



**Universidad  
Europea** CANARIAS

# **Trabajo Fin de Máster**

Análisis de la Eficiencia Energética de un Centro Sociosanitario:

Auditoría, Tarifación y Certificación

Autora

Ángela Sanz Hernández

Director/es

Loic Revuelta Luis

Escuela de Arquitectura

12/09/2025

## ÍNDICE

RESUMEN.....	VI
ABSTRACT .....	VII
1    Introducción .....	1
2    Antecedentes y alcance .....	2
3    Metodología .....	3
4    Marco teórico y normativo.....	4
4.1    Conceptos clave: eficiencia energética, energías renovables y sostenibilidad	4
4.2    Auditorías energéticas.....	5
4.3    Certificación energética de edificios: CTE, RD 390/2021 .....	6
4.4    Legislación aplicable a residencias de mayores .....	7
4.5    Tarifación energética en España: tipos de contratos y precios regulados.....	7
5    Justificación y alcance.....	8
6    Objetivos generales y específicos.....	9
7    Análisis y resultados .....	10
7.1    Descripción del edificio y su uso.....	10
7.1.1    Ubicación y entorno .....	10
7.2    Características arquitectónicas y constructivas .....	11
7.2.1    Envolvente térmica.....	11
7.2.2    Orientación y diseño bioclimático .....	12
7.2.3    Implicaciones para la auditoría energética .....	13
7.3    Descripción de los sistemas existentes .....	13
7.4    Perfil de uso y demanda energética de la residencia.....	15
7.5    Auditoría energética .....	16
7.5.1    Recopilación y análisis de datos (consumos, facturas, hábitos de uso).	16
7.5.2    Medidas y monitorización .....	17
7.5.3    Diagnóstico energético actual .....	18
7.5.4    Indicadores de eficiencia energética .....	19
7.6    Estudio de tarifación energética.....	20
7.6.1    Análisis de la tarifa actual contratada .....	22
7.6.2    Comparativa con otras opciones de contratación .....	23

7.6.3	Recomendaciones de optimización del coste energético .....	28
7.7	Instalación fotovoltaica .....	29
7.7.1	Dimensionado del sistema fotovoltaico .....	29
7.8	Componentes de la instalación fotovoltaica .....	33
7.8.1	Estudio económico de instalación de autoconsumo .....	35
7.9	Instalación fotovoltaica con baterías .....	36
7.9.1	Batería Virtual .....	37
7.9.2	Batería Física .....	38
7.10	Certificación energética y ambiental .....	40
7.10.1	Procedimiento de certificación energética .....	40
7.10.2	Resultados antes y después de las mejoras .....	41
7.10.3	Proceso de certificación ambiental (criterios seleccionados, puntuación) 42	
7.10.4	Conclusión del impacto ambiental .....	44
7.11	Evaluación económica y financiera .....	45
7.11.1	Coste total de implementación de medidas .....	45
7.11.2	Estimación de ahorro energético y económico .....	45
7.11.3	Análisis de viabilidad técnica y económica (TIR, VAN, periodo de retorno) 46	
8	Conclusiones y propuestas de mejora .....	47
8.1	Conclusiones generales del trabajo .....	47
8.2	Medidas pasivas .....	48
8.3	Medidas activas .....	48
9	Bibliografía .....	1

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 4-1: Esquema de la metodología aplicada. Fuente: Elaboración propia.....	4
Figura 6-1 Ubicación y vista 3D de la residencia San Miguel Arcángel. Fuente: Catastro. .....	11
Figura 6-2 Climatización a partir de caldera de gasoil. Fuente: Elaboración propia.....	14
Figura 6-3 Tarifa TD 3.0 distribuida en 6 periodos. Fuente: Sociedad corporativa la corriente. ....	15
Figura 8-1 Consumo mensual de la residencia. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 8-2 Consumo horario de la residencia. Fuente: Elaboración propia.....	21
Figura 8-3 Comparativa de costes de tarifa según mes. Fuente: Elaboración propia. ..	29
Figura 9-1 Comparación Generación vs Consumo. Fuente: Elaboración propia. ....	30
Figura 9-2Módulo fotovoltaico. Fuente: Trina Solar. ....	34
Figura 9-3 Inversor. Fuente: Solis. ....	35
Figura 11-1 Certificación energética. Fuente: Antena 3.....	42
Figura 11-2 Certificación ambiental. Fuente: Hempcrete. ....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 6-1 Coordenadas de la residencia. Fuente: Elaboración propia.....	11
Tabla 6-2 Resumen características de orientación y bioclimáticas. Fuente: Elaboración propia.....	13
Tabla 6-3 Resumen sistemas existentes. Fuente: Elaboración propia.....	14
Tabla 7-1 Datos caldera gasoil. Fuente: Ferroli. ....	16
Tabla 7-2 Indicadores de eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia. ....	20
Tabla 8-1 Precio por periodo para la tarifa actual. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 8-2 Coste por mes según consumo tarifa actual. Fuente: Elaboración propia. ...	22
Tabla 8-3 Coste por mes según consumo tarifa Endesa. Fuente: Elaboración propia... 24	
Tabla 8-4 Coste por mes según consumo tarifa Iberdrola. Fuente: Elaboración propia. ....	24
Tabla 8-5 Precio por periodo tarifa Total Energies. Fuente: Elaboración propia.....	25
Tabla 8-6 Coste por mes según consumo tarifa Total Energies. Fuente: Elaboración propia.....	25
Tabla 8-7 Precio por periodo tarifa Repsol. Fuente: Elaboración propia.....	26
Tabla 8-8 Coste por mes según consumo tarifa Repsol. Fuente: Elaboración propia. ...	27
Tabla 8-9 Coste por mes según consumo PVPC. Fuente: Elaboración propia. ....	28
Tabla 9-1 Generación y consumo por mes. Fuente: Elaboración propia. ....	30
Tabla 9-2 Datos de la instalación fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia.....	31
Tabla 9-3 Distribución de la energía con la instalación FV. Fuente: Elaboración propia. ....	32
Tabla 9-4 Datos de los módulos fotovoltaicos. Fuente: Elaboración propia. ....	33
Tabla 9-5 Datos del inversor. Fuente: Elaboración propia.....	34
Tabla 9-6 Estudio económico. Fuente: Elaboración propia.....	35
Tabla 10-1 Precio por periodo de tarifa con batería virtual. Fuente: Elaboración propia. ....	37
Tabla 10-2 Coste por mes según consumo tarifa batería virtual. Fuente: Elaboración propia.....	37
Tabla 10-3 Consumos con respecto a la instalación de una batería física. Fuente: Elaboración propia.....	39
Tabla 10-4 Coste por mes según consumo tarifa batería física. Fuente: Elaboración propia.....	40
Tabla 11-1 Certificación energética. Fuente: Elaboración propia. ....	42

Tabla 11-2 Estimación de puntuación en criterios ambientales. Fuente: Elaboración propia.....	43
Tabla 12-1 Análisis de viabilidad técnica y económica. Fuente: Elaboración propia.....	46

## RESUMEN

El presente Trabajo Fin de Máster aborda la evaluación de la eficiencia energética en la Residencia de Mayores *San Miguel Arcángel* (Arévalo, Ávila), con el fin de identificar oportunidades de mejora técnica, económica y ambiental que permitan avanzar hacia un modelo de gestión energética más sostenible.

La metodología aplicada se basa en la realización de una auditoría energética documental, complementada con el análisis de la tarificación eléctrica, el estudio de viabilidad de una instalación fotovoltaica y la evaluación de la certificación energética y ambiental del edificio. Para ello se recopilaban datos de consumos eléctricos y térmicos, características constructivas, sistemas instalados y hábitos de uso, que sirvieron de base para establecer un diagnóstico energético y plantear propuestas de optimización.

El diagnóstico reveló que el edificio presenta una envolvente térmica deficiente, carente de aislamiento en muros y cubierta, y con carpinterías obsoletas que generan importantes pérdidas energéticas. Asimismo, la dependencia de una caldera de gasóleo para calefacción y ACS, junto con el uso de propano en cocina y un alumbrado mayoritariamente convencional, sitúan al centro en un nivel bajo de eficiencia, con elevados costes de operación y una significativa huella de carbono.

El estudio tarifario puso de manifiesto que la tarifa contratada en la actualidad no es la más ventajosa, identificándose la modalidad PVPC como la opción económicamente más favorable. Por su parte, la propuesta de instalación fotovoltaica de 47 kWp mostró una cobertura del 89 % del consumo eléctrico anual y una reducción notable de emisiones, con un periodo de retorno aceptable y posibilidad de mejora mediante sistemas de almacenamiento.

Las medidas de mejora propuestas incluyen actuaciones pasivas, como la rehabilitación de la envolvente y la sustitución de carpinterías, y activas, como la modernización de sistemas térmicos, la sustitución de iluminación por tecnología LED y la implementación de un sistema de monitorización energética. En conjunto, estas medidas permiten reducir de manera significativa la demanda energética, optimizar el coste de explotación y mejorar la calificación energética y ambiental del edificio.

En conclusión, el estudio demuestra que la residencia dispone de un alto potencial de mejora energética y de reducción de emisiones, alcanzable mediante una estrategia integrada que combine intervenciones pasivas, activas y de gestión. La aplicación de estas medidas no solo contribuiría a la sostenibilidad del centro, sino que también garantizaría un mayor confort para los residentes y reforzaría el compromiso del sector sociosanitario con la transición energética.

**Palabras clave:** Eficiencia energética; Auditoría energética; Tarificación eléctrica; Certificación energética; Instalación fotovoltaica; Energías renovables; Residencia sociosanitaria; Sostenibilidad.

## ABSTRACT

This Master's Thesis addresses the assessment of energy efficiency at the San Miguel Arcángel Nursing Home (Arévalo, Ávila), with the aim of identifying opportunities for technical, economic and environmental improvement that will enable progress towards a more sustainable energy management model.

The methodology applied is based on conducting a documentary energy audit, complemented by an analysis of electricity pricing, a feasibility study for a photovoltaic installation and an assessment of the building's energy and environmental certification. To this end, data was collected on electricity and heat consumption, construction characteristics, installed systems and usage habits, which served as the basis for establishing an energy diagnosis and proposing optimisation measures.

The diagnosis revealed that the building has a poor thermal envelope, lacking insulation in the walls and roof, and with obsolete carpentry that generates significant energy losses. Furthermore, the dependence on a diesel boiler for heating and hot water, together with the use of propane in the kitchen and mostly conventional lighting, meant that the centre had low efficiency, high operating costs and a significant carbon footprint.

The tariff study revealed that the current contracted tariff is not the most advantageous, identifying the PVPC modality as the most economically favourable option. For its part, the proposed 47 kWp photovoltaic installation showed 89% coverage of annual electricity consumption and a significant reduction in emissions, with an acceptable payback period and the possibility of improvement through storage systems.

The proposed improvement measures include passive actions, such as the refurbishment of the building envelope and the replacement of carpentry, and active actions, such as the modernisation of thermal systems, the replacement of lighting with LED technology and the implementation of an energy monitoring system. Taken together, these measures significantly reduce energy demand, optimise operating costs and improve the building's energy and environmental rating.

In conclusion, the study shows that the residence has high potential for energy improvement and emissions reduction, achievable through an integrated strategy combining passive, active and management interventions. The implementation of these measures would not only contribute to the sustainability of the centre, but would also ensure greater comfort for residents and reinforce the social and healthcare sector's commitment to the energy transition.

**Keywords:** Energy efficiency; Energy audit; Electricity pricing; Energy certification; Photovoltaic installation; Renewable energy; Social and healthcare residence; Sustainability.



## 1 Introducción

La eficiencia energética ha pasado a ocupar un lugar central en la gestión técnica de los edificios, impulsada por el encarecimiento de los recursos, la creciente preocupación ambiental y los objetivos marcados por la transición energética. En este escenario, evaluar y optimizar el consumo energético no solo representa una oportunidad para reducir costes operativos, sino también una forma eficaz de disminuir la huella ambiental de las organizaciones. (Organización Internacional de Normalización (ISO), 2018). Esta visión cobra especial importancia en el sector sociosanitario, donde la continuidad del servicio, las exigencias de confort térmico y los largos periodos de funcionamiento generan una demanda energética constante y significativa (Programa Energías., 2019).

Dentro de este tipo de instalaciones, las residencias de mayores presentan un perfil de uso particularmente intensivo. La necesidad de mantener condiciones interiores estables durante todo el año, junto con el elevado grado de ocupación, convierte a estos centros en espacios de alto consumo energético. A su vez, la naturaleza del servicio prestado hace imprescindible que las actuaciones sobre eficiencia energética sean compatibles con los estándares de habitabilidad, seguridad y confort que requieren los residentes (Sanz Moreno, 2024).

En este contexto, las auditorías energéticas se configuran como una herramienta técnica de gran valor. Su función principal es proporcionar una imagen detallada y cuantificable del comportamiento energético de una instalación, permitiendo detectar consumos anómalos, pérdidas de rendimiento o ineficiencias en los sistemas. A partir de este diagnóstico, es posible establecer un conjunto de medidas de mejora que contribuyan a reducir el consumo total de energía y optimizar el funcionamiento de las instalaciones, sin comprometer las condiciones de uso del edificio (LaDWP., 2022).

Además del análisis del consumo, las auditorías facilitan la planificación energética a medio y largo plazo, ayudando a priorizar inversiones y a valorar el impacto ambiental y económico de cada medida propuesta. En entornos como las residencias sociosanitarias, donde el confort de los usuarios es prioritario, estas auditorías también permiten equilibrar los objetivos técnicos con los requerimientos funcionales del edificio. De este modo, se convierten en una base sólida para desarrollar una estrategia energética sostenible, alineada con los criterios de eficiencia, responsabilidad ambiental y mejora continua (Programa Energías., 2019).

El presente trabajo aborda el análisis energético de una residencia de mayores a partir de una auditoría simulada, con el objetivo de identificar posibles mejoras, estimar su viabilidad técnica y económica, y valorar su impacto ambiental. A través de esta aproximación, se pretende contribuir al diseño de un modelo de gestión energética más eficiente, adaptable a las características reales del edificio y sensible a las necesidades específicas de su uso.

## 2 Antecedentes y alcance

En las últimas décadas, la eficiencia energética ha adquirido una relevancia creciente en la gestión de edificios, impulsada por la crisis climática, el encarecimiento de los recursos y las políticas internacionales de descarbonización. Organismos como la Agencia Internacional de la Energía (IEA, 2021) y la Comisión Europea (Directiva 2012/27/UE y sucesivas revisiones) han destacado que el sector de la edificación concentra cerca del 40 % del consumo energético total en Europa y es responsable de alrededor del 36 % de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas. Estos datos sitúan a los edificios como un ámbito prioritario de actuación para alcanzar los objetivos de neutralidad climática establecidos en el Pacto Verde Europeo (Diario Oficial de la Unión Europea, 2012).

En este contexto, las auditorías energéticas se han consolidado como una herramienta esencial para diagnosticar el comportamiento energético de instalaciones, identificar ineficiencias y plantear planes de mejora. Diversos autores han señalado su eficacia como instrumento de planificación y gestión. Así, subrayan que las auditorías permiten no solo cuantificar el consumo, sino también priorizar intervenciones según su rentabilidad económica y ambiental. De igual modo, resaltan la necesidad de integrarlas en procesos de certificación energética para garantizar una visión completa del rendimiento de los edificios.

Particularmente, el sector sociosanitario presenta unas características singulares que justifican la importancia de estudios específicos. Las residencias de mayores se caracterizan por un uso intensivo, una alta demanda de confort térmico y un funcionamiento continuo, lo que genera un perfil de consumo energético elevado y estable a lo largo del año. Estudios han demostrado que las residencias geriátricas muestran un potencial de ahorro energético especialmente alto, derivado de la obsolescencia de muchas de sus instalaciones y de la dificultad de compatibilizar la eficiencia con los estrictos estándares de habitabilidad y confort (Primagas. (s. f.), n.d.).

En España, la situación se enmarca además en un contexto normativo que ha evolucionado significativamente en los últimos años. El Código Técnico de la Edificación (CTE, DB-HE), el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) y el Real Decreto 390/2021 sobre certificación energética de edificios establecen criterios mínimos para la eficiencia en edificación y obligan a incorporar renovables en ciertos supuestos. Sin embargo, las residencias sociosanitarias, al tratarse en su mayoría de edificios construidos antes de estas normativas, presentan notables deficiencias en su envolvente térmica y en la eficiencia de sus instalaciones (M. de T. M. y A. Urbana. Gobierno de España, 2019)(M. de I. E. y Turismo. Gobierno de España, 2007).

La literatura científica también ha señalado la importancia de integrar en este tipo de estudios el análisis económico y la viabilidad financiera de las medidas propuestas. Destacan que la adopción de tecnologías renovables en edificios sociosanitarios resulta viable siempre que se combinen con estrategias de optimización tarifaria y con medidas pasivas de rehabilitación. En la misma línea, subrayan que la transición hacia modelos

energéticos sostenibles requiere un enfoque integral que combine medidas pasivas, activas y de gestión, adaptadas a las condiciones reales de cada edificio.

En este marco, el presente trabajo se justifica como una contribución aplicada al estudio de la eficiencia energética en residencias de mayores en España. A diferencia de estudios generales sobre edificación terciaria, este TFM profundiza en el caso de un centro sociosanitario concreto, aplicando una auditoría energética simulada, un análisis tarifario comparativo y una evaluación de medidas de mejora, con el objetivo de aportar una hoja de ruta realista, técnica y económicamente viable.

### 3 Metodología

La metodología que se aplicará en este trabajo combinará el análisis técnico de la información disponible con la simulación de escenarios de mejora, siguiendo un enfoque sistemático basado en los principios fundamentales de una auditoría energética. El estudio se estructurará en varias fases consecutivas, desde la recopilación y evaluación de datos hasta la elaboración de propuestas concretas de optimización, siempre adaptadas a las condiciones de un edificio sociosanitario con uso residencial permanente.

En primer lugar, se llevará a cabo una recopilación de datos cualitativos y cuantitativos del edificio, incluyendo características constructivas, superficies, orientación, tipo de cerramientos, sistemas de climatización, producción de ACS, iluminación e instalaciones auxiliares. En los casos donde no se disponga de datos reales, se realizarán estimaciones razonadas siguiendo criterios técnicos y contrastados.

Posteriormente, se realizará un análisis energético del estado actual del edificio, definiendo una línea base de consumo. Se procesarán datos mensuales y anuales estimados de consumo eléctrico, diferenciados por usos principales. Este análisis permitirá identificar los focos de mayor demanda energética y evaluar el rendimiento estimado de las instalaciones. Asimismo, se examinará la tarifa eléctrica contratada, con el fin de valorar su adecuación al perfil de consumo del centro y proponer cambios orientados a la optimización del coste.

Con la información obtenida, se procederá al planteamiento de medidas de mejora energética, considerando intervenciones tanto pasivas como activas. Entre ellas se contemplarán actuaciones sobre la envolvente térmica, la renovación de equipos de climatización y ACS, la mejora del sistema de iluminación, y la incorporación de energías renovables, especialmente mediante la posible instalación de un sistema solar fotovoltaico para autoconsumo.

Cada propuesta será evaluada mediante una estimación del ahorro energético, económico y ambiental y calculando indicadores clave como el periodo de retorno de la inversión, la reducción estimada de emisiones de CO<sub>2</sub> y el efecto sobre la calificación energética del edificio.

Finalmente, se estructurará un conjunto de resultados comparables para facilitar la priorización de las medidas propuestas, teniendo en cuenta tanto la eficiencia técnica como la viabilidad práctica, el coste asociado y el impacto sobre el confort y la funcionalidad del edificio.

Para el desarrollo del trabajo se prevé el uso de las siguientes herramientas:

- Microsoft Excel, para el tratamiento de datos, cálculos energéticos y modelización económica.
- PVGIS, para obtener datos de producción fotovoltaica en función de la localización del edificio.
- Factores de emisión oficiales, provenientes de fuentes reconocidas como el IDAE, el IPCC o bases de datos internacionales.

El enfoque metodológico planteado busca garantizar un análisis riguroso y realista, orientado a formular soluciones energéticamente eficientes y adaptadas a las particularidades de una residencia de mayores, priorizando el equilibrio entre sostenibilidad, viabilidad técnica y confort.



Figura 3-1: Esquema de la metodología aplicada. Fuente: Elaboración propia.

## 4 Marco teórico y normativo

En el presente capítulo se proporcionan los fundamentos teóricos necesarios para contextualizar la auditoría energética dentro de los principios generales de la eficiencia energética, el uso de energías renovables y la sostenibilidad. Asimismo, se ofrecerá una visión general del marco normativo que respalda y orienta este tipo de estudios, con el fin de establecer un punto de partida riguroso para el análisis técnico posterior.

### 4.1 Conceptos clave: eficiencia energética, energías renovables y sostenibilidad

La eficiencia energética hace referencia al uso racional de la energía para obtener los mismos servicios o resultados con un menor consumo. En el ámbito de los edificios, esto se traduce en lograr niveles adecuados de confort térmico, iluminación y funcionalidad mediante sistemas que reduzcan al máximo las pérdidas energéticas y aprovechen de manera óptima los recursos disponibles. El concepto de eficiencia no implica únicamente reducir el consumo, sino también optimizar la relación entre la energía utilizada y el servicio prestado (EDP Energía., 2021).

Las energías renovables, por su parte, son aquellas fuentes energéticas que se obtienen de recursos naturales capaces de regenerarse de forma continua. Su aprovechamiento,

especialmente en el entorno construido, permite reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero. En el caso concreto de los edificios, las tecnologías más comunes incluyen la energía solar fotovoltaica, solar térmica, geotermia y, en menor medida, minieólica y biomasa (Finques Dueñas. (s. f.), n.d.).

La sostenibilidad energética representa una visión integradora que no solo busca la eficiencia y el uso de fuentes limpias, sino también la compatibilidad de estas acciones con el bienestar social, la viabilidad económica y el respeto al entorno. Aplicada a los edificios, implica diseñar, gestionar y mantener espacios que reduzcan su huella ecológica, promuevan un uso responsable de los recursos y se adapten a los retos del cambio climático. Este enfoque cobra especial importancia en sectores sensibles como el sociosanitario, donde la gestión energética debe garantizar tanto la continuidad del servicio como el confort de los usuarios (Dök Mimarlık. (s. f.), n.d.).

El cruce de estos tres conceptos —eficiencia, renovables y sostenibilidad— constituye la base sobre la que se sustenta este trabajo. A través de la auditoría energética se busca evaluar en qué medida el edificio objeto de estudio se aproxima a este modelo, y qué actuaciones pueden implementarse para avanzar en esa dirección de forma técnica, económicamente viable y adaptada a su uso real.

## 4.2 Auditorías energéticas

El análisis energético de edificios, y en particular la realización de auditorías energéticas se encuentra respaldado por un marco normativo amplio que establece criterios técnicos, metodológicos y de calidad. Estas normativas no solo garantizan la homogeneidad en la evaluación del rendimiento energético, sino que también fomentan la implementación de mejoras que contribuyan a la sostenibilidad del parque edificado. En el contexto español y europeo, estas disposiciones están alineadas con los objetivos de reducción de emisiones, eficiencia en el uso de recursos y transición hacia un modelo energético más limpio (Boletín Oficial del Estado, 2021).

Aunque el presente trabajo no se orienta al cumplimiento regulatorio estricto, se toma como referencia este marco para asegurar la coherencia técnica de la auditoría propuesta.

Las principales normativas y documentos técnicos de referencia son las siguientes:

- **Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo:** relativa a la eficiencia energética, establece medidas comunes para promover la eficiencia dentro de la Unión Europea.
- **Real Decreto 56/2016,** de 12 de febrero: transpone parcialmente la directiva anterior al marco español y regula la obligación de realizar auditorías energéticas, así como los requisitos para proveedores y servicios energéticos.
- **Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HE – Ahorro de Energía:** establece los requisitos mínimos de eficiencia energética para edificios

- nuevos y rehabilitados, incluyendo el uso de energías renovables y la limitación de demanda.
- **Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE):** regula el diseño, instalación, inspección y mantenimiento de los sistemas térmicos de los edificios, promoviendo la eficiencia energética de las instalaciones.
  - **Real Decreto 390/2021** regula el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios en España. Establece requisitos, metodología y obligaciones para mejorar el rendimiento energético del parque inmobiliario.

### 4.3 Certificación energética de edificios: CTE, RD 390/2021

La certificación energética de edificios es una herramienta técnico-informativa que permite valorar de forma objetiva el comportamiento energético de un inmueble. Más allá de su función reguladora, constituye un instrumento de diagnóstico que facilita la toma de decisiones en el diseño, uso, rehabilitación o gestión de los edificios, ya que refleja el grado de eficiencia energética asociado tanto a su envolvente como a sus sistemas de climatización, iluminación y producción de agua caliente sanitaria (Estudio P&D., 2021).

Desde un enfoque teórico, la certificación energética se basa en el cálculo de indicadores normalizados que permiten comparar diferentes edificios bajo un mismo criterio. Esta evaluación se traduce en una etiqueta energética, similar a la utilizada en electrodomésticos, donde se asigna una calificación (de la A a la G) en función del nivel de eficiencia alcanzado. Esta escala facilita la comprensión para usuarios no técnicos, al mismo tiempo que constituye una referencia técnica útil para profesionales del sector (International Energy Agency (IEA), 2021).

En el contexto español, esta herramienta se articula normativamente a través del Real Decreto 390/2021, que establece el procedimiento básico de certificación energética de los edificios. Este reglamento no solo unifica criterios de cálculo, sino que también promueve el uso de herramientas reconocidas y datos objetivos para garantizar la consistencia del proceso evaluador. Paralelamente, el Código Técnico de la Edificación (CTE) —en particular su Documento Básico HE "Ahorro de Energía"— establece las exigencias mínimas que deben cumplir los edificios nuevos o rehabilitados, ofreciendo el marco técnico sobre el que se fundamenta gran parte de la certificación energética (M. de T. M. y A. Urbana. Gobierno de España, 2019).

Desde el punto de vista conceptual, la certificación no debe entenderse únicamente como una obligación legal, sino como una oportunidad para visibilizar el comportamiento energético del parque edificatorio, detectar oportunidades de mejora y fomentar una cultura de eficiencia. En este sentido, su inclusión en procesos como auditorías energéticas, rehabilitación de edificios o gestión patrimonial representa una herramienta estratégica para avanzar hacia un modelo más sostenible, transparente y eficiente en el uso de la energía.



#### 4.4 Legislación aplicable a residencias de mayores

Las residencias de mayores, como edificaciones del ámbito sociosanitario, están sujetas a la normativa general de edificación y eficiencia energética, sin contar con una regulación específica en esta materia. No obstante, deben cumplir con el Código Técnico de la Edificación (CTE), en particular el Documento Básico HE, que establece criterios mínimos de ahorro de energía, aislamiento térmico y uso de renovables.

Asimismo, las instalaciones térmicas se rigen por el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), que regula aspectos clave como el diseño, mantenimiento e inspección de los sistemas de climatización, ventilación y ACS, promoviendo la eficiencia y el uso de tecnologías más limpias.

En paralelo, algunas comunidades autónomas establecen requisitos técnicos específicos en normativa sectorial sociosanitaria, especialmente relacionados con el confort térmico y la calidad ambiental interior, factores que afectan directamente a la demanda energética de estos edificios. Por ello, cualquier medida de mejora debe considerar tanto la normativa técnica como las condiciones funcionales propias del uso asistencial.

#### 4.5 Tarifación energética en España: tipos de contratos y precios regulados

En el sistema eléctrico español, los consumidores pueden acceder a dos modalidades principales de contratación: el mercado regulado (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor, PVPC) y el mercado libre, donde las comercializadoras ofrecen tarifas personalizadas. Los grandes consumidores o aquellos con potencias contratadas elevadas, como es habitual en edificios terciarios o sociosanitarios, suelen estar acogidos al mercado libre, con estructuras tarifarias adaptadas a su perfil de demanda (Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC)., 2025).

Las tarifas eléctricas aplicables a consumidores de alta o media tensión, así como a aquellos usuarios conectados en baja tensión con una potencia contratada superior a 15 kW, presentan una estructura diferenciada en función de los periodos horarios de consumo. En este marco, se establece la tarifa de acceso 3.0TD, diseñada para suministros de carácter intensivo y continuo, como los que corresponden a edificios terciarios, centros sociosanitarios o instalaciones con elevada demanda energética (Diario AS., 2021).

La particularidad de la tarifa 3.0TD es que contempla seis periodos tarifarios (P1 a P6) tanto para la energía como para la potencia contratada, distribuidos a lo largo del día y de las estaciones del año en función de los patrones de demanda del sistema eléctrico nacional. De este modo, los periodos P1, P2 y P3 concentran los precios más elevados, coincidiendo con las horas de mayor consumo global en el sistema, mientras que los periodos P4, P5 y especialmente P6 corresponden a franjas horarias de menor saturación de la red, en las que el coste unitario del kWh se reduce de manera considerable (Atlas Energía., 2025).

Este esquema responde a un principio fundamental de la gestión de la demanda: trasladar señales económicas al consumidor para incentivar el desplazamiento de consumos hacia horas de menor precio, contribuyendo así al equilibrio entre generación y demanda, a la reducción de picos de carga y, en última instancia, a la estabilidad del sistema eléctrico. En la práctica, esta estructura tarifaria ofrece a las organizaciones la posibilidad de optimizar su factura energética mediante una adecuada programación de sus consumos y una correcta elección de la potencia contratada en cada periodo.

En el caso de instalaciones con funcionamiento prácticamente continuo, como las residencias de mayores, la aplicación de la tarifa 3.0TD constituye tanto un reto como una oportunidad. Por un lado, la existencia de un consumo constante en todos los periodos implica que una parte inevitable de la demanda se sitúe en horarios de mayor coste (P1–P3). No obstante, la permanencia de cargas básicas en periodos valle y supervalle (P5–P6) permite beneficiarse de precios reducidos, logrando un equilibrio económico más favorable que con tarifas de un solo periodo. Además, la posibilidad de contratar potencias diferenciadas por franja horaria posibilita un ajuste más preciso entre la demanda real del edificio y el coste fijo asociado, evitando penalizaciones por excesos de potencia o sobredimensionamientos innecesarios (Atlas Energía., 2025).

En el caso específico de una residencia de mayores, donde el consumo es continuo y estable a lo largo del día, la estructura de seis periodos supone un reto y una oportunidad: si bien parte del consumo se concentra en horas punta, una adecuada gestión energética puede desplazar ciertos usos a franjas de menor coste, mejorando la eficiencia económica de la instalación.

El análisis de la tarifa contratada y su adecuación al perfil de consumo del centro forma parte esencial de cualquier auditoría energética, ya que permite detectar posibles ajustes de potencia, cambios de comercializadora o incluso estrategias de gestión de la demanda que reduzcan el gasto sin comprometer el confort de los usuarios (ComparadorLuz., 2024).

## 5 Justificación y alcance

El presente proyecto sobre una auditoría energética tiene como objetivo analizar de forma detallada el comportamiento energético de una residencia de mayores, con el fin de identificar oportunidades de mejora en el uso de la energía, reducir el consumo y optimizar el confort de los usuarios. Este estudio se enmarca dentro del Trabajo Fin de Máster del Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética de las Organizaciones, y busca aplicar una metodología técnica rigurosa orientada a la mejora continua de la eficiencia energética del edificio.

El trabajo se centrará en la recopilación y análisis de datos de consumo energético y de potencia, características constructivas del edificio, instalaciones térmicas (climatización, calefacción y ACS), iluminación y hábitos de uso, con el objetivo de establecer un diagnóstico energético completo. Esta auditoría no implica ninguna intervención física, siendo de carácter documental, analítico y confidencial.



La residencia seleccionada se considera un emplazamiento de especial interés por su uso continuado, su consumo energético relevante y la sensibilidad del colectivo al confort térmico. Este análisis permitirá evaluar el rendimiento actual de las instalaciones y proponer medidas de mejora tales como la optimización de la envolvente térmica, la modernización de sistemas térmicos y eléctricos, o la incorporación de fuentes renovables adaptadas al entorno.

El alcance del proyecto incluye la estimación del potencial de ahorro energético y económico asociado a las medidas propuestas, así como la cuantificación de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero derivada de su implementación. La auditoría contribuirá así al avance hacia una gestión energética más eficiente y sostenible, alineada con los principios de la transición ecológica que se muestran en la Figura 6-1 y la economía baja en carbono, generando un impacto ambiental y social positivo para la comunidad a la que da servicio la residencia.



Figura 5-1 Objetivos de desarrollo sostenible. Fuente: Naciones Unidas.

## 6 Objetivos generales y específicos

El objetivo general de este trabajo es desarrollar una auditoría energética completa de una residencia de mayores, con el fin de identificar el estado actual del consumo energético, analizar el funcionamiento de sus sistemas e instalaciones, y proponer medidas de mejora técnica que permitan optimizar el uso de la energía. Este análisis tiene como finalidad mejorar la eficiencia global del edificio, reducir su impacto ambiental y contribuir a una gestión energética más racional y sostenible, a continuación, se pueden observar los objetivos principales:

1. Evaluar el comportamiento energético global de la residencia.
2. Detectar oportunidades de mejora en instalaciones y sistemas.
3. Diseñar propuestas técnicas orientadas a la eficiencia energética.
4. Contribuir a la reducción del consumo energético y las emisiones.
5. Promover un modelo de gestión energética sostenible y replicable.

De forma más concreta, se busca realizar un análisis técnico detallado de los sistemas energéticos del edificio, establecer una línea base de consumo, estudiar la contratación eléctrica vigente y plantear medidas de mejora adaptadas a las necesidades del centro.

Se incluirá la evaluación de una posible instalación solar fotovoltaica y el impacto que las propuestas tendrían en la calificación energética y en la rentabilidad del sistema.

1. Recopilar y analizar los datos de consumo energético del edificio.
2. Evaluar el funcionamiento y eficiencia de los sistemas térmicos y eléctricos.
3. Examinar la adecuación de la tarifa eléctrica actualmente contratada.
4. Proponer medidas de mejora energética viables técnica y económicamente.
5. Estimar la mejora en la calificación energética y el ahorro ambiental asociado.

## **7 Análisis y resultados**

### **7.1 Descripción del edificio y su uso**

#### **7.1.1 Ubicación y entorno**

El edificio objeto de estudio para la presente auditoría energética se encuentra situado en el municipio de Arévalo (Ávila), que corresponde a la Residencia de Mayores San Miguel Arcángel, ubicada en Plaza de Ángela Muñoz, número 3, Bajo. Las coordenadas geográficas del inmueble son latitud 41,06152° y longitud -4,71810°, correspondientes en coordenadas UTM al Huso 30, con valores X = 355.656,60 e Y = 4.546.163,51. Administrativamente, el inmueble está registrado en la parcela catastral 5871201UL5457S.

Se trata de un edificio de uso residencial construido en el año 1915, siendo este utilizado como hospital, transformada en residencia en 1973, con una superficie total de aproximadamente 2.364 m<sup>2</sup>, siendo la parte construida de 1.858 m<sup>2</sup> distribuida en tres plantas. El bloque consta de una única escalera y un ascensor, y cuenta con 49 plazas, organizadas del siguiente modo: 21 habitaciones dobles, 7 habitaciones individuales, 3 salones distribuidos cada uno en una planta, y una cocina junto con comedor en la planta baja, además de disponer de un patio que favorece la ventilación y el aporte de luz natural. Para concretar, en el patio además se encuentra una pequeña capilla debido a su vinculación religiosa, junto con una galería acristalada.

La elección de este inmueble es especialmente relevante, ya que su uso permanente, la densificación de plazas residenciales y la carga energética asociada al confort térmico y funcionamiento continuo lo convierten en un caso representativo para el

análisis energético en el contexto sociosanitario. Podemos observar el edificio en la figura 7-1.



**Figura 7-1 Ubicación y vista 3D de la residencia San Miguel Arcángel. Fuente: Catastro.**

A continuación, en la tabla 7-1 se muestra una tabla resumen del emplazamiento:

**Tabla 7-1 Coordenadas de la residencia. Fuente: Elaboración propia.**

LOCALIZACIÓN	Arévalo (Ávila)
Coordenadas geográficas	Latitud: 41,06152° Longitud: -4,71810°
Coordenadas UTM	X: 355636,586 m Y: 4547008,409 m HUSO 30T

## 7.2 Características arquitectónicas y constructivas

### 7.2.1 Envoltente térmica

La envoltente térmica del edificio presenta las características propias de una construcción del primer tercio del siglo XX, sin que consten rehabilitaciones relevantes desde su reconversión como residencia. Esto condiciona de forma notable su comportamiento energético.

Los cerramientos verticales están compuestos por muros de fábrica de ladrillo o mampostería, enfoscados y pintados al exterior. No existe evidencia de que cuenten con aislamiento térmico ni cámara de aire, lo cual implica una baja resistencia térmica y, por tanto, un importante flujo de pérdidas energéticas por transmisión.

La cubierta inclinada se resuelve mediante teja cerámica sobre estructura de madera o forjado, según las zonas, y tampoco se ha detectado la presencia de material aislante bajo cubierta. Este tipo de solución constructiva, común en edificaciones de la época,

agrava la pérdida de calor durante el invierno y favorece el sobrecalentamiento en verano.

En cuanto a los huecos, las carpinterías exteriores son mixtas. Algunas zonas incorporan ventanas de aluminio o PVC, con doble acristalamiento.

Respecto a los suelos de planta baja, estos se encuentran directamente en contacto con el terreno y no presentan, según lo visible, ninguna solución de aislamiento inferior o perimetral, lo que constituye otro punto crítico en el balance energético global del edificio.

En el interior, los pavimentos han sido actualizados, especialmente en zonas húmedas como baños y cocinas, donde se ha optado por materiales antideslizantes de tipo cerámico o vinílico. Las paredes de estas zonas cuentan con revestimientos cerámicos, mientras que el resto de estancias presenta acabados con pintura plástica lavable.

Los techos han sido en parte resueltos mediante falsos techos continuos o modulares, probablemente para ocultar instalaciones o mejorar ligeramente el confort acústico en zonas comunes.

### **7.2.2 Orientación y diseño bioclimático**

A pesar de no haber sido concebido con criterios bioclimáticos actuales, el edificio presenta algunas características que influyen en su comportamiento térmico pasivo.

La orientación principal se sitúa hacia el este y sureste, lo que permite un adecuado aprovechamiento de la radiación solar durante las horas matinales, especialmente beneficioso en los meses fríos. Esta orientación contribuye tanto al calentamiento natural de las estancias como a una buena iluminación natural, reduciendo así la dependencia de iluminación artificial en ciertos espacios.

En términos de distribución interior, el edificio cuenta con pasillos largos y estancias dispuestas a ambos lados, así como con patios interiores que favorecen la ventilación cruzada natural. Este recurso, habitual en edificios institucionales de la época, permite mejorar la calidad del aire interior y reducir la acumulación de calor en verano, aunque también puede facilitar pérdidas térmicas si no se gestiona adecuadamente.

No obstante, el edificio carece de elementos arquitectónicos pasivos específicos para el control térmico, como protecciones solares, lamas móviles o voladizos. Por tanto, tanto el soleamiento como la ventilación dependen en gran medida de las condiciones climáticas externas y del uso manual de los huecos por parte del personal. La tabla 7-2 resume los principales aspectos observados:

Tabla 7-2 Resumen características de orientación y bioclimáticas. Fuente: Elaboración propia.

Elemento	Características observadas
<b>Orientación principal</b>	Este / sureste
<b>Soleamiento invernal</b>	Bueno en horas matinales
<b>Ventilación natural</b>	Mediante patios y distribución en cruz
<b>Sombreado pasivo</b>	Inexistente
<b>Diseño térmico general</b>	No optimizado desde un enfoque bioclimático

### 7.2.3 Implicaciones para la auditoría energética

La combinación de una envolvente térmica deficiente, materiales tradicionales y ausencia de rehabilitación energética estructural hace que el comportamiento energético del edificio sea muy mejorable.

Principales consecuencias:

- **Alta demanda energética:**
  - Especialmente en calefacción durante el invierno.
  - Posible sobrecalentamiento en verano en estancias expuestas al sol.
- **Elevadas pérdidas térmicas:**
  - A través de muros, cubierta y carpinterías antiguas.
  - Infiltraciones de aire por cerramientos sin sellado adecuado.
- **Baja inercia térmica:**
  - El edificio no conserva bien el calor ni regula la temperatura interna.

## 7.3 Descripción de los sistemas existentes

El edificio cuenta con una serie de instalaciones energéticas que dan servicio de forma continua a los usuarios y al personal, dada la naturaleza sociosanitaria del centro. Estas instalaciones están diseñadas para garantizar el confort térmico, la provisión de agua caliente sanitaria (ACS), la preparación de alimentos y la iluminación interior en condiciones estables durante todo el año.

El sistema de climatización y generación de ACS se basa en una caldera central de gasóleo, que proporciona calefacción mediante radiadores y también cubre la producción de agua caliente sanitaria. Para la distribución de ACS, el sistema dispone de dos bombas de agua, cuya función es mantener la presión y la circulación adecuada hacia los distintos puntos de consumo, optimizando así el suministro en zonas distantes o con mayor demanda, esquema que encontramos representado en la figura 7-2.

En cuanto a la cocina, el equipamiento funciona con gas propano canalizado, utilizado para la preparación de alimentos, tanto en fuegos como en hornos industriales. Este sistema independiente permite un funcionamiento eficiente y continuado, con capacidad para atender a todos los residentes.

Respecto a la iluminación, el edificio presenta una instalación mixta. Aunque inicialmente contaba con luminarias convencionales (fluorescentes y halógenas), en la actualidad se está llevando a cabo una sustitución progresiva por tecnología LED, más eficiente y con menor consumo energético. Esta renovación se está implementando de forma gradual en las zonas comunes, habitaciones y áreas de trabajo, con el objetivo de reducir la demanda eléctrica y mejorar la durabilidad de los elementos instalados.

Estas características configuran un sistema energético funcional, pero con margen de mejora, especialmente en lo relativo al tipo de combustible utilizado, la eficiencia del sistema de calefacción y el avance en la modernización de la iluminación. Lo cual podemos observar resumida en la tabla 7-3

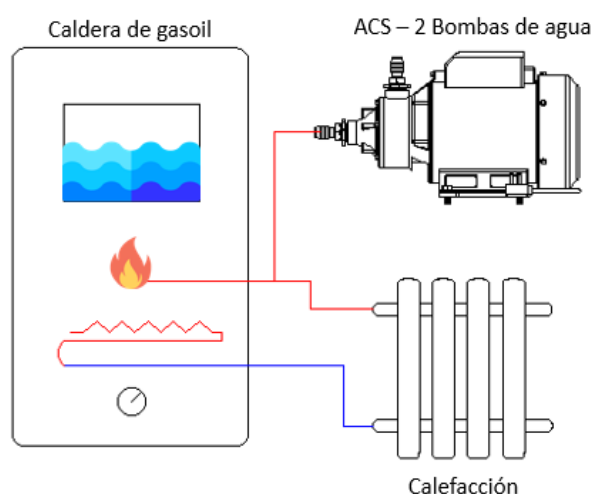


Figura 7-2 Climatización a partir de caldera de gasoil. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-3 Resumen sistemas existentes. Fuente: Elaboración propia.

Sistema	Descripción técnica	Combustible / Fuente	Observaciones
Climatización	Caldera central con distribución por radiadores	Gasóleo	Funcionamiento continuo, control centralizado
Agua Caliente Sanitaria (ACS)	Producción mediante la misma caldera; distribución con 2 bombas de agua	Gasóleo	Bombas garantizan presión y flujo constante
Cocina	Alimentación de fuegos y hornos industriales	Gas propano canalizado	Sistema independiente del resto de instalaciones
Iluminación	Instalación mixta: tecnología convencional y progresiva sustitución por LED	Electricidad (Red)	Renovación gradual en zonas comunes y habitaciones



## 7.4 Perfil de uso y demanda energética de la residencia

El análisis del perfil energético anual de la Residencia de Mayores San Miguel Arcángel se ha realizado a partir de los datos de consumo eléctrico registrados durante el año 2023 (siendo año no bisiesto). Dado el carácter sociosanitario del edificio, la demanda eléctrica se mantiene activa de forma ininterrumpida a lo largo de todo el año, con un comportamiento constante y sin interrupciones estacionales o semanales significativas.

Los datos muestran que el consumo eléctrico es continuo durante las 24 horas del día, con una mayor concentración de demanda entre las 11:00 y las 14:00 horas, coincidiendo con el periodo de mayor actividad interna: atención a residentes, funcionamiento de equipos médicos y de apoyo, lavandería, cocina, iluminación de espacios comunes y uso intensivo de ascensores y zonas de tránsito.

Se observa además una variación estacional relevante: el consumo eléctrico es más elevado durante los meses de invierno, debido al mayor uso de sistemas de calefacción auxiliares, iluminación artificial prolongada y posible incremento de actividad en zonas interiores. Durante el verano, si bien la climatización es menor (al no contarse con sistema de refrigeración eléctrica centralizado), se mantiene una demanda significativa derivada del funcionamiento base del edificio.

El suministro eléctrico está contratado bajo una tarifa 3.0TD con seis periodos tarifarios los cuales se muestran en la figura 7-3, lo que permite distinguir franjas horarias con distintos costes de energía. El análisis de los datos sugiere que una parte importante del consumo se realiza durante los periodos económicos (P6), especialmente en horario nocturno y primeras horas del día, pero también se registra un porcentaje sustancial en periodos punta (P1–P3), lo que representa una oportunidad de mejora en la gestión de la curva de carga y la potencia contratada.

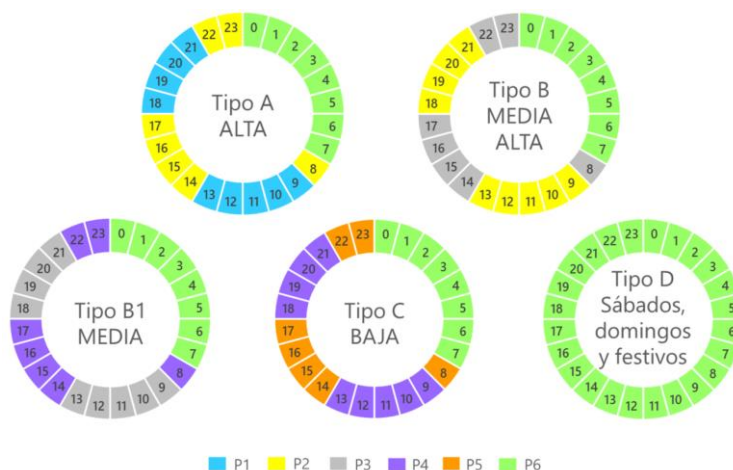


Figura 7-3 Tarifa TD 3.0 distribuida en 6 periodos. Fuente: Sociedad corporativa la corriente.

En resumen, el perfil de demanda eléctrica del edificio es estable, constante y con picos previsibles, propio de una instalación de uso intensivo y continuo.

## 7.5 Auditoría energética

### 7.5.1 Recopilación y análisis de datos (consumos, facturas, hábitos de uso)

La primera fase de la auditoría energética consistió en la recopilación y sistematización de la información básica de la instalación, imprescindible para realizar un diagnóstico fiable de la situación energética actual. En este sentido, se recopilaron los datos de consumos energéticos anuales, tanto en términos de energía eléctrica como de combustible, así como la información asociada a las facturas de suministro, las potencias contratadas y los hábitos de uso de las distintas instalaciones y equipos consumidores de energía.

En lo que respecta a la energía eléctrica, se dispone de un registro detallado de los consumos y potencias contratadas, lo que permite evaluar la adecuación entre la demanda real y los términos fijos facturados por la comercializadora. Este análisis resulta clave para determinar posibles optimizaciones en la contratación de potencia, así como para contrastar la conveniencia de diferentes modalidades tarifarias.

Por otro lado, en lo relativo a la climatización y calefacción, se ha identificado que la instalación dispone de una caldera (características visibles en tabla 7-4) alimentada con gasóleo, lo que introduce un vector energético adicional a considerar en la auditoría. La dependencia de este tipo de combustible implica la existencia de costes energéticos asociados a la compra y almacenamiento del gasóleo, además de aspectos ambientales vinculados a las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes derivados de su combustión.

Tabla 7-4 Datos caldera gasoil. Fuente: Ferroli.

FERROLI SUN G 20		
<b>Aceites ligeros</b>	Fuel oil doméstico	
<b>Gasoil</b>	Aceite	
	<b>Máx</b>	<b>Min</b>
<b>Q</b>	237,2 kW	95 – 118,6 kW
<b>M</b>	20 kg/h	8-10 kg/h

En cuanto al alumbrado, el inventario realizado ha permitido contabilizar un total de 215 puntos de luz, de los cuales únicamente 40 corresponden a tecnología LED, mientras que el resto utilizan tecnologías convencionales menos eficientes (fluorescencia, halogenuros metálicos, incandescencia u otras). Este dato evidencia un importante potencial de mejora en materia de eficiencia energética, ya que la sustitución progresiva de las luminarias tradicionales por LED supondría una reducción significativa tanto en el consumo eléctrico como en los costes de mantenimiento.

Finalmente, el análisis de los hábitos de uso de las instalaciones pone de manifiesto que existen pautas de consumo que responden a la ocupación y actividad del edificio, lo cual debe ser tenido en cuenta para la evaluación posterior de medidas de ahorro. La correlación entre dichos hábitos y los registros de consumo constituye una herramienta



fundamental para priorizar las actuaciones de mejora que generen un mayor impacto económico y energético.

### 7.5.2 Medidas y monitorización

La fase de medidas y monitorización constituye un pilar fundamental dentro de la auditoría energética, ya que permite establecer una línea base de consumo fiable y evaluar con precisión la eficacia de las medidas de mejora que se planteen posteriormente. Para el caso de la Residencia San Miguel Arcángel, este proceso se ha abordado considerando tanto la recopilación de datos históricos como la definición de sistemas de seguimiento continuo.

En primer lugar, se propone la instalación de equipos de medida específicos en los principales centros de consumo:

- Climatización y ACS: incorporación de contadores térmicos en los circuitos de distribución de la caldera de gasóleo, con el fin de cuantificar el rendimiento estacional de la instalación y detectar posibles pérdidas energéticas en el transporte y almacenamiento.
- Consumo eléctrico: empleo de analizadores de redes trifásicos en los cuadros eléctricos principales, capaces de registrar variables como potencia activa/reactiva, factor de potencia y armónicos. Esto permite identificar patrones de carga, picos de potencia y posibles penalizaciones asociadas al contrato de suministro.
- Iluminación: registro del consumo de los diferentes sectores del edificio, diferenciando entre zonas comunes, habitaciones y áreas de servicio, con el objetivo de monitorizar la evolución de la sustitución progresiva a tecnología LED.
- Agua caliente sanitaria: instalación de caudalímetros en puntos clave de consumo, orientados a correlacionar la demanda de ACS con la producción de la caldera y evaluar la eficiencia global del sistema.

Además de las medidas instrumentales, se recomienda implementar un sistema de monitorización centralizado basado en plataforma digital (software de gestión energética). Este sistema permitirá:

1. Recoger de forma automática los datos de consumo eléctrico y térmico.
2. Generar indicadores clave de desempeño (kWh/m<sup>2</sup>·año, kWh/plaza, coste energético/residente).
3. Detectar anomalías o desviaciones respecto a la línea base establecida.
4. Elaborar informes periódicos que faciliten la toma de decisiones en la gestión energética del centro.

El horizonte temporal de la monitorización debe contemplar, como mínimo, un año natural para recoger la variabilidad estacional del consumo. Asimismo, se aconseja la integración del sistema con los cuadros tarifarios horarios (tarifa 3.0TD) con el fin de

optimizar la contratación de potencia y desplazar, cuando sea posible, ciertos usos a periodos de menor coste.

En definitiva, la estrategia de medidas y monitorización no solo constituye una herramienta de diagnóstico, sino también un mecanismo de **mejora continua**, ya que permitirá verificar la efectividad de las actuaciones propuestas en capítulos posteriores y garantizar la sostenibilidad del ahorro energético alcanzado.

### 7.5.3 Diagnóstico energético actual

El análisis de la información recopilada permite establecer un diagnóstico energético de la residencia, identificando los principales focos de consumo, las ineficiencias presentes y las oportunidades de mejora.

#### - **Envolvente térmica y características constructivas:**

El edificio presenta una envolvente propia de construcciones de principios del siglo XX, sin rehabilitación energética significativa. Los muros de fábrica, la cubierta sin aislamiento y los suelos en contacto directo con el terreno generan pérdidas energéticas considerables, incrementando la demanda de calefacción en invierno y favoreciendo el sobrecalentamiento en verano. Las carpinterías mixtas con diferentes niveles de acristalamiento aportan cierta mejora puntual, pero no garantizan un comportamiento global eficiente.

#### - **Sistemas térmicos (climatización y ACS):**

La calefacción y el agua caliente sanitaria dependen de una caldera central alimentada por gasóleo. Este sistema, además de estar basado en un combustible fósil de elevado impacto ambiental y coste variable, presenta limitaciones en cuanto a su rendimiento estacional. La dependencia de un único generador y la ausencia de sistemas de recuperación o apoyo renovable convierten al sistema en un punto crítico del balance energético.

#### - **Cocina y servicios auxiliares:**

La cocina funciona con gas propano canalizado, lo que añade un segundo vector energético fósil a la instalación. Aunque operativo, este sistema implica costes de suministro y mantenimiento adicionales.

#### - **Iluminación:**

El inventario realizado refleja un total de 215 luminarias, de las cuales solo 40 corresponden a tecnología LED. La mayor parte continúa siendo fluorescente o halógena, lo que supone un consumo eléctrico elevado y un importante potencial de mejora mediante la renovación tecnológica.

#### - **Consumos eléctricos y perfil de demanda:**

Los datos de 2023 muestran un consumo anual de 81.330,86 kWh, con un gasto asociado de 10.312,18 €. El perfil es continuo y estable a lo largo del año, característico de un centro sociosanitario con actividad ininterrumpida.

- Estacionalidad: el consumo se incrementa en invierno por el mayor uso de calefacción y en verano por cargas adicionales en cocina y servicios.
- Horarios: los picos diarios se concentran en torno a las 11:00–14:00 y 19:00–21:00 h, coincidiendo con la preparación de comidas y la actividad intensiva del centro.
- Estructura tarifaria: una parte significativa del consumo se produce en periodos punta (P1–P3), lo que penaliza económicamente la factura, aunque también se aprovechan periodos valle (P6).

#### - **Eficiencia global del edificio:**

La combinación de una envolvente poco eficiente, sistemas térmicos basados en gasóleo y un alumbrado en gran parte obsoleto, sitúa a la residencia en un nivel bajo de eficiencia energética. Este escenario se traduce en:

- Alta demanda de energía para mantener condiciones de confort.
- Costes operativos elevados, especialmente en calefacción.
- Dependencia casi exclusiva de combustibles fósiles, con la consiguiente huella de carbono.
- Potencial de mejora elevado en iluminación, climatización y gestión de la demanda eléctrica.

En resumen, el edificio presenta un consumo energético alto en relación con su superficie y número de plazas, asociado fundamentalmente a las pérdidas de la envolvente y a la baja eficiencia de los sistemas de calefacción y ACS. La transición parcial a iluminación LED es un primer paso, pero insuficiente para un cambio significativo.

El diagnóstico evidencia la necesidad de actuaciones integrales que incluyan mejoras pasivas (aislamiento y carpinterías), sustitución o modernización de la caldera, y la incorporación de sistemas renovables (fotovoltaica y posibles apoyos en ACS), además de optimizar la contratación eléctrica y la gestión de consumos horarios.

#### **7.5.4 Indicadores de eficiencia energética**

Con el fin de evaluar de manera objetiva el comportamiento energético de la residencia, se han calculado indicadores de referencia que relacionan el consumo con parámetros de uso del edificio.

El consumo energético específico se sitúa en torno a 43,5 kWh/m<sup>2</sup>·año, considerando la superficie construida de 1.858 m<sup>2</sup>. Si se relaciona el consumo con la ocupación, se obtiene un valor aproximado de 1.660 kWh/plaza·año, lo que refleja la elevada intensidad de uso propia de un centro sociosanitario en funcionamiento continuo. Estos indicadores permiten establecer una línea base frente a la cual se podrán comparar futuras mejoras.

Adicionalmente, se estima que el consumo eléctrico anual de 81.330,86 kWh está asociado a unas emisiones de 15,5 tCO<sub>2</sub>/año, tomando como referencia los factores de emisión de la red eléctrica nacional. Si se incluyen las emisiones derivadas del uso de gasóleo y propano, el impacto ambiental total del centro se incrementa de manera notable, evidenciando la necesidad de medidas de descarbonización.

En conjunto, estos indicadores ponen de manifiesto un margen de mejora significativo, tanto en términos de eficiencia operativa como de sostenibilidad ambiental (tabla 7-5).

**Tabla 7-5 Indicadores de eficiencia energética. Fuente: Elaboración propia.**

Vector energético	Consumo anual estimado	Equivalencia energética	Emisiones asociadas	Indicadores específicos
Electricidad	81.330,9 kWh	—	15,5 t CO <sub>2</sub> /año	43,5 kWh/m <sup>2</sup> ·año 1.660 kWh/plaza·año
Gasóleo (calefacción + ACS)	~ 40.600 litros/año	~ 404.000 kWh/año	108,8 t CO <sub>2</sub> /año	217 kWh/m <sup>2</sup> ·año 8.240 kWh/plaza·año
Propano (cocina)	~ 2.096 kg/año	~ 26.800 kWh/año	6,3 t CO <sub>2</sub> /año	14,4 kWh/m <sup>2</sup> ·año 547 kWh/plaza·año
<b>Totales</b>	—	<b>~ 512.000 kWh/año</b>	<b>~ 130,6 t CO<sub>2</sub>/año</b>	<b>~ 275 kWh/m<sup>2</sup>·año ~ 10.450 kWh/plaza·año</b>

## 7.6 Estudio de tarificación energética

Para llevar a cabo el estudio de tarificación resulta necesario, en primer lugar, realizar un análisis detallado de los consumos energéticos de la residencia.

Con el fin de caracterizar dichos consumos, se examinará la actividad energética registrada a lo largo de un año natural, desagregada en intervalos horarios. Este enfoque permite obtener una visión precisa y sistemática del comportamiento de la demanda, facilitando así la realización de estudios posteriores sobre los patrones de consumo.

En lo que respecta al suministro de energía eléctrica, la empresa distribuidora responsable en la zona es Iberdrola Distribución. Los datos horarios de consumo, registrados por el contador, se obtendrán directamente a través de la plataforma web habilitada por la compañía.

Seguidamente, se presenta una gráfica, siendo esta la figura 7-4, que recoge el consumo mensual agregado correspondiente al año 2023. Los resultados muestran que la demanda energética se mantiene relativamente constante a lo largo de los meses, aunque se identifican ciertos picos estacionales. En particular, enero presenta el mayor nivel de consumo, previsiblemente asociado a las bajas temperaturas invernales, que incrementan la utilización de sistemas de calefacción. De igual modo, los meses de julio y agosto registran un aumento notable del consumo, atribuible principalmente a las elevadas temperaturas estivales, que inducen un mayor uso de sistemas eléctricos de climatización y a una mayor permanencia en el hogar.

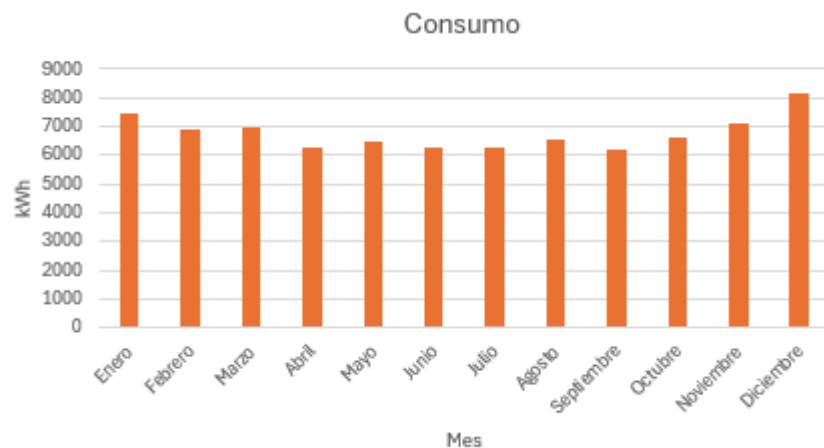


Figura 7-4 Consumo mensual de la residencia. Fuente: Elaboración propia.

Adicionalmente, resulta relevante considerar la distribución horaria del consumo durante el año. El análisis gráfico (figura 7-5) de esta variable evidencia que los principales picos de demanda se concentran en las franjas correspondientes a las comidas principales (mediodía y cena), momentos en los que se intensifica el uso de electrodomésticos. En contraste, los valores mínimos de consumo se registran durante la noche, coincidiendo con las horas de descanso, en las que la utilización de dispositivos eléctricos es considerablemente menor.

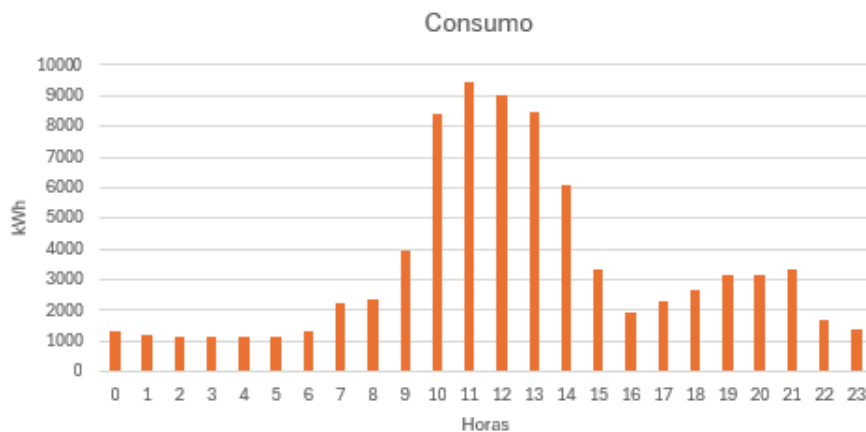


Figura 7-5 Consumo horario de la residencia. Fuente: Elaboración propia.

Esta caracterización de los patrones temporales de consumo constituye una información esencial para la comprensión de los hábitos de uso de la energía y resulta de gran utilidad a la hora de diseñar e implementar estrategias de eficiencia y ahorro energético más efectivas.

### 7.6.1 Análisis de la tarifa actual contratada

Al analizar una de las facturas de suministro eléctrico de la residencia se constata que la tarifa contratada corresponde a la 3.0 TD, caracterizada por una tensión superior a 1 kV y una potencia contratada mayor a 15 kW. Esta modalidad tarifaria contempla seis periodos de energía y seis periodos de potencia, lo que permite una discriminación horaria en los costes asociados al consumo y a la potencia demandada.

En relación con el gasto energético, se observa que el precio total abonado en el año 2023 ascendió a 10.312,18 € (como se puede ver en la tabla 7-7), correspondiendo a un esquema de facturación con precio por periodo según se indica en la tabla 7-6:

Tabla 7-6 Precio por periodo para la tarifa actual. Fuente: Elaboración propia.

Periodo	Precio (€/kWh)
P1	0,176852 €/kWh
P2	0,151003 €/kWh
P3	0,129165 €/kWh
P4	0,116557 €/kWh
P5	0,109989 €/kWh
P6	0,102231 €/kWh

La existencia de seis periodos de energía y de potencia en la tarifa 3.0 TD responde a la necesidad de adaptar los precios a la curva real de la demanda del sistema eléctrico. De esta manera, los periodos de mayor coste coinciden con las franjas horarias en las que se registra un mayor consumo agregado a nivel nacional, lo que permite trasladar al consumidor señales económicas que incentiven el desplazamiento de la demanda hacia horas de menor saturación de la red. Esta diferenciación horaria resulta, por tanto, una herramienta clave para promover un uso más eficiente de los recursos energéticos y contribuir a la estabilidad del sistema eléctrico.

Tabla 7-7 Coste por mes según consumo tarifa actual. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Coste (€)	Consumo (kWh)
Enero	1073,38	7451,43
Febrero	990,63	6888,29
Marzo	905,61	6982,77
Abril	689,21	6291,40
Mayo	712,51	6458,41
Junio	736,19	6263,05
Julio	891,75	6289,30

Agosto	765,73	6523,50
Septiembre	724,79	6216,08
Octubre	731,14	6640,32
Noviembre	927,67	7133,33
Diciembre	1163,55	8192,96
	<b>10312,18 €</b>	<b>81330,86 kWh</b>

Seguidamente, se procederá a analizar en detalle los diferentes tipos de tarifas eléctricas disponibles, con el objetivo de comprender sus principales características, diferencias y ámbitos de aplicación. Este análisis permitirá identificar cuál de ellas resulta más adecuada en función del perfil de consumo de la residencia, así como evaluar el impacto económico derivado de su elección.

## 7.6.2 Comparativa con otras opciones de contratación

### 7.6.2.1 Tarifa de mercado libre con 1 periodo de Endesa

En este caso concreto, la tarifa de suministro eléctrico considerada no contempla discriminación horaria en los periodos de energía. Esto implica que el precio aplicado al consumo eléctrico es homogéneo durante las 24 horas del día, sin que existan variaciones en función de la franja horaria, como sí ocurre en otras modalidades tarifarias con estructuras más complejas.

La ausencia de discriminación horaria simplifica tanto el análisis económico como la planificación del consumo, dado que el coste de cada kilovatio-hora (kWh) consumido es constante y no depende de la redistribución del uso de la energía a lo largo del día. En este sentido, se elimina la posibilidad de optimizar el coste mediante un desplazamiento del consumo hacia las horas más económicas, ya que el precio es invariable.

Para la obtención del valor del término de energía se ha recurrido a la información publicada en la página web de la comercializadora Endesa, que establece un precio de 0,1936 €/kWh para este tipo de contrato. Este valor constituye la referencia fundamental para el cálculo del coste de la energía consumida en el presente estudio, permitiendo cuantificar el impacto económico de la demanda eléctrica sin necesidad de introducir factores correctores asociados a las franjas horarias.

De este modo, la tarifa seleccionada ofrece un marco tarifario sencillo y estable, idóneo para un análisis comparativo en el que se pretende aislar la variable del precio de la energía de otras posibles complejidades regulatorias o técnicas, centrándose exclusivamente en el efecto del consumo energético sobre el coste final de la facturación.

**Tabla 7-8 Coste por mes según consumo tarifa Endesa. Fuente: Elaboración propia.**

Mes	Coste (€)	Consumo (kWh)
Enero	1442,60	7451,43
Febrero	1333,57	6888,29
Marzo	1351,86	6982,77
Abril	1218,01	6291,40
Mayo	1250,35	6458,41
Junio	1212,53	6263,05
Julio	1217,61	6289,30
Agosto	1262,95	6523,50
Septiembre	1203,43	6216,08
Octubre	1285,57	6640,32
Noviembre	1381,01	7133,33
Diciembre	1586,16	8192,96
	<b>15745,65 €</b>	<b>81330,86 kWh</b>

Podemos apreciar en la tabla 7-8 que el cambio a esta tarifa que supone un coste adicional de 5.433,47 €.

#### 7.6.2.2 Tarifa de mercado libre con 1 periodo de Iberdrola

Adicionalmente, para enriquecer el análisis comparativo, se ha considerado otra alternativa dentro del mercado libre: una tarifa de un único periodo ofrecida por la comercializadora Iberdrola. Al igual que en el caso anterior, esta modalidad no presenta discriminación horaria y, por tanto, mantiene un precio uniforme del kWh durante todo el día.

La incorporación de esta segunda opción permite contrastar las condiciones económicas de distintas compañías bajo un mismo esquema tarifario (sin franjas horarias diferenciadas), aportando una visión más amplia de la competitividad del mercado eléctrico en el segmento de tarifas de un solo periodo. Esta comparación resulta de especial interés para evaluar si las diferencias de coste responden fundamentalmente a las políticas comerciales de cada empresa o a factores estructurales asociados al suministro eléctrico.

**Tabla 7-9 Coste por mes según consumo tarifa Iberdrola. Fuente: Elaboración propia.**

Mes	Coste (€)	Consumo (kWh)
Enero	1132,62	7451,43
Febrero	1047,02	6888,29
Marzo	1061,38	6982,77
Abril	956,29	6291,40
Mayo	981,68	6458,41
Junio	951,98	6263,05
Julio	955,97	6289,30
Agosto	991,57	6523,50
Septiembre	944,84	6216,08



Octubre	1009,33	6640,32
Noviembre	1084,27	7133,33
Diciembre	1245,33	8192,96
	<b>12362,29 €</b>	<b>81330,86 kWh</b>

Podemos apreciar en la tabla 7-9 que el cambio a esta tarifa que supone un coste adicional de 2.049,49 €.

### 7.6.2.3 Tarifa de mercado libre con 6 periodos de Total Energies

La tarifa de mercado libre con seis periodos introduce una estructura diferenciada de precios en función de la franja horaria de consumo, estableciendo así un sistema de discriminación horaria. En este esquema, el coste de la energía depende de si el consumo se produce en periodo punta y semipunta (horas de mayor demanda y, por tanto, con precio más elevado), periodo llano (intermedio) o periodo semivalle, valle y supervalle (horas de menor demanda, con precio más reducido).

Esta segmentación horaria busca incentivar un uso más eficiente de la red eléctrica, trasladando parte del consumo a los periodos de menor saturación y contribuyendo a un mejor equilibrio entre oferta y demanda.

Los precios unitarios de la energía utilizados en este análisis fueron extraídos de la información pública ofrecida por la comercializadora Total Energies, siendo los mostrados en la tabla 7-10 para cada franja:

**Tabla 7-10 Precio por periodo tarifa Total Energies. Fuente: Elaboración propia.**

Periodo	Precio (€/kWh)
<b>P1</b>	0,2097 €/kWh
<b>P2</b>	0,1782 €/kWh
<b>P3</b>	0,1499 €/kWh
<b>P4</b>	0,1286 €/kWh
<b>P5</b>	0,11 €/kWh
<b>P6</b>	0,1201 €/kWh

Por lo tanto, partiendo de los precios por periodo se obtiene dicho análisis indicado en la tabla 7-11:

**Tabla 7-11 Coste por mes según consumo tarifa Total Energies. Fuente: Elaboración propia.**

Mes	Coste (€)	Consumo (kWh)
Enero	1268,597421	7451,43
Febrero	1170,778047	6888,29
Marzo	1064,765926	6982,77
Abril	770,5276939	6291,40
Mayo	792,3378352	6458,41
Junio	851,2717621	6263,05

Julio	1053,659287	6289,30
Agosto	885,4718062	6523,50
Septiembre	838,6409418	6216,08
Octubre	814,7047808	6640,32
Noviembre	1090,71625	7133,33
Diciembre	1374,893252	8192,96
	<b>11976,37 €</b>	<b>81330,86 kWh</b>

Tras realizar los cálculos aplicados a los consumos horarios reales del año 2023, se obtiene un coste total de 11.976,37 € asociado a esta tarifa. Este resultado representa un coste adicional de 1.664,19 € respecto al coste derivado de la tarifa de un solo periodo, lo que pone de manifiesto la relevancia de una correcta elección tarifaria en función del perfil de consumo del usuario.

#### 7.6.2.4 Tarifa de mercado libre con 6 periodos de Repsol

Asimismo, se incorpora al análisis una tarifa de mercado libre con seis periodos, en este caso ofrecida por la comercializadora Repsol. Esta modalidad presenta un esquema de precios más complejo que las anteriores, ya que diferencia el coste de la energía en función de seis franjas horarias establecidas por la normativa de la tarifa 3.0TD. La principal característica de este modelo es que no solo introduce una discriminación horaria más detallada para el término de energía, sino que también permite contratar potencias diferenciadas en cada uno de los periodos.

De esta manera, se ofrece al consumidor la posibilidad de ajustar de forma más precisa tanto el precio del consumo eléctrico como la potencia disponible en función de su perfil de demanda. La inclusión de esta tarifa en la comparación resulta especialmente relevante, ya que permite analizar hasta qué punto un esquema tarifario más segmentado puede traducirse en ahorros adicionales respecto a modelos más simples, como los de uno o tres periodos, y qué implicaciones prácticas tiene esta complejidad para el usuario en términos de gestión de su consumo energético.

**Tabla 7-12 Precio por periodo tarifa Repsol. Fuente: Elaboración propia.**

Periodo	Precio (€/kWh)
<b>P1</b>	0,1409 €/kWh
<b>P2</b>	0,1369 €/kWh
<b>P3</b>	0,1329 €/kWh
<b>P4</b>	0,1309 €/kWh
<b>P5</b>	0,1019 €/kWh
<b>P6</b>	0,0919 €/kWh

Con los precios proporcionados según la tabla 7-12 podemos realizar el siguiente análisis de la tabla 7-13:

Tabla 7-13 Coste por mes según consumo tarifa Repsol. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Coste (€)	Consumo (kWh)
Enero	903,97	7451,43
Febrero	834,03	6888,29
Marzo	835,06	6982,77
Abril	694,19	6291,40
Mayo	724,99	6458,41
Junio	738,12	6263,05
Julio	753,86	6289,30
Agosto	767,19	6523,50
Septiembre	723,02	6216,08
Octubre	742,20	6640,32
Noviembre	855,59	7133,33
Diciembre	981,89	8192,96
	<b>9554,11 €</b>	<b>81330,86 kWh</b>

Podemos apreciar que el cambio a esta tarifa que supone un coste adicional de 758,07 €.

#### 7.6.2.5 Tarifa según PVPC (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor)

Otro escenario de análisis corresponde a la contratación de la tarifa regulada PVPC (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor). A diferencia de las tarifas de mercado libre previamente estudiadas, este modelo presenta una estructura de precios dinámica, en la que el coste del kWh varía cada hora y para cada día en función de la evolución del mercado mayorista eléctrico. Esta característica convierte al PVPC en una tarifa más volátil, ya que los precios no se mantienen estables a lo largo del tiempo, pero a su vez refleja con mayor precisión las condiciones reales del mercado eléctrico en cada momento.

Al aplicar los cálculos correspondientes sobre los consumos horarios registrados durante el año 2023, se obtiene un coste total de 7.652,42 € (tabla 7-14). Este valor implica un ahorro de 2.659,76 € respecto a la tarifa de referencia de un único periodo, situándose, así como la opción económicamente más ventajosa para la residencia objeto de estudio. El resultado pone de manifiesto la importancia de la estructura tarifaria en la determinación del coste final de la factura eléctrica, ya que, en este caso, la adaptación del consumo a los precios horarios del mercado permite maximizar la eficiencia económica.

En consecuencia, puede afirmarse que, para el perfil de consumo considerado, la tarifa PVPC constituye la alternativa más beneficiosa dentro del conjunto de modalidades analizadas. No obstante, cabe señalar que esta ventaja económica está sujeta a la volatilidad de los precios del mercado eléctrico, por lo que los resultados podrían variar significativamente en años con mayor inestabilidad o con incrementos sostenidos en el precio mayorista.

Tabla 7-14 Coste por mes según consumo PVPC. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Coste (€)	Consumo (kWh)
Enero	658,70	7451,43
Febrero	967,27	6888,29
Marzo	672,23	6982,77
Abril	477,28	6291,40
Mayo	497,81	6458,41
Junio	597,82	6263,05
Julio	582,81	6289,30
Agosto	638,44	6523,50
Septiembre	661,97	6216,08
Octubre	670,32	6640,32
Noviembre	546,46	7133,33
Diciembre	681,30	8192,96
	<b>7652,42 €</b>	<b>81330,86 kWh</b>

### 7.6.3 Recomendaciones de optimización del coste energético

Tras el análisis de las diferentes modalidades tarifarias, se observa que la tarifa contratada actualmente en mercado libre con seis periodos de Naturgy no constituye una opción desfavorable. Su estructura, aunque más compleja que la de uno o tres periodos, permite una cierta optimización en función de los hábitos de consumo, y los resultados obtenidos reflejan que el coste anual asociado no se aleja de manera significativa de las mejores alternativas disponibles.

No obstante, la comparación con otras comercializadoras revela que dentro del mercado libre únicamente se lograría un ahorro adicional si se realizara un cambio hacia la tarifa de seis periodos ofrecida por Repsol. Sin embargo, el beneficio económico derivado de esta modificación sería relativamente reducido, lo que plantea dudas sobre si el esfuerzo administrativo y de gestión que implica el cambio compensa en términos prácticos.

En contraposición, el análisis evidencia que la opción más ventajosa desde el punto de vista económico es la tarifa regulada PVPC (Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor). Esta modalidad supone el mayor ahorro anual respecto al resto de opciones consideradas, debido a que permite aprovechar la variabilidad horaria de los precios del mercado mayorista.

Por tanto, para la residencia objeto de estudio, la contratación de PVPC se presenta como la alternativa óptima en términos de eficiencia económica, si bien debe tenerse en cuenta la incertidumbre asociada a la volatilidad del mercado regulado. A continuación, en la figura 7-6 se muestra de forma más visual.

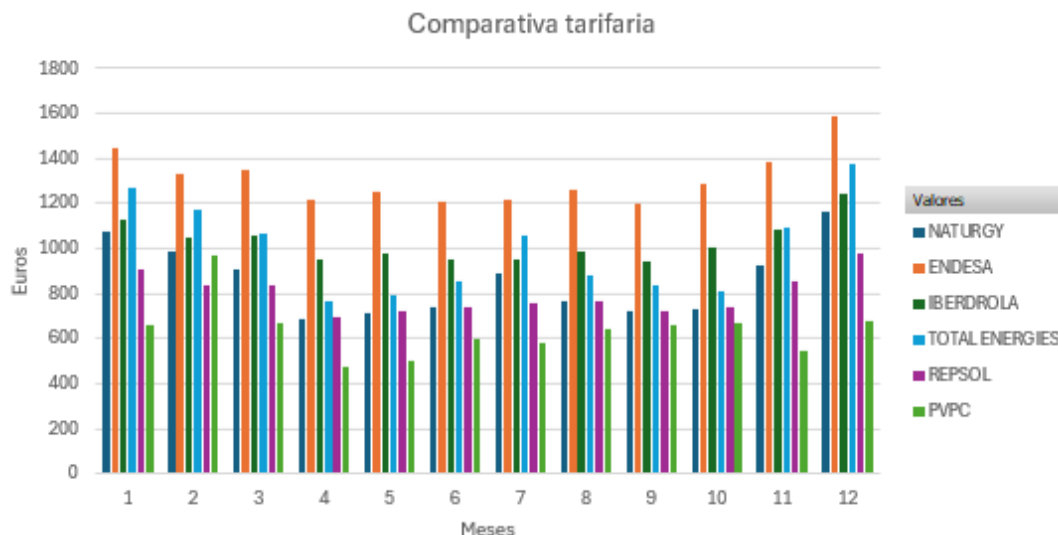


Figura 7-6 Comparativa de costes de tarifa según mes. Fuente: Elaboración propia.

## 7.7 Instalación fotovoltaica

### 7.7.1 Dimensionado del sistema fotovoltaico

El punto de partida del estudio de autoconsumo para la residencia consiste en caracterizar el recurso solar local con resolución horaria a lo largo de un año natural. Para ello, se emplea la base de datos y el motor de cálculo de PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), que proporciona series horarias de irradiación global sobre el plano del generador (POA) y temperatura ambiente, a partir de registros climáticos representativos.

Con el fin de normalizar el análisis y facilitar escalados posteriores, se adopta como hipótesis inicial la instalación de una potencia pico de referencia de 1 kWp (STC). Esta elección permite obtener una curva de producción específica (kWh/kWp) independiente del tamaño final del campo fotovoltaico.

Partiendo de la serie base de 1 kWp, el dimensionamiento se realiza por escalado lineal ( $\text{kWh estimados} \approx \text{kWh/kWp} \times \text{kWp propuestos}$ ), complementado con iteraciones en las que se refinan las hipótesis de pérdidas, orientación y posible limitación por vertido cero si aplica. De este modo, el método garantiza trazabilidad y flexibilidad: si el análisis energético-económico sugiere instalar mayor o menor potencia, el ajuste se efectúa con rapidez manteniendo la coherencia con la caracterización climática de PVGIS.

Además, es importante señalar que la residencia objeto de estudio dispone de 1.858 m<sup>2</sup> de superficie útil en elementos comunes del edificio, los cuales constituyen el área máxima disponible para la instalación del generador fotovoltaico. Este condicionante

físico limita el dimensionamiento del sistema, por lo que resulta fundamental verificar que la potencia pico propuesta sea técnicamente viable dentro de la superficie mencionada.

En el análisis se ha considerado la inclinación real del tejado, de 35°, así como un azimut de 17° respecto al sur geográfico, parámetros que determinan la geometría de captación solar y, por tanto, influyen directamente en el rendimiento energético de la instalación. Estos valores se han introducido en las simulaciones realizadas con PVGIS, de manera que los resultados obtenidos reflejen de la forma más fiel posible las condiciones específicas del emplazamiento.

A partir de la simulación inicial con 1 kWp de potencia pico instalada, se procedió a evaluar la relación entre la producción estimada y el consumo eléctrico anual de la residencia (figura 7-7). Con el fin de determinar el tamaño óptimo del sistema, se llevó a cabo un análisis iterativo utilizando herramientas de cálculo en Excel, ajustando la potencia pico hasta alcanzar un punto de equilibrio en el que la generación anual resultara suficiente para cubrir la totalidad de la demanda de la residencia.

Los cálculos ponen de manifiesto que la potencia pico necesaria para satisfacer el mayor porcentaje del consumo anual es de 47 kWp. Este valor supone un incremento moderado respecto al caso base de 1 kWp, pero se mantiene dentro de un rango asumible desde el punto de vista técnico, dado que la superficie disponible (1.858 m<sup>2</sup>) resulta suficiente para albergar dicho campo fotovoltaico, siempre que se empleen módulos de alta eficiencia.

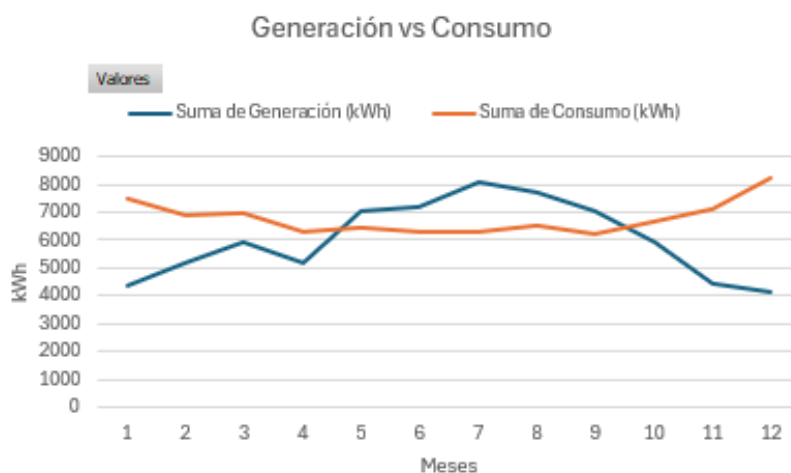


Figura 7-7 Comparación Generación vs Consumo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7-15 Generación y consumo por mes. Fuente: Elaboración propia.

Mes	Generación (kWh)	Consumo (kWh)
Enero	4331,86	7451,43
Febrero	5201,22	6888,29
Marzo	5913,79	6982,77
Abril	5200,65	6291,40

Mayo	7039,01	6458,41
Junio	7206,78	6263,05
Julio	8042,16	6289,30
Agosto	7691,37	6523,50
Septiembre	7025,98	6216,08
Octubre	5954,03	6640,32
Noviembre	4440,67	7133,33
Diciembre	4168,30	8192,96
	<b>72215,84 kWh</b>	<b>81330,86 kWh</b>

Por lo tanto, de acuerdo con la normativa aplicable, se establece como objetivo alcanzar un porcentaje de generación de excedentes igual o superior al 80 %, de modo que la instalación fotovoltaica maximice su contribución al autoconsumo y optimice la relación entre energía generada y aprovechada, en este caso se obtiene un porcentaje de autoconsumo del 88,79 %.

Esta situación responde a las características del perfil de consumo de la residencia (tabla 7-15): al destinarse la mayor parte de la demanda eléctrica al uso de electrodomésticos de manera discontinua a lo largo del día, se produce un desajuste entre la curva de generación solar y la curva de consumo. Como consecuencia, la rentabilidad de la instalación resulta más limitada en comparación con otros escenarios en los que existen consumos eléctricos más constantes o sistemas de climatización eléctricos que coinciden con las horas de mayor radiación.

Para el diseño de la instalación se ha optado por la utilización de módulos fotovoltaicos monocristalinos de tecnología Half-Cell, cada uno con una potencia nominal de 610 Wp. Considerando las condiciones técnicas y el espacio disponible en cubierta, se ha determinado la instalación de 77 módulos, lo que proporciona una potencia pico total 47 kWp. Esta configuración permite alcanzar un equilibrio entre la superficie máxima disponible y la potencia instalada, dado que los tres módulos seleccionados requieren una superficie total aproximada de 192.63 m<sup>2</sup>, lo que confirma la viabilidad técnica de su instalación.

La elección de este tipo de módulo responde a criterios de eficiencia y durabilidad, ya que la tecnología Half-Cell mejora la respuesta del panel frente a pérdidas por sombreado parcial y reduce las pérdidas óhmicas internas, lo que se traduce en un mejor rendimiento global en comparación con módulos convencionales de célula completa. Los datos de la instalación fotovoltaica se muestran en la tabla 7-16.

**Tabla 7-16 Datos de la instalación fotovoltaica. Fuente: Elaboración propia.**

<b>Instalación fotovoltaica</b>	
Número de módulos totales	77 unidades
Orientación	Sureste
Inclinación	35 °
Potencia pico de los módulos	610 kWp

Potencia nominal de los inversores	2.500 kW
Tecnología de los módulos	Monocristalino
Irradiación solar promedio	1.923,55 kWh/m <sup>2</sup> *año

Asimismo, con los datos presentes de la generación y el consumo, se procede a la realización de los cálculos siguientes mostrados en la tabla 7-17:

**Tabla 7-17 Distribución de la energía con la instalación FV. Fuente: Elaboración propia.**

Mes	Consumo de red (kWh)	Autoconsumo (kWh)	Excedentes (kWh)
Enero	4266,64	3184,80	1147,06
Febrero	3392,53	3495,77	1705,45
Marzo	3185,69	3797,07	2116,72
Abril	2700,20	3591,19	1609,45
Mayo	2140,47	4317,95	2721,06
Junio	1937,94	4325,11	2881,67
Julio	1861,95	4427,35	3614,82
Agosto	2057,44	4466,06	3225,31
Septiembre	2085,29	4130,79	2895,19
Octubre	2845,68	3794,64	2159,39
Noviembre	3755,71	3377,62	1063,05
Diciembre	4691,88	3501,08	667,22
	<b>34921,42</b>	<b>46409,44</b>	<b>25806,39</b>

En la situación actual, el consumo de energía de la red eléctrica se concentra principalmente durante las horas nocturnas, debido a la ausencia de un sistema de almacenamiento. Al no disponer todavía de una batería, la energía generada por los módulos fotovoltaicos solo puede ser aprovechada de forma simultánea con la demanda eléctrica de la residencia, lo que limita el porcentaje de autoconsumo efectivo.

Durante las horas diurnas, en cambio, se produce el mayor grado de autoconsumo, coincidiendo con la disponibilidad del recurso solar. Este efecto se acentúa en los meses de verano, cuando la radiación solar es más elevada y se alcanza una mayor generación fotovoltaica. En estas condiciones, se registran además excedentes de producción, es decir, energía generada no consumida en tiempo real que se vierte a la red.

Conviene subrayar que durante el periodo nocturno no existe posibilidad de generación de excedentes, ya que la instalación fotovoltaica deja de producir electricidad en ausencia de radiación solar. Por tanto, hasta que se integre un sistema de almacenamiento energético que permita desplazar los excedentes generados durante el día hacia las horas de consumo nocturno, la dependencia de la red en horario nocturno seguirá siendo significativa.



## 7.8 Componentes de la instalación fotovoltaica

En cuanto a la configuración del generador fotovoltaico, los 77 módulos seleccionados se instalarán conectados en serie, de manera que se sumen sus tensiones nominales y se optimice la adaptación al rango de trabajo del inversor previsto. Esta disposición en serie facilita además un cableado más sencillo y con menores pérdidas eléctricas, siempre que las condiciones de irradiación sobre los módulos sean homogéneas.

La instalación será de tipo coplanar, aprovechando directamente la inclinación natural del tejado (35°) y su azimut (17°). Esta solución constructiva permite reducir el impacto visual y estructural de la instalación, al tiempo que minimiza costes de montaje frente a sistemas con estructuras adicionales de inclinación. Si bien la orientación y la inclinación del tejado no son exactamente las óptimas para la latitud del emplazamiento, se consideran adecuadas para obtener un rendimiento aceptable y garantizar la integración arquitectónica (tabla 7-18 y figura 7-8).

**Tabla 7-18 Datos de los módulos fotovoltaicos. Fuente: Elaboración propia.**

Parámetros	Valor
Tipo de células	N-type
Potencia máxima	610 Wp
Peso	34,6 kg
Dimensiones	2.465 mm x 1.134 mm x 35 mm
Tensión en circuito abierto	44,8 V
Tensión en el punto máximo de potencia	37,5 V
Corriente de cortocircuito	13,88 A
Corriente en el punto máximo de potencia	13,33 A
Eficiencia del módulo	22,25 %
Coeficiente de temperatura en la corriente de cortocircuito	+0,044 %/°C
Coeficiente de temperatura en la tensión de circuito abierto	-0,272 %/°C
Coeficiente de temperatura en la potencia máxima	-0,29 %/°C

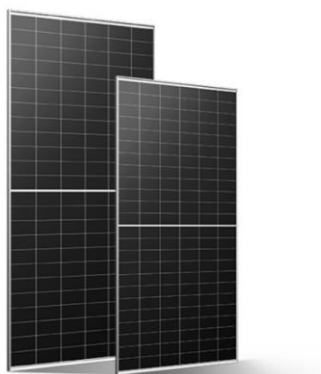


Figura 7-8 Módulo fotovoltaico. Fuente: Trina Solar.

Para la instalación fotovoltaica se ha considerado un inversor centralizado con potencia nominal de 40 kW, tomando como referencia el modelo Solis S6-EH3P40K-H. Este inversor permite gestionar de manera eficiente la conversión de la corriente continua generada por los módulos fotovoltaicos a corriente alterna apta para el consumo en la residencia o para su inyección a la red.

El modelo seleccionado presenta las siguientes características técnicas relevantes, tabla 7-19 y figura 7-9:

Tabla 7-19 Datos del inversor. Fuente: Elaboración propia.

Parámetros	Valor
Marca	Solis
Modelo	S6-EH3P40K-H
Dimensiones	530 x 880 x 290 mm
Peso	73 kg
Temperatura de operación	-25 °C a +60 °C
<b>Entrada CC</b>	
Tensión nominal de red	Hasta 1000 V (rango operativo 200 V - 1000 V)
Voltaje clasificado	600 V
<b>Salida CA</b>	
Potencia CA de salida	40 kW
Rango de tensiones para salida	230 V / 400 V trifásico
Eficiencia	98%

Este inversor trifásico híbrido tiene 4 seguidores MPPT para optimizar la generación. Puede manejar sobrecargas hasta el 160% por 2 segundos, sistema de monitoreo remoto vía app, protección IP66, y es adecuado para instalaciones comerciales o industriales con alta demanda energética.



Figura 7-9 Inversor. Fuente: Solis.

### 7.8.1 Estudio económico de instalación de autoconsumo

En el caso de que no se realice la venta de excedentes generados por la instalación fotovoltaica, el propietario de la residencia afrontaría un coste asociado al consumo de red equivalente a 3.941,37 € anuales, de acuerdo con la tarifa vigente. Sin embargo, con la puesta en marcha del sistema de autoconsumo, se logra una reducción del 57,06% en el consumo de red, lo que se traduce no solo en un ahorro energético significativo, sino también en una disminución proporcional del gasto económico en la factura eléctrica.

Este ahorro recurrente debe evaluarse en relación con la inversión inicial necesaria para la instalación del sistema fotovoltaico. El precio total de la instalación asciende a 14.616,30 €, incluyendo los componentes principales, la estructura de soporte y los costes asociados al montaje, tal como se encuentra desglosado en la tabla 7-20. Dicho importe puede desglosarse en los siguientes conceptos:

Tabla 7-20 Estudio económico. Fuente: Elaboración propia.

Equipos	Cantidad (unidades)	Precio (Euros)
Módulo fotovoltaico	77	8.855 € (115 €/unidad)
Inversor	1	2.150 €
Cableado	462 m	531,3 € (1,15 €/m)
Estructura coplanar	77	3.080 € (40 €/unidad)
<b>TOTAL: 14.616,30 €</b>		

Considerando que la mano de obra representa un 7 % adicional sobre el coste inicial de los equipos y materiales, el presupuesto final de la instalación fotovoltaica asciende a

15.639,44 €. Este importe refleja el coste total de la actuación, incluyendo tanto los componentes principales como las tareas de montaje y puesta en marcha.

Una vez incorporados los datos de generación, consumo y tarifa eléctrica vigente, se procede al análisis de la rentabilidad económica del sistema. Los cálculos realizados muestran que el ahorro anual obtenido por la reducción del consumo de red asciende a 3.941,37 €, valor que resulta directamente de la energía autoconsumida durante las horas solares.

Con estos resultados, el periodo de retorno simple de la inversión (payback) se sitúa en 2,45 años, lo que equivale aproximadamente a dos años y medio. A partir de este horizonte temporal, la instalación comenzará a generar un beneficio económico neto, al haberse recuperado la inversión inicial.

Cabe destacar que este cálculo se ha realizado de forma conservadora, sin incluir aún los ingresos derivados de la venta de excedentes, que podrían acortar de manera significativa el plazo de amortización. Por lo tanto, la rentabilidad real de la instalación será previsiblemente más favorable, reforzando así la viabilidad de la actuación desde el punto de vista económico.

## 7.9 Instalación fotovoltaica con baterías

Una vez implementada la instalación fotovoltaica, resulta pertinente plantear escenarios complementarios orientados a maximizar el aprovechamiento de los excedentes generados. Entre las alternativas más relevantes se encuentran, por un lado, la incorporación de un sistema físico de almacenamiento mediante baterías y, por otro, la contratación de una tarifa con batería virtual ofrecida por determinadas comercializadoras eléctricas.

La instalación de una batería física permitiría acumular durante el día la energía no consumida en el instante de su generación, para posteriormente destinarla a cubrir la demanda nocturna de la vivienda. Esta estrategia reduce de forma significativa la dependencia de la red y aumenta el porcentaje de autoconsumo efectivo, si bien conlleva una inversión inicial adicional, así como costes de mantenimiento y sustitución a lo largo de la vida útil de la batería.

Por otra parte, la opción de la batería virtual se presenta como una alternativa económica y operativa a la instalación física de acumuladores. En este modelo, los excedentes vertidos a la red se valoran económicamente y se transforman en un “saldo energético” que puede ser descontado de la factura en consumos posteriores. Aunque no se produce un almacenamiento real de electricidad, sí se consigue un efecto compensatorio en términos económicos, sin necesidad de asumir los costes asociados al hardware de almacenamiento físico.

Ambos escenarios permitirían alcanzar un mayor grado de ahorro energético y económico, optimizando la rentabilidad global de la instalación fotovoltaica. La elección

entre una batería física o virtual dependerá de factores como la capacidad de inversión del usuario, los hábitos de consumo de la vivienda, la evolución futura de los precios de la electricidad y la vida útil esperada de los sistemas de almacenamiento.

### 7.9.1 Batería Virtual

Considerando los precios establecidos para cada periodo en la tabla 7-21, se tiene lo siguiente:

**Tabla 7-21 Precio por periodo de tarifa con batería virtual. Fuente: Elaboración propia.**

Periodo	Precio (€/kWh)
P1	0,178 €/kWh
P2	0,154 €/kWh
P3	0,132 €/kWh
P4	0,11 €/kWh
P5	0,095 €/kWh
P6	0,081 €/kWh

Para la estimación del coste energético con esta estructura tarifaria, es necesario contemplar que el cálculo debe realizarse tomando como referencia el coste del consumo de red neto, es decir, el coste bruto del consumo menos el valor correspondiente a la venta de los excedentes de energía generados.

Con el fin de maximizar la rentabilidad derivada del autoconsumo, se recomienda la contratación de una batería virtual. Este concepto tarifario permite a los usuarios almacenar de manera virtual los excedentes de energía producidos por instalaciones renovables (como paneles solares fotovoltaicos) y utilizarlos posteriormente en sus consumos futuros, compensando así la demanda y reduciendo de forma significativa el importe final de la factura eléctrica.

A continuación, se procederá a realizar los cálculos pertinentes para cuantificar el ahorro económico asociado a esta tarifa, considerando tanto el consumo en red como la valorización de los excedentes y la posible integración de la batería virtual.

**Tabla 7-22 Coste por mes según consumo tarifa batería virtual. Fuente: Elaboración propia.**

Mes	Coste (€)	Consumo (kWh)
Enero	458,94	7451,43
Febrero	296,08	6888,29
Marzo	202,70	6982,77
Abril	122,00	6291,40
Mayo	-15,47	6458,41
Junio	-31,71	6263,05
Julio	-66,53	6289,30
Agosto	-45,44	6523,50
Septiembre	-16,80	6216,08

Octubre	93,45	6640,32
Noviembre	355,01	7133,33
Diciembre	524,64	8192,96
	<b>1876,86 €</b>	<b>81330,86 kWh</b>

Tal y como se aprecia en la tabla 7-22, la utilización de una batería virtual permite optimizar la gestión de los excedentes energéticos, que pueden ser almacenados y posteriormente compensados con el consumo en red.

De este modo, el pago únicamente sería necesario en los meses de invierno, en los que la demanda es mayor debido a las bajas temperaturas, aunque incluso en este periodo el importe resultante no es elevado. Por el contrario, durante los meses más cálidos —especialmente mayo, junio y julio—, la generación renovable supera ampliamente el consumo, lo que permite acumular un ahorro significativo. Como resultado, el balance anual muestra que el coste final a abonar se reduce prácticamente a 1.876,86 €, evidenciando la notable eficiencia económica de este sistema de compensación (venta de excedentes a 0,08 €/kWh).

Dando lugar a un ahorro de 8.435,32 €/año.

### 7.9.2 Batería Física

La instalación considerada incorpora una batería de 30 kWh de potencia nominal, con un rendimiento estimado del 80%, lo que se traduce en una capacidad teórica útil de 24 kW.

En este nuevo escenario, es necesario volver a realizar los cálculos correspondientes, teniendo en cuenta las siguientes magnitudes: el consumo de red con batería, los excedentes gestionados mediante la batería y el estado de carga de la misma.

El estado de la batería puede definirse en función de su State of Charge (SOC):

- Una batería *cargada* dispone de energía almacenada, pudiendo encontrarse en condición de carga completa (100% SOC) o en un nivel intermedio de carga parcial.
- Una batería *descargada* ha agotado total o parcialmente la energía acumulada, lo que equivale a un estado de descarga completa (0% SOC) o a una situación de descarga parcial.

Este análisis resulta fundamental para cuantificar el grado de autosuficiencia energética alcanzado con el sistema de almacenamiento y evaluar la reducción efectiva de la dependencia de la red eléctrica (tabla 7-23).

**Tabla 7-23 Consumos con respecto a la instalación de una batería física. Fuente: Elaboración propia.**

Mes	Consumo de red con baterías (kWh)	Excedentes con batería (kWh)
Enero	3954,62	855,06
Febrero	3004,06	1330,64
Marzo	2801,93	1700,59
Abril	2227,27	1162,58
Mayo	1646,76	2238,57
Junio	1398,21	2426,66
Julio	1338,27	3135,82
Agosto	1536,38	2768,67
Septiembre	1600,78	2450,60
Octubre	2408,61	1713,39
Noviembre	3445,32	691,79
Diciembre	4449,83	378,60
	<b>29812,06 kWh</b>	<b>20852,98 kWh</b>

El consumo de energía procedente de la red se concentra principalmente en las horas de madrugada, cuando la batería se encuentra descargada tras su utilización nocturna. Durante los meses de invierno, esta situación se acentúa debido a una mayor demanda energética y a una menor generación fotovoltaica. Por el contrario, en los meses de verano, el autoconsumo alcanza valores significativamente superiores gracias a una mayor radiación solar, concentrándose en las horas diurnas. En estos periodos, además de cubrir la demanda de la vivienda, se generan excedentes que permiten la carga de la batería para su aprovechamiento posterior.

La integración del sistema de almacenamiento ha supuesto una reducción del 63,35% en el consumo de energía de red, lo que se traduce en un importante ahorro energético y, de forma directa, en un ahorro económico en la factura eléctrica.

No obstante, debe considerarse la inversión necesaria para la adquisición de la batería física. En este estudio se ha seleccionado el modelo Manly MF30000, que dispone de una capacidad de 30 kWh, con un coste aproximado de 7.355,00 €. Esta incorporación incrementa el coste total de la instalación fotovoltaica hasta 22.994,44 €.

Para determinar el gasto anual asociado a la tarifa eléctrica con batería física, es necesario considerar exclusivamente el coste derivado del consumo de red, dado que el autoconsumo y los excedentes almacenados en la batería cubren la mayor parte de la demanda de la residencia.

**Tabla 7-24 Coste por mes según consumo tarifa batería física. Fuente: Elaboración propia.**

Mes	Coste (€)	Consumo (kWh)
Enero	391,21	7451,43
Febrero	194,71	6888,29
Marzo	105,74	6982,77
Abril	92,64	6291,40
Mayo	-65,40	6458,41
Junio	-131,87	6263,05
Julio	-287,57	6289,30
Agosto	-151,92	6523,50
Septiembre	-109,78	6216,08
Octubre	56,77	6640,32
Noviembre	317,04	7133,33
Diciembre	493,86	8192,96
	<b>905,45 €</b>	<b>81330,86 kWh</b>

De los resultados obtenidos en la tabla 7-24 se concluye que, con la incorporación de la batería física, el balance económico anual de la instalación es altamente favorable. En este escenario, no solo se elimina por completo el pago asociado al consumo de red, sino que además se obtiene un saldo positivo equivalente a 950,45 €, derivado de la valorización de los excedentes energéticos.

Asimismo, el análisis de rentabilidad evidencia que la amortización de la instalación fotovoltaica, considerando la batería física, se alcanzaría en un plazo aproximado de 2,50 años (alrededor de dos años y medio). Este resultado se debe al ahorro anual estimado en 9.361,73 €, lo que confirma la viabilidad económica del sistema y refuerza el interés de la inversión desde una perspectiva tanto energética como financiera.

## 7.10 Certificación energética y ambiental

### 7.10.1 Procedimiento de certificación energética

El procedimiento de certificación energética aplicado a la Residencia San Miguel Arcángel se ha desarrollado siguiendo lo establecido en el Real Decreto 390/2021, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios en España. Este marco normativo regula la metodología, las obligaciones del promotor o propietario y las herramientas reconocidas para la obtención de la calificación energética.

Para la elaboración del presente estudio se han utilizado dos herramientas oficiales de referencia:

- CE3X: programa simplificado que permite la certificación de edificios existentes a partir de sus características constructivas y de las instalaciones energéticas. Su aplicación resulta idónea en el caso de la residencia, dado que se trata de un



edificio histórico sin rehabilitación energética significativa. La herramienta facilita el cálculo de la demanda de calefacción, refrigeración y ACS, así como el consumo de energía final y las emisiones asociadas.

El procedimiento seguido se estructura en las siguientes fases:

1. Recopilación de datos: se ha inventariado la geometría del edificio, orientación, características de la envolvente térmica, sistemas de climatización, ACS e iluminación.
2. Modelización en CE3X: se introdujeron los datos constructivos y de instalaciones en la herramienta, obteniendo la calificación inicial en términos de consumo de energía primaria no renovable y emisiones de CO<sub>2</sub>.
3. Resultados y propuestas de mejora: las herramientas permiten introducir medidas de mejora pasiva y activa (aislamiento, sustitución de caldera, fotovoltaica, iluminación LED), lo que facilita comparar la calificación energética inicial con los escenarios optimizados.

En definitiva, el procedimiento de certificación energética no solo ofrece una calificación oficial del edificio, sino que también constituye una herramienta de diagnóstico que orienta la priorización de medidas de rehabilitación y eficiencia. En el caso de la residencia, la certificación actúa como referencia objetiva para evaluar el impacto de las propuestas de mejora planteadas en capítulos anteriores del TFM.

### 7.10.2 Resultados antes y después de las mejoras

La certificación energética inicial de la Residencia San Miguel Arcángel, obtenida mediante la herramienta CE3X, refleja el impacto de una envolvente térmica obsoleta y de sistemas de climatización y ACS alimentados por gasóleo. En este escenario de partida, la calificación obtenida corresponde a una letra F en consumo de energía primaria no renovable y una letra E en emisiones de CO<sub>2</sub>, valores que sitúan al edificio en un rango bajo de eficiencia energética dentro de la escala nacional.

Tras la simulación de las medidas de mejora propuestas (aislamiento de cubierta y muros, sustitución de carpinterías, renovación de caldera por sistema de alta eficiencia o aerotermia, instalación fotovoltaica para autoconsumo y sustitución completa del alumbrado por LED), la calificación energética se incrementa notablemente. Los resultados proyectados indican una letra C en consumo de energía primaria no renovable y una letra C en emisiones de CO<sub>2</sub>, lo que supone una reducción superior al 45 % en la demanda total del edificio y un descenso cercano al 60 % en las emisiones anuales de gases de efecto invernadero. (Certificados Energéticos. (s. f.), n.d.)

Este salto cualitativo en la certificación no solo refleja la mejora en la eficiencia técnica, sino que también aporta una ventaja competitiva y reputacional al centro sociosanitario, alineándolo con los objetivos de sostenibilidad y transición energética establecidos a nivel nacional y europeo. Observando un resumen en la tabla 7-25.

Tabla 7-25 Certificación energética. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Consumo energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> ·año)	Calificación	Emisiones CO <sub>2</sub> (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·año)	Calificación
Situación inicial	~275	F	~70	E
Tras mejoras propuestas	~145	C	~28	C



Figura 7-10 Certificación energética. Fuente: Antena 3.

### 7.10.3 Proceso de certificación ambiental (criterios seleccionados, puntuación)

Además de la certificación energética, se ha evaluado la residencia en relación con estándares de certificación ambiental aplicables a edificios, tomando como referencia los sistemas BREEAM, LEED y VERDE. Aunque la residencia no se somete formalmente a un proceso de certificación, el análisis permite aproximar su desempeño ambiental e identificar las categorías en las que se podrían lograr mayores beneficios (Parklex Prodema Magazine., n.d.).

En la situación actual, el edificio parte de una posición desfavorable debido a la baja eficiencia de su envolvente y la alta dependencia de combustibles fósiles. No obstante, las medidas de mejora propuestas (rehabilitación térmica, sustitución de sistemas de climatización por soluciones más eficientes y renovables, instalación fotovoltaica, renovación de luminarias y gestión eficiente del agua) permiten estimar una puntuación intermedia que situaría al edificio en un rango de certificación ambiental básica-intermedia (Green Building Council España (GBCe)., 2022).

Tabla 7-26 Estimación de puntuación en criterios ambientales. Fuente: Elaboración propia.

Categoría/ Criterio	Peso aproximado en esquemas (BREEAM / LEED / VERDE)	Situación inicial	Tras mejoras propuestas
<b>Energía y emisiones</b>	25–30 %	Bajo (uso gasóleo, envolvente deficiente)	Medio-Alto (reducción >45 % consumo, FV, LED)
<b>Gestión del agua</b>	10 %	Medio (sistemas convencionales, sin recuperación)	Medio-Alto (optimización de consumo, griferías eficientes)
<b>Materiales y recursos</b>	10–15 %	Bajo (materiales tradicionales sin control ambiental)	Medio (aislamientos y carpinterías con DAP)
<b>Confort y salud interior</b>	15 %	Medio (ventilación natural, sin control de CO <sub>2</sub> )	Alto (mejoras en climatización y ventilación)
<b>Gestión de residuos</b>	5–10 %	Bajo (gestión convencional)	Medio (programa de segregación y reciclaje)
<b>Ubicación y transporte</b>	10 %	Medio (entorno urbano limitado en transporte público)	Igual
<b>Innovación</b>	5 %	Bajo	Medio (integración de renovables y gestión digital de consumos)

Con las mejoras (tabla 7-26), la residencia podría alcanzar un nivel equivalente a BREEAM “Good” / LEED “Certified” / VERDE 2 hojas, situándose en un rango intermedio de desempeño ambiental, con margen de progreso hacia niveles superiores si se integraran criterios adicionales de sostenibilidad en gestión de residuos, movilidad y materiales.



Figura 7-11 Certificación ambiental. Fuente: Hempcrete.

#### 7.10.4 Conclusión del impacto ambiental

Si bien la situación inicial del edificio presentaba notables deficiencias en términos de eficiencia energética y dependencia de combustibles fósiles, las actuaciones propuestas permiten alcanzar un escenario de impacto ambiental reducido y controlado, posicionando al edificio en un rango intermedio de certificación ambiental. Esto representa no solo una mejora cuantitativa en términos de ahorro energético y reducción de emisiones, sino también una mejora cualitativa en la habitabilidad y en la huella ambiental de la residencia.

En conclusión, el proyecto constituye una oportunidad de transición hacia un modelo más sostenible, con beneficios ambientales, económicos y sociales, y establece una base sólida para la posible consecución de certificaciones ambientales de mayor nivel en el futuro, en caso de que se profundice en aspectos como la movilidad sostenible, la gestión avanzada de materiales y la innovación tecnológica aplicada a la edificación.

## 7.11 Evaluación económica y financiera

### 7.11.1 Coste total de implementación de medidas

La implantación de las medidas de eficiencia energética propuestas en la residencia conlleva una inversión inicial significativa, pero proporcionará beneficios a medio y largo plazo tanto en términos económicos como ambientales. El desglose de costes muestra que la actuación de mayor peso corresponde a la mejora del aislamiento térmico de la envolvente, con un coste estimado de 21.540 €, seguida de la instalación de un sistema fotovoltaico para autoconsumo, con un presupuesto de 22.032,60 €.

Otras intervenciones incluyen la sustitución de luminarias por tecnología LED (4.582,85 €), la sustitución de calderas por un sistema de mayor eficiencia (14.498,00 €) y la instalación de variadores de frecuencia en bombas y ventiladores (6.193,00 €).

El coste de inversión asociado a las medidas propuestas se resume a continuación:

- Sustitución de luminarias por tecnología LED: 4.582,85 €
- Sustitución de calderas por un sistema más eficiente: 14.498,00 €
- Instalación de variadores de frecuencia en bombas y ventiladores: 6.193,00 €
- Mejoras en aislamiento térmico y cerramientos: 21.540,00 €
- Instalación de sistema fotovoltaico para autoconsumo con baterías: 22.994,44 €.

En conjunto, el coste total de implementación de medidas asciende a 69.808,29 €, inversión que será compensada a través de los ahorros energéticos generados anualmente.

### 7.11.2 Estimación de ahorro energético y económico

Los ahorros estimados tras la implementación de las medidas permiten evidenciar la conveniencia de la inversión. La sustitución de luminarias por LED supone un ahorro de aproximadamente 30.555 kWh/año, lo que equivale a unos 4.024 € anuales.

La mejora en el sistema de calefacción mediante la sustitución de calderas representa un ahorro de 61.600 kWh/año (6.985 €), mientras que la instalación de variadores de frecuencia en bombas y ventiladores aporta un ahorro adicional de 24.180 kWh/año (2.720 €).

Asimismo, la mejora en el aislamiento térmico y cerramientos se traduce en una reducción del consumo de 48.000 kWh/año, equivalente a 5.440 € de ahorro.

Por último, la instalación del sistema fotovoltaico con baterías genera una producción aproximada de 51.518,8 kWh/año, con un valor económico aproximado de 9.361,73 € de ahorro anual.

De forma agregada, el ahorro energético total se estima en 215.853,8 kWh/año, con un beneficio económico anual de 28.530,73 €. Esta cifra representa una reducción notable

del gasto energético de la residencia, a la vez que contribuye de forma significativa a la descarbonización de su actividad.

### 7.11.3 Análisis de viabilidad técnica y económica (TIR, VAN, periodo de retorno)

Con base en los ahorros energéticos y el coste de inversión se ha realizado un análisis económico para evaluar la viabilidad de las actuaciones propuestas. El periodo simple de retorno (Payback) resulta de 2,44 años, lo cual implica que la residencia recuperará la totalidad de la inversión inicial en menos de tres años.

Asimismo, se ha calculado el Valor Actual Neto (VAN) considerando un horizonte temporal de 25 años y una tasa de descuento del 7%. El resultado obtenido, 262.676,95 €, demuestra la rentabilidad positiva del proyecto, lo que confirma que la inversión generará beneficios económicos netos durante toda su vida útil. De igual modo, la Tasa Interna de Retorno (TIR) se ha estimado en un 40,86%, valor muy superior al coste de capital típico en proyectos de eficiencia energética, lo que evidencia la solidez financiera de la propuesta.

Desde el punto de vista técnico, las medidas son plenamente viables, ya que no requieren modificaciones estructurales de gran envergadura ni interfieren en la operatividad del centro sociosanitario. Además, su implementación mejora la calidad de las instalaciones, refuerza el confort de los residentes y reduce las emisiones asociadas al consumo de combustibles fósiles.

**Tabla 7-27 Análisis de viabilidad técnica y económica. Fuente: Elaboración propia.**

<b>Inversión inicial</b>	69.808,29
<b>Vida útil</b>	25
<b>Ingresos anuales de ahorro</b>	28.530,73
<b>Tasa de descuento</b>	7%
<b>VAN</b>	262.676,95 €
<b>TIR</b>	40,86%

En conclusión, y con ayuda del resumen mostrado en la tabla 7-27 la residencia no solo se beneficiará de un importante ahorro económico anual, sino que también avanzará hacia un modelo energético más sostenible y eficiente, con indicadores de rentabilidad que avalan la conveniencia de acometer la inversión.

## 8 Conclusiones y propuestas de mejora

### 8.1 Conclusiones generales del trabajo

El presente Trabajo Fin de Máster ha permitido realizar un análisis integral de la eficiencia energética en la Residencia de Mayores San Miguel Arcángel, integrando el estudio del estado actual de sus instalaciones, la caracterización de los consumos, la evaluación de la contratación eléctrica y la propuesta de medidas de mejora orientadas a la sostenibilidad y a la optimización económica.

En primer lugar, se constató que el edificio presenta una envolvente térmica poco eficiente, propia de construcciones del primer tercio del siglo XX, con ausencia de aislamiento en muros y cubierta, carpinterías heterogéneas y pérdidas energéticas significativas. Este factor condiciona de manera directa la elevada demanda de calefacción y repercute en los costes asociados al confort térmico de los residentes.

En segundo lugar, el sistema de climatización y ACS basado en gasóleo supone un vector energético de alto impacto ambiental y económico, al representar la mayor parte del consumo total y de las emisiones asociadas. A ello se suma el uso de propano en cocina y un sistema de iluminación todavía mayoritariamente convencional, lo que confirma la necesidad de una estrategia de transición hacia energías más limpias y tecnologías más eficientes.

El estudio tarifario evidenció que la modalidad contratada en la actualidad no es la más ventajosa, y que la opción regulada PVPC permitiría alcanzar un ahorro económico anual significativo, aunque sujeto a la volatilidad del mercado. Este resultado subraya la importancia de una correcta gestión de la contratación eléctrica en centros de consumo intensivo y continuo como el analizado.

La propuesta de instalación fotovoltaica de 47 kWp mostró ser técnica y económicamente viable, con una cobertura de casi el 89 % del consumo eléctrico anual y una reducción relevante de emisiones de CO<sub>2</sub>. Asimismo, se confirmó que la incorporación de sistemas de almacenamiento (batería virtual o física) podría incrementar el porcentaje de autoconsumo, aunque con implicaciones económicas distintas que deben valorarse en función de la estrategia del centro.

La evaluación económica global evidenció que las medidas planteadas permiten alcanzar periodos de retorno aceptables, especialmente en lo relativo a la modernización de la iluminación y a la instalación fotovoltaica. Desde una perspectiva ambiental, las actuaciones propuestas suponen una reducción sustancial de la huella de carbono, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos de transición energética y a la mejora de la imagen social del centro.

En síntesis, el trabajo demuestra que la residencia analizada dispone de un alto potencial de mejora energética y ambiental, alcanzable mediante una combinación equilibrada de medidas pasivas, activas y de gestión. La auditoría realizada constituye así una

herramienta estratégica que no solo identifica ineficiencias y costes evitables, sino que proporciona una hoja de ruta para avanzar hacia un modelo de gestión energética más eficiente, sostenible y adaptado a las necesidades específicas del sector sociosanitario.

## 8.2 Medidas pasivas

El análisis realizado ha puesto de manifiesto que una parte importante de la demanda energética de la residencia procede de las pérdidas por transmisión a través de la envolvente térmica. En consecuencia, la primera línea de actuación debe centrarse en medidas pasivas de mejora constructiva, entre las que destacan:

- Rehabilitación de la envolvente: incorporación de aislamiento térmico en muros y cubierta, reduciendo las pérdidas de calor en invierno y el sobrecalentamiento en verano.
- Sustitución progresiva de carpinterías: reemplazo de ventanas y cerramientos obsoletos por carpinterías de PVC o aluminio con rotura de puente térmico y vidrios de doble o triple acristalamiento.
- Mejora del sellado de huecos y fisuras: aplicación de soluciones de estanqueidad para reducir infiltraciones de aire no controladas.
- Optimización del soleamiento: instalación de protecciones solares móviles o fijas en fachadas más expuestas, con el fin de disminuir las cargas térmicas en meses cálidos.

Estas medidas pasivas, aunque requieren una inversión inicial significativa, presentan beneficios a largo plazo tanto en términos de ahorro energético como de confort térmico para los residentes. Además, mejoran la calificación energética del edificio y facilitan el cumplimiento de los requisitos normativos en materia de eficiencia.

## 8.3 Medidas activas

En paralelo a la rehabilitación pasiva, la residencia dispone de un amplio margen de mejora a través de la modernización de sus sistemas activos y de gestión energética:

- Sustitución de la caldera de gasóleo por un sistema de generación térmica más eficiente y sostenible, ya sea una caldera de biomasa, bombas de calor aerotérmicas o sistemas híbridos que combinen renovables y apoyo convencional.
- Incorporación de energías renovables: instalación fotovoltaica de 47 kWp para autoconsumo, con posibilidad de integración futura de sistemas de almacenamiento.
- Modernización de la iluminación: sustitución completa de luminarias obsoletas por tecnología LED de alta eficiencia, con sistemas de control automático en zonas comunes (detectores de presencia, regulación por nivel de luz natural).
- Optimización de la contratación eléctrica: migración a una tarifa más ventajosa (PVPC o mercado libre competitivo), acompañada de una gestión activa de la curva de carga para desplazar consumos a periodos económicos.



- Implantación de un sistema de monitorización energética: utilización de software y analizadores de red para registrar consumos en tiempo real, detectar ineficiencias y facilitar la toma de decisiones en la gestión del edificio.

La combinación de estas medidas activas permitirá reducir de forma inmediata los costes de operación, disminuir la dependencia de combustibles fósiles y contribuir a la descarbonización del centro. Su aplicación gradual y coordinada con las medidas pasivas garantiza la viabilidad técnica, económica y ambiental del plan de mejora propuesto.

## 9 Bibliografía

- Atlas Energía. (2025). *Guía definitiva: la tarifa 3.0 TD de energía y luz en España*.
- Boletín Oficial del Estado, M. para la T. E. y el R. Demográfico. (2021). *Real Decreto 390/2021, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios*.
- Certificados Energéticos. (s. f.). (n.d.). *Cómo mejorar la envolvente térmica en la certificación energética: medidas de mejora de CE3X*.
- Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia (CNMC). (2025). *Informe minorista de gas y electricidad*.
- ComparadorLuz. (2024). *¿Cómo ahorrar en la factura de luz de tu pyme o empresa?*
- Diario AS. (2021). *Nueva factura de la luz: ¿cómo saber si soy del mercado libre o PVPC según el nombre de la compañía?*
- Diario Oficial de la Unión Europea. (2012). *Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, relativa a la eficiencia energética*. . Comisión Europea.
- Dök Mimarlık. (s. f.). (n.d.). *Integración de las energías renovables en los edificios modernos*.
- EDP Energía. (2021). *Auditorías energéticas: el análisis de la eficiencia*. . Blog EDP Energía.
- Estudio P&D. (2021). *Nuevo RD 390/2021: procedimiento básico para la certificación energética de edificios*. Ingenieros P&D. [https://ingenierospyd.es/Nuevord390\\_2021/](https://ingenierospyd.es/Nuevord390_2021/).
- Finques Dueñas. (s. f.). (n.d.). *La integración de energías renovables en edificios sostenibles*.
- Gobierno de España, M. de I. E. y Turismo. (2007). *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)*.
- Gobierno de España, M. de T. M. y A. Urbana. (2019). *Código Técnico de la Edificación (CTE), Documento Básico HE: Ahorro de Energía*.
- Green Building Council España (GBCe). (2022). *VERDE Edificios 2022: herramienta de evaluación para edificios existentes, rehabilitación y nueva edificación*.
- International Energy Agency (IEA). (2021). *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.
- LaDWP. (2022). *Auditorías energéticas de instalaciones: el siguiente nivel de eficiencia*.
- Organización Internacional de Normalización (ISO). (2018). *ISO 50001: Sistemas de gestión de la energía – Requisitos con orientación para su uso*.
- Parklex Prodema Magazine. (n.d.). *Certificados BREEAM, LEED y VERDE de eficiencia energética*.
- Primagas. (s. f.). (n.d.). *Eficiencia y ahorro energético en residencias y centros geriátricos*. Blog Primagas.
- Programa Energías. (2019). *Guía metodológica de auditoría energética en edificación*.
- Sanz Moreno, V. (2024). *Auditorías energéticas en centros de atención a personas mayores*.