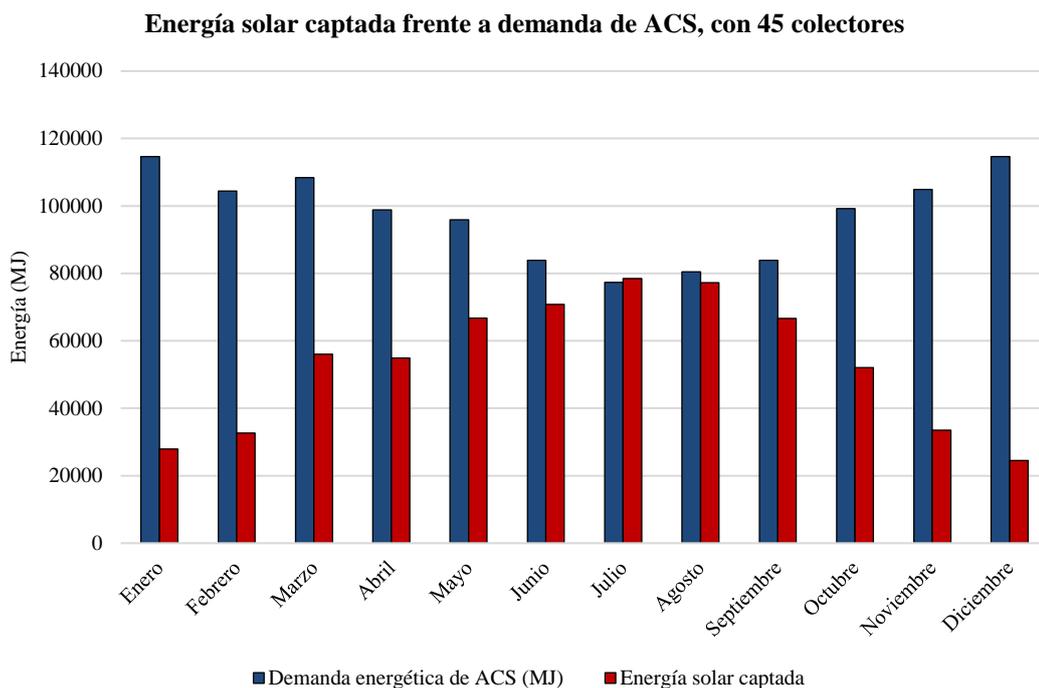


Figura 70. Energía solar captada mensual frente a demanda de ACS, usando 45 colectores

La inversión realizada en esta instalación solar térmica se desglosa en: colectores solares, acumulador, bombas de circulación, válvulas, accesorios, tuberías, regulador, soportes estructurales, sistemas de llenado/vacío y mano de obra. El ahorro económico viene dado por la cantidad de energía generada a través de la instalación solar, que sustituye el gasto en combustible de gasóleo. En este caso se ha multiplicado el coste unitario de la factura gasóleo por un coeficiente de 1,15 ya que el rendimiento del gasóleo no es del 100%. Se obtiene así un ahorro anual de 10.661 €. A este ahorro se le resta el gasto en mantenimiento anual de la instalación. Para el ciclo de vida de la inversión, en este caso se han considerado 20 años ya que se trata de una medida obligatoria y que requiere una inversión inicial alta.

Las características de la instalación son:

- Marca: Viesman
- Modelo de colector: Nordsol
- Tipo de colector: Plano, alta eficiencia
- N° de colectores: 45
- Superficie del absorbedor: 4 m<sup>2</sup>
- Coeficiente global de pérdida del captador: 1,39 W/m<sup>2</sup>K
- Coeficiente global corregido de pérdida del captador: 0,812 W/m<sup>2</sup>K

- Coeficiente de corrección del ángulo de incidencia: 0,96

Los resultados económicos se indican en la siguiente tabla:

Instalación solar térmica para ACS		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
177.872	2,37%	10.661
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
100.800	25.200	126.000
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
11,8	20	96.017
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
48.025	-	

Tabla 41. Instalación solar térmica para ACS

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio:

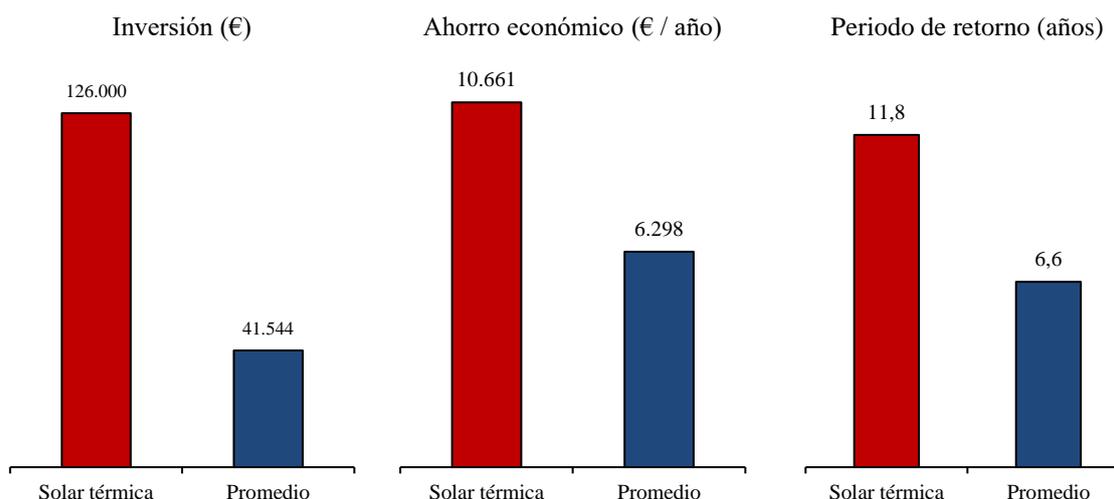


Figura 71. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas

### 11.4.2. Instalación de sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad

Con el fin de fomentar la implantación de energías renovables y el ahorro energético, se ha optado por analizar la implantación de una instalación solar fotovoltaica. La aplicación de este sistema es sustituir parte de la energía demandada por el suministro eléctrico mediante la captación de energía de la luz solar. De esta manera, el ahorro consiste en la energía que se genera a partir de la instalación fotovoltaica y que deja de ser demandada de la red eléctrica.

En este tipo de instalaciones el elemento clave es el módulo fotovoltaico, que a partir de la irradiación solar es capaz de conseguir una intensidad y tensión variables a través de las células fotoeléctricas que componen el panel fotovoltaico. Para diseñar la instalación fotovoltaica que se desea emplear, lo primero es decidir la potencia pico del panel fotovoltaico. Es la potencia máxima, la que define a la instalación. 1 kWp en una instalación fotovoltaica indica que ésta es capaz de producir 1 kW eléctrico cuando incide sobre el panel fotovoltaico una radiación de 1 sol pico (1 kW/m<sup>2</sup>).

Para el diseño se han seguido los criterios indicados en la sección 5 del Documento de Ahorro de Energía del Código Técnico de la Edificación [34]. La determinación de la potencia mínima pico a instalar se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$P = C \times A \times S + B$$

Siendo P la potencia pico a instalar y S la superficie del edificio. A, B y C son parámetros que se sacan de las tablas del citado documento, en función del tipo de uso del edificio (hospital) y la zona climática (Madrid, zona IV). En la tabla 42 se muestra el resultado:

Tipo de centro	Hospital
Zona climática	IV
Superficie (m2)	17947
A	0,00074
B	3,29
C	1,3
Potencia pico calculada (kWp)	20,56
Potencia pico diseño (kWp)	25

Tabla 42. Cálculo de potencia pico mínima a instalar

Por tanto, la potencia mínimo pico requerida para la instalación es de 20,56 kWp. Se ha elegido una potencia superior para el diseño, de 25 kWp. No se ha propuesto una instalación

mayor ya que junto con la instalación solar térmica ocupan un espacio considerable de la cubierta. La instalación elegida está compuesta por 100 módulos fotovoltaicos de silicio policristalino y potencia de pico 250 Wp, un inversor trifásico de potencia 25 kWp. Los módulos fotovoltaicos estarán conectados a la red, compuestos de marco de aluminio anodizado, protección de vidrio templado y caja de conexión con conectores especiales. Esta instalación se situaría en la cubierta del edificio, junto a la instalación solar térmica. Se ha reservado un espacio específico en la cubierta para estas instalaciones.

Se han empleado los datos recogidos de la web de Photovoltaic Geographical System [33], sobre la energía solar incidente sobre los paneles fotovoltaicos en la zona de Madrid donde se encuentra el hospital. Para el cálculo se ha considerado en este caso que los paneles se situarán con una inclinación de 35°. El coeficiente k tiene en cuenta para el cálculo de la radiación solar las pérdidas por inclinación, orientación y sombras, según una inclinación de 35° en los módulos.

Mes	Días del mes	Ed (kWh/día)	Em (kWh/mes)	Hd (kWh/m <sup>2</sup> día)	Hm (kWh/m <sup>2</sup> mes)
Enero	31	82,9	2.570	3,59	111
Febrero	28	108	3.020	4,74	133
Marzo	31	130	4.040	5,95	184
Abril	30	130	3.890	6,07	182
Mayo	31	135	4.180	6,44	200
Junio	30	145	4.350	7,05	212
Julio	31	152	4.700	7,53	233
Agosto	31	149	4.610	7,34	227
Septiembre	30	136	4.090	6,55	196
Octubre	31	114	3.540	5,28	164
Noviembre	30	88,8	2.660	3,93	118
Diciembre	31	80,4	2.490	3,48	108
Media mensual		121	3.680	5,67	172
Total Anual			44.100		2.070

**Tabla 43. Cálculo de energía solar incidente en paneles fotovoltaicos**

Se obtiene un ahorro de energía de 44.100 kWh, tal y como se observa en la tabla x. Para el cálculo del coste de la inversión se ha considerado que el precio por watio pico es de 1,9 €/Wp, lo que supone una inversión de 47.500 €. El ahorro económico viene dado por la cantidad de energía generada a través de la instalación fotovoltaica. que sustituye el gasto en electricidad, teniendo en cuenta también que esta medida permitirá reducir la potencia contratada. A este ahorro se le resta el gasto en mantenimiento anual de la instalación. Para el ciclo de vida de la inversión se han considerado 20 años, tiempo similar al utilizado para la instalación solar térmica, debido a las mismas razones. La inversión realizada en esta instalación fotovoltaica se desglosa en: paneles fotovoltaicos, estructura soporte, inversor, módulo de medida y mano de obra.

Los resultados económicos se indican en la siguiente tabla:

Instalación solar fotovoltaica		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
44.100	0,59%	4.044
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
38.000	9.500	47.500
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
11,7	20	36.714
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
15.876	0,022491	

Tabla 44. Instalación solar fotovoltaica

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio:

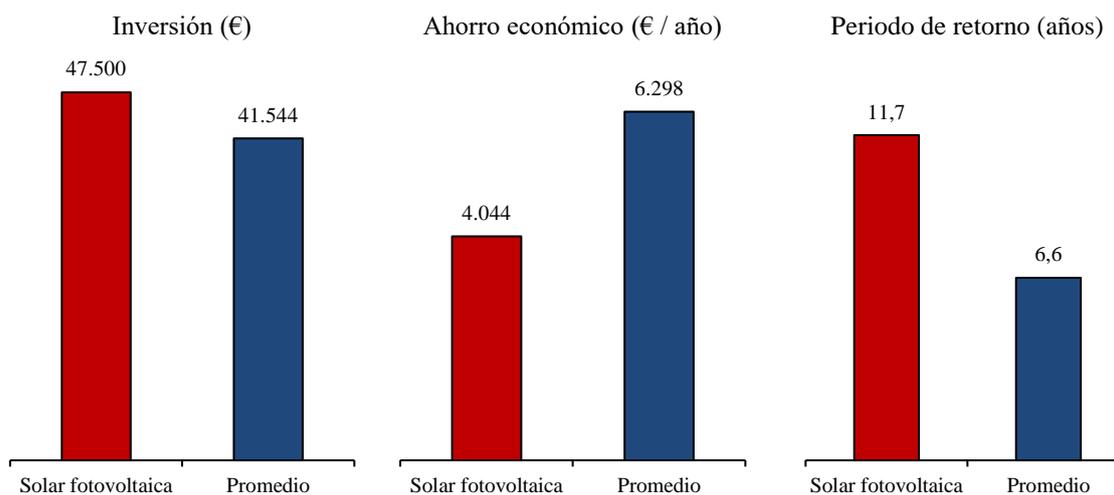


Figura 72. Comparativa de medida analizada con promedio del resto de medidas

### 11.5. Medidas de ahorro en la tarifa de facturación eléctrica

#### 11.5.1. Reducción de la potencia contratada

Como se comentó en secciones previas, el hospital tiene actualmente contratada una tarifa eléctrica de modalidad 6.1A. Se trata de una tarifa para tensiones iguales o superiores a 1 kV e inferiores a 30 kV, con potencia contratada superior a 450 kW en uno o más de los períodos. Se compone de seis períodos, tanto en el término de potencia como en el término de energía [20]. Este tipo de tarifa es idóneo para el hospital ya que la tensión de entrada en el hospital es de 10 kV y las potencias utilizadas son superiores a 450 kW, ya que es un edificio de gran consumo.

Se ha realizado un análisis de la tarifa y la potencia contratada para ver si es posible realizar algún ajuste en la potencia máxima contratada y así obtener un ahorro económico. En el caso de este hospital, tiene contratada una potencia máxima de 765 kW en los períodos 1 y 2, mientras que la potencia máxima contratada en el resto de períodos (3 al 6) es de 905 kW.

Para realizar el análisis se han utilizado las últimas facturas disponibles. Estas facturas corresponden a un año completo, desde enero de 2015 a diciembre de 2015. En cuanto al importe de energía reactiva, se observa que ha sido durante todos los meses nulo, ya que no se ha cometido ningún exceso. Se debe a que el hospital dispone de una batería de condensadores, por lo que en este sentido no hay ninguna mejora posible a realizar.

El consumo por períodos es muy variado ya que el horario y mensualidad de los períodos para la tarifa 6.1A no es el mismo para cada mes. Los costes del término de energía y potencia en los primeros períodos (1 y 2) son mucho más caros que en los últimos (5 y 6) siendo el período 6 el de consumo más barato. Este período está presente en días festivos, en todo agosto, y en el resto de meses del año durante las 8 primeras horas del día [20].

Por esta razón, es el período en el que se produce un mayor consumo. Al tratarse de un hospital, con unas exigencias de consumo que no se pueden adelantar o posponer en el tiempo, y no una industria, donde sería más fácil desplazar el consumo según el precio de la energía, no es posible reducir el consumo en períodos 1 y 2 a cambio de aumentarlo en los períodos 5 y 6. La siguiente gráfica muestra el reparto de consumo por períodos durante el año 2015.

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

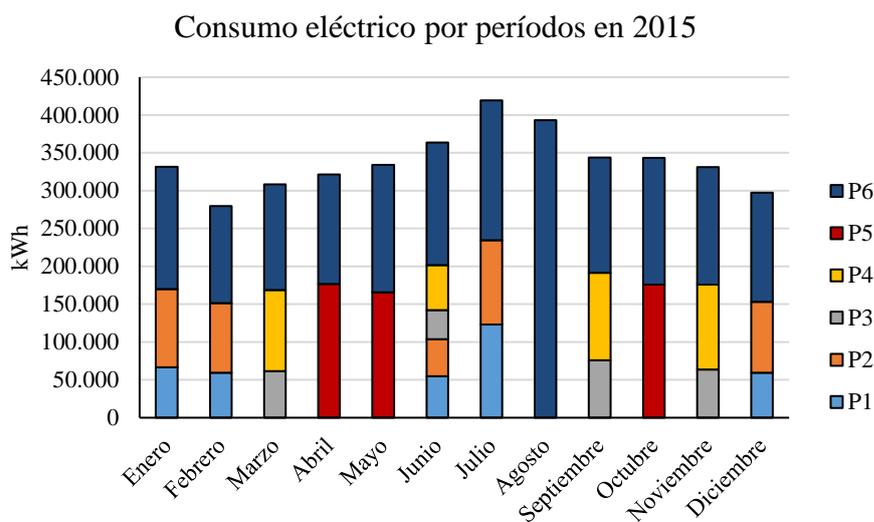


Figura 73. Consumo eléctrico mensual distribuido por períodos de facturación en 2015

No se observa tampoco ningún importe por exceso de potencia activa, por lo que se ha comprobado si las potencias contratadas son altas, comparando la potencia máxima de cada mes con la contratada. El único requerimiento legal que se debe respetar en lo que se refiere a potencia contratada es que la potencia contratada para un período tiene que ser igual o mayor a la del inmediatamente inferior. Los resultados del estudio se muestran en la siguiente tabla:

Período tarifario	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Pot. Contratada Actual (kW)	765	765	905	905	905	905
Máx. Enero (kW)	644	644	0	0	0	588
Máx. Febrero (kW)	584	616	0	0	0	516
Máx. Marzo (kW)	0	0	564	616	0	504
Máx. Abril (kW)	0	0	0	0	624	512
Máx. Mayo (kW)	0	0	0	0	644	540
Máx. Junio (kW)	736	728	668	684	0	600
Máx. Julio (kW)	756	724	0	0	0	616
Máx. Agosto (kW)	0	0	0	0	0	828
Máx. Septiembre (kW)	0	0	656	656	0	548
Máx. Octubre (kW)	0	0	0	0	644	536
Máx. Noviembre (kW)	0	0	628	696	0	568
Máx. Diciembre (kW)	680	648	0	0	0	564

Tabla 45. Potencias máximas registradas

En los períodos 1 y 2, la potencia máxima registrada es próxima a la contratada por lo que no se recomienda reducir la potencia contratada en estos períodos. Sin embargo, se ve claramente cómo para el resto de los períodos la potencia máxima utilizada en las instalaciones del hospital es muy inferior a la contratada.

## ESTUDIO Y ANÁLISIS DE MEDIDAS DE AHORRO

Por esta razón, la medida propuesta es rebajar la potencia contratada en los períodos 3, 4 y 5 de 905 kW a una potencia óptima de 735 kW. Para el período 6 se deja como está, ya que en este período el término de potencia es muy barato y un posible aumento en el futuro por ampliación de demanda supondría un gran coste.

El ahorro económico generado por esta medida viene generado por la disminución de la potencia contratada en tres períodos (P3, P4 y P5), lo que supone un ahorro en el término de potencia pagado anualmente. Este ahorro sería de 6.020 € al año. La tabla 46 indica cómo se ha procedido para el cálculo.

Período	Potencia facturada actual (kW)	Potencia facturada propuesta (kW)	Coste (€/kW)	Ahorro económico (€)
P1	765	765	39,139427	0
P2	765	765	19,586654	0
P3	905	765	14,334178	2.007
P4	905	765	14,334178	2.007
P5	905	765	14,334178	2.007
P6	905	905	6,540177	0
				6.020

Tabla 46. Cálculo de ahorro económico generado al reducir potencia contratada

Esta medida requiere una pequeña inversión de 100 € aproximadamente, que es la tasa que hay que pagar por la reducción de potencia contratada. Esta inversión es insignificante frente al ahorro que se obtiene. En el caso de que hubiese que aumentar la potencia contratada, la tasa a pagar sí que sería considerable, por eso se ha mantenido la potencia contratada para el último período.

También es importante tener en cuenta que una vez se implanten todas las medidas de ahorro se reducirá la potencia máxima demandada por el hospital, por lo que habrá que realizar un nuevo estudio un año después de implantar las medidas, ya que seguramente será interesante volver a reducir la potencia contratada, con el ahorro económico que esto conlleva.

Los resultados económicos de la medida propuesta se indican en la siguiente tabla:

Cambio en la facturación eléctrica. Reducción de la potencia contratada		
Ahorro		
Ahorro energético		Ahorro económico
kWh / año	%	Eu / año
-	-	6.020
Inversión		
Inmovilizado	Mano de obra	Total
Eu	Eu	Eu
100	-	100
Resultados económicos		
PRS	Vida útil	VAN
años	años	Eu
0,02	10	60.859
Resultados ambientales		
Reducción de emisiones contaminantes		
kg CO2 / año	kg residuos radiactivos de alta actividad / año	
-	-	

Tabla 47. Reducción de la potencia contratada

La siguiente figura muestra una comparación entre la medida analizada y el promedio del resto de medidas de estudio:

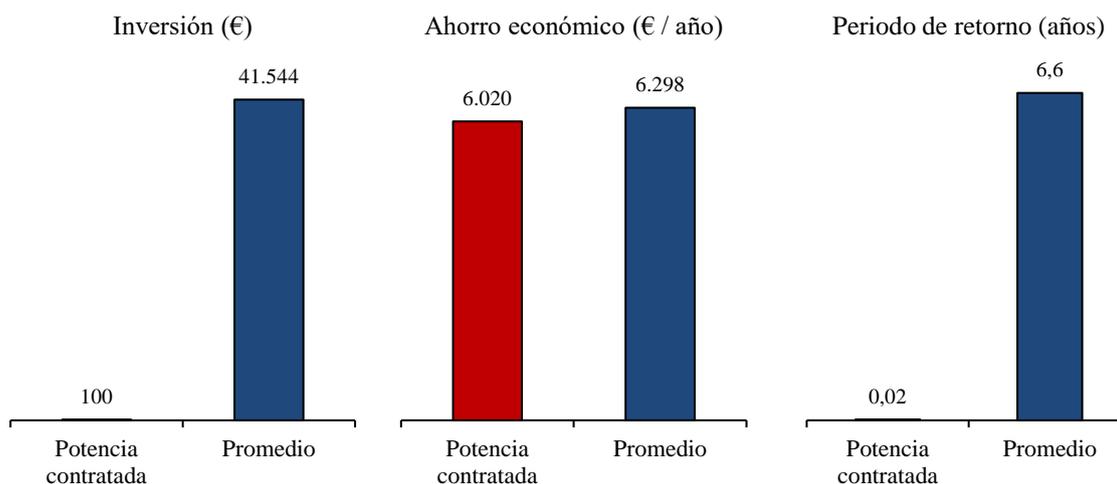


Figura 74. Comparación de medida analizada con promedio del resto de medidas



**Resumen de  
medidas:  
Comparativa y  
resultados**



## 12. Resumen de medidas: Comparativa y resultados.

### 12.1. Resumen y comparativa de medidas

Una vez evaluadas todas las medidas de ahorro, se presenta ahora una tabla resumen de todas ellas. En la tabla aparece una comparativa de todas las medidas indicando el ahorro energético y su porcentaje sobre el total, el ahorro económico, la inversión necesaria para su implantación, el período de retorno simple de la inversión y el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub>.

## RESUMEN DE MEDIDAS: COMPARATIVA Y RESULTADOS

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro energético (% Total)	Ahorro económico (€/año)	Inversión (€)	PRS (años)	Ahorro en emisiones (kg CO2/año)
1	Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural	379.196	5,05	30.683	85.909	2,8	102.385
2	Sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas	94.708	1,26	7.238	22.362	3,1	34.095
3	Aislamiento del cuerpo de las calderas	6.490	0,09	338	2.318	6,9	1.752
4	Sustitución de equipos con refrigerante R-22	150.396	2,00	11.493	190.641	16,6	54.143
5	Aislamiento del cuerpo de las bombas	17.931	0,24	1.370	4.030	2,9	6.455
6	Instalación de recuperador de humos en las calderas	146.579	1,95	7.640	39.010	5,1	39.576
7	Instalación de climatizadoras con recuperador de calor	46.168	0,61	3.528	22.362	6,3	16.620
8	Automatización de la conexión y desconexión de transformadores	32.904	0,44	2.515	11.082	4,4	11.845
9	Instalación de variadores de frecuencia en bombas	31.341	0,42	2.395	13.224	5,5	11.283
10	Automatización de la conexión y desconexión de transformadores	25.229	0,34	1.928	16.860	8,7	9.082
11	Instalación de sistema solar térmico para ACS	177.872	2,37	10.661	126.000	11,8	48.025
12	Sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad	44.100	0,59	4.044	47.500	11,7	15.876
13	Cambio en la facturación. Reducción de la potencia contratada	-	-	6.020	100	0,02	-

Tabla 49. Lista resumen de las medidas analizadas

## RESUMEN DE MEDIDAS: COMPARATIVA Y RESULTADOS

La gráfica 75 y la tabla 50 reflejan la comparación todas las medidas estudiadas en función del ahorro energético anual que genera cada una de ellas, ordenándolas de mayor a menor según este factor.

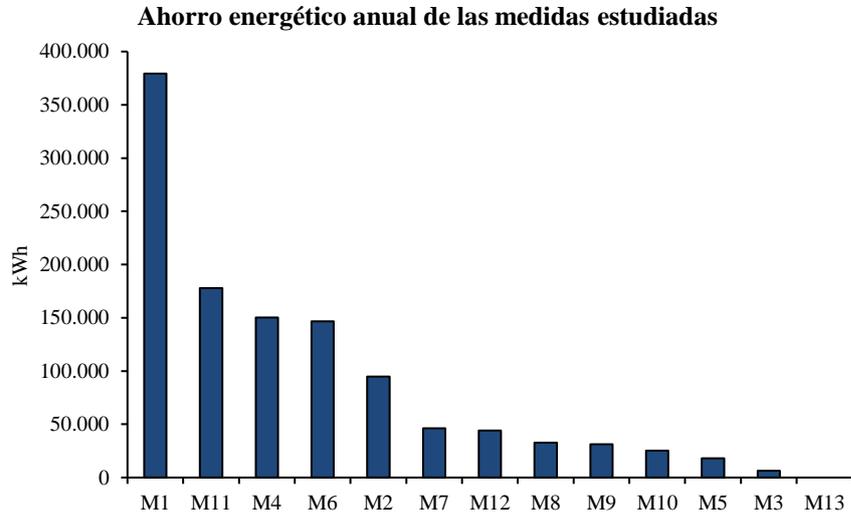


Figura 75. Medidas ordenadas según ahorro energético anual

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro de energía mejora (kWh/año)
1	Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural	379.196
11	Instalación de sistema solar térmico para agua caliente sanitaria	177.872
4	Sustitución de equipos con refrigerante R22	150.396
6	Instalación de recuperador de humos en las calderas	146.579
2	Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas	94.708
7	Instalación de climatizadoras con recuperador de calor	44.100
12	Instalación de sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad	41.862
8	Instalación de variadores de frecuencia en bombas	32.904
9	Automatización de la conexión y desconexión de transformadores	31.341
10	Instalación de sobre-enchufes (Sistema plugwise)	25.229
5	Aislamiento del cuerpo de las bombas	17.931
3	Aislamiento del cuerpo de las calderas	6.490
13	Cambio en términos de la tarifa. Reducción de la potencia contratada	-

Tabla 50. Medidas ordenadas según ahorro energético anual

## RESUMEN DE MEDIDAS: COMPARATIVA Y RESULTADOS

Otros factores importantes a tener en cuenta a la hora de acometer las medidas estudiadas son la inversión requerida y el período de retorno de la inversión. La razón es que, aunque se tratase de medidas con un alto ahorro energético y económico, es muy importante conocer de cuál será la financiación inicial que requieren esas medidas, así como el tiempo que se tarda en recuperar el dinero invertido. Por ello, se han realizado dos comparativas entre las medidas estudiadas analizando estos dos factores. Las comparaciones se observan en las dos siguientes tablas:

Nº	Descripción de la mejora	Inversión (€)
4	Sustitución de equipos con refrigerante R22 por otros equipos con refrigerante adaptado a la normativa	190.641
11	Instalación de sistema solar térmico para agua caliente sanitaria	126.000
1	Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural	85.909
12	Instalación de sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad	47.500
6	Instalación de recuperador de humos en las calderas	39.010
2	Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a CPD y salas técnicas	22.362
7	Instalación de climatizadoras con recuperador de calor	22.362
10	Instalación de sobre-enchufes (Sistema plugwise)	16.860
9	Automatización de la conexión y desconexión de transformadores	13.224
8	Instalación de variadores de frecuencia en bombas	11.082
5	Aislamiento del cuerpo de las bombas	4.030
3	Aislamiento del cuerpo de las calderas	2.318
13	Cambio en la facturación eléctrica. Reducción de la potencia contratada	100

Tabla 51. Medidas ordenadas según inversión requerida

## RESUMEN DE MEDIDAS: COMPARATIVA Y RESULTADOS

Nº	Descripción de la mejora	PRS (años)
4	Sustitución de equipos con refrigerante R22	16,6
11	Instalación de sistema solar térmico para agua caliente sanitaria	11,8
12	Instalación de sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad	11,7
10	Instalación de sobre-enchufes (Sistema plugwise)	8,7
3	Aislamiento del cuerpo de las calderas	6,9
7	Instalación de climatizadoras con recuperador de calor	6,3
9	Automatización de la conexión y desconexión de transformadores	5,5
6	Instalación de recuperador de humos en las calderas	5,1
8	Instalación de variadores de frecuencia en bombas	4,4
2	Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas	3,1
5	Aislamiento del cuerpo de las bombas	2,9
1	Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural	2,8
13	Cambio en términos de tarifa. Reducción de la potencia contratada	0,02

Tabla 52- Medidas ordenadas según período de retorno de su inversión

Otro detalle que se observa es que el hospital tiene un gran potencial de ahorro en medidas en climatización (calefacción + refrigeración), frente a otros usos como equipos ofimáticos, transformadores, equipos de cocina o iluminación.

### 12.2. Selección de medidas a proponer para su implantación

De entre todas las medidas estudiadas, se propone como primer criterio para su implementación que las medidas tengan un período de retorno simple de la inversión inferior a 10 años. Hay tres medidas que no cumplen este criterio:

- Instalación de sistema solar térmico para agua caliente sanitaria.
- Sustitución de equipos con refrigerante R22 por otros equipos con refrigerante adaptado a la normativa.
- Instalación de sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad.

Sin embargo, en este caso las tres medidas con PRS superior a 10 años también se van a proponer ya que la instalación solar térmica para ACS es una medida de obligado cumplimiento según normativa, como se ha comentado en secciones previas, mientras que la propuesta de sustitución de equipos con refrigerante R-22 es una medida que antes o después tendría que acometerse. En el caso de la instalación fotovoltaica, también se propone su implementación ya que se quiere fomentar el uso de energías renovables, además de que es una medida de gran ahorro económico a largo plazo a pesar de que conlleva asociada una inversión elevada.

Hay dos medidas de la lista que no se recomiendan:

- Instalación de recuperador de humos en las calderas
- Aislamiento del cuerpo de las calderas

La razón se debe a que ambas medidas son incompatibles con la medida de mayor ahorro propuesta; la sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural. Estas nuevas calderas ya traen consigo aislamiento y recuperador de humos.

### 12.3. Efectos cruzados entre medidas propuestas

El ahorro total generado por el conjunto de medidas de ahorro no es igual a la suma del ahorro que conlleva cada una por separado. De hecho, es inferior. Esto se debe a la existencia de efectos cruzados en las medidas que afectan a la climatización y a la generación de agua caliente sanitaria. El efecto cruzado entre dos medidas consiste que ambas afecten al mismo consumo. Como el ahorro obtenido con cada medida propuesta se ha calculado por separado, sin tener en cuenta el conjunto de medidas, es necesario analizar cómo repercuten todas las medidas al ahorro total del consumo energético del hospital. En los ahorros conseguidos en climatización y ACS se observa que hay varias medidas que presentan efectos cruzados ya que sus ahorros afectan al mismo consumo:

- Calderas de gas natural: Existe efecto cruzado con la instalación solar térmica, al afectar ambas a la generación de ACS. La configuración elegida, tal y como se comentó en secciones previas, consiste en satisfacer la demanda de ACS mediante un sistema en el que se complementen la instalación solar térmica como elemento principal y un sistema convencional basado en una caldera de gas natural por condensación como elemento de apoyo. Por tanto, el sistema solar térmico siempre actúa en todo momento, mientras que la caldera actúa de apoyo cubriendo la demanda de ACS solo cuando no hay energía solar disponible.
- Variadores de frecuencia en bombas: Esta medida ve su ahorro reducido por dos efectos cruzados. En el consumo de calefacción, debido a las calderas de gas natural. En el consumo de refrigeración, debido a la enfriadora que sustituye a los equipos centralizados con R-22.
- Free-cooling: El ahorro de esta medida se ve reducido ya que tiene un efecto cruzado con la enfriadora que sustituye a los equipos centralizados con R-22, al afectar ambas al consumo de refrigeración.
- Recuperadores de calor: Esta medida, al igual que la de los variadores de frecuencia, ve su ahorro reducido por dos efectos cruzados. En el consumo de calefacción, debido a las calderas de gas natural. En el consumo de refrigeración, debido a la enfriadora que sustituye a los equipos centralizados con R-22.
- Aislamiento de bombas: Presenta efectos cruzado en el consumo de calefacción, al verse afectado por las calderas de gas natural.

Como es lógico, la reducción en el ahorro energético total conlleva también una disminución del ahorro económico actual que se obtiene con este proyecto. La siguiente tabla indica los resultados del cálculo de efectos cruzados. Estos efectos cruzados serán tenidos en cuenta para el resultado total de la tabla de la próxima sección (tabla 56).

## RESUMEN DE MEDIDAS: COMPARATIVA Y RESULTADOS

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro energético aislado (kWh/año)	Ahorro energético con efectos cruzados (kWh/año)	Ahorro sobre el total (%)	Ahorro en emisiones (kg CO2/año)
M1	Sustitución de calderas actuales por calderas de gas natural	379.196	371.893	4,95%	100.411
M8	Variadores de frecuencia en bombas y válvulas de dos vías	32.904	28.371	0,38%	10.214
M2	Sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas	94.708	92.773	1,24%	33.398
M7	Climatizadoras con recuperador de calor	46.168	39.808	0,53%	14.331
M5	Aislamiento del cuerpo de las bombas	17.931	16.724	0,22%	6.021

**Tabla 54. Ahorro de medidas con efectos cruzados**

Además, hay que tener en cuenta que hay dos medidas que presentan sinergias: el sistema free-cooling y el sistema de recuperación de calor vienen ambos incorporados en las climatizadoras elegidas para la nueva instalación. Por esta razón, la inversión requerida total del proyecto se verá reducida.

Nº	Descripción de la mejora	Inversión (€)
M2	Sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas	22.362
M7	Climatizadoras con recuperador de calor	22.362
M2 + M7	Climatizadoras con recuperador de calor y free-cooling	22.362

**Tabla 55. Ahorro en inversión de medidas con sinergias**

# Resultados del proyecto propuesto



## RESULTADOS DEL PROYECTO PROPUESTO

### 13. Resultados del proyecto propuesto

La siguiente tabla muestra el conjunto de medidas propuestas, con el ahorro total generado total.

Nº	Descripción de la mejora	Ahorro energético (kWh/año)	Ahorro (% sobre total)	Ahorro económico (€/año)	Inversión (€)	PRS (años)	Ahorro en emisiones (kg CO <sub>2</sub> /año)	Ciclo de Vida (años)	VAN (€)
1	Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural	379.196	5,05 %	30.683	85.909	2,8	102.383	10	225.198
11	Instalación de sistema solar térmico para ACS	177.872	2,37 %	10.661	126.000	11,8	48.025	20	96.017
4	Sustitución de equipos con refrigerante R22	150.396	2,00 %	11.493	190.641	16,6	54.143	20	48.970
2	Sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas	94.708	1,26 %	7.238	22.362	3,1	34.095	10	51.037
7	Climatizadoras con recuperador de calor	46.168	0,61 %	3.528	22.362	6,3	16.620	10	13.472
12	Sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad	44.100	0,59 %	4.044	47.500	11,7	15.876	20	36.714
8	Variadores de frecuencia en bombas	32.904	0,44 %	2.515	11.082	4,4	11.845	10	14.438
9	Automatización de la conexión y desconexión de transformadores	31.341	0,42 %	2.395	13.224	5,5	11.283	10	11.092
10	Instalación de sobre-enchufes (Sistema plugwise)	25.229	0,34 %	1.928	16.860	8,7	9.082	10	2.746
5	Aislamiento del cuerpo de las bombas	17.931	0,24 %	1.370	4.030	2,9	6.455	10	9.862
13	Cambio en la facturación. Reducción de la potencia contratada	-	-	6.020	100	0,02	-	10	60.859
<b>TOTAL</b>		<b>978.508</b>	<b>13,03 %</b>	<b>77.884</b>	<b>517.709</b>	<b>6,6</b>	<b>302.783</b>	<b>10</b>	<b>273.471</b>

Tabla 56. Lista final resumen de medidas de ahorro propuestas

## RESULTADOS DEL PROYECTO PROPUESTO

A raíz de los resultados, se observa es que el hospital tiene un gran potencial de ahorro en medidas de climatización (calefacción, refrigeración, ventilación y ACS), frente a otros usos como equipos ofimáticos, transformadores, equipos de cocina o iluminación.

Áreas de ahorro energético	Ahorro sobre consumo total (%)
Climatización	11,69
Transformadores	0,42
Equipos ofimáticos	0,34
Resto de equipos con distinto uso	0,59

Tabla 57. Ahorro generado según área de uso

En la tabla 58 se muestran los resultados finales estimados de ahorro energético y económico que tendría el proyecto propuesto para su realización, teniendo en cuenta la implantación del conjunto de medidas recomendadas. Se indica el ahorro energético, el ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub>, así como sus porcentajes sobre el total:

Resultados energéticos de la implantación conjunta de las medidas recomendadas		
Ahorro energético	[kWh/año]	978.508
Ahorro energético sobre consumo total del hospital	[%]	13,03%
Emisiones evitadas	[kg CO <sub>2</sub> / año]	302.783
Reducción de emisiones sobre el total	[%]	12,66%

Tabla 58. Resultados del proyecto propuesto

Un ahorro energético del 13,03% se considera muy interesante ya que representa una parte muy considerable del consumo energético total del hospital. La siguiente tabla indica la evolución potencial del consumo energético y coste económico actual y futuro, una vez se implantasen todas las medidas propuestas.

Concepto	Unidades	Situación inicial	Situación final	Ahorro
Consumo energético	[kWh / año]	7.509.077	6.530.569	978.508
Coste energético	[€ / año]	490.026	412.142	77.884

Tabla 59. Comparativa del consumo energético y el coste económico después de implantar las medidas

## RESULTADOS DEL PROYECTO PROPUESTO

Los resultados económicos se muestran en la siguiente tabla:

Resultados económicos del proyecto propuesto		
Ahorro económico	[€/año]	77.884
Ahorro económico sobre el coste energético total	[%]	15,89%
Inversión necesaria	[€]	517.709
Ciclo de vida de la inversión	[años]	10
Período de retorno simple de la inversión	[años]	6,6
Valor Actual Neto (VAN)	[€]	273.471
Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	[%]	9,1%

Tabla 60. Resultados económicos del proyecto propuesto

Se observa que el período de retorno de la inversión total es de 6,6 años, inferior al ciclo de vida del proyecto (10 años), por lo que se considera rentable. Teniendo en cuenta que el proyecto incluye algunas medidas singulares de implantación de energías renovables y otras de obligado cumplimiento con un ciclo de vida de 20 años, se considera que es 6,6 años es un período de retorno aceptable para este tipo de proyecto.

El valor actual neto de la inversión es de 273.471 €, que representa la ganancia neta de del proyecto, por lo que se puede decir que se trata de un proyecto rentable. Se ha calculado con un interés de descuento del 1% y un 1% de IPC, para un ciclo de vida de 10 años. En cuenta a la tasa interna de rentabilidad, del 9,1%, es superior al 1% estimado, lo que sigue validando la viabilidad económica del proyecto. El ahorro económico sobre el coste energético anual es del 16%, reducción bastante considerable. Las alternativas de plan de negocio se expondrán en la siguiente sección.

En cuanto al análisis de reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, se consigue una reducción del 12,66% sobre las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, lo cual es otro punto a favor del atractivo ambiental del este proyecto. A continuación, la tabla 61 y la figura 76 ofrecen los resultados de emisión de CO<sub>2</sub> antes y después de implantar las medidas recomendadas:

## RESULTADOS DEL PROYECTO PROPUESTO

Contaminante	Unidades	Emisión por consumo energético		Disminución
		Situación actual	Situación final	
Consumo energético	[kWh / año]	7.509.077	6.530.569	978.508
Emisiones de CO <sub>2</sub>	[kg / año]	2.391.033	2.088.250	302.783

Tabla 61. Emisiones de CO<sub>2</sub> antes y después de implantar las medidas

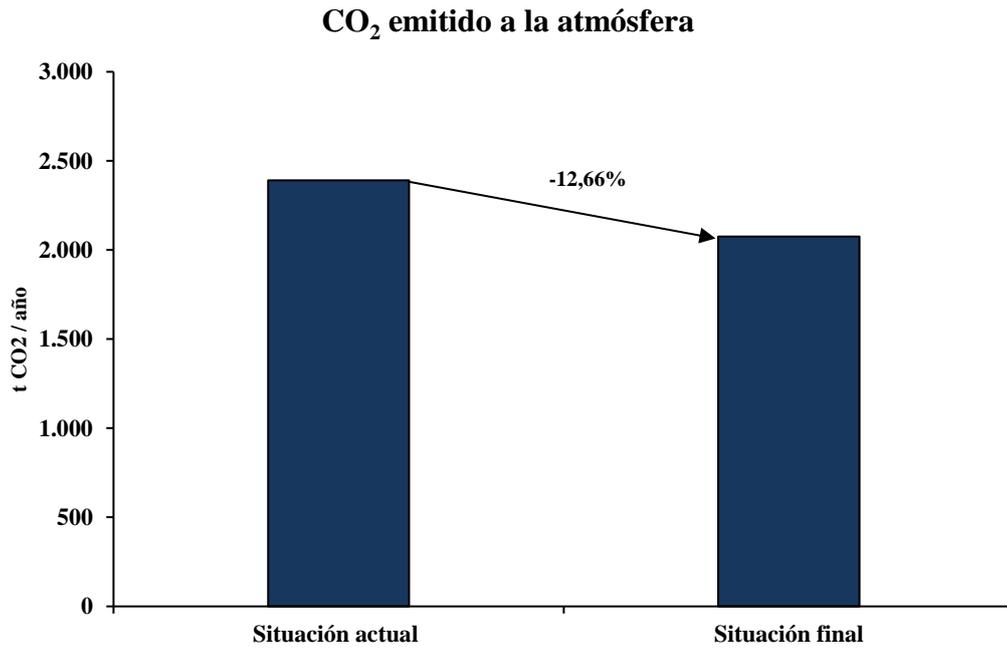


Figura 76. CO<sub>2</sub> emitido a la atmósfera

# Plan de actuación



## 14. Plan de actuación

Para este proyecto se propone implantar todas las medidas desde el inicio, sin atender a sus ahorros y a sus períodos de retorno. A pesar de que conlleva un desembolso económico mayor de inicio, se considera que hay suficientes recursos económicos para implementar todas las medidas desde el principio. Es la opción idónea debido al carácter obligatorio de algunas medidas y la necesidad mejorar la eficiencia energética y aprovechar el potencial de ahorro energético del hospital desde el primer momento. Además, la implementación conjunta de todas las medidas permite que las medidas con un PRS alto se puedan sufragar con aquellas de fácil implementación.

Otro aspecto a favor a tener en cuenta es que una vez se implanten las medidas de ahorro propuestas, la potencia demandada por el hospital disminuirá considerablemente. Por esta razón, es recomendable realizar un nuevo estudio tarifario al año de la implantación para reducir de nuevo la potencia contratada, y aumentar así el ahorro económico.

Sin embargo, se ha establecido una clasificación de las medidas propuestas en función del período de retorno de su inversión. De esta manera se pretende clarificar el momento temporal en que dichas medidas permitirán recuperar el dinero invertido. Los grupos serán cuatro: PRS inferior 5 años, PRS entre 5 y 10 años, PRS entre 10 y 15 años y PRS superior a 15 años:

- Medidas de ahorro con PRS inferior a 5 años:

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Período de retorno (años)
M13	Cambio en la facturación eléctrica. Reducción de la potencia contratada	-	6.020	100	0,02
M1	Sustitución de calderas actuales por calderas de condensación de gas natural	379.196	30.683	85.909	2,8
M5	Aislamiento del cuerpo de las bombas	17.931	1.370	4.030	2,9
M2	Instalación de sistema free-cooling para dar servicio a salas técnicas	94.708	7.238	22.362	3,1
M8	Instalación de variadores de frecuencia en bombas	32.904	2.515	11.082	4,4

Tabla 62. Medidas de PRS bajo-medio

## PLAN DE ACTUACIÓN

- Medidas de ahorro con PRS entre 5 y 10 años:

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
9	Automatización de la conexión y desconexión de transformadores	31.341	2.395	13.224	5,5
7	Instalación de climatizadoras con recuperador de calor	46.168	3.528	22.362	6,3
10	Instalación de sobre-enchufes (Sistema plugwise)	25.229	1.928	16.860	8,7

Tabla 63. Medidas de PRS medio-alto

- Medidas con PRS superior a 10 años:

Nº	Resumen de medidas de ahorro	Ahorro de energía (kWh/año)	Ahorro económico anual (€/año)	Inversión asociada (€)	Periodo de retorno (años)
12	Instalación de sistema solar fotovoltaico para generación de electricidad	44.100	4.044	47.500	11,7
11	Instalación de sistema solar térmico para agua caliente sanitaria	177.872	10.661	126.000	11,8
4	Sustitución de equipos con refrigerante R22	150.396	11.493	190.641	16,6

Tabla 64. Medidas especiales de PRS muy alto

Como se comentó en secciones anteriores, este último grupo recoge tres medidas singulares que se incluyen en el proyecto propuesto a pesar de presentar una inversión de elevado período de retorno.

# Plan de negocio



### 15. Plan de negocio

Una vez conocidos los resultados energéticos y económicos estimados del proyecto propuesto, se analizan las distintas alternativas de plan de negocio que puedan resultar rentables e interesantes para las dos partes involucradas:

- Cliente: En este caso, el hospital que ha contratado los servicios de la auditoría energética y que pretende obtener un ahorro económico potencial en la factura con el aumento de la eficiencia energética de sus instalaciones.
- ESE (Empresa de Servicios Energéticos): Se trata de la empresa que realiza la auditoría energética del hospital y que recomienda y se encarga de implantar las medidas propuestas.

El servicio energético realizado por la ESE consiste, además del estudio energético y la auditoría previamente realizada, en la implantación de las medidas propuestas en las instalaciones del cliente, que conllevan un ahorro económico asociado. Estos ahorros, o parte de ellos, constituyen la remuneración que recibe la ESE por el proyecto de eficiencia energética realizado [35].

Lo que se quiere determinar son los términos económicos del servicio realizado por la ESE al cliente. Por un lado, decidir qué parte se encarga de asumir el coste de la inversión del proyecto y ver si se empleará un préstamo bancario. Por otro lado, determinar qué porcentaje de ahorros se lleva cada parte y la duración temporal que tiene el contrato [36]. Además, otro factor importante a tener en cuenta es ver cómo se gestionan los riesgos asociados al proyecto [37] tales como la variación de los precios energéticos, lo cual supone un cambio en el ahorro económico estimado inicialmente, generando unos ahorros menores o mayores, según el caso.

Se han planteado dos alternativas de negocio para llevar a cabo el proyecto, en función de los distintos factores mencionados. En ambos escenarios, la duración del contrato es de 10 años, ya que es el período estándar para este tipo de proyectos y se comprobó en secciones anteriores que la cuantía de la inversión necesaria se recupera en un período aproximado de 6 años y medio, lo que permite obtener beneficios económicos en el plazo de 10 años. Las dos alternativas de estudio difieren principalmente en el porcentaje de reparto de los ahorros por cada parte y en el responsable de inversión. Sin embargo, en ambos casos se trata de compartir los beneficios que se obtienen del ahorro generado por las medidas implantadas.

En cuanto a los riesgos y condicionantes de este proyecto, en ambos escenarios de negocio propuestos se reparten los riesgos de igual manera según el tipo de riesgo o variable por el que se vea afectado el proyecto.

- En el caso de que el hospital cambiase de uso o se destinase el edificio a otras tareas que incurriese en un cambio de ahorros, el riesgo es asumido por el cliente.

- Si se producen problemas técnicos o económicos durante la instalación o implantación de medidas, así como en servicios de operación y mantenimiento, el sobrecoste lo asume la empresa de servicios energéticos.
- Con respecto a los equipos instalados durante el proyecto, se establece que queden a cargo y propiedad del hospital una vez concluido el contrato.
- Por último, el condicionante más importante en este proyecto es la evolución de los precios de la energía será objeto de revisión en el contrato, repartiendo beneficios o sobrecostes de la manera más equitativa posible.

### 15.1. Escenario A

Este escenario se basa en un plan de negocio en el que los ahorros son compartidos por la empresa energética y el hospital, mientras que de la inversión se encarga por completo la ESE. El porcentaje de ahorros se reparte en un 90% para la empresa de servicios energéticos y un 10% para el hospital. Con estas condiciones, los resultados económicos se indican en la tabla 66:

Parámetros	ESE	Cliente
Ingreso anual [€]	70.095	7.788
% ahorro	90%	10%
Inversión [€]	517.709	-
Período del contrato [años]	10	10
Período de retorno simple de la inversión [años]	7,4	-
Valor Actual Neto[€]	194.611	78.860

Tabla 65. Condiciones Escenario de negocio A

Se considera que la ESE cuenta con recursos suficientes para acometer la inversión, por lo que la financiación sería propia, sin acudir a financiación externa por medio de bancos ni tener en cuenta intereses de préstamo bancario. De esta manera, el proyecto se hace mucho más atractivo para el hospital ya que no tiene que endeudarse ni estar pendiente de un proyecto que no entra dentro de sus áreas de negocio.

Sin embargo, de cara a la empresa energética representa una dificultad ya que no todo este tipo de empresas disponen de financiación y recursos suficientes para acometer proyectos de estas características, sobre todo si son de gran envergadura. Además, esta inversión imposibilita a la ESE poder encargarse de proyectos diferentes a la vez ante el gran montante de inversión requerido. Eso sí, de esta manera la ESE es la completa responsable

del proyecto y puede manejar la estructura y los tiempos de la inversión como crea y considere conveniente.

Según este escenario de negocio, el hospital recibiría un importe fijo estimado de 7.788 € anuales, correspondientes al 10 % del ahorro generado por el proyecto, lo que generaría una ganancia estimada de 78.860 €. Una vez finalizado el contrato al cabo de 10 años, el hospital comenzaría a llevarse el 100% de los ahorros obtenidos.

En el caso de la ESE, durante los primeros 7 años y los primeros 5 meses del octavo año, destinaría su parte proporcional del ahorro obtenido (90%) a recuperar la inversión realizada. A partir de esa fecha, una vez recuperada la inversión, el 90% del ahorro obtenido pasaría a ser beneficio propio de la ESE (70.095 € anuales durante los últimos 2 años y 7 meses de contrato). En definitiva, la ganancia neta por parte de la ESE con este proyecto sería de unos 194.611 € aproximadamente.

La evolución descrita de pagos e ingresos obtenidos por cada parte se observa claramente en la figura 77:

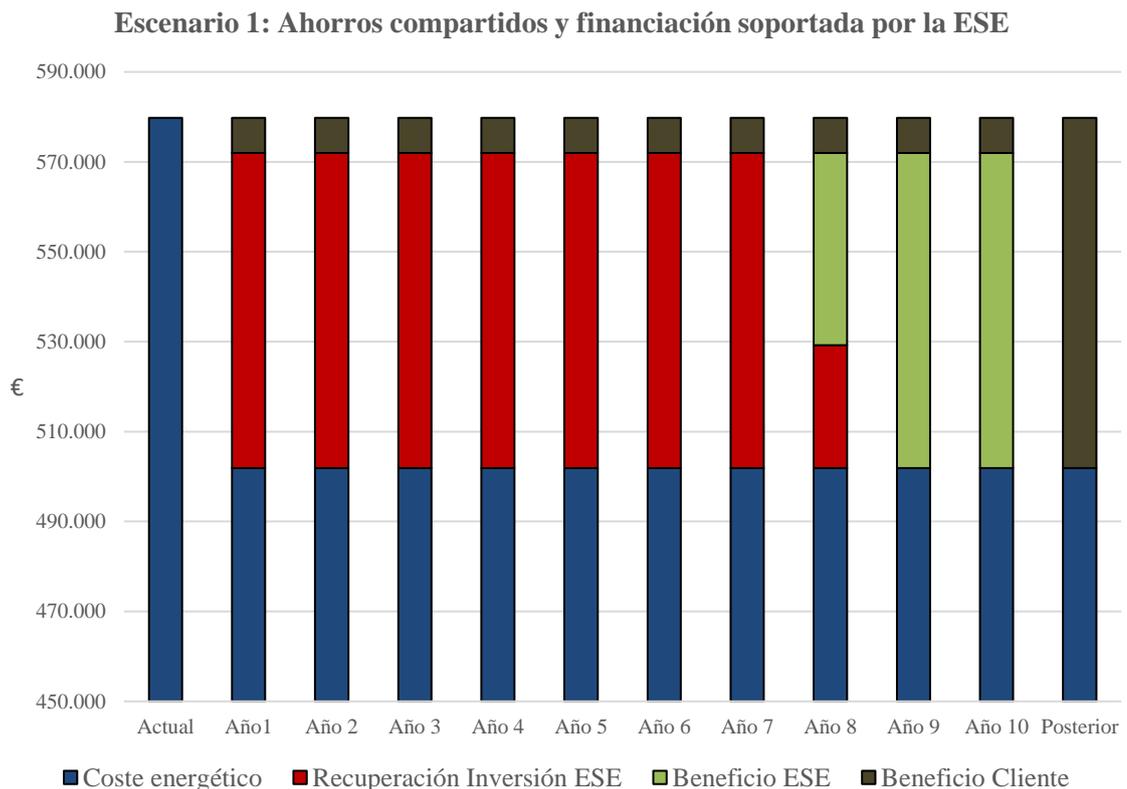


Figura 77. Evolución beneficios Escenario A

## 15.2. Escenario B

La segunda alternativa propuesta de plan de negocio es un contrato en el que hospital y empresa energética “van de la mano”, compartiendo al 50% tanto los ahorros obtenidos como los gastos de la inversión a realizar. Siguiendo esta propuesta, los resultados económicos son similares para ambas partes.

Parámetros	ESE	Cliente
Ingreso anual [€]	38.942	38.942
% ahorro	50%	50%
Inversión [€]	258.855	258.855
Período del contrato [años]	10	10
Período de retorno simple de la inversión [años]	6,6	6,6
Valor Actual Neto[€]	136.735	136.735

Tabla 66. Condiciones Escenario de negocio B

En este caso, al tratarse de una financiación del proyecto mixta entre cliente y ESE, se trata de un proyecto en el que el hospital estará más involucrado. Lo normal en España es que sean las empresas de servicios energéticos las que se encarguen de la financiación del proyecto de eficiencia energética, pero este escenario permite a ambas partes compartir de manera más equitativa gastos y beneficios, lo que permite reducir el riesgo financiero en el que incurre la ESE según el planteamiento propuesto en el escenario A.

El problema es que resulta un proyecto menos atractivo para el hospital, ya que a pesar de que la ganancia neta que obtiene es de 57.875 € más, el riesgo que soporta pasa de ser nulo a ser considerable, en un sector en el que no tiene experiencia. Y al fin y al cabo es el hospital el que decide si contratar o no el servicio energético propuesto por la ESE.

El valor actual neto de la inversión se estima en 136.735 € para ambas partes, con un período simple de retorno de 6 años y 8 meses. Durante ese tiempo, empresa energética y hospital destinan los ahorros generados a cubrir la inversión realizada. Es partir del último cuatrimestre del séptimo año cuando el ahorro generado representa directamente beneficios en ambas partes (50%). Al igual que en el escenario A, una vez finalizado el contrato, todo el ahorro comenzaría a ir destinado al hospital. La evolución queda reflejada en la siguiente figura:

Escenario 2: Ahorros compartido y financiación mixta al 50% ESE-  
Cliente

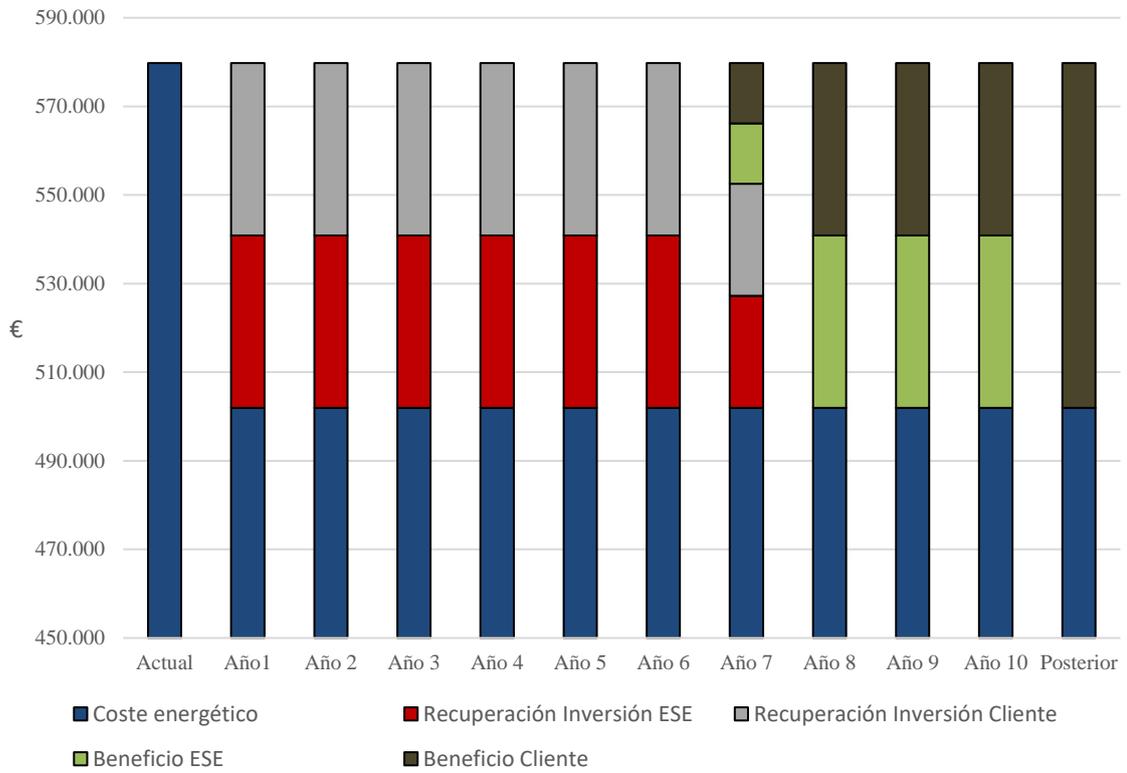


Figura 78. Evolución beneficios Escenario B



# Conclusiones



### 16. Conclusiones

#### 16.1. Resumen y conclusiones sobre los resultados

Una vez analizadas las instalaciones del hospital, se concluye que el área de mayor consumo es la de climatización (calefacción + refrigeración), que es a su vez donde existe un mayor potencial de ahorro energético. Los consumos de ACS y ventilación también son considerables, debido a las necesidades estrictas de ventilación en zonas de operación quirúrgica y a la necesidad del agua para usos sanitarios y de limpieza. Se determina también que existe un uso eficiente de la iluminación, ya que se ha renovado recientemente con tecnología LED.

Analizando las fuentes de energía de consumo del hospital, el mayor peso energético proviene del suministro eléctrico, mientras que el suministro de gasóleo también es importante, al ser el que sustenta las calderas, encargadas de la calefacción y el agua caliente sanitaria. El suministro de gas natural tan solo se usa para los equipos de cocina.

El consumo energético del hospital y la temperatura exterior están claramente correlacionados. El consumo base es alto, ya que el hospital está abierto durante todo el año y dispone de muchos equipos que se usan prácticamente todos los días, como la iluminación, los aparatos médicos, ofimáticos y de cocina. Además, equipos como los servidores y CPDs se encuentran operativos durante todo el año.

En estas instalaciones existen procesos eficientes energéticamente como el sistema de iluminación y el control del sistema de climatización, que se lleva a cabo desde la sala de control, de manera plenamente domotizada. Sin embargo, también hay muchas áreas que presentan posibilidades interesantes de ahorro energético.

En cuanto a las posibilidades de ahorro, se ha elaborado una lista final de 11 medidas propuestas de ahorro energético. La implantación conjunta de todas ellas supondría un ahorro energético anual de 978.508 kWh, dando lugar a un ahorro económico anual de 77.884 € y a una reducción de 302.783 kg de emisiones de CO<sub>2</sub> al año. La inversión requerida para llevar a cabo estas medidas recomendadas sería de 517.709 €. El valor actual neto de la inversión realizada es de 273.471 €, considerando para el proyecto un ciclo de vida de 10 años.

Las medidas propuestas de ahorro en climatización suponen un 11,7 % de ahorro sobre el consumo energético actual del edificio. Entre las medidas propuestas, destaca el cambio de calderas de gasóleo por calderas de condensación de gas natural. Es la medida con mayor ahorro energético de entre todas las propuestas ya que implica un ahorro del 5,05% sobre el consumo total. Estas calderas tienen mayor rendimiento, un combustible más barato y menos emisiones de contaminantes.

---

## CONCLUSIONES

---

La instalación de climatizadoras con sistema free-cooling y recuperador de calor es otra medida muy eficiente y con un gran potencial de ahorro energético, dado que permite reutilizar la energía aprovechable del aire extraído de las salas, así como utilizar el aire exterior para refrigeración en ciertas ocasiones. También resulta interesante el análisis realizado de la tarifa eléctrica contratada, que ha permitido concluir con la propuesta de reducir la potencia contratada en varios períodos tarifarios.

En lo que se refiere a implantación de energías renovables, destacan como medidas propuestas la instalación de un sistema solar térmico para ACS y un sistema solar fotovoltaico para suministro de electricidad. Ambas medidas conllevan un período de retorno de la inversión alto, pero se consideran muy interesantes desde el punto de vista de sostenibilidad energética y de reducción de emisión de gases contaminantes.

El plan de actuación está orientado a implantar todas las medidas desde el inicio. A pesar de que conlleva un desembolso económico mayor de inicio, se considera que hay suficientes recursos económicos para implementar todas las medidas desde el principio. Es la opción idónea debido a la necesidad de aprovechar el potencial de ahorro energético del hospital desde el primer momento.

Por último, tras el análisis de factores que afectan al plan de negocio se han planteado dos alternativas de negocio para la empresa de servicios energéticos y el hospital. En la primera opción el porcentaje de ahorros se reparte en un 90% para la empresa de servicios energéticos, que se encarga por completo de la inversión, y un 10% para el hospital. Por otro lado, en el segundo escenario de negocio planteado el que hospital y empresa energética comparten al 50% tanto los ahorros obtenidos como los gastos de la inversión a realizar. Entre las dos opciones planteadas, se plantea como propuesta inicial la primera alternativa, ya que es el escenario es más común en este tipo de negocios y resulta mucho más atractivo para el hospital.

### 16.2. Recomendaciones para futuros estudios

El plan de negocio propuesto entre hospital y ESE es una recomendación de cara a que la auditoría energética no quede simplemente en un cumplimiento de la ley actual por parte del hospital, ya que este proyecto representa una gran oportunidad para el hospital de cara a implantar las medidas de ahorro recomendadas y obtener un importante ahorro económico.

Como recomendación para futuros estudios de este proyecto, sería interesante analizar la posibilidad de implantar un Sistema de Gestión de la Energía en el hospital, promoviendo un servicio de telemedida, asesoramiento continuo en la gestión energética de las instalaciones, así como formación del personal del hospital en temas de gestión de ahorro energético. De esta manera se impulsa la mejora continua, yendo más allá de la implantación de las medidas de ahorro energético recomendadas en este proyecto.

# Bibliografía



### 17. Bibliografía

- [1] IDAE, “Guía práctica de la energía.- Consumo eficiente y responsable,” *Chem. ...*, p. 93, 2011.
- [2] C. Barbero and D. Llistar, “El modelo energético español. Un análisis desde la Coherencia de Políticas para el Desarrollo,” *Cuad. 2015 y más*, no. 5, p. 52, 2014.
- [3] “Auditoría Energética - Creara auditoria energetica.” [Online]. Available: <http://www.creara.es/servicios/auditoria-energetica>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [4] “La auditoría como herramienta para la eficiencia energética.” [Online]. Available: <https://www.cerem.es/blog/la-auditoria-como-herramienta-para-la-eficiencia-energetica>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [5] España, “Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedo,” pp. 11655–11681, 2016.
- [6] “ISO 50001 Gestión energética.” [Online]. Available: <http://www.creara.es/servicios/oficina-tecnica-co2/iso-50001-sistema-de-gestion-energetica>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [7] Une-en, “española,” 2014.
- [8] E. y T. del G. de E. Ministerio de Industria, “Rite - Reglamento instalaciones térmicas en los edificios - Energía y desarrollo sostenible - Energía - Mº de Industria, Energía y Turismo.” [Online]. Available: <http://www.minetad.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Paginas/InstalacionesTermicas.aspx>. [Accessed: 08-Jun-2017].
- [9] M. de Fomento, “Orden FOM/1635/2013,” *Real Decreto*, pp. 67137–67209, 2013.
- [10] IDAE, “Plan de Energías Renovables (PER) 2011 - 2020,” 2011.
- [11] O. Str, ““ EMAS AND INFORMATION TECHNOLOGY IN HOSPITALS ’ Developed by : Guidelines for Energy Efficiency Measures in Hospitals,” no. January, 2007.
- [12] FENERCOM, “Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Hospitales,” pp. 1–329, 2013.
- [13] P. Boixareu Gomà, M. Borbón Ribera, F. García-Moreno Charlez, J. Llevot Pelejà, F. López Casado, R. Moragues Pastor, R. Oriol Romero, R. Padrós Selma, N. Poyatos Ventura, M. Sallés Creus, and J. Vila-Masana Portabella, “Guía de buenas prácticas para la seguridad y sostenibilidad del área quirúrgica,” *General. Catalunya Dep. Salut*, p. 38, 2012.
- [14] “Creara Eficiencia Energética Y Ahorro Energético.” [Online]. Available: <http://www.creara.es/#>. [Accessed: 08-Jun-2017].

## BIBLIOGRAFÍA

---

- [15] C. Superior and D. E. I. D. E. Minas, “AUDITORÍA ENERGÉTICA DE UN EDIFICIO TERCIARIO : RESIDENCIA DE EDIFICIO TERCIARIO : RESIDENCIA DE,” 2013.
- [16] R. DE Huella De Carbono and C. Y. Proyectos De Absorción De Dióxido De Carbono, “Factores De Emisión.”
- [17] Climate-Data.org, “Clima: Madrid,” 2016. [Online]. Available: <http://www.climatedata.eu/climate.php?loc=spxx0050&lang=es>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [18] “Análisis estacional: Madrid, Retiro - Verano 2017 - Temperatura - Agencia Estatal de Meteorología - AEMET. Gobierno de España.”
- [19] “Clima Madrid: Temperatura, Climograma y Tabla climática para Madrid - Climate-Data.org.” [Online]. Available: <https://es.climate-data.org/location/92/>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [20] L. Ley, S. El, S. El, P. R. Decreto, and R. Decreto, “Real Decreto 1164/2001, de 26 de octubre, por el que se establecen tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica,” pp. 1–18, 2015.
- [21] Boletín Oficial del Stado, *Impuestos especiales*, no. 118. 2016.
- [22] S. A. CYPE Ingenieros, “Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A.” [Online]. Available: <http://www.generadordeprecios.info/>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [23] Asociacion Técnica Española de Climatización y Refrigeracion, “Guía técnica de diseño de centrales de calor eficientes,” *Inst. para la Divers. y Ahorr. la Energía*, pp. 21–24, 2010.
- [24] “Comparativa Gas natural -Gasóleo -Propano -Biomasa.”
- [25] “INDEREN RENOVABLES: Calefacción con biomasa ¿Es rentable?” [Online]. Available: <http://inderen-renovables.blogspot.com.es/2013/11/calefaccion-con-biomasa-es-rentable.html>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [26] IDAE, “Guia Tecnica: Procedimiento de inspección periódica de eficiencia energética para calderas,” *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, p. 48, 2007.
- [27] IDAE, “Guía técnica para el diseño y cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos,” p. 64, 2007.
- [28] I. D. Generales, “BOE. Boletín oficial del estado,” *Boe*, vol. 268, pp. 92708–92778, 2017.
- [29] T. Daikin, “Tarifa Daikin 2016,” 2016.
- [30] Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), *Ahorro y recuperación de*

## BIBLIOGRAFÍA

---

- energía en instalaciones de climatización.* 2012.
- [31] “Plugwise Home Start | Saving energy at home | Plugwise.” [Online]. Available: <https://www.plugwise.com/home-start>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [32] Ministerio de Fomento, “Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria,” pp. 1–29, 2009.
- [33] Institute for Energy and Transport, “PV Potential Estimation Utility,” *Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)*, 2012. [Online]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php?lang=en&map=europe>. [Accessed: 09-Jun-2017].
- [34] Ministerio de Fomento, “Sección HE 5 Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica.”
- [35] Garrigues Medio Ambiente, “Guía sobre empresas de servicios energéticos (ESE),” 2010.
- [36] Instituto tecnológico de la energía, “Modelo De Negocio De Servicios Energéticos, Ese/Escos Ese/Escos Contenido Contenido,” 2010.
- [37] Garrigues Medio Ambiente, “Empresas de Servicios Energéticos ( ESE ): un nuevo modelo de negocio,” 2011.

## BIBLIOGRAFÍA

---

# Anexos



## 18. Anexos

### 18.1. Inventario de equipos de calefacción

Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Sala de calderas	Caldera	VULCANO SADECA	3	930.400	0,89	700	
Terraza / Fachada	Bomba de Calor	CIATESA / IL-95	1	22.900	2,83	8.092	
Terraza / Fachada	Bomba de Calor	CIATESA / IL-80	1	19.400	2,90	6.690	R22
Terraza / Fachada	Bomba de Calor	MDV	1	15.500	3,60	4.300	R410A

Tabla 67. Equipos centralizados de calefacción

Planta	Estancia	Circuito	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)
Sótano 1°	Sala Máquinas de Calor	Radiador primario	ITUR / 40-250 BF	3	2.200
Sótano 1°	Sala Máquinas de Calor	Radiador secundario	ITUR / 32-250 BF	9	3.200
Sótano 1°	Sala Máquinas de Calor	Fancoil/Climatizadora/Cassette primario	ITUR / IN - 80/200 BF	10	2.200

Tabla 68. Equipos de bombeo para calefacción

Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Falso techo	Fancoil	TERMOVEN / FL-1000	2	-	-	100	
Gimnasio	Fancoil	TERMOVEN / CF20-4+2TFI	1	-	-	100	
Despachos	Fancoil	TERMOVEN / CF20-4+2F/D	1	-	-	100	

## ANEXOS

Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Ropero	Fancoil	TERMOVEN / CF20-4+2TFI	1	-	-	100	
Almacén	Fancoil	TERMOVEN / CF2074+2F/D	1	-	-	100	
Sala	Fancoil	TERMOVEN / CF30-4+2F/I	1	-	-	100	
Sala	Fancoil	TERMOVEN / CF30-4+2F/I	4	-	-	100	
Almacén	Fancoil	TERMOVEN / CF2074+2F/D	1	-	-	100	
Almacén	Fancoil	TERMOVEN / CF10+2F/D	1	-	-	100	
Laboratorio	Fancoil	TERMOVEN / CF30-4+2F/D	2	-	-	100	
Varias	Split		33	-	-	50	
Varias	Cassette		56	-	-	100	
Terraza / Fachada	Bomba de calor	DAIKIN	5	3.400	3,47	980	
Terraza / Fachada	Bomba de calor	mitsubishi heavy ind	32	4.500	4,09	1.100	R410A
Terraza / Fachada	Bomba de calor	CARRIER	48	6.500	2,80	2.321	R22
Terraza / Fachada	Bomba de calor	mitsubishi electric	7	8.800	2,86	3.077	R410A
Terraza / Fachada	Bomba de calor	TOSHIBA	8	5.600	3,64	1.538	R410A

## ANEXOS

Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Terraza / Fachada	Bomba de calor	KAYSUN	2	7.330	2,79	2.627	R22
Terraza / Fachada	Bomba de calor	SAUNIER	1	3.800	3,84	990	R410A
Terraza / Fachada	Bomba de calor	TEMPSTAR	2	3.800	2,80	1.357	R410A
Terraza / Fachada	Bomba de calor	LG	1	6.300	3,82	1.649	R22
Terraza / Fachada	Bomba de calor	FERROLI	2	3.900	3,61	1.080	R410A

Tabla 69. Equipos individuales de calefacción

## 18.2. Inventario de equipos de refrigeración

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Cubierta	Terraza	Torre de Refrigeración	APAREL / WR-18	1	-	-	3.000	
Cubierta	Terraza	Torre de Refrigeración	EWK 324/09	1	-	-	4.000	
Cubierta	Terraza	Torre de Refrigeración	EWK 324/09	1	-	-	4.000	
Sótano 1°	Central de frío	Enfriadora	TRANE CGWN213	1	431.300	4,05	106.400	R407C
Sótano 1°	Central de frío	Enfriadora	TRANE CGWN213	1	431.300	4,05	106.400	R407C
Sótano 1°	Central de frío	Enfriadora	TRANE ECGWD21	1	380.400	4,39	86.700	R22
Cubierta	Terraza / Fachada	Bomba de Calor	CIATESA / IL-95	1	22.100	2,26	9.779	R22
Cubierta	Terraza / Fachada	Bomba de Calor	CIATESA / IL-80	1	18.900	2,30	8.217	R22
Cubierta	Terraza / Fachada	Bomba de Calor	MDV	1	13.600	2,40	5.655	R410A

Tabla 70. Equipos centralizados de refrigeración

Planta	Estancia	Circuito	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)
Sótano 1°	Sala Máquinas de Frío	Secundario	ITUR	6	2.200
Sótano 1°	Sala Máquinas de Frío	Primario	ITUR	17	3.500

Tabla 71. Equipos de bombeo de refrigeración

## ANEXOS

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
Semisótano	Falso techo	Fancoil	TERMOVEN / FL-1000	2	-	-	100	
Sótano 1°	Gimnasio	Fancoil	TERMOVEN / CF20-4+2TFI	1	-	-	100	
Sótano 1°	Despachos	Fancoil	TERMOVEN / CF20-4+2F/D	1	-	-	100	
Sótano 1°	Ropero	Fancoil	TERMOVEN / CF20-4+2TFI	1	-	-	100	
Sótano 1°	Almacén	Fancoil	TERMOVEN / CF2074+2F/D	1	-	-	100	
Sótano 1°	Sala	Fancoil	TERMOVEN / CF30-4+2F/I	1	-	-	100	
Sótano 1°	Sala	Fancoil	TERMOVEN / CF30-4+2F/I	4	-	-	100	
Sótano 1°	Almacén	Fancoil	TERMOVEN / CF2074+2F/D	1	-	-	100	
Sótano 1°	Almacén	Fancoil	TERMOVEN / CF10+2F/D	1	-	-	100	
Semisótano	Laboratorio	Fancoil	TERMOVEN / CF30-4+2F/D	2	-	-	100	
	Varias	Split		33	-	-	50	
	Varias	Cassette		56	-	-	80	
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	DAIKIN	4	2.500	3,85	649	R410A
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	MITSUBISHI HEAVY IND	32	4.000	3,85	1.040	R410A
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	CARRIER	48	6.420	2,65	2.423	R22
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	MITSUBISHI ELECTRIC	7	7.900	2,78	2.842	R410A

## ANEXOS

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia térmica (W)	Rto.	Potencia eléctrica (W)	Refrig.
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	TOSHIBA	8	5.000	3,27	1.529	R410A
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	KAYSUN	2	6.450	2,50	2.580	R22
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	SAUNIER	1	3.500	3,61	970	R410A
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	TEMPSTAR	2	3.500	2,70	1.296	R410A
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	LG	1	5.200	3,47	1.499	R22
	Terraza / Fachada	Bomba de calor	FERROLI	2	3.500	3,24	1.080	R410A

Tabla 72. Equipos individuales de refrigeración

### 18.3. Inventario de equipos de agua caliente sanitaria

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)	Rto.	Capacidad (litros)
Sótano 1°	Sala de calderas	Caldera	ROCA NTD-500	1	700	0,88	400

Tabla 73. Equipo centralizado de generación de ACS

Planta	Estancia	Circuito	Marca / Modelo	Unid	Potencia eléctrica (W)
Sótano 1°	Sala Máquinas Frío	Secundario ACS	ITUR	3	3.200
Sótano 1°	Sala Máquinas Frío	Secundario ACS	ITUR	3	3.200

Tabla 74. Equipos de bombeo para ACS

## 18.4. Inventario de equipos de ventilación

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia motor impulsión (W)	Potencia motor retorno (W)
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2018/2	1	2.940	1.500
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2012/1	1	1.103	750
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2020/1	1	4.043	1.500
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2018/1	1	2.205	1.103
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2022/2	1	7.350	2.205
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2022/1	1	4.043	1.500
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2020/2	1	9.188	2.205
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2015/2	1	2.205	735
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	WOLF KG TOP 64W / 43W	12	4.000	1.500
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	WOLF KG TOP 43W	1	4.000	1.500
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	WOLF KG TOP 64W / 43W	1	4.000	1.500
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	WOLF KG TOP 130W / 96W	1	4.000	1.500

## ANEXOS

Planta	Estancia	Equipo	Marca / Modelo	Unid	Potencia motor impulsión (W)	Potencia motor retorno (W)
Cubierta	Terraza	UTA Aire Primario	TERMOVEN / CL-2007/2	2	1.470	750
Cubierta	Terraza	Extractor	FLORES VALLES / C-6	1	0	2.940
Cubierta	Terraza	Extractor	FLORES VALLES / C-35	1	0	1.470
Baja	Cocina	Extractor	TERMOVEN	1	0	1.000
Sótano 1°	Garaje	Extractor	TERMOVEN / TB-15	1	0	1.470
Sótano 2°	Garaje	Extractor	TERMOVEN / TB-30	1	0	5.513
Sótano 2°	Garaje	Extractor	TERMOVEN / TB-30	1	0	4.043
Sótano 2°	Garaje	Extractor	TERMOVEN / TB-30	1	0	7.350
Sótano 2°	Garaje	Extractor	TERMOVEN / TB-30	1	0	5.513

Tabla 75. Equipos de ventilación

## 18.5. Inventario de equipos varios

Estancia	Equipo	Unid	Potencia ON (W)	Potencia Stand-by (W)
Varias	Ordenador+LCD	310	100	17
Varias	Impresora mediana	70	350	7
Varias	Ascensor eléctrico	3	4.000	0
Varias	Montacargas	2	14.000	0
Grupo presión AS	Motor bomba 5 Kw.	4	9.100	0
Sala CPD	CPU servidor	1	60	13
Sala CPD	Servidor	1	150	0
Varias	CPD	6	150	0
Sala CPD	Red pública wifi	1	200	0
Sala CPD	Switch	1	10	0
Sala Transformadores	Transformador	4	640.000	0
Equipos médicos	Equipos médicos	1	60.000	0
Cocina	Equipos de cocina	1	55.000	0

Tabla 76. Equipos varios

## ANEXOS

### 18.6. Inventario de equipos de iluminación

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar
2	hab. Suite	Downlight	LED	8	1	7	Driver
2	hab. Suite	Downlight	LED	40	1	20	Driver
2	hab. Suite	-	LED	4	1	8	Driver
2	hab. Suite	-	LED	4	1	24	Driver
2	hab. Suite	-	LED	4	1	10	Driver
2	habitaciones	Downlight	LED	340	1	7	Driver
2	habitaciones	Downlight	LED	204	1	20	Driver
2	habitaciones	-	LED	136	1	8	Driver
2	habitaciones	-	LED	68	1	24	Driver
2	habitaciones	-	LED	68	1	10	Driver
2	zonas comunes	Downlight	LED	13	1	7	Driver
2	zonas comunes	Empotrada	LED	94	1	40	Driver
2	zonas comunes	Downlight	LED	1	1	14	Driver
2	zonas comunes	Downlight	LED	25	1	20	Driver
2	zonas comunes	-	LED	5	1	20	Driver
3	zona común y terraza	Downlight	LED	6	1	7	Driver
3	zona común y terraza	Empotrada	LED	51	1	40	Driver
3	zona común y terraza	Downlight	LED	16	1	14	Driver
3	zona común y terraza	Downlight	LED	21	1	20	Driver
3	zona común y terraza	-	LED	21	1	7	Driver

## ANEXOS

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar
3	zona común y terraza	-	LED	40	1	20	Driver
3	H. de día	Downlight	LED	14	1	7	Driver
3	H. de día	Empotrada	LED	29	1	40	Driver
3	H. de día	Downlight	LED	2	1	20	Driver
3	Consultas	Downlight	LED	4	1	14	Driver
3	Consultas	Downlight	LED	10	1	20	Driver
3	habitaciones mod 1	Downlight	LED	180	1	7	Driver
3	habitaciones mod 1	Downlight	LED	108	1	20	Driver
3	habitaciones mod 1	-	LED	72	1	8	Driver
3	habitaciones mod 1	-	LED	36	1	24	Driver
3	habitaciones mod 1	-	LED	36	1	10	Driver
3	habitaciones mod 2	Downlight	LED	55	1	7	Driver
3	habitaciones mod 2	Downlight	LED	33	1	20	Driver
3	habitaciones mod 2	-	LED	22	1	8	Driver
3	habitaciones mod 2	-	LED	22	1	24	Driver
3	habitaciones mod 2	-	LED	22	1	10	Driver
3	hab. Suite	Downlight	LED	8	1	7	Driver
3	hab. Suite	Downlight	LED	40	1	20	Driver
3	hab. Suite	-	LED	4	1	8	Driver
3	hab. Suite	-	LED	4	1	24	Driver
3	hab. Suite	-	LED	4	1	10	Driver
3	sala de reuniones	Downlight	LED	8	1	20	Driver
3	Escalera a semisótano	Downlight	LED	5	1	14	Driver

## ANEXOS

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar
3	Escalera a semisótano	Aplique	LED	10	1	10	Driver
-2	Garaje	-	LED	200	1	20	Driver
-1	Centro seccionamiento	-	LED	6	1	20	Driver
	escalera de 3pl a pl 0	-	LED	32	1	7	Driver
Baja	Exterior	Downlight	LED	2	1	7	Driver
Baja	Exterior	-	LED	48	1	7	Driver
Baja	Exterior	-	LED	4	1	20	Driver
Baja	Exterior	Proyector	LED	7	1	50	Driver
Baja	Exterior	Proyector	LED	19	1	30	Driver
Baja	Exterior	Downlight	LED	3	1	10	Driver
-2	Laboratorio	Empotrada	LED	66	1	40	Driver
-2	Laboratorio	Downlight	LED	2	1	14	Driver
-2	Laboratorio	Downlight	LED	6	1	20	Driver
-2	Laboratorio	-	LED	2	1	20	Driver
-2	Zonas comunes B	Downlight	LED	5	1	7	Driver
-2	Zonas comunes B	Empotrada	LED	33	1	40	Driver
-2	Zonas comunes B	Downlight	LED	1	1	20	Driver
-2	Zonas comunes B	-	LED	16	1	20	Driver
-2	Vestuario masculino	Downlight	LED	6	1	14	Driver
-2	Vestuario masculino	-	LED	10	1	20	Driver
-2	Vestuario masculino	Downlight	LED	2	1	7	Driver
-2	Vestuario masculino	Downlight	LED	8	1	14	Driver
-2	Vestuario masculino	-	LED	12	1	20	Driver
-2	Cocina	Empotrada	LED	54	1	40	Driver
-2	Cocina	Downlight	LED	1	1	20	Driver
-2	Cocina	-	LED	6	1	7	Driver
-2	Telerradiografía	Empotrada	LED	9	1	40	Driver

## ANEXOS

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar
-2	Telerradiografía	Downlight	LED	2	1	14	Driver
-2	Farmacia	Empotrada	LED	27	1	40	Driver
-2	Farmacia	Downlight	LED	6	1	20	Driver
-2	Farmacia	-	LED	16	1	24	Driver
-2	Farmacia	-	LED	2	1	20	Driver
-2	Capilla	Downlight	LED	3	1	7	Driver
-2	Capilla	Downlight	LED	14	1	14	Driver
-2	Comedor	Downlight	LED	2	1	7	Driver
-2	Comedor	Empotrada	LED	8	1	40	Driver
-2	Comedor	Downlight	LED	10	1	20	Driver
-2	Lencería	Empotrada	LED	8	1	40	Driver
-2	Lencería	-	LED	4	1	10	Driver
-2	Talleres	Empotrada	LED	28	1	40	Driver
-2	Talleres	Downlight	LED	2	1	20	Driver
-2	Talleres	-	LED	61	1	20	Driver
-2	Sala de gases	-	LED	16	1	20	Driver
-2	Esterilización	Downlight	LED	1	1	14	Driver
-2	Esterilización	-	LED	12	1	24	Driver
-2	Esterilización	-	LED	14	1	20	Driver
-2	Cuadros Generales	-	LED	13	1	20	Driver
-2	Grupos	-	LED	4	1	7	Driver
-2	Grupos	-	LED	21	1	20	Driver
-2	Sala frío y calor	-	LED	8	1	20	Driver
-2	Escalera sala de máquinas	Aplique	LED	4	1	10	Driver
-2	Electrofisiología	Downlight	LED	9	1	7	Driver
-2	Electrofisiología	Empotrada	LED	7	1	40	Driver
-2	Electrofisiología	Downlight	LED	41	1	20	Driver
-1	Paritorio	Empotrada	LED	6	1	40	Driver
-1	Paritorio	Downlight	LED	12	1	20	Driver
-1	Consultas pediatra	Empotrada	LED	4	1	40	Driver
-1	Consultas pediatra	Downlight	LED	11	1	20	Driver

## ANEXOS

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar
-1	Zonas comunes	Downlight	LED	3	1	7	Driver
-1	Zonas comunes	Empotrada	LED	84	1	40	Driver
-1	Zonas comunes	Downlight	LED	14	1	20	Driver
-1	Rayos	Empotrada	LED	2	1	40	Driver
-1	Rayos	Downlight	LED	28	1	14	Driver
-1	Rayos	Downlight	LED	40	1	20	Driver
-1	Tac	Downlight	LED	8	1	7	Driver
-1	Tac	Downlight	LED	18	1	20	Driver
-1	Tac	Downlight	LED	4	1	8	Driver
-1	Resonancia	Downlight	LED	1	1	7	Driver
-1	Resonancia	Empotrada	LED	2	1	40	Driver
-1	Urgencias	Downlight	LED	31	1	7	Driver
-1	Urgencias	Empotrada	LED	55	1	40	Driver
-1	Urgencias	Downlight	LED	4	1	20	Driver
-1	Quirófanos	Downlight	LED	2	1	7	Driver
-1	Quirófanos	Empotrada	LED	12	1	40	Driver
-1	Quirófanos	Downlight	LED	167	1	20	Driver
-1	Quirófanos	-	LED	237	1	20	Driver
-1	Quirófanos	-	LED	0	1	20	Driver
-1	Quirófanos	Downlight	LED	4	1	8	Driver
-1	UCI	Downlight	LED	140	1	20	Driver
-1	UCI	Downlight	LED	16	1	7	Driver
-1	Escalera hall o sótano 2	Downlight	LED	2	1	14	Driver
-1	Escalera hall o sótano 3	Aplique	LED	7	1	10	Driver
-1	Salón de actos	Downlight	LED	34	1	20	Driver
-1	Hemodinámica y angio	Downlight	LED	16	1	7	Driver
-1	Hemodinámica y angio	Downlight	LED	2	1	14	Driver
-1	Hemodinámica y angio	Downlight	LED	24	1	20	Driver
-1	Dirección	Downlight	LED	8	1	7	Driver
-1	Dirección	Empotrada	LED	66	1	40	Driver
-1	Dirección	Downlight	LED	22	1	20	Driver

## ANEXOS

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar
-1	Endoscopia	Downlight	LED	4	1	7	Driver
-1	Endoscopia	Empotrada	LED	9	1	40	Driver
-1	Endoscopia	Downlight	LED	16	1	20	Driver
Baja	Hall principal	Downlight	LED	59	1	7	Driver
Baja	Hall principal	Empotrada	LED	12	1	40	Driver
Baja	Hall principal	Downlight	LED	45	1	20	Driver
Baja	zonas comunes	Downlight	LED	11	1	7	Driver
Baja	zonas comunes	Empotrada	LED	75	1	40	Driver
Baja	zonas comunes	Downlight	LED	16	1	20	Driver
Baja	zonas comunes		LED	6	1	20	Driver
Baja	Quiosco	Downlight	LED	6	1	7	Driver
Baja	Quiosco	Downlight	LED	2	1	14	Driver
Baja	Consultas	Empotrada	LED	51	1	40	Driver
Baja	Consultas	Downlight	LED	18	1	20	Driver
Baja	Cafetería	Downlight	LED	87	1	7	Driver
Baja	Cafetería	Empotrada	LED	2	1	40	Driver
Baja	Cafetería	Downlight	LED	16	1	20	Driver
Baja	Habitaciones mod 1	Downlight	LED	135	1	7	Driver
Baja	Habitaciones mod 2	Downlight	LED	81	1	20	Driver
Baja	Habitaciones mod 3	-	LED	54	1	8	Driver
Baja	Habitaciones mod 4	-	LED	54	1	24	Driver
Baja	Habitaciones mod 5	-	LED	54	1	10	Driver
Baja	Habitaciones mod 2	Downlight	LED	4	1	7	Driver
Baja	Habitaciones mod 3	Downlight	LED	10	1	20	Driver
Baja	Habitaciones mod 4	-	LED	2	1	8	Driver
Baja	Habitaciones mod 5	-	LED	2	1	24	Driver
Baja	Habitaciones mod 6	-	LED	2	1	10	Driver
Baja	Nido	Downlight	LED	2	1	7	Driver

## ANEXOS

Planta	Estancia	Tipo Luminaria	Tipo Lámpara	Nº lum	Lámp por grupo	Pot. lámp (W)	Tipo equipo auxiliar
Baja	Nido	Empotrada	LED	8	1	40	Driver
Baja	Nido	Downlight	LED	4	1	20	Driver
Baja	Nido	-	LED	1	1	20	Driver
Baja	Zona VIP	Empotrada	LED	3	1	40	Driver
Baja	Zona VIP	Downlight	LED	1	1	14	Driver
Baja	Zona VIP	Downlight	LED	4	1	20	Driver
Baja	Reproducción asistida	Empotrada	LED	35	1	40	Driver
Baja	Reproducción asistida	Downlight	LED	36	1	20	Driver
Baja	Sala de juntas	Downlight	LED	36	1	20	Driver
1	Hab. Suite	Downlight	LED	8	1	7	Driver
1	Hab. Suite	Downlight	LED	40	1	20	Driver
1	Hab. Suite	-	LED	4	1	8	Driver
1	Hab. Suite	-	LED	4	1	24	Driver
1	Hab. Suite	-	LED	4	1	10	Driver
1	Habitaciones	Downlight	LED	340	1	7	Driver
1	Habitaciones	Downlight	LED	204	1	20	Driver
1	Habitaciones	-	LED	136	1	8	Driver
1	Habitaciones	-	LED	68	1	24	Driver
1	Habitaciones	-	LED	68	1	10	Driver
1	Zonas. Comunes	Downlight	LED	13	1	7	Driver
1	Zonas. Comunes	Empotrada	LED	94	1	40	Driver
1	Zonas. Comunes	Downlight	LED	1	1	14	Driver
1	Zonas. Comunes	Downlight	LED	25	1	20	Driver
1	Zonas. Comunes	-	LED	5	1	20	Driver

Tabla 77. Equipos de iluminación

