



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ECONÓMICA EN LA REFORMA DE LA FACHADA EN UN EDIFICIO DE USO RESIDENCIAL, HOTELERO Y COMERCIAL

Autor: Claudia Sáez Soberón

Director: Iñigo Sanz Fernandez

Co-Director: Daniel Fernández Alonso

Madrid

Junio de 2025

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Evaluación de la eficiencia energética y económica en la reforma de la fachada en un
edificio de uso residencial, hotelero y comercial

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2024/25 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Claudia Sáez Soberón

Fecha: 31/07/ 2025

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

SANZ FERNANDEZ
IÑIGO - 52367115W

Firmado digitalmente por SANZ
FERNANDEZ IÑIGO - 52367115W
Fecha: 2025.08.02 09:08:20
+02'00'

Fdo.: Iñigo Sanz Fernández

Fecha: 02/08/2025



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ECONÓMICA EN LA REFORMA DE LA FACHADA EN UN EDIFICIO DE USO RESIDENCIAL, HOTELERO Y COMERCIAL

Autor: Claudia Sáez Soberón

Director: Iñigo Sanz Fernandez

Co-Director: Daniel Fernández Alonso

Madrid

Agradecimientos

A mis padres, por su apoyo incondicional desde el momento que decidí estudiar esta carrera, por la paciencia todos estos años, y por la comprensión.

A mi hermano, por animarme siempre que lo necesitaba.

A mis amigos, porque sin ellos esta experiencia no hubiera sido lo mismo. Por haber compartido cada etapa, cada esfuerzo, y cada logro. Especialmente a Elena, con quien he compartido este viaje desde el primer día hasta el último.

A mi tutor Iñigo, por guiarme en este proceso.

A Pedro y Raquel por todo el conocimiento y la ayuda que me han dado, han sido fundamentales en este trabajo.

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y ECONÓMICA EN LA REFORMA DE LA FACHADA EN UN EDIFICIO DE USO RESIDENCIAL, HOTELERO Y COMERCIAL

Autor: Sáez Soberón, Claudia.

Director: Sanz Fernández, Iñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Introducción

Este Trabajo Fin de Grado evalúa de forma integral la intervención realizada en la envolvente del edificio sito en la calle Princesa 25-27, en Madrid. El proyecto surge como respuesta a un deterioro generalizado del aplacado exterior, que comprometía la seguridad estructural y funcional del edificio. La actuación proyectada (ya en ejecución) se analizó desde un enfoque técnico, normativo, energético y económico, valorando no solo la resolución de los problemas existentes, sino también su capacidad para mejorar la eficiencia energética del edificio. El objetivo final ha sido verificar la idoneidad de la solución adoptada, identificar su impacto en el consumo energético y evaluar su rentabilidad.

Metodología

La metodología seguida en este trabajo se ha estructurado en cuatro bloques principales: documentación de la intervención realizada, revisión normativa, evaluación energética y análisis económico. Cada una de estas fases se desarrolló mediante una combinación de análisis documental, cálculo técnico y simulación informática, con el objetivo de valorar el impacto real de la reforma sobre el edificio.

- *Documentación de la intervención*: en primer lugar, se revisó en profundidad la documentación técnica del proyecto ejecutado. A partir de los planos, memorias y detalles constructivos, se describieron las tres zonas diferenciadas de actuación en la fachada, analizando las soluciones adoptadas en cada una de ellas.
- *Revisión normativa*: Se llevó a cabo una revisión del marco normativo aplicable, centrada en el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE) para obras de rehabilitación. Se justificó el grado de aplicación de los Documentos Básicos DB-HE (Ahorro de Energía), DB-HS (Salubridad) y DB-SI (Seguridad en caso de Incendio), de acuerdo con el alcance de la intervención. Asimismo, se analizó el

cumplimiento de la normativa municipal del Ayuntamiento de Madrid, concretamente del Plan General de Ordenación Urbana (Norma Zonal 3, Grado 1º) y de la Ordenanza de Conservación y Rehabilitación de las Edificaciones (OCRE), que establecen la obligación de intervenir ante la aparición de patologías graves en la envolvente.

- *Evaluación energética:* la parte central del análisis consistió en estudiar el comportamiento energético del edificio antes y después de la reforma, mediante el software CE3X. Este proceso se dividió en tres etapas:
 1. **Estudio constructivo del edificio:** Se llevó a cabo un análisis completo de la envolvente térmica del edificio, evaluando la superficie, orientación, características y composición de las fachadas y ventanas. Se clasificaron los distintos cerramientos según su tipología, con el fin de definir correctamente los elementos térmicos del modelo.
 2. **Análisis de instalaciones:** Se analizaron las instalaciones térmicas existentes (calefacción y ACS), incluyendo el tipo de generadores, el combustible utilizado, los sistemas de distribución y los patrones de consumo estimados.
 3. **Generación del certificado energético:** Con todos los datos anteriores, se modelizó el edificio en la herramienta CE3X, obteniendo su calificación energética tanto en el estado previo como en el reformado. El análisis permitió cuantificar la reducción del consumo de energía primaria no renovable, las emisiones de CO₂ y la demanda de calefacción. También se introdujeron medidas de mejora (sustitución de ventanas o adición de aislamiento térmico por el exterior) para valorar su impacto potencial sobre la calificación final.
- *Análisis económico:* Por último, se desarrolló un modelo económico en Excel para evaluar la rentabilidad de la mejora energética integrada en la intervención. Se diferenciaron los costes asociados al cumplimiento del deber de conservación (por seguridad) de aquellos derivados de las mejoras voluntarias en eficiencia energética. A partir de los ahorros obtenidos en el consumo energético y los costes reales de ejecución, se calcularon indicadores como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación, evaluando la viabilidad de la inversión energética desde un enfoque financiero.

Resultados

- *Energía y emisiones:* La reforma permitió mejorar una letra la calificación energética del edificio, pasando de E a D. Esta mejora se traduce en una reducción del 24,3 % en el consumo de energía primaria no renovable y del 24,2 % en las emisiones anuales de CO₂. Además, la demanda de calefacción disminuyó en un 33 %, lo que refleja una mejora significativa en el comportamiento térmico de la envolvente.

Adicionalmente, analizando las tres posibles mejoras, se comprobó que las tres permitían seguir reduciendo el consumo energético y conseguir una calificación energética mejor, siendo la tercera mejora (combinación de las dos primeras mejoras) la más recomendable ya que se obtenía una calificación C en la escala.

- *Viabilidad normativa:* La solución adoptada cumple con los requerimientos de seguridad, salubridad y eficiencia establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE), y se ajusta a la normativa urbanística del municipio de Madrid. El empleo de sistemas industrializados para la ejecución de la fachada ventilada ha permitido una intervención más ágil, segura y duradera, adecuada al entorno urbano y compatible con el uso continuo del edificio.
- *Rentabilidad económica:* Del presupuesto total de la actuación se estima que 1,54 millones corresponden a las mejoras energéticas integradas en el diseño de la nueva envolvente. Esta inversión adicional genera ahorros anuales superiores a 200.000 euros en consumo energético. A partir de estos datos, se ha calculado un VAN de 2,54 millones de euros, una TIR del 16,45 % y un periodo de retorno de 7,4 años. Estos resultados confirman que, si se analiza de forma independiente respecto al resto de la intervención, la mejora energética es una inversión económicamente viable y alineada con los objetivos de sostenibilidad del parque edificado.

Discusión

Los resultados obtenidos en este trabajo reflejan que la intervención ejecutada ha tenido un impacto positivo tanto en términos técnicos como energéticos y económicos. Si bien el motivo inicial de la actuación fue la necesidad de garantizar la seguridad estructural y cumplir con el deber legal de conservación, la reforma ha aprovechado esta obligación para introducir mejoras sustanciales en la eficiencia energética de la envolvente, lo que añade valor añadido a la intervención.

Desde el punto de vista energético, la mejora de una letra en la calificación energética y la reducción significativa en el consumo de energía primaria y emisiones de CO₂ confirman que la estrategia adoptada ha sido eficaz. Además, el análisis de medidas adicionales como la sustitución de ventanas y la aplicación de SATE demuestra que aún existe margen de mejora que podría permitir alcanzar niveles superiores de eficiencia sin necesidad de una intervención integral del edificio.

Normativamente, la actuación se ajusta a lo establecido por el CTE y la normativa municipal, y constituye un ejemplo de cómo los requisitos legales pueden alinearse con criterios de sostenibilidad si se abordan desde una perspectiva estratégica. La decisión de emplear sistemas industrializados ha permitido una ejecución compatible con la ocupación del edificio y ha aportado ventajas en términos de control de calidad, tiempos de obra y durabilidad de la solución.

Económicamente, el análisis demuestra que, aunque la actuación completa no resultaría rentable si se evaluara como un proyecto energético en su conjunto, el desglose de la parte específica de mejora energética permite identificar una inversión claramente viable. Con una TIR superior al 16 % y un periodo de recuperación razonable, el proyecto cumple con los criterios habituales de rentabilidad en rehabilitación energética. Esto demuestra la utilidad de analizar de forma diferenciada las intervenciones obligadas y las voluntarias, para tomar decisiones fundamentadas tanto a nivel técnico como financiero.

Conclusiones

La intervención en la fachada del edificio de Princesa 25-27 resulta técnicamente coherente, legalmente justificada y energéticamente eficaz. Separando los costes obligados de los voluntarios, la mejora energética demuestra una rentabilidad clara a medio plazo, compatible con los objetivos de sostenibilidad del parque edificado urbano.

EVALUATION OF ENERGY AND ECONOMIC EFFICIENCY IN THE FAÇADE RENOVATION OF A MIXED-USE BUILDING (RESIDENTIAL, HOTEL, AND COMMERCIAL)

Author: Sáez Soberón, Claudia.

Supervisor: Sanz Fernández, Iñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

Introduction

This Final Degree Project presents a comprehensive evaluation of the intervention carried out on the envelope of the building located at Calle Princesa 25-27, in Madrid. The project arose in response to widespread deterioration of the exterior cladding, which compromised the building's structural and functional safety. The intervention (already underway) is analyzed from a technical, regulatory, energy, and economic perspective, assessing not only the resolution of existing problems but also its capacity to improve the building's energy efficiency. The ultimate goal has been to verify the suitability of the adopted solution, identify its impact on energy consumption, and evaluate its profitability.

Methodology

The methodology followed in this project is structured into four main blocks: documentation of the intervention carried out, regulatory review, energy evaluation, and economic analysis. Each of these phases was developed through a combination of document analysis, technical calculation, and computer simulation, with the aim of assessing the actual impact of the renovation on the building.

- *Documentation of the intervention*: First, the technical documentation of the executed project was thoroughly reviewed. Based on the plans, reports, and construction details, the three differentiated areas of action on the façade were described, analyzing the solutions adopted in each of them.
- *Regulatory review*: A review of the applicable regulatory framework was conducted, focusing on compliance with the Spanish Technical Building Code (CTE) for renovation works. The degree of application of the Basic Documents DB-HE (Energy Saving), DB-HS (Health), and DB-SI (Fire Safety) was justified, according to the scope of the intervention. Additionally, compliance with the municipal

regulations of the Madrid City Council was analyzed, specifically the General Urban Development Plan (Norma Zonal 3, Grade 1) and the Ordinance on the Conservation and Rehabilitation of Buildings (OCRE), which establish the obligation to act in the presence of serious pathologies in the envelope.

- Energy evaluation: The central part of the analysis consisted of studying the energy performance of the building before and after the renovation, using the CE3X software. This process was divided into three stages:
 1. **Construction study of the building**: A complete analysis of the building's thermal envelope was carried out, assessing the surface area, orientation, characteristics, and composition of the façades and windows. The different enclosures were classified according to their typology, in order to correctly define the thermal elements of the model.
 2. **Installation analysis**: The existing thermal installations (heating and DHW) were analyzed, including the type of generators, the fuel used, distribution systems, and estimated consumption patterns.
 3. **Generation of the energy certificate**: With all the previous data, the building was modeled in the CE3X tool, obtaining its energy rating both in the pre-renovation and post-renovation states. The analysis made it possible to quantify the reduction in non-renewable primary energy consumption, CO₂ emissions, and heating demand. Improvement measures (window replacement or addition of external thermal insulation) were also introduced to assess their potential impact on the final rating.
- Economic analysis: Finally, an economic model was developed in Excel to assess the profitability of the energy improvement integrated into the intervention. Costs associated with compliance with the legal conservation duty (for safety) were differentiated from those derived from voluntary energy efficiency improvements. Based on the energy savings obtained and the actual execution costs, indicators such as Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), and payback period were calculated, evaluating the feasibility of the energy investment from a financial perspective.

Results

- *Energy and emissions*: The renovation improved the building's energy rating by one letter, from E to D. This improvement translates into a 24.3% reduction in non-renewable primary energy consumption and a 24.2% reduction in annual CO₂ emissions. Furthermore, heating demand decreased by 33%, reflecting a significant improvement in the thermal performance of the envelope. Additionally, by analyzing three possible improvement measures, it was found that all of them would further reduce energy consumption and improve the energy rating, with the third option (a combination of the first two) being the most recommended, as it achieved a C rating on the scale.
- *Regulatory compliance*: The adopted solution meets the safety, health, and efficiency requirements established in the Spanish Technical Building Code (CTE) and complies with the urban regulations of the Madrid municipality. The use of industrialized systems for the execution of the ventilated façade has allowed for a faster, safer, and more durable intervention, suitable for the urban environment and compatible with the building's continuous use.
- *Economic profitability*: Of the total project budget, an estimated €1.54 million corresponds to the energy improvements integrated into the new envelope design. This additional investment generates annual energy savings exceeding €200,000. Based on these data, a Net Present Value (NPV) of €2.54 million, an Internal Rate of Return (IRR) of 16.45%, and a payback period of 7.4 years were calculated. These results confirm that, when analyzed independently from the rest of the intervention, the energy improvement constitutes an economically viable investment aligned with the sustainability objectives of the built environment.

Discussion

The results obtained in this study show that the intervention carried out has had a positive impact in technical, energy, and economic terms. Although the initial reason for the action was the need to ensure structural safety and comply with the legal conservation duty, the renovation has used this obligation as an opportunity to introduce substantial improvements in the energy efficiency of the envelope, thus adding value to the intervention.

From an energy perspective, the one-letter improvement in the energy rating and the significant reduction in primary energy consumption and CO₂ emissions confirm that the

adopted strategy was effective. Furthermore, the analysis of additional measures such as window replacement and the application of external insulation (SATE) shows that there is still room for improvement, which could lead to even higher efficiency levels without requiring a full-scale intervention.

In regulatory terms, the intervention complies with both the CTE and municipal regulations, and serves as an example of how legal requirements can be aligned with sustainability goals when approached strategically. The decision to use industrialized systems enabled execution while the building remained in use and brought benefits in terms of quality control, construction time, and durability.

Economically, the analysis shows that although the overall intervention would not be profitable if evaluated solely as an energy project, isolating the energy improvement component reveals a clearly viable investment. With an IRR above 16% and a reasonable payback period, the project meets standard profitability criteria in energy refurbishment. This highlights the value of analyzing mandatory and voluntary interventions separately to support sound technical and financial decision-making.

Conclusions

The intervention on the façade of the building at Princesa 25-27 proves to be technically sound, legally justified, and energetically effective. By separating mandatory costs from voluntary ones, the energy improvement demonstrates clear mid-term profitability, in line with the sustainability objectives of the urban building stock.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción.....	8
1.1 Motivación del proyecto	9
1.2 Objetivos	10
1.3 Alineación con los ods	11
1.4 Metodología	12
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías	14
2.1 CE3X: Análisis energético.....	14
2.2 Microsoft excel: Análisis económico y energético	14
2.3 AutoCAD	15
2.4 ZoteroO: citación	15
2.5 Código técnico de la edificación (cte).....	15
Capítulo 3. Estado de la Cuestión.....	17
3.1 Enfoque en los análisis de rehabilitación de fachadas	17
3.1.1 Análisis técnico	17
3.1.2 Análisis normativo	18
3.1.3 Análisis energético	18
3.1.4 Análisis económico.....	19
3.2 Rehabilitación de fachadas.....	20
3.2.1 Beneficios	20
3.2.2 Tipos.....	21
3.3 Soluciones constructivas actuales en rehabilitación de fachadas.....	21
3.3.1 Fachada ventilada.....	21
3.3.2 Aislamientos	24
3.3.3 Fachada fotovoltaica/fotosensible	28
3.3.4 Soluciones de acristalamiento.....	29
Capítulo 4. Definición del Trabajo.....	31
4.1 Justificación	31
Capítulo 5. Contexto del proyecto.....	33
5.1 Situación del edificio	33

5.1.1 Descripción del inmueble.....	33
5.1.2 Características constructivas.....	34
5.1.3 Situación energética.....	35
5.1.4 Justificación reforma	35
5.2 Condiciones climáticas del entorno	36
5.2.1 Orientación solar y caras del edificio.....	38
5.3 Patologías detectadas	39
5.4 Tipos de intervenciones	41
5.4.1 Intervención 1.....	41
5.4.2 Intervención 2.....	42
5.4.3 Intervención 3.....	44
5.5 Enfoque normativo y técnico de la intervención	45
5.6 Impacto y enfoque de la intervención.....	45
Capítulo 6. Cumplimiento normativo.....	47
6.1 Cumplimiento del Código Técnico de la Edificación.....	47
6.1.1 Documentos Básicos no aplicables.....	48
6.1.2 Documentos Básicos aplicables.....	49
6.2 Normativa municipal y ordenanzas urbanísticas	55
6.2.1 Ordenanza de conservación y rehabilitación de las edificaciones (OCRE).....	55
6.2.2 Plan General de Ordenación Urbana de Madrid (PGOUM).....	55
6.2.3 Incentivos fiscales y bonificaciones	56
6.3 Conclusión	56
Capítulo 7. Análisis energético.....	57
7.1 Definición edificio	57
7.1.1 Cálculo demanda diaria de ACS.....	57
7.1.2 Cálculo ventilación del inmueble.....	61
7.2 Cálculo patrón de sombras.....	64
7.3 Definición envolvente térmica.....	68
7.3.1 Cálculo superficies de fachada	71
7.3.2 Definición muros de fachada	73
7.3.3 Definición cubiertas	75
7.3.4 Definición suelos.....	79

7.4	Definición del acristalamiento	80
7.4.1	<i>Definición hueco/lucernario</i>	81
7.5	Definición instalaciones	83
7.6	Certificados obtenidos	84
7.6.1	<i>Estado actual</i>	85
	85
7.6.2	<i>Estado reformado</i>	86
7.7	Posibles mejoras.....	88
Capítulo 8. Análisis económico		91
8.1	Motivación económica de la intervención	91
8.2	Coste energético actual y ahorro previsto	94
8.2.1	<i>Consumo energético actual del edificio</i>	94
8.2.2	<i>Estimación de ahorro energético tras la rehabilitación</i>	94
8.3	Coste total de la intervención.....	95
8.4	Indicadores económicos fundamentales.....	97
8.4.1	<i>Valor actual neto (VAN)</i>	97
8.4.2	<i>Tasa interna de rentabilidad (TIR)</i>	99
8.4.3	<i>Periodo de retorno (PR)</i>	99
8.5	Conclusiones análisis económico	100
Capítulo 9. Conclusiones		101
Capítulo 10. Bibliografía.....		103
ANEXO I: Definición muros de fachada.....		106
ANEXO II: Recuento carpinterías		109
ANEXO III: Certificado energético actual		110
ANEXO IV: Certificado energético reforma.....		118
ANEXO V: Certificado energético mejoras		123

Índice de ilustraciones

Ilustración 5: Efecto chimenea en fachadas ventiladas	22
Ilustración 6: Composición SATE	24
Ilustración 7: Localización edificio.....	33
Ilustración 8: Desglose partes edificio	33
Ilustración 9: Vistas edificio	34
Ilustración 10: Temperatura máxima y mínima promedio Madrid.....	36
Ilustración 11: Altitud zonas de Madrid.....	37
Ilustración 12: Zonas climáticas CTE según la altitud sobre el nivel del mar	37
Ilustración 13: Porcentaje de afección de cada patología	40
Ilustración 14: Valores límite de transmitancia térmica CTE	51
Ilustración 15: Capas y valores cerramientos opacos.....	52
Ilustración 16: Capas y valores intervención 1	52
Ilustración 17: Capas y valores intervención 2	53
Ilustración 18: Capas y valores intervención 3	53
Ilustración 19: Tabla de valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado del CTE-HE-Anejo F	58
Ilustración 20: Tabla del valor del factor de centralización en viviendas multifamiliares del CTE-HE-Anejo F	58
Ilustración 21: Tabla demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado	59
Ilustración 22: Tabla densidades de ocupación.....	59
Ilustración 23: Tabla de densidades de ocupación.....	60
Ilustración 24: Tabla 2.1 DB-HS3 Caudales mínimos para ventilación en locales habitables	62
Ilustración 25: Parcelas seleccionadas de catastro	64
Ilustración 26: Parcelas en AutoCAD	65
Ilustración 27: Datos necesarios para CE3X.....	65
Ilustración 28: Patrón de sombras orientación Suroeste	66

Ilustración 29: Patrón de sombras orientación Sureste	66
Ilustración 30: Patrón de sombras orientación Noroeste.....	67
Ilustración 31: Patrón de sombras orientación Noreste.....	67
Ilustración 32: Plano y envolvente nivel 00-01	68
Ilustración 33: Plano y envolvente nivel 4	69
Ilustración 34: Plano y envolvente nivel 3	69
Ilustración 35: Plano y envolvente nivel 2	69
Ilustración 36: Plano nivel 5	70
Ilustración 37: Plano y envolvente niveles 06-13	70
Ilustración 38: Plano y envolvente niveles 14-21	70
Ilustración 39: Plano nivel 22	71
Ilustración 40: Cerramiento fachada princesa	74
Ilustración 41: Definición envolvente térmica	74
Ilustración 42: Composición fachada reformada (con aislamiento).....	75
Ilustración 43: C06 Cubierta saliente nivel 00	76
Ilustración 44: C05 Cubierta nivel 04	76
Ilustración 45: C03 Cubierta nivel 05 y C04 Cubierta nivel 05 inclinada	76
Ilustración 46: C02 Cubierta hexágono.....	77
Ilustración 47: C01 Cubierta viviendas.....	77
Ilustración 48: Cerramiento cubierta plana transitable flotante	78
Ilustración 49: Cerramiento cubierta inclinada	78
Ilustración 50: S01 Suelo nivel 00 en contacto con garaje	79
Ilustración 51: S03 Suelo nivel 06 en contacto con el aire exterior.....	79
Ilustración 52: Clasificación carpinterías.....	80
Ilustración 53: Definición hueco/lucernario.....	81
Ilustración 54: Clasificación ventanas por orientación	82
Ilustración 55: Definición equipo de refrigeración y calefacción en CE3X	83
Ilustración 56: Definición equipo de calefacción en CE3X.....	83
Ilustración 57: Definición equipo de refrigeración en CE3X	84
Ilustración 58: Definición equipo de ACS en CE3X	84

Ilustración 59: Calificación energética actual	85
Ilustración 60: Calificación energética del edificio en emisiones.....	85
Ilustración 61: Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable	86
Ilustración 62: Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración	86
Ilustración 63: Calificación energética posterior a la reforma	86
Ilustración 64: Calificación energética del edificio en emisiones.....	87
Ilustración 65: Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable	87
Ilustración 66: Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración	88
Ilustración 67: Calificación energética global de la mejora 1	89
Ilustración 68: Calificación energética global mejora 2.....	89
Ilustración 69: Calificación energética global mejora 3.....	90
Ilustración 70: Cálculo rentabilidad reforma completa.....	92
Ilustración 71: Riesgo de desprendimiento	92
Ilustración 72: Presupuesto demolición y colocación del 100% del aplacado.....	93
Ilustración 73: Desglose presupuesto de la obra	95
Ilustración 74: Estimación del coste sustitución de placas en la fachada con riesgo de desprendimiento	96
Ilustración 75: Estimación presupuesto de la constructora para sustitución 76,8% del aplacado.....	96
Ilustración 76: Cálculo inversión a realizar para el ahorro energético.....	96

Índice de tablas

Tabla 1: Tipos de fachadas ventiladas.....	23
Tabla 2: Metros de fachada	72
Tabla 3: Altura libre de cada nivel	72
Tabla 4: Superficies totales por orientaciones.....	73
Tabla 5: Superficies cubiertas del edificio	77
Tabla 6: Superficies suelos edificio	79
Tabla 7: Cálculo ahorro energético y VAN por año	97

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el ser humano ha construido edificaciones que le permitan sentirse seguro y cómodo. Una de las principales necesidades en estas construcciones ha sido garantizar una temperatura adecuada en su interior, además de asegurar su estabilidad y seguridad estructural. Para ello, se han desarrollado diversas técnicas de construcción y aislamiento que han contribuido significativamente a la mejora de la eficiencia energética y la durabilidad de los edificios actuales.

En este contexto, el Edificio Centro Princesa, situado en la calle Princesa 25-27 de Madrid y construido en 1970, representa un claro ejemplo de cómo las edificaciones con más de cincuenta años comienzan a evidenciar un deterioro considerable asociado a su antigüedad. En su caso concreto, las fachadas y las estructuras asociadas a ellas —como los aplacados de piedra, las estructuras de hormigón y los elementos metálicos— presentan patologías que suponen un riesgo potencial para los viandantes y residentes debido al peligro de desprendimientos. Adicionalmente, el edificio cuenta actualmente con una calificación de eficiencia energética de nivel D, lo que subraya la necesidad de una intervención que no solo repare los elementos deteriorados, sino que mejore de forma sustancial el aislamiento térmico y la sostenibilidad de la envolvente.

El presente Trabajo de Fin de Grado se centra en el análisis técnico, energético y económico del proyecto de rehabilitación de dicha fachada, abordando su viabilidad desde una perspectiva normativa, funcional y ambiental. Esta actuación se plantea en un momento especialmente relevante, dado el contexto energético actual en España y en Europa, donde el ahorro energético y económico se ha convertido en una prioridad tanto para las instituciones como para los ciudadanos.

La iniciativa responde no solo a una necesidad funcional y reglamentaria, sino también a un compromiso personal con la mejora del entorno construido. La actuación proyectada tiene como objetivo garantizar la seguridad estructural y funcionalidad de las fachadas, cumplir

con las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE) y, en particular, con el Documento Básico de Ahorro de Energía (DB HE), así como optimizar el rendimiento energético y el confort interior del edificio. La memoria justificativa del proyecto contempla un plan integral de rehabilitación que incluye tanto la reparación de los elementos estructurales dañados como la incorporación de sistemas constructivos más eficientes, como el aislamiento térmico por el exterior (SATE) o la fachada ventilada.

Este estudio se articula como una auditoría técnica del proyecto ya aprobado por la comunidad de propietarios, incorporando una visión crítica sobre la idoneidad de las soluciones adoptadas, así como posibles alternativas de mejora. El trabajo combina análisis normativo, técnico, económico y ambiental, y se estructura conforme a una metodología sistemática que garantiza un enfoque riguroso y aplicable. Además, se enmarca dentro de los principios del desarrollo sostenible, alineándose con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) definidos por Naciones Unidas.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

La rehabilitación de la fachada del Edificio Princesa no solo responde a exigencias técnicas y normativas, sino que también tiene un impacto personal y familiar. Mi familia ha sido propietaria de viviendas en este edificio durante generaciones, por lo que esta reforma es un proyecto que nos afecta directamente. Por este motivo, evaluar el proyecto y proponer mejoras no solo es un ejercicio académico, sino una forma de asegurar que la reforma se lleve a cabo de la mejor manera posible.

También me motiva la posibilidad de analizar mejoras en eficiencia energética, ya que reducir el consumo del edificio es un aspecto clave tanto a nivel económico como ambiental. Me interesa especialmente explorar nuevas técnicas y tecnologías de construcción que permitan que los edificios sean más sostenibles y confortables (como por ejemplo el aislamiento térmico y la fachada ventilada). Poder aplicar este conocimiento a un caso real es una gran oportunidad para entender mejor cómo se pueden optimizar los recursos y qué soluciones existen en el mercado.

Más allá de lo personal, garantizar la seguridad de los transeúntes y residentes es una de mis principales preocupaciones, ya que el deterioro de la fachada supone un riesgo real que debe solucionarse correctamente. Asegurar que la intervención emplea los materiales y soluciones adecuadas, es clave para garantizar la estabilidad y durabilidad del edificio en el futuro.

Por último, me llamaba mucho la atención la idea de auditar un proyecto ya firmado, ya que considero que es una experiencia muy útil para mi futuro profesional. Entender cómo se planifica, ejecuta y evalúa una rehabilitación me parece fundamental para mi desarrollo en el ámbito de la ingeniería. En definitiva, este trabajo no solo me permite aprender sobre el sector de la construcción, sino también aportar valor a un proyecto que me toca de cerca y cuyo éxito beneficiará a muchas personas, incluida mi propia familia.

1.2 OBJETIVOS

Con este trabajo lo que se pretende es hacer un análisis técnico, energético y económico del proyecto firmado para la reforma integral de la fachada del Edificio Princesa. Se pretende evaluar si la rehabilitación se ajusta a las normativas actuales de eficiencia energética, sostenibilidad y durabilidad, ofreciendo además nuevas propuestas para posibles mejoras.

- Verificar el cumplimiento normativo, tanto en términos urbanísticos como de seguridad y sostenibilidad.
- Análisis técnico: auditar la calidad técnica de los materiales y métodos empleados en la reforma, evaluando su durabilidad.
- Análisis económico: realizar un estudio comparativo entre el presupuesto inicial y los costos reales de la obra, así como una evaluación de la inversión económica a largo plazo.
- Estudio de la viabilidad energética: comprobar la eficacia de los métodos usados para mejorar la eficiencia energética del edificio (el aislamiento térmico y la fachada ventilada).

- Identificar áreas de mejora para futuros proyectos: reconocerlas y proponer soluciones para un comportamiento óptimo del edificio.

1.3 ALINEACIÓN CON LOS ODS

Los objetivos de desarrollo sostenible fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015 con el fin de poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 haya mejorado la calidad de vida de las personas. Son una serie de metas para conseguir un futuro sostenible para todos.

El TFG contribuye directamente con varios de los ODS, específicamente en lo que respecta a la sostenibilidad urbana y la construcción responsable. En este proyecto se ven involucrados los siguientes:

- ODS 7: Energía asequible y no contaminante

El propósito de este ODS es garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna. Uno de los principales aspectos que estudia este trabajo es la eficiencia energética del edificio antes y después de llevar a cabo la reforma. La rehabilitación de la fachada permite reducir el consumo de energía mediante la incorporación del aislamiento térmico y de hacer que esta sea ventilada. Además, la evaluación de otras alternativas para reducir el consumo del edificio permite determinar opciones viables para disminuir la dependencia de fuentes de energía convencionales y avanzar hacia un modelo de consumo más sostenible. [1]

- ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras

El objetivo 9 pretende construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación. El sector de la construcción está en constante evolución, y el análisis de la reforma del Edificio Princesa permitirá evaluar la aplicación de nuevas tecnologías y materiales que optimicen la fachada del edificio. El proyecto impulsa la innovación en materiales y técnicas de construcción, apostando por soluciones más eficientes que mejoran la infraestructura del edificio.

Además, permite evaluar el uso de tecnologías avanzadas para optimizar el proceso de rehabilitación de la fachada, garantizando mayor seguridad, durabilidad y sostenibilidad. [1]

- ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

El objetivo 11 pretende lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. La rehabilitación de edificios es clave para mejorar la calidad de vida de sus habitantes y reducir el impacto ambiental de las ciudades. El proyecto contribuye a la sostenibilidad urbana mediante el uso de materiales que reducen su impacto ambiental. Además, mejora el confort térmico y acústico del edificio para sus residentes y evalúa su integración en un entorno más eficiente y respetuoso con el medio ambiente. [1]

- ODS 12: Producción y consumo responsables

El objetivo 12 pretende garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles. Este estudio también se centrará en el uso de materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental en la rehabilitación de la fachada. El análisis del ciclo de vida de los materiales empleados permitirá valorar si el proyecto cumple con criterios de economía circular. Además, busca reducir el desperdicio de recursos mediante técnicas de rehabilitación más eficientes y responsables. [1]

1.4 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la auditoría del proyecto de rehabilitación de la fachada del Edificio Princesa, se seguirá una metodología estructurada en varias fases. Esta permitirá evaluar la viabilidad técnica, normativa y económica de la reforma de la fachada garantizando así un enfoque integral.

En la primera fase se hará una planificación y documentación inicial en la que se realizará una recopilación de información sobre el proyecto de rehabilitación, incluyendo la documentación técnica (memoria justificativa, planos, presupuestos, consumo, etc) y

normativa aplicable. Esto me ayudará a entender mejor los objetivos y requisitos de la reforma y por lo tanto definir claramente los objetivos de este TFG.

Posteriormente, se investigarán las soluciones tecnológicas que se van a implementar en esta reforma, como los nuevos materiales, el aislamiento térmico y la fachada ventilada, y se buscarán otras alternativas que se podrían haber empleado. Más allá, se hará una primera identificación de posibles mejoras de cara al futuro que puedan mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad del edificio.

En la siguiente fase, se analizarán en detalle los aspectos técnicos del proyecto. Se estudiará el cumplimiento de las normativas vigentes, la efectividad de los materiales propuestos y las posibles soluciones para las mejoras propuestas en la rehabilitación de la fachada. Además, se evaluará el impacto energético del edificio tras la reforma, comparando distintas alternativas para optimizar su rendimiento. Una parte importante de este análisis será identificar soluciones que permitan mejorar la seguridad estructural y reducir el consumo energético.

Finalmente, se llevará a cabo el análisis económico del proyecto. Se estudiarán los costes de la rehabilitación y se comparará el presupuesto inicial con los gastos reales de la obra. También se analizará la financiación del proyecto y el impacto económico de las mejoras propuestas a largo plazo. Este estudio permitirá valorar la viabilidad financiera de la reforma y la rentabilidad de invertir en soluciones más eficientes.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En este capítulo se describen las tecnologías, herramientas y recursos empleados durante el desarrollo del presente trabajo, con el objetivo de facilitar su lectura, comprensión y posible reproducción. A lo largo del proyecto se han utilizado diversos programas informáticos y marcos normativos que han permitido abordar de manera rigurosa todos los análisis.

2.1 CE3X: ANÁLISIS ENERGÉTICO

El programa CE3X ha sido utilizado para la elaboración del certificado de eficiencia energética, tanto en el estado actual como en su situación reformada y con las mejoras propuestas. CE3X es “Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes” con el cual se puede certificar de una forma simplificada cualquier tipo de edificio. Este procedimiento consiste en la obtención de la etiqueta de eficiencia energética, incluida en el documento generado por el programa, que indica la calificación asignada al edificio dentro de una escala de siete letras, desde la A (más eficiente) hasta la G (menos eficiente). Esta herramienta permite introducir datos relativos a la envolvente térmica, las instalaciones y el uso del inmueble, y simular así su comportamiento energético. Además, permite incorporar medidas de mejora de la eficiencia energética, estimar la nueva calificación tras su aplicación y realizar un análisis económico del impacto en función de los ahorros energéticos previstos. Gracias a CE3X ha sido posible cuantificar el impacto de la reforma de la fachada en términos de ahorro energético y mejora en la calificación. [2] [3]

2.2 MICROSOFT EXCEL: ANÁLISIS ECONÓMICO Y ENERGÉTICO

Para el análisis económico, se ha utilizado Microsoft Excel. En este análisis, además de la elaboración de un presupuesto, se ha incluido el cálculo del coste normalizado de la actuación. Se han tenido en cuenta los costes de inversión (CAPEX), los ahorros energéticos previstos, proyectando su evolución en el tiempo y actualizándolos mediante una tasa de

descuento. A partir de esos datos, se han obtenido los principales indicadores económicos del proyecto: VAN (valor actual neto), TIR (tasa interna de rentabilidad) y PR (periodo de retorno). También se ha utilizado para clasificar fachadas y tipos de ventanas para el análisis energético, para así obtener las superficies de las fachadas y el desglose de cada tipo de ventana.

2.3 *AUTOCAD*

AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador desarrollado por Autodesk, ampliamente utilizado por arquitectos, ingenieros y profesionales de la construcción. Su función principal es permitir la elaboración precisa de planos técnicos y modelos tridimensionales del edificio, facilitando la documentación gráfica del proyecto. [4]

En este trabajo se ha utilizado AutoCAD para representar la geometría 2D del edificio existente, elaborar los planos de detalle de la fachada antes y después de la reforma, y definir con precisión la solución constructiva adoptada. Gracias a sus herramientas de dibujo y anotación, ha sido posible reflejar con claridad las dimensiones, materiales, encuentros constructivos y capas de la envolvente.

2.4 *ZOTERO: CITACIÓN*

Durante el desarrollo del trabajo también se ha utilizado Zotero como gestor de referencias bibliográficas. Esta herramienta ha permitido organizar de manera ordenada todas las fuentes normativas, técnicas y científicas consultadas, facilitando tanto la correcta citación a lo largo del texto como la generación automática de la bibliografía final. Su uso ha garantizado el rigor documental del proyecto y la trazabilidad de la información utilizada.

2.5 *CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE)*

En cuanto al marco normativo, el Código Técnico de la Edificación (CTE) ha sido una referencia constante, especialmente en lo que respecta a los Documentos Básicos que

resultan de aplicación en este tipo de intervención sobre la envolvente. En concreto, se ha verificado el cumplimiento de la sección SI2 del DB-SI (Seguridad en caso de incendio), centrada en la propagación exterior del fuego y la resistencia al fuego de los materiales utilizados en fachadas. Asimismo, se ha aplicado la sección HE1 del DB-HE (Ahorro de Energía), que establece las condiciones de transmitancia térmica máximas admisibles para los cerramientos en edificios existentes, ya que la intervención afecta a más del 25 % de la envolvente térmica. También se ha tenido en cuenta el DB-HS, particularmente la sección HS1 (Protección frente a la humedad), para justificar que la solución constructiva adoptada garantiza la impermeabilidad de la fachada, de acuerdo con el grado de exposición del edificio.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

3.1 ENFOQUE EN LOS ANÁLISIS DE REHABILITACIÓN DE FACHADAS

La rehabilitación de edificios existentes requiere un enfoque multidisciplinar que integre criterios técnicos, normativos, energéticos, económicos y de viabilidad constructiva. Este tipo de intervenciones no se limita a la mejora estética o funcional del inmueble, sino que debe responder a una estrategia coherente que permita maximizar el rendimiento energético, cumplir con la normativa vigente y garantizar la sostenibilidad económica y medioambiental del proyecto.

Es por ello que, realizar este tipo de trabajos de análisis, también es una parte fundamental del proceso, ya que ayudan a detectar errores o posibles mejoras para futuros proyectos, optimizando tanto la toma de decisiones técnicas como la planificación económica y constructiva de intervenciones similares.

Para llevar a cabo un análisis riguroso y aplicable, es necesario realizar una metodología integral que contempla los siguientes ejes de actuación: análisis técnico, análisis normativo, análisis energético y análisis económico.

3.1.1 ANÁLISIS TÉCNICO

El análisis técnico posterior a la definición del proyecto tiene como objetivo verificar si la solución constructiva planteada es técnicamente coherente, viable y adecuada a las características del edificio existente. En esta fase se evalúan aspectos como la compatibilidad entre el sistema propuesto (por ejemplo, una fachada ventilada) y los elementos constructivos originales, la idoneidad de los materiales seleccionados, la durabilidad esperada y la facilidad de mantenimiento. [5]

También se analiza la ejecución prevista desde el punto de vista técnico, valorando su complejidad, el riesgo de interferencias con instalaciones o elementos existentes, y las

implicaciones que pueda tener en la estructura o en los acabados interiores. En el caso de sistemas complejos, como anclajes de fachada ventilada o aislamiento por el exterior, se comprueba si el diseño resuelve adecuadamente la fijación, la estanqueidad y la resistencia mecánica. En definitiva, se trata de una revisión crítica de la solución constructiva adoptada para garantizar su eficacia, seguridad y viabilidad. [6]

3.1.2 ANÁLISIS NORMATIVO

El análisis normativo consiste en comprobar que la solución proyectada cumple efectivamente con la normativa técnica y urbanística aplicable. Esto incluye verificar que la propuesta se ajusta a los requerimientos del Código Técnico de la Edificación (CTE), que regula las exigencias básicas que deben cumplir los edificios.

Además, debe revisarse si el proyecto respeta la normativa urbanística municipal (como la Norma Zonal o los requisitos del Área de Planeamiento Específico) que regula parámetros como estética, materiales permitidos, volumetría y protección del patrimonio, y si se han tramitado correctamente las licencias de obra y autorizaciones patrimoniales si procede. En Madrid, por ejemplo, es especialmente relevante la Norma Zonal 3 y el APE.00.01 Centro Histórico [33]. En rehabilitaciones en entornos protegidos o edificios con valor histórico, este análisis debe incluir una revisión del dictamen de la Comisión de Patrimonio o del órgano equivalente.

También deben verificarse aspectos como accesibilidad universal, cumplimiento de la ITE (Inspección Técnica del Edificio) y adecuación a posibles requerimientos de ayudas públicas.

3.1.3 ANÁLISIS ENERGÉTICO

En este análisis se cuantifica el impacto que tendrá la reforma sobre el comportamiento energético del edificio, es decir, se realiza una comparativa entre el estado actual y el proyectado, estimando así la mejora en eficiencia energética derivada de la actuación.

El análisis energético se suele realizar con herramientas de certificación energética como CE3X, LIDER-CALENER (HULC), CYPETHERM HE Plus, SG SAVE, TeKton3D TK-CEEP, CERMA [7]. Estos programas permiten simular el estado final del edificio según los materiales y sistemas proyectados, y también obtener el certificado de la situación previa a la reforma con los datos originales.

Los resultados permiten prever el ahorro en consumo energético, la mejora en la calificación energética y la reducción estimada de emisiones de CO₂. También se valora si el proyecto cumple con los requisitos mínimos del CTE DB-HE para reformas importantes y si sería elegible para ayudas públicas por mejora energética.

3.1.4 ANÁLISIS ECONÓMICO

El análisis económico posterior a la realización del proyecto permite valorar si la intervención es económicamente razonable, tanto en términos de inversión como de rentabilidad o recuperación de costes.

En esta fase se estudian los costes estimados de ejecución y se pone en relación con los beneficios esperados: ahorro energético, revalorización del inmueble, mejora del confort y reducción del mantenimiento futuro.

Una herramienta clave es el cálculo del coste normalizado, que integra la inversión (CAPEX) y los gastos anuales (OPEX) descontados a valor presente con una tasa de actualización conocida como WACC (Weighted Average Capital Cost). Este enfoque permite transformar todos los flujos futuros de gasto en un coste homogéneo y anualizado, lo que facilita la comparación entre distintas soluciones o alternativas técnicas.

Además, se calculan indicadores de rentabilidad como el Valor Actual Neto (VAN), que representa la diferencia entre los ingresos esperados y el coste total del proyecto descontado, y la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) que permite conocer la rentabilidad implícita del proyecto (siendo rentable si $TIR \geq WACC$).

Por último, se puede incorporar el Período de Retorno (Payback), que mide el tiempo necesario para recuperar la inversión inicial. Este dato es especialmente útil en proyectos con vida útil limitada o con incertidumbre en los ingresos futuros.

3.2 REHABILITACIÓN DE FACHADAS

La rehabilitación de fachadas es el proceso por el cual se conservan, restauran y mejoran las estructuras exteriores de todo tipo de edificaciones, bien sea por razones estéticas, estructurales o de eficiencia energética. Este tipo de intervenciones puede variar desde la reparación de pequeñas patologías en la fachada, hasta la renovación integral de todo el sistema envolvente. [8]

Estas reformas se convierten en una necesidad tanto para cumplir los estándares de seguridad estructural, confort y sostenibilidad, como para conservar el valor del inmueble.

3.2.1 BENEFICIOS

Hacer este tipo de reformas trae consigo ciertos beneficios, más allá de los ya comentados, tanto económicos como funcionales [8]:

- Conservación del valor patrimonial de la edificación: este valor es aquel que se le asigna a un inmueble en función de sus características físicas, ubicación y estado [9]. Rehabilitar una fachada, por lo tanto, contribuye a preservarlo.
- Incremento del valor inmobiliario: una fachada renovada hace que suba el valor del inmueble en el mercado inmobiliario y por lo tanto mejora su venta.
- Optimización del aislamiento: mejorar el aislamiento de la fachada hace que disminuya el consumo energético del edificio.
- Cumplimiento normativo: las reformas de fachadas gran parte de las veces se realizan para cumplir las normativas vigentes, para evitar sanciones y en ciertos casos poder optar a subvenciones.
- Prolongación de la vida útil: lo que se consigue gracias a restaurar las fachadas es mejorar la calidad de estas y por lo tanto prolongar su vida útil.

3.2.2 TIPOS

Existen diversas tipologías de rehabilitación en función del objetivo de la intervención. A continuación, se detallan las principales [10]:

- *Rehabilitación estética*: limpieza, repintado o restauración superficial de la fachada con el fin de mejorar sus aspectos visuales. Es habitual en edificios históricos o representativos.
- *Rehabilitación estructural*: tiene como objetivo reparar o reforzar elementos dañados que comprometen la estabilidad o seguridad del edificio, como grietas, desprendimientos, fisuras, etc.
- *Rehabilitación energética*: se centra en mejorar el comportamiento térmico del edificio mediante la incorporación de aislamiento térmico, sustitución de carpinterías o instalación de fachadas ventiladas. Esto influye al consumo energético, a la reducción de emisiones y al confort interior.
- *Rehabilitación integral*: en este caso se combinan varias de las anteriores. En estos casos se busca optimizar los recursos y evitar incompatibilidades técnicas.

3.3 SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS ACTUALES EN REHABILITACIÓN DE FACHADAS

Las soluciones constructivas utilizadas actualmente en la rehabilitación de fachadas han evolucionado hacia sistemas más eficientes, duraderos y sostenibles. Su elección depende del estado del edificio, los objetivos del proyecto (estéticos, energéticos, estructurales), el presupuesto disponible y la normativa aplicable. A continuación, se describen con profundidad las principales técnicas empleadas actualmente.

3.3.1 FACHADA VENTILADA

La fachada ventilada es un sistema de revestimiento exterior para edificios que consiste en una capa exterior separada del muro principal mediante una subestructura metálica, generando una cámara de aire entre ambas. Esta cámara permite la circulación del aire, lo

que ayuda a regular la temperatura, reducir la humedad y mejorar el aislamiento térmico y acústico del edificio. Dicha cámara dispone de unas aberturas en la parte superior e inferior que son las responsables de que se genere una corriente de aire. Esta circulación es gracias al efecto chimenea: el aire frío entra por la parte inferior, se calienta al ascender por la radiación solar y sale por la parte superior, creando un flujo continuo que mejora el comportamiento térmico del edificio [11]. Para que este mecanismo funcione correctamente, el espesor mínimo de la cámara debe ser de al menos dos centímetros.



Ilustración 1: Efecto chimenea en fachadas ventiladas

3.3.1.1 Composición

El sistema se compone por varios elementos que trabajan conjuntamente para mejorar el rendimiento térmico y la durabilidad de la envolvente del edificio. En primer lugar, se instala un aislamiento térmico adherido al muro existente (fijado mecánicamente o mediante adhesivos). Este aislamiento tiene como función reducir la transmisión térmica entre el exterior y el interior, y puede estar compuesto por diferentes materiales de baja conductividad térmica que se estudiarán en profundidad más adelante.

A continuación, se instala una subestructura metálica, generalmente de aluminio o acero galvanizado, que se fija mecánicamente al muro y está formada por perfiles verticales y horizontales que sirven de soporte para el revestimiento exterior. Esta genera una separación entre el aislamiento y el revestimiento (formando la cámara de aire ventilada).

Finalmente se encuentra el revestimiento exterior, la parte visible de la fachada, que puede estar formado por piezas cerámicas, piedra natural, hormigón polímero, paneles de aluminio, madera tratada u otros materiales resistentes a la intemperie. La finalidad de esta parte es proteger al edificio frente a los agentes climáticos, mejorar su comportamiento térmico y renovar la imagen de este. [12]

3.3.1.2 Tipos

Se distinguen diferentes tipos de fachadas según los siguientes criterios [12]:

Tabla 1: Tipos de fachadas ventiladas

Por el tipo de anclaje al soporte	Por el tipo de unión a la subestructura	Por el material
<ul style="list-style-type: none"> ○ Puntual (mecánico o químico) ○ Mediante subestructura (montantes o montantes y travesaños) 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Fijación con grapa oculta ○ Fijación mediante perfiles a la baldosa ranurada ○ Fijación con grapa vista 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Pétreo ○ Cerámica ○ Composites ○ Metal ○ Madera baquelizada ○ Paneles pesados ○ Paneles GRC

3.3.1.3 Ventajas e inconvenientes

Las ventajas de la fachada ventilada son múltiples. En primer lugar, mejora significativamente la eficiencia energética del edificio, ya que tiene mejor capacidad de aislamiento y por lo tanto, reduce la demanda de calefacción en invierno y de refrigeración en verano. Además, protege el muro soporte frente a la lluvia, los cambios térmicos y los contaminantes atmosféricos, alargando su vida útil y reduciendo las necesidades de mantenimiento. Otra ventaja destacable es que evita las condensaciones, gracias a la evacuación continua del vapor de agua desde el interior hacia el exterior. A todo ello se suma la facilidad de instalación y de cambio o sustitución de elementos del revestimiento. [12]

También existen ciertos condicionantes con este tipo de fachadas. Requiere una inversión inicial superior respecto a otros sistemas, como los revestimientos convencionales o el SATE. Además, existe cierto riesgo de desprendimiento de las placas exteriores, especialmente si no se han estudiado y diseñado correctamente los anclajes previamente a la obra. Más allá, el envejecimiento de los materiales, sobre todo en climas húmedos o muy agresivos, puede afectar a la durabilidad del sistema si no se eligen productos adecuados o si no se realiza un correcto mantenimiento. Si estos materiales no son los adecuados (los que cumple con la normativa del CTE), existe riesgo de que, en caso de incendio, el fuego se propague de una planta a otra a través de la cámara de aire. [12]

3.3.2 AISLAMIENTOS

El aislamiento térmico es el elemento más determinante para la eficiencia energética de un edificio. Su correcta selección y colocación permite mejorar la resistencia térmica global de la envolvente, reducir la demanda de energía y elevar el confort interior. Los diferentes sistemas se clasifican según su ubicación (exterior, interior, cámara) y según el tipo de material empleado.

3.3.2.1 SATE (*Sistema de Aislamiento Térmico Exterior*)

Este sistema consiste en la instalación de un material aislante térmico adherido a la cara exterior de la fachada mediante adhesivo o fijación mecánica, al que se le aplica una capa base con malla de refuerzo y una capa final de acabado. Forma una envolvente térmica continua que elimina puentes térmicos, reduce pérdidas energéticas y mejora la durabilidad de la fachada al protegerla de la intemperie.

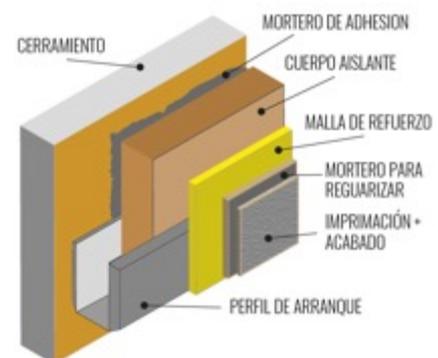


Ilustración 2: Composición SATE

Los sistemas SATE deben tener como mínimo un valor de resistencia térmica igual o superior a $1 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$, como se indica en la guía ETAG 004 y en las normas UNE-EN 13499 y 13500. [13]

Su eficacia depende de una correcta selección del aislante, y con un espesor óptimo se asegura una reducción drástica de la energía disipada al exterior, demostrando una disminución del consumo de combustibles próximo al 30%. [13]

3.3.2.2 Aislamiento térmico interior

El aislamiento por el interior es una solución utilizada cuando la fachada exterior no puede modificarse, ya sea por motivos urbanísticos, patrimoniales o económicos. Consiste en fijar paneles aislantes por el interior del cerramiento, recubriéndolos con una estructura portante (metálica o de madera) y acabados interiores como placas de yeso laminado.

Sus principales ventajas son la facilidad de ejecución desde el interior y su coste moderado. Sin embargo, presenta desventajas: reduce la superficie útil, dificulta la continuidad del aislamiento en forjados y genera riesgo de condensaciones si no se incorpora una barrera de vapor correctamente colocada.

Cuando se aísla una vivienda por el interior, no se consigue un aislamiento total y uniforme, ya que permanecen diferentes puentes térmicos que permiten que se pierda calor en invierno y frescor en verano en el interior de la vivienda. Estos puentes térmicos son los que afectan también a los problemas de condensación en el interior (con el tiempo pueden aparecer humedades y moho). [14]

3.3.2.3 Aislamiento con poliestireno expandido (EPS)

El EPS es un material plástico espumado utilizado en el sector de la construcción, principalmente como aislamiento térmico y acústico. Está formado por pequeñas perlas de poliestireno expandido con un 98% de aire. Tiene una baja conductividad térmica (0,033–0,047 W/m·K), es ligero, económico y estable en el tiempo. Se emplea con frecuencia en sistemas SATE, trasdosados interiores, cubiertas y suelos, y además, puede utilizarse como relleno de cámaras de aire o como base para sistemas compuestos de aislamiento y acabado. [15]

Sus ventajas incluyen su alta resistencia a la humedad, bajo peso, facilidad de manipulación y coste reducido. Es estable frente al envejecimiento, no se degrada en condiciones normales

de uso y mantiene sus propiedades térmicas a lo largo del tiempo. Como limitación, su comportamiento ante el fuego requiere protección adecuada, y no es adecuado en zonas con alta exigencia mecánica o expuestas a disolventes. [15]

3.3.2.4 Aislamiento con poliestireno extruido (XPS)

El poliestireno extruido (XPS) es un material aislante de aplicación frecuente en rehabilitación energética, especialmente en soluciones constructivas sometidas a condiciones de humedad permanente. Se presenta en forma de placas rígidas de fácil manipulación, con superficie lisa o estriada, y es adecuado tanto para obra nueva como para rehabilitación. [16]

Sus propiedades se mantienen en el tiempo y se caracteriza por su estabilidad dimensional, resistencia a la absorción de agua y buen comportamiento frente a ciclos de hielo-deshielo. Estas características lo hacen idóneo para su uso en aplicaciones como fachadas bajo rasante, zócalos, cubiertas invertidas, soleras y forjados sanitarios.

Además, el XPS es un material reciclable y resistente a la compresión, con buenas propiedades mecánicas que lo hacen apto para soluciones donde se requiere alta resistencia estructural. No es un material transpirable y, por tratarse de un plástico celular, debe protegerse del sol y del fuego. [16]

3.3.2.5 Aislamiento con lana mineral

La lana mineral, que puede ser lana de roca o de vidrio, es un aislante muy versátil por su comportamiento térmico, acústico y resistencia al fuego (material A1 no combustible). Es un material aislante utilizado tanto en obra nueva como en rehabilitación debido a sus propiedades. Se presenta en forma de mantas, paneles o paneles semirrígidos, y está formada por fibras minerales (vidrio o roca) aglutinadas con resinas sintéticas. [17]

Se emplea principalmente en fachadas ventiladas, cubiertas inclinadas, trasdosados interiores y soluciones acústicas. Es un material ligero, flexible y fácil de manipular, que se adapta a irregularidades del soporte y rellena huecos sin necesidad de cortes precisos. [17]

Entre sus características destacadas, la lana mineral es incombustible, no hidrófila (no absorbe agua por capilaridad), tiene buena estabilidad dimensional y conserva sus prestaciones térmicas y acústicas en el tiempo. Además, contribuye al confort interior del edificio y mejora la protección frente al ruido aéreo. [17]

No obstante, debe protegerse de la humedad en obra mediante barreras adecuadas, ya que si se moja pierde gran parte de su capacidad aislante. Es importante garantizar una instalación correcta para evitar la formación de puentes térmicos o discontinuidades en el aislamiento. [17]

3.3.2.6 Aislamiento con poliuretano

El poliuretano es un material aislante que puede aplicarse en forma de paneles rígidos, espuma proyectada o espuma inyectada. Su versatilidad y su alta capacidad aislante lo hacen adecuado para una amplia gama de aplicaciones tanto en obra nueva como en rehabilitación. En el contexto de rehabilitación energética, se utiliza principalmente para mejorar el comportamiento térmico de fachadas, cubiertas, suelos y cámaras de aire. [18]

Los paneles rígidos de poliuretano se utilizan habitualmente en cubiertas y fachadas, mientras que la espuma proyectada se aplica directamente sobre superficies irregulares o difíciles de cubrir con paneles. La espuma inyectada permite rellenar cámaras de aire sin necesidad de desmontar los cerramientos, lo que es especialmente útil en rehabilitación de edificios existentes. [18]

Su mayor ventaja es su elevado poder aislante por espesor, lo que permite soluciones de bajo espesor con gran eficiencia. También ofrece una buena adherencia sobre la mayoría de soportes, una baja absorción de agua y estabilidad dimensional. Además, permite crear una capa continua de aislamiento sin juntas ni fisuras, reduciendo significativamente los puentes térmicos. [18]

3.3.2.7 Aislamiento con espumas flexibles

Las espumas flexibles, también conocidas como elastómeros, son materiales aislantes de célula cerrada utilizados principalmente para el aislamiento de instalaciones térmicas, como

tuberías, conductos de ventilación, depósitos y equipos. Están formadas por polímeros que permiten una estructura flexible, con buena resistencia térmica, mecánica y a la humedad. [19]

En rehabilitación energética no se emplean como aislamiento continuo en fachadas o cubiertas, sino como complemento en elementos puntuales donde se requiere adaptabilidad, como encuentros con instalaciones, pasos de conductos o cerramientos irregulares. Su uso más habitual es en el aislamiento térmico de sistemas de climatización y agua caliente sanitaria, donde ayudan a reducir las pérdidas energéticas y mejorar la eficiencia del conjunto. [19]

Estas se caracterizan por su ligereza, fácil instalación, resistencia al envejecimiento y comportamiento estable en condiciones variables de temperatura y humedad. Además, algunos productos incorporan protección frente al fuego o tratamientos bactericidas, lo que los hace adecuados para entornos exigentes como hospitales o instalaciones alimentarias. [19]

3.3.3 FACHADA FOTOVOLTÁICA/FOTOSENSIBLE

La fachada fotovoltaica es un sistema de integración arquitectónica que incorpora módulos solares en la envolvente vertical del edificio, permitiendo transformar la radiación solar en electricidad mediante células fotovoltaicas. Esta tecnología puede aplicarse sobre la superficie de la fachada o como sistema constructivo que sustituye materiales convencionales, como aplacados o vidrios, cumpliendo simultáneamente funciones estructurales, de protección y de acabado estético. [20]

Los paneles solares pueden instalarse en zonas opacas o translúcidas de la fachada. En el primer caso, actúan como cerramiento opaco, similar a un panel de fachada ventilada. En el segundo, se integran en sistemas de muro cortina, sustituyendo parcialmente los vidrios convencionales. La instalación requiere una subestructura metálica (aluminio o acero), fijaciones mecánicas certificadas y una cámara ventilada tras los módulos para disipar el calor y evitar pérdidas de eficiencia. [20]

3.3.3.1 Ventajas y limitaciones

Una de las principales ventajas de la fachada fotovoltaica es que permite generar energía limpia en el propio edificio, reduciendo el consumo eléctrico convencional y las emisiones asociadas. Además, aporta una mejora del aislamiento térmico y acústico, protección frente a la radiación solar y una estética contemporánea que puede aumentar el valor del inmueble. También reduce el impacto ambiental al integrarse en el propio diseño del edificio sin necesidad de superficie adicional. [20]

Por otro lado, presenta ciertas limitaciones. Los paneles requieren una exposición directa y constante a la luz solar para que funcionen de manera óptima, por lo que es necesario que tengan una orientación favorable y un diseño libre de sombras. Su coste inicial es más elevado que el de una fachada tradicional, y su instalación exige mano de obra especializada y coordinación con instaladores eléctricos. Asimismo, es necesario realizar un mantenimiento regular para garantizar el rendimiento y la seguridad del sistema. [20]

3.3.4 SOLUCIONES DE ACRISTALAMIENTO

El acristalamiento es uno de los elementos más determinantes en la eficiencia energética de un edificio, ya que influye tanto en las pérdidas térmicas como en las ganancias solares. A través de los huecos se produce una gran parte del intercambio de calor entre el interior y el exterior, así como efectos indeseados de deslumbramiento o sobrecalentamiento. [21]

3.3.4.1 Número de cámaras

- *Ventana de vidrio simple*: compuesta por una sola hoja de vidrio, es una solución prácticamente en desuso debido a su baja capacidad aislante, tanto térmica como acústica.
- *Ventana de doble acristalamiento*: formada por dos hojas de vidrio separadas por una cámara de aire o gas, lo que mejora considerablemente el aislamiento.
- *Ventana de triple acristalamiento*: consta de tres hojas de vidrio y dos cámaras, lo que mejora aún más la transmitancia térmica y acústica. Se emplea en proyectos con altas exigencias energéticas, y requiere marcos adaptados.

3.3.4.2 Tipos de vidrios

- *Vidrios templados*: son vidrios de seguridad, que han sido sometidos a procesos térmicos con el fin de aumentar su resistencia. En caso de rotura, este se romperá en pedazos muy pequeños por lo que no dañe al usuario. Estos no ofrecen un gran aislamiento y se suelen utilizar en zonas donde es posible un impacto. [21]
- *Vidrios flotados*: son la base sobre la que se fabrican la mayoría de los vidrios utilizados en ventanas y cerramientos actuales, mediante la combinación de varias capas de estos vidrios (simples, doble o triples). Se obtienen a partir de una mezcla de compuestos vitrificantes (como el sílice), fundentes (los álcalis) y estabilizantes (la cal), que se funden a alta temperatura en un horno. Esta mezcla fundida se vierte sobre una piscina de estaño líquido, sobre la cual el vidrio flota mientras se enfría y se solidifica lentamente. Este proceso permite obtener una lámina de vidrio de espesor uniforme, superficie plana y alta calidad óptica. [21]
- *Vidrios bajo emisivos*: son vidrios térmicos, de baja emisividad, también conocidos como ATR (aislamiento térmico reforzado). [21]
- *Vidrios con control solar*: estos permiten reducir la radiación ultravioleta y el calor que entra en el interior del edificio, mejorando así el balance energético. Esto se consigue añadiéndole unos componentes al tratamiento bajo emisivo. Son especialmente recomendables en fachadas con alta exposición solar. Además, el uso de
- *Vidrios laminados*: se componen de varias láminas de vidrio unidas mediante una capa intermedia plástica, lo que consigue evitar el desprendimiento de fragmentos en caso de rotura, manteniéndolos adheridos a la capa central. Esto mejora la seguridad frente a impactos. Además, aporta un mejor aislamiento acústico y puede incorporar tratamientos adicionales en cada una de sus capas.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

En el contexto actual de transformación urbana y eficiencia energética, la rehabilitación de edificios se ha convertido en una necesidad tanto técnica y energética, como social y económica. Se trata de solventar el envejecimiento de las edificaciones y, a su vez, adaptarlas a las nuevas exigencias normativas y energéticas, mejorar su habitabilidad y reducir su impacto ambiental. En esta línea, los proyectos de rehabilitación integral como el que se lleva a cabo en el Edificio Princesa (Madrid, 1970) son fundamentales para progresar hacia un modelo urbano más sostenible, seguro y resiliente.

Esta clase de intervenciones son complejas y además de gran impacto, tanto para los vecinos o personas que hacen uso del edificio, como para los agentes ejecutores. Por este motivo, hacer una evaluación técnica sobre estas actuaciones resulta fundamental, incluso cuando ya están en marcha o finalizadas. Esta evaluación permite aprender tanto de los aciertos como de los errores, analizar a detalle la relación del coste con el beneficio y mejorar en la toma de decisiones futuras. Estos análisis integrales son de gran utilidad para optimizar la asignación de recursos, disminuir riesgos, mejorar la planificación y para asegurar el cumplimiento eficiente de los objetivos del proyecto.

Este Trabajo Fin de Grado se centra precisamente en eso: analizar un proyecto real que ya ha sido aprobado y que está en marcha, con el objetivo de comprender a fondo el proceso, evaluar sus decisiones clave y proponer mejoras para proyectos futuros. Este planteamiento post-ejecución, que es usual en sectores como ingeniería de proyectos o la industria, ofrece un gran valor añadido, ya que aporta información útil para mejorar la calidad técnica y energética de futuras rehabilitaciones.

En un momento como el actual, cuando la renovación de los edificios requiere soluciones efectivas y sostenibles, este tipo de análisis son especialmente útiles. Realizar una evaluación

técnica, normativa, energética y económica de una rehabilitación en marcha permite evaluar el proyecto desde una perspectiva global. Gracias a mi formación como ingeniera industrial, puedo llevar a cabo este trabajo con una visión integral, aplicando conocimientos que adquirí a lo largo de la carrera en diferentes áreas.

Además del estudio del proyecto, este trabajo incorpora propuestas de mejora centradas en la eficiencia energética, que podrían tener aplicación en fases posteriores o en futuras rehabilitaciones similares.

En base a lo expuesto, ¿A quién le interesaría este proyecto? ¿Por qué es valioso?

- **Estudiantes y jóvenes técnicos**, como ejemplo de análisis aplicado a una obra real.
- **Comunidades de propietarios**, interesadas en entender el impacto técnico y económico de distintas opciones de reforma.
- **Profesionales e ingenieros**, que busquen referencias sobre la aplicación de normativa, técnicas constructivas y criterios energéticos.
- **Promotores o inversores**, que valoren el potencial de revalorización de activos a través de intervenciones estratégicas en su envolvente.
- **Académicos**, como ejercicio de análisis post-ejecución orientado a la mejora continua en la gestión de proyectos.

En definitiva, este TFG desarrolla una visión crítica, aplicada y general de la rehabilitación eficiente, sostenible y económicamente viable del parque edificado. Ofrece una perspectiva que une análisis técnico, evaluación económica y compromiso con la mejora continua.

Capítulo 5. CONTEXTO DEL PROYECTO

5.1 SITUACIÓN DEL EDIFICIO

5.1.1 DESCRIPCIÓN DEL INMUEBLE

El edificio objeto de este proyecto se localiza en los números 25 y 27 de la calle Princesa, en el distrito de Moncloa-Aravaca, una de las zonas más céntricas y consolidadas de Madrid. La referencia catastral es 9556101VK3795F. La parcela tiene forma trapezoidal, con una superficie construida de planta de 4.275 m² según catastro y fachadas que dan a cuatro calles diferentes: Princesa (orientación noreste), Tutor (orientación suroeste), Luisa Fernanda (sureste), y

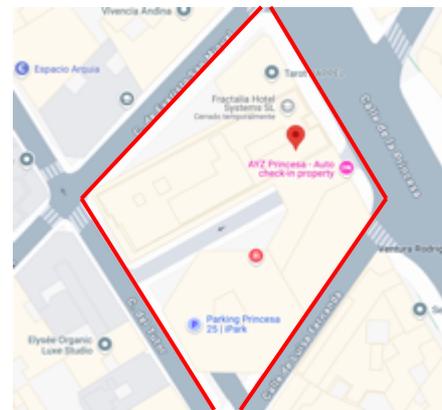


Ilustración 3: Localización edificio

Evaristo San Miguel (noroeste). Se encuentra dentro del Conjunto Histórico Villa de Madrid y Arrabal de Felipe II, lo que implica que cualquier intervención debe ser coherente con el entorno urbano protegido. Se trata de un edificio de uso compartido compuesto por 122 viviendas residenciales, 1.595 m² de uso comercial, 7.295 m² de uso oficina, 11.186 m² de uso almacén-estacionamiento, y 16.031 m² de uso ocio y hostelería.

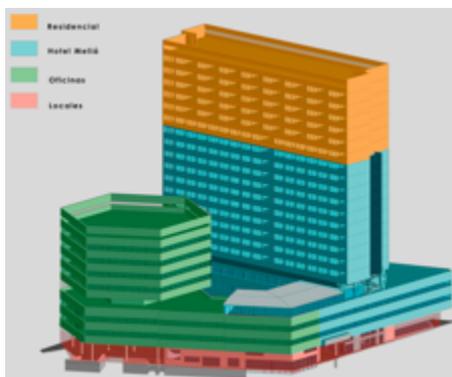


Ilustración 4: Desglose partes edificio

El conjunto edificatorio se compone de dos volúmenes bien diferenciados, pero funcionalmente conectados por una pasarela en mitad de estos. Cuenta en su altura máxima con 22 plantas sobre rasante. El primer edificio es una torre de gran altura (17 plantas sobre volumen general), destinada al uso residencial (12 plantas), y al ocio y hostelería (9 plantas). El segundo, el volumen hexágono, unido a la torre por su lado norte, es un edificio de menor altura (5 plantas sobre el volumen

general) destinado íntegramente a oficinas. Bajo rasante, el edificio dispone de tres plantas de sótano destinadas a garajes y servicios comunes.



Ilustración 5: Vistas edificio

5.1.2 CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Desde el punto de vista constructivo, el edificio fue finalizado en 1970, lo que significa que tiene más de 50 años de antigüedad. La cimentación es de tipo superficial, resuelta mediante zapatas y losas de hormigón armado, mientras que el sistema de contención se compone de muros de hormigón armado con pilares apantallados. La estructura vertical está formada por muros de carga y pilares de hormigón armado, y la horizontal (en las plantas tipo) con vigas y viguetas del mismo material, y bovedillas cerámicas.

En cuanto a la envolvente, la fachada principal se compone de una doble hoja cerámica con una cámara de aire ligeramente ventilada intermedia, y revestimiento exterior pétreo. Este revestimiento está fabricado a base de copolímeros acrílicos aportando cubrición y lavabilidad, y de aditivos anti-moho para evitar posibles verdeos en las fachadas [22]. También se aprecian elementos de hormigón visto en cornisas y frentes de forjado.

La cubierta del edificio es plana y transitable, hecha mediante una lámina impermeabilizante protegida con pavimento. Finalmente, las carpinterías exteriores son de aluminio con doble acristalamiento (ya fueron sustituidas en alguna intervención anterior).

5.1.3 SITUACIÓN ENERGÉTICA

Ambos edificios comparten un sistema común de climatización centralizada compuesto por una caldera de gas y fancoils instalados en viviendas y oficinas. Este sistema actual presenta importantes ineficiencias, tanto en su funcionamiento técnico como en el consumo energético que genera. En primer lugar, el sistema solo dispone de una tubería de salida para agua caliente o fría, de modo que toda la instalación debe operar de manera unificada, sin posibilidad de ajustar el suministro térmico de forma independiente ni por edificio ni por orientación (norte o sur). Por otro lado, el hotel cuenta con un suministro independiente.

Esta ineficiencia se agrava por los diferentes patrones de uso de los edificios. Mientras que el edificio de oficinas presenta una demanda energética concentrada en horario comercial, la torre residencial tiene una demanda extendida durante todo el día, especialmente por la tarde y la noche (cuando los residentes vuelven a sus casas después del horario laboral). El sistema común no permite adaptarse a estas diferencias, lo que resulta en un consumo sobredimensionado.

Otro aspecto relevante es la ausencia de contadores individuales de consumo energético. Actualmente, los costes energéticos se reparten entre los propietarios según número de fancoils en la vivienda u oficina, sin tener en cuenta el consumo real. Esto desincentiva el uso eficiente del sistema de climatización, ya que no existe penalización directa por el abuso o el desperdicio de energía.

5.1.4 JUSTIFICACIÓN REFORMA

Con el paso del tiempo, la exposición continuada a los agentes atmosféricos, junto con el envejecimiento natural de los materiales, ha provocado un deterioro evidente en las fachadas, donde se han detectado patologías graves que implican riesgo de desprendimiento. A nivel energético, el edificio cuenta con una calificación energética D, lo que evidencia una baja eficiencia.

El edificio presenta patologías graves en el aplacado exterior, con desprendimientos de piezas, fisuras, pérdida de adherencia y carbonatación del hormigón estructural en algunas

zonas. Garantizar la seguridad estructural, evitar el riesgo de caída a la vía pública, y mejorar la eficiencia energética, han sido los principales motivos para realizar la intervención.

En este contexto, la intervención propuesta tiene un triple objetivo: reparar las patologías existentes, mejorar el rendimiento energético de la envolvente e introducir soluciones compatibles con la normativa vigente (el CTE presenta nuevos requisitos para edificios existentes en procesos de rehabilitación).

5.2 CONDICIONES CLIMÁTICAS DEL ENTORNO

La ciudad de Madrid se sitúa una meseta elevada a más de 650 metros sobre el nivel del mar, lo que confiere un clima mediterráneo continental, caracterizado por inviernos fríos y veranos muy calurosos. En Madrid, los veranos son cortos, cálidos, secos y mayormente despejados, y los inviernos son muy fríos y parcialmente nublados. [23]

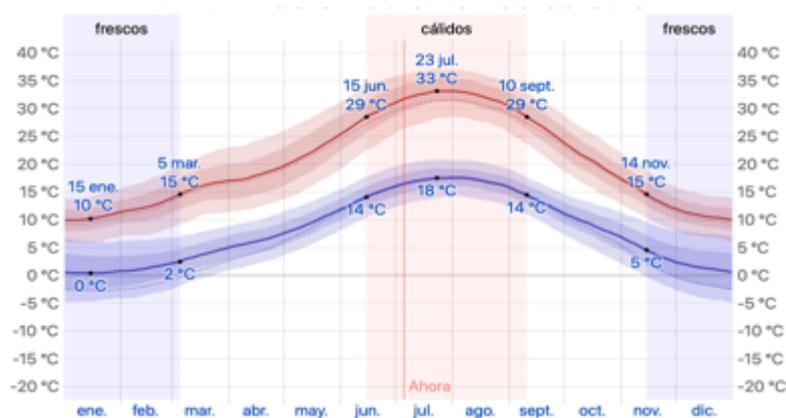


Ilustración 6: Temperatura máxima y mínima promedio Madrid

La temporada calurosa dura 2,9 meses (del 15 de junio al 10 de septiembre), y la temperatura máxima promedio diaria es más de 29°C. El mes más cálido del año en Madrid es julio, con una temperatura máxima promedio de 33°C y mínima de 17°C. [23]

La temporada fresca dura 3,7 meses (del 14 de noviembre al 5 de marzo), y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 15°C. El mes más frío del año en Madrid es enero, con una temperatura mínima promedio de 1°C y máxima de 10°C. [23]

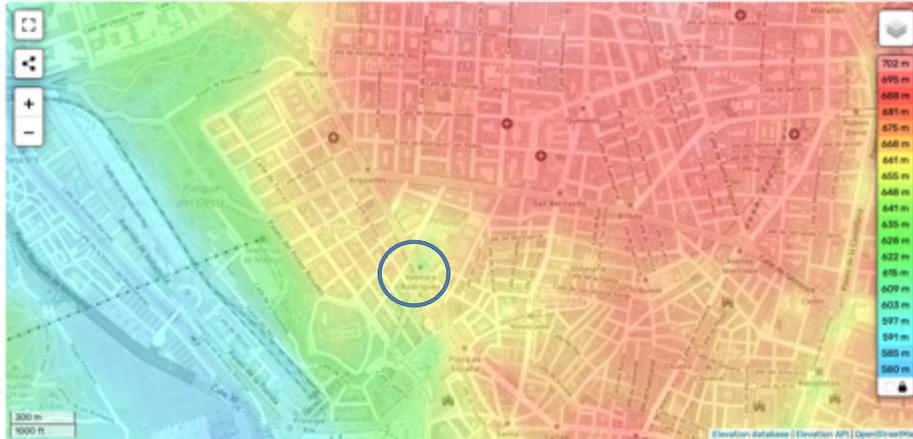


Ilustración 7: Altitud zonas de Madrid

Como se puede observar, la localización del edificio se encuentra a aproximadamente 655m sobre el nivel del mar [24], lo que supone que según la zonificación climática del Código Técnico de la Edificación (CTE), se encuentra en la zona D3. La letra hace referencia a la exigencia de calefacción en esa zona climática, y el número a la exigencia de refrigeración.

En este caso, la letra D significa que tiene invierno frío con demanda energética considerable para calefacción, y el número 3 que el verano es cálido, aunque no extremo, que requiere medidas para limitar la ganancia térmica en los meses calurosos.

Provincia	≤ 50 m	50-100 m	100-150 m	150-200 m	200-250 m	250-300 m	300-350 m	350-400 m	400-450 m	450-500 m	500-550 m	550-600 m	600-650 m	650-700 m	700-750 m	750-800 m	800-850 m	850-900 m	900-950 m	950-1000 m	1000-1050 m	1050-1100 m	1100-1150 m	1150-1200 m	1200-1250 m	1250-1300 m	≥ 1300 m	
Albacete																												
Alicante/Alicant																												
Almería																												
Araba/Álava																												
Asturias																												
Ávila																												
Badajoz																												
Baleares, Illes																												
Barcelona																												
Basquea																												
Burgos																												
Cáceres																												
Cádiz																												
Cantabria																												
Castellón/Castelló																												
Ceuta																												
Ciudad Real																												
Córdoba																												
Coruña, A																												
Cuenca																												
Gipuzkoa																												
Girona																												
Granada																												
Guadalajara																												
Huelva																												
Huesca																												
Jalón																												
León																												
Lleida																												
Lugo																												
Madrid																												

Ilustración 8: Zonas climáticas CTE según la altitud sobre el nivel del mar

Por lo tanto, los edificios en esta zona deben diseñarse para protegerse tanto del frío (conservar el calor durante los meses fríos), como del calor (mantener una temperatura agradable en los meses calurosos), siendo necesario actuar sobre la envolvente térmica (fachadas, cubierta, ventanas) para limitar las demandas energéticas de calefacción y refrigeración. Por este motivo, una envolvente térmica deficiente, como la actual, repercute directamente en un mayor consumo de energía, menor confort interior y aumento de emisiones contaminantes.

5.2.1 ORIENTACIÓN SOLAR Y CARAS DEL EDIFICIO

La orientación solar en este caso cobra especial relevancia debido a la ubicación y posicionamiento del inmueble. La fachada principal está orientada al sureste mientras que la secundaria (calle Evaristo san Miguel) al noroeste. Esto implica que la fachada sur y sureste recibe una intensa radiación solar durante todo el día (especialmente en primavera y verano) mientras que la norte y noroeste permanece en la sombra la mayor parte del año (especialmente en los meses fríos).

Dependiendo de en que cara del edificio se encuentre la vivienda, se requerirá un consumo u otro de energía. En la primavera, cuando la cara sur de ambos edificios empieza a requerir aire acondicionado, la cara norte todavía no lo necesita durante semanas o incluso hasta casi dos meses. Sin embargo, el sistema envía agua fría a ambas caras de los edificios simultáneamente, lo que provoca un gasto energético innecesario y mayores emisiones de CO₂. De manera similar, en otoño, la cara norte de ambos edificios demanda calefacción hacia finales de octubre o principios de noviembre, mientras que la cara sur no la necesita hasta un mes más tarde. Esto genera un envío excesivo de agua caliente a ambas caras, duplicando el consumo energético.

Esto genera una demanda térmica descompensada por orientaciones y por lo tanto un desaprovechamiento de energía, lo que refuerza la necesidad de sectorizar el sistema de climatización. Como en este proyecto no se va a llevar a cabo esta separación, mayor es la necesidad de mejorar la envolvente térmica, incorporando un correcto aislamiento, para así controlar un poco más los cambios tan notables de temperatura del edificio.

5.3 *PATOLOGÍAS DETECTADAS*

Según el informe urbanístico, tras una inspección visual y los ensayos que se realizaron previos a la reforma, se detectaron las siguientes patologías [33]:

- Lesiones en la fachada
 - **Desprendimiento:** separación de piezas del aplacado por pérdida de adherencia entre revestimiento y soporte.
 - **Desportillamiento:** deterioro en el perímetro de las piezas que permite la entrada de agentes externos.
 - **Falta de plomo:** Deformación por empujes horizontales en piezas verticales.
 - **Grietas:** Aberturas de más de 1mm que atraviesan todo el espesor del material.
 - **Fisuras:** aberturas superficiales, menores a 1mm, que permiten la entrada de agua.
 - **Fisuras en anclaje:** grietas pequeñas en los puntos de unión entre materiales distintos, causadas por esfuerzo de compresión.
 - **Falta de rejuntado:** pérdida de mortero entre piezas que genera filtraciones.
 - **Erosión superficial:** pérdida de cohesión entre los granos de un material debido al agua y a cambios térmicos.
- Lesiones en puntos singulares de fachada
 - **Rotura y desprendimiento de elementos de fachada:** daños en piezas de dinteles, jambas, vierteaguas y albardillas de huecos de fachada.
- Lesiones en elementos de hormigón armado de fachada
 - **Desprendimientos, grietas, humedades, oxidación/corrosión:** daños en frentes de forjado, pilares y muros, con pérdida de recubrimiento, oxidación visible y humedad.
 - **Carbonatación:** PH bajo (obtenido tras unos ensayos), que confirma carbonatación generalizada en toda la superficie de hormigón armado.

- Lesiones en elementos metálicos de fachada
 - **Meteorización química y oxidación:** corrosión causada por ciclos de expansión y contracción térmica, que degrada la capa protectora del material.
 - **Oxidación y deterioro:** celosías metálicas en planta técnica con óxido, deformaciones y pérdidas de lamas.

Tras un estudio llevado a cabo por la empresa encargada de realizar la reforma (Cónica Estudio), se ha comprobado que prácticamente el 100% del aplacado presenta patologías de diferente tipo, así como los elementos de hormigón y metálicos. Es por todo esto que se ha procedido a una reforma de la fachada completa, ya que una intervención solo de las zonas más afectadas habría resultado menos eficiente y más costosa. Esta solución permite intervenir de forma coherente en toda la fachada, mejorando la seguridad del edificio, su eficiencia energética y alargando su vida útil. En el siguiente gráfico se presenta el porcentaje de afección de cada patología:

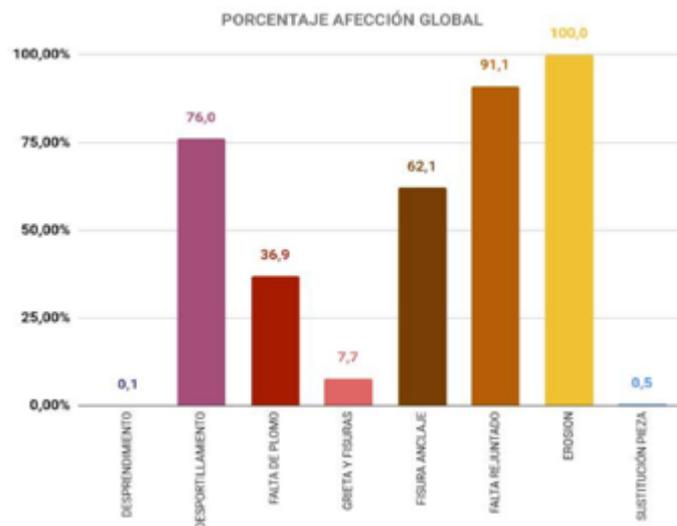


Ilustración 9: Porcentaje de afección de cada patología

5.4 TIPOS DE INTERVENCIONES

5.4.1 INTERVENCIÓN 1

Esta intervención se aplica en las zonas donde el aplacado de piedra natural presenta un estado aceptable y se considera viable su consolidación sin desmontaje completo. Concretamente, se actúa en las zonas bajas del edificio hasta el nivel 4 (edificio hexagonal y pasarela) y en el cuerpo principal del edificio desde el nivel 5 al 22 en las fachadas 01 y 03. También se incluye en los faldones horizontales bajo ventana, donde resulta especialmente complejo intervenir desde el interior de las viviendas.

La decisión de conservar el aplacado en estas zonas responde al doble criterio de minimizar las afecciones al interior del edificio y mantener su imagen original, replicando los acabados y volumetría con materiales de apariencia similar y técnicas más seguras y duraderas.

A continuación, se describe detalladamente la intervención:

“En primer lugar se ejecutarán en las fachadas agujeros sobre el soporte para posteriores conexiones estructurales transversales, introduciendo esperas de material plástico con un diámetro exterior variable de 6, 8, 10 ó 12 mm en función de la posterior conexión proyectada y con una profundidad mínima de 20 cm. Se ejecutará dejando las esperas sobresalir la distancia suficiente para realizar los trabajos de consolidación.

Tras la preparación del soporte se realizará la consolidación del aplacado actual mediante la aplicación de dos capas de 5mm de espesor cada una de mortero bicomponente, fibrorreforzado, de elevada ductilidad, compuesto de aglomerantes de reactividad puzolánica, clase R2 y clasificado G-M25, interponiendo entre capa y capa de mortero la malla de fibra de vidrio resistente a los álcalis procurando una superposición longitudinal de las bandas consecutivas de unos 10 cm para refuerzo de encuentros entre materiales diferentes y puntos singulares.

Entre las dos capas del mortero se realizará la conexión estructural prevista mediante cuerda de fibras de vidrio (fiocos), extrayendo las esperas de material plástico se preparará

las paredes de las perforaciones con imprimación epoxidica e inyectar la fijación química a base de resina de viniléster híbrida sin estireno, después se procederá a impregnar la cuerda en su extremo con resina epoxidica superfluida y saturar con arena de cuarzo, que una vez seca la resina, se introducirá en las perforaciones. Una vez introducido cuerda de fibras de vidrio unidireccionales alojadas en una red protectora, resistentes a los hidroxilos alcalinos del hormigón y a la corrosión por cloruros y con una resistencia a tracción, se abrirá en abanico las fibras de la cuerda no insertada sobre el mortero aplicado previamente y fijarlas mediante los estucos epoxidicos de consistencia tixotrópica.

Una vez finalizada la conexión estructural y la consolidación del aplacado actual de piedra natural, se colocará la subestructura soporte de aleación de aluminio EN AW-6063, anclajes mecánicos de expansión de acero inoxidable A2 al soporte, se han estudiado según los ensayos y la normativa UNE 41957-1. Entre los montantes y rastreles de la subestructura se instalará aislamiento térmico por el exterior con panel rígido de lana mineral de 50 mm de espesor, resistencia térmica 1,45 m²K/W , conductividad térmica 0,034 W/(mK), Euroclase A1.

Por último, se colocará el revestimiento exterior de fachada a base de aplacado con piezas alveolares de cerámica extruida de baja absorción, diseñada con alveolos y dos canales realizados longitudinalmente por los cantos. Se colocará en posición vertical mediante el sistema de fijación oculta con grapas sobre la subestructura. Cada grapa se insertará en los alvéolos de los extremos, fijada de forma continua a la pieza superior e inferior, permitiendo esta unión las dilataciones necesarias del sistema completo. El acabado será similar al existente, puesto que se ha realizado toma de muestras de las piedras naturales actuales y se ha realizado réplica en el formato arriba descrito.” [33]

5.4.2 INTERVENCIÓN 2

Esta intervención se aplica en las fachadas laterales ciegas (02 y 08), orientadas a Calle de la Princesa y Calle del Tutor, donde la demolición del aplacado puede realizarse sin afectar a huecos ni carpinterías. Al no existir ventanas ni interferencias interiores, se considera

técnicamente más eficiente eliminar por completo el aplacado dañado y reparar la estructura antes de ejecutar una fachada ventilada nueva.

A continuación, se describe detalladamente la segunda intervención:

“Primero se procederá a la demolición de las placas de piedra natural, sin afectar a la estabilidad del paramento, así como el sistema mecánico de anclaje de estas. Una vez retiradas las placas se procederá a la eliminación de mortero de agarre aplicado sobre la hoja exterior del cerramiento sin deteriorar la superficie soporte, que quedará al descubierto y preparada para su posterior preparación y reparación de elementos de hormigón armado.

A continuación, se realizará la reparación puntual de los pilares de hormigón armado que se encuentren afectados, mediante picado del hormigón deteriorado y en mal estado hasta llegar a las armaduras. Se procederá al saneado de las armaduras que han quedado al descubierto eliminando la suciedad superficial, la herrumbre y toda sustancia que pueda disminuir la adherencia entre las armaduras y el material de reparación a aplicar posteriormente, aplicación manual de mortero monocomponente a base de cemento, inhibidores de corrosión y polímeros en polvo para la protección y pasivación de armaduras de acero, también como puente de unión entre mortero de reparación y hormigón existente. Por último se regenerarán las superficies de hormigón mediante la aplicación manual de mortero tixotrópico, modificado con polímeros, reforzado con fibras y de retracción compensada, clase R3 y tipo CC en capas de 15 mm de espesor .

Una vez finalizada la reparación, se procederá a la regularización de soporte mediante enfoscado por 2 capas de 20 mm de espesor de mortero y se colocará una malla de fibra de vidrio antiálcalis para refuerzo de encuentros entre materiales diferentes y puntos singulares.

Tras preparar por completo el soporte, se colocará la subestructura soporte de aleación de aluminio EN AW-6063, anclajes mecánicos de expansión de acero inoxidable A2 al soporte, se han estudiado según los ensayos y la normativa UNE 41957-1. Entre los montantes y

rastrales de la subestructura se instalará aislamiento térmico por el exterior con panel rígido de lana mineral de 50 mm de espesor, resistencia térmica $1,45 \text{ m}^2\text{K/W}$, conductividad térmica $0,034 \text{ W/(mK)}$, Euroclase A1.

Por último, se colocará el revestimiento exterior de fachada a base de aplacado con piezas alveolares de cerámica extruida de baja absorción, diseñada con alveolos y dos canales realizados longitudinalmente por los cantos. Se colocará en posición vertical mediante el sistema de fijación oculta con grapas sobre la subestructura. Cada grapa se insertará en los alvéolos de los extremos, fijada de forma continua a la pieza superior e inferior, permitiendo esta unión las dilataciones necesarias del sistema completo. El acabado será similar al existente, puesto que se ha realizado toma de muestras de las piedras naturales actuales y se ha realizado réplica en el formato arriba descrito.” [33]

5.4.3 INTERVENCIÓN 3

Esta solución se adopta en zonas retranqueadas de los laterales cortos del edificio, donde el aplacado debe sustituirse, pero el soporte estructural no presenta patologías relevantes. Por tanto, se descarta la reparación estructural, optando por una solución más ligera basada en la impermeabilización superficial y la instalación de una fachada ventilada nueva.

A continuación, se describe la tercera intervención:

“Primero se procederá a la demolición de las placas de piedra natural, sin afectar a la estabilidad del paramento, así como el sistema mecánico de anclaje de estas. Una vez retiradas las placas se procederá a la eliminación de mortero de agarre aplicado sobre la hoja exterior del cerramiento sin deteriorar la superficie soporte, que quedará al descubierto y preparada para su posterior preparación.

A continuación, se procederá a la impermeabilización del soporte mediante enfoscado por 1 capa de 2 mm de espesor de mortero cementoso impermeabilizante flexible bicomponente, se colocará la subestructura soporte de aleación de aluminio EN AW-6063, anclajes mecánicos de expansión de acero inoxidable A2 al soporte, se han estudiado según los ensayos y la normativa UNE 41957-1. Entre los montantes y rastreles de la subestructura

se instalará aislamiento térmico por el exterior con panel rígido de lana mineral de 60 mm de espesor, resistencia térmica 1,45 m²K/W , conductividad térmica 0,034 W/(mK), Euroclase A1.

Por último, se colocará el revestimiento exterior de fachada con piezas alveolares de cerámica extruida de baja absorción, diseñada con alveolos y dos canales realizados longitudinalmente por los cantos, permitiendo esta unión las dilataciones necesarias del sistema completo. El acabado será similar al existente, puesto que se ha realizado toma de muestras de las piedras naturales actuales y se ha realizado réplica en el formato arriba descrito.” [33]

5.5 ENFOQUE NORMATIVO Y TÉCNICO DE LA INTERVENCIÓN

Este edificio se ajusta a las Normas Urbanísticas del PGOU de Madrid, según Norma Zonal 3 Grado 1º y dentro del ámbito APE.00.01 Centro Histórico. La intervención propuesta se ajusta a los criterios establecidos por el CTE para obras de rehabilitación en edificios existentes, en particular al documento básico DB-HE (Ahorro de energía), al DB-SI (Seguridad en caso de incendio), y al DB-HS (Salubridad). Como la actuación afecta a toda la envolvente, es necesario introducir mejoras energéticas, siempre que sean técnica y económicamente viables.

5.6 IMPACTO Y ENFOQUE DE LA INTERVENCIÓN

La renovación del edificio Princesa 25-27 no solo busca solucionar problemas técnicos derivados del deterioro de sus fachadas, sino que también aprovecha la oportunidad para mejorar el comportamiento energético, reforzar la seguridad estructural y aumentar su valor en el contexto urbano y normativo actual.

Estas reformas contribuirán a la seguridad de la vía pública, permitirán reducir la demanda de energía para calefacción y refrigeración, mejorarán el confort de los residentes, y ayudarán a cumplir los objetivos de descarbonización del edificio.

El proyecto se alinea con ciertos apartados del Código Técnico de la Edificación nombrados anteriormente, y con las directrices del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima. Esto hace que se refuerce su sentido estratégico y sea posible el acceso a ayudas públicas o de empresas privadas.

Capítulo 6. CUMPLIMIENTO NORMATIVO

6.1 CUMPLIMIENTO DEL CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

La actuación proyectada en el edificio situado en la calle Princesa 25-27 de Madrid, consistente en la reparación de la fachada y mejora de su eficiencia energética mediante la incorporación de aislamiento térmico por el exterior, se encuentra sujeta al cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, para aquellas intervenciones que así lo requieren.

Según el artículo 2 del CTE, el código será de aplicación a las obras de ampliación, modificación, reforma o rehabilitación que se realicen en edificios existentes, siempre que requieran licencia urbanística o autorización administrativa previa. En este caso, al tratarse de una intervención sobre fachada con requerimiento de licencia, se aplican los Documentos Básicos (DB) correspondientes, con el alcance y condiciones establecidos para obras en edificios existentes.

Tal y como se especifica en el punto 3 y 4 del artículo 2, la aplicación del CTE en este tipo de intervenciones debe tener en cuenta criterios de viabilidad técnica, económica y urbanística, sin reducir en ningún caso las condiciones preexistentes que resulten más exigentes, a excepción de los casos de reparación de daños, donde se aplicarán los criterios del apartado V del CTE.

La actuación se centra en la reparación de elementos constructivos deteriorados por patologías (como fisuras, pérdida de adherencia o envejecimiento de materiales) y la incorporación de aislamiento térmico por el exterior mediante sistemas de fachada ventilada. Estas medidas no modifican el uso, la superficie ni la estructura del edificio, ni inciden en instalaciones o accesibilidad, por lo que no aplica el CTE en su totalidad, sino únicamente los DB directamente afectados por las acciones previstas.

6.1.1 DOCUMENTOS BÁSICOS NO APLICABLES

Se identifican y justifican los Documentos Básicos no aplicables a la intervención, conforme a la naturaleza limitada de la actuación.

6.1.1.1 DB-SE Seguridad estructural

“El objetivo del requisito básico Seguridad estructural consiste en asegurar que el edificio tiene un comportamiento estructural adecuado frente a las acciones e influencias previsibles a las que pueda estar sometido durante su construcción y uso previsto” [25]

En este caso no se modifican elementos estructurales ni se incrementan cargas, por lo que no procede su aplicación.

6.1.1.2 DB-SUA Seguridad de utilización y accesibilidad

“El objetivo del requisito básico Seguridad de utilización y accesibilidad consiste en reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios sufran daños inmediatos en el uso previsto de los edificios, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento, así como en facilitar el acceso y la utilización no discriminatoria, independiente y segura de los mismos a las personas con discapacidad” [26]

En este caso, la actuación propuesta no modifica la superficie del edificio, ni actúa sobre su accesibilidad, por lo que este DB no es de aplicación.

6.1.1.3 DB-HR Protección frente al ruido

“El objetivo del requisito básico Protección frente al ruido consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermedades que el ruido pueda producir a los usuarios como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento” [27]

No es de aplicación ya que conforme al apartado II.1.d del DB-HR [27], se excluyen de su cumplimiento las obras de rehabilitación que no sean integrales. Al tratarse únicamente de una actuación sobre la envolvente, no procede justificar este requisito.

6.1.2 DOCUMENTOS BÁSICOS APLICABLES

A continuación, se justifican los Documentos Básicos que resultan de aplicación en función de la intervención proyectada.

6.1.2.1 DB-SI Seguridad en caso de incendio

Se aplica parcialmente la sección SI 2 - Propagación exterior, ya que la intervención afecta a la envolvente del edificio.

La clase de reacción al fuego de los sistemas constructivos de fachada que ocupen más del 10% de su superficie será, en función de la altura total de la fachada:

- D-s3, d0 en fachadas de altura hasta 10m
- C-s3,d0 en fachadas de altura hasta 18 m
- B-s3,d0 en fachadas de altura superior a 18 m

Dicha clasificación debe considerar la condición de uso final del sistema constructivo incluyendo aquellos materiales que constituyan capas contenidas en el interior de la solución de fachada y que no estén protegidas por una capa que sea EI30 como mínimo.

Los sistemas de aislamiento situados en el interior de cámaras ventiladas deben tener al menos la siguiente clasificación de reacción al fuego en función de la altura total de la fachada:

- D-s3,d0 en fachadas de altura hasta 10 m
- B-s3,d0 en fachadas de altura hasta 28 m
- A2-s3,d0 en fachadas de altura superior a 28 m

Debe limitarse el desarrollo vertical de las cámaras ventiladas de fachada en continuidad con los forjados resistentes al fuego que separan sectores de incendio. La inclusión de barreras E 30 se puede considerar un procedimiento válido para limitar dicho desarrollo vertical. [28]

En las tres intervenciones, la resistencia al fuego del sistema constructivo incluyendo aquellos materiales que constituyan capas contenidas en el interior de la fachada y que no

estén protegidas por una capa que sea EI 30 como mínimo deben cumplir B-s3,d0 y el aislamiento térmico en el interior de la cámara debe cumplir A2-s3,d0.

En las intervenciones 1 y 2, el sistema de fachada propuesto, como el sistema de aislamiento, se encuentra ubicado en el interior de la cámara, se prevé la instalación de barreras cortafuegos horizontal para fachadas con cavidad CP 674 V de Hilti o similar con un espesor de hasta 100 mm, fijada mecánicamente al soporte base y así limitar el desarrollo vertical de la cámara proyectada y evitar la propagación exterior entre sectores de incendios.

Igualmente, el material de aislamiento térmico que se pretende instalar será panel de lana de roca rígido, cuyos datos según ficha técnica es incombustible en su reacción frente al fuego, Euroclase A1 y no hidrófilo, y a su vez el revestimiento serán piezas alveolares de cerámica extruida tipo “Frontek” de Grupo Greco Gres Internacional también considerada su reacción frente al fuego Euroclase según ETE 15/0916.

En la intervención 3, el sistema de fachada propuesto no cuenta con interior de la cámara ventilada, se prevé la instalación de aislamiento térmico mediante panel de lana de roca rígido, cuyos datos según ficha técnica es incombustible en su reacción frente al fuego, Euroclase A1 y no hidrófilo, y a su vez el revestimiento serán piezas de gres.

Por tanto, al haberse seleccionado materiales con clasificación de reacción al fuego adecuada (B-s3,d0 para los elementos exteriores y A2-s3,d0 para el aislamiento en cámaras ventiladas), e incluirse barreras E30 que limitan el desarrollo vertical del fuego en las intervenciones donde corresponde, la solución proyectada cumple con los requisitos establecidos por la sección SI 2 del Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio del CTE para la propagación exterior en fachadas.

6.1.2.2 DB-HE Ahorro de energía

“El objetivo del requisito básico Ahorro de energía consiste en conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los edificios, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir, asimismo, que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento” [29]

El proyecto incorpora aislamiento térmico por el exterior en más del 25% de la superficie de la envolvente térmica del edificio, pero no se actúa sobre instalaciones térmicas, por lo que la sección HE0 queda fuera de aplicación, y se justifica el cumplimiento de la sección HE1.

Se analiza la transmitancia térmica (U) de los cerramientos antes y después de la intervención, comparando los valores obtenidos con los valores límite (U_{lim}) exigidos por el CTE para la zona climática D3:

Tabla 3.1.1.a - HE1 Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} [W/m²K]

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U _s , U _w)	0,80	0,70	0,56	0,49	0,41	0,37
Cubiertas en contacto con el aire exterior (U _c)	0,55	0,50	0,44	0,40	0,35	0,33
Muros, suelos y cubiertas en contacto con espacios no habitables o con el terreno (U _r)	0,90	0,80	0,75	0,70	0,65	0,59
Medianerías o particiones interiores pertenecientes a la envolvente térmica (U _{io})						
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana) (U _w) [*]	3,2	2,7	2,3	2,1	1,8	1,80
Puertas con superficie semitransparente igual o inferior al 50%				5,7		

^{*}Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_w en un 50%.

Ilustración 10: Valores límite de transmitancia térmica CTE

Antes de la intervención, los cerramientos de fachada son los siguientes:

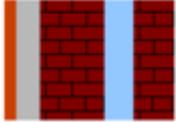
Fachada Estado Actual		R	E	λ	P	Cp	
		m ² K/W	cm	W/m ² K	kg/m ³	J/kgK	
	Listado de Capas						
	Aplacado piedra natural	0.167	2	0.12	390	1000	
	Mortero de agarre	0.022	5	1.8	2100	1000	
	Tabicón LH triple	0.258	11	0.427	920	1000	
	Cámara de aire sin ventilar vertical	0.18	5	-	-	-	
	Tabique LH doble	0.162	7	0.432	930	1000	
	Enlucido de yeso	0.05	2	0.4	900	1000	
	Esesor total (cm)						32
	Transmitancia térmica (W/m².K)						0.99
	Limitación Transmitancia térmica (W/m².K)						0.41

Ilustración 11: Capas y valores cerramientos opacos

Se puede observar que el valor de transmitancia térmica (0,99 W/m²*K) antes de la intervención superaba los valores límites establecidos por el CTE (0,41 W/m²*K). Se comprueba entonces si tras la intervención los valores serán válidos.

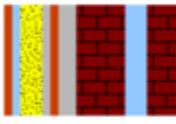
Fachada Estado Projectado INTERVENCIÓN 1		R	E	λ	P	Cp
		m ² K/W	cm	W/m ² K	kg/m ³	J/kgK
	Listado de Capas					
	Piezas alveolares de cerámica extruida	0.19	1.95	1	2000	800
	Cámara de aire ventilada vertical	0.08	3	-	-	-
	Panel rígido lana mineral	1.45	5	0.034	1000	800
	Mortero consolidación (Planitop HDM Maxi)	0.027	1	0.75	1200	1000
	Aplacado piedra natural	0.167	2	0.12	390	1000
	Mortero de agarre	0.022	4	1.8	2100	1000
	Tabicón LH triple	0.258	11	0.427	920	1000
	Cámara de aire sin ventilar vertical	0.18	5	-	-	-
	Tabique LH doble	0.162	7	0.432	930	1000
	Enlucido de yeso	0.05	2	0.4	900	1000
	Esesor total (cm)					
Transmitancia térmica (W/m².K)						0.38
Limitación Transmitancia térmica (W/m².K)						0.41

Ilustración 12: Capas y valores intervención 1

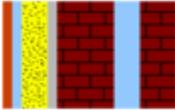
Fachada Estado Projectado INTERVENCIÓN 2		R m ² K/W	E cm	λ W/m ² K	P kg/m ³	Cp J/kgK	
	Listado de Capas						
	Piezas alveolares de cerámica extruida	0.19	1.95	1	2000	800	
	Cámara de aire ventilada vertical	0.08	3	-	-	-	
	Panel rígido lana mineral	1.45	5	0.034	1000	800	
	Mortero Regulación (Mapewall Intonaco Base)	0.04	2	1	1525	1000	
	Tabicón LH triple	0.258	11	0.427	920	1000	
	Cámara de aire sin ventilar vertical	0.18	5	-	-	-	
	Tabique LH doble	0.162	7	0.432	930	1000	
	Enlucido de yeso	0.05	2	0.4	900	1000	
	Espesor total (cm)						37
	Transmitancia térmica (W/m².K)						0.41
Limitación Transmitancia térmica (W/m².K)						0.41	

Ilustración 13: Capas y valores intervención 2

Fachada Estado Projectado INTERVENCIÓN 3		R m ² K/W	E cm	λ W/m ² K	P kg/m ³	Cp J/kgK	
	Listado de Capas						
	Piezas alveolares de cerámica extruida	0.19	1.95	1	2000	800	
	Panel rígido lana mineral	1.45	6	0.034	1000	800	
	Mortero impermeabilizante (Sistema Mapelastick)	0.014	0.2	0.14	1700	1000	
	Tabicón LH triple	0.258	11	0.427	920	1000	
	Cámara de aire sin ventilar vertical	0.18	5	-	-	-	
	Tabique LH doble	0.162	7	0.432	930	1000	
	Enlucido de yeso	0.05	2	0.4	900	1000	
	Espesor total (cm)						32
	Transmitancia térmica (W/m².K)						0.38
	Limitación Transmitancia térmica (W/m².K)						0.41

Ilustración 14: Capas y valores intervención 3

Por lo tanto, se observa que después de cada una de las intervenciones, el valor respectivo de transmitancia térmica se queda dentro de los límites establecidos. Se comprueba que con esta reforma se cumplirá la normativa establecida.

Respecto a los valores límites del coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica Klim, se obtienen de las tablas del DB-HE1, para reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio [29].

En este caso, en la reforma se deja fuera la sustitución de las carpinterías por su alto impacto económico y bajo incremento en el porcentaje de mejora final, así como tampoco se procede a la mejora de las instalaciones térmicas. Al tener en cuenta más del 25% de la envolvente del edificio para reparar numerosas patologías, dejando fuera las mejoras nombradas anteriormente, no se puede cumplir con las exigencias del CTE en cuanto al coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente (Klim) por lo que se ha aplicado el apartado IV (Criterios de aplicación en edificios existentes del CTE DB-HE) para su justificación.

Los criterios específicos del CTE DB-HE para edificios existentes son los siguientes [29]:

- **Criterio 1 - No empeoramiento:** las soluciones adoptadas mejoran la situación térmica original. En este caso, se incorpora aislamiento térmico por el exterior, lo que mejora el comportamiento energético del cerramiento sin reducir las condiciones previstas.
- **Criterio 2 - Flexibilidad:** se justifica la imposibilidad técnica o económica de intervenir en otros elementos de la envolvente como carpinterías o forjados. Con esta reforma no se actúa sobre carpinterías ni otros elementos (como cubiertas o forjados) por su escasa repercusión energética y su elevada dificultad y coste. Se emplean soluciones técnicamente viables como fachada ventilada con aislamiento exterior.
- **Criterio 3 - Reparación de daños:** las soluciones se centran en subsanar pérdidas de prestaciones derivadas del estado previo. La intervención corrige patologías del cerramiento sin alterar elementos en buen estado, manteniendo la composición original cuando no es necesario intervenir.

6.1.2.3 DB-HS: Salubridad

Se aplica exclusivamente la exigencia HS 1: Protección frente a la humedad, ya que se actúa sobre la fachada. [30]

Se justifica la solución adoptada conforme a un grado de impermeabilidad 4, utilizando un sistema constructivo con:

- Revestimiento exterior rígido sobre subestructura metálica (R2),
- Hoja principal de medio pie de ladrillo cerámico (C1),
- Adaptación a puntos singulares y encuentros de fachada para garantizar la estanqueidad.

El resto de las secciones del DB-HS no son de aplicación por la naturaleza de la intervención.

6.2 *NORMATIVA MUNICIPAL Y ORDENANZAS URBANÍSTICAS*

Además del cumplimiento del Código Técnico de la Edificación (CTE), la intervención proyectada debe atender a la normativa específica del municipio de Madrid, que regula aspectos vinculados tanto a la conservación de los edificios como a su integración urbana y condiciones administrativas.

6.2.1 ORDENANZA DE CONSERVACIÓN Y REHABILITACIÓN DE LAS EDIFICACIONES (OCRE)

Esta ordenanza establece la obligación de mantener las edificaciones en condiciones adecuadas de seguridad, salubridad y ornato público. En el caso del edificio de Princesa 25-27, la aparición de patologías graves como la caída de losas de fachada fue el motivo directo que activó la intervención, en cumplimiento del deber de conservación exigido por la normativa municipal [31].

6.2.2 PLAN GENERAL DE ORDENACIÓN URBANA DE MADRID (PGOUM)

El PGOUM regula, entre otros, aspectos como la estética, alineaciones, volumetría y acabados exteriores. Aunque el edificio objeto de estudio no cuenta con protección patrimonial específica, la rehabilitación de fachada debe garantizar una integración armónica con su entorno urbano, respetando las condiciones de ordenación establecidas en la normativa urbanística vigente [32].

6.2.3 INCENTIVOS FISCALES Y BONIFICACIONES

Las actuaciones de rehabilitación que comportan una mejora de la eficiencia energética pueden beneficiarse de determinadas bonificaciones fiscales, como la reducción del Impuesto sobre Bienes Inmuebles (IBI) o la exención de tasas de licencia urbanística, conforme a las ordenanzas fiscales del Ayuntamiento de Madrid. El proyecto contempla la mejora energética de la envolvente mediante incorporación de aislamiento térmico, por lo que podría ser susceptible de acogerse a estas ayudas, siempre que se cumplan los requisitos administrativos y técnicos exigidos.

6.3 CONCLUSIÓN

La intervención propuesta cumple con los requisitos exigibles del CTE en intervenciones sobre edificios existentes, tanto en materia de seguridad frente a incendios como de eficiencia energética y salubridad. Se han aplicado los criterios de flexibilidad y reparación de daños establecidos por el código, sin que se produzca un empeoramiento de las condiciones preexistentes. Las soluciones adoptadas suponen una mejora técnica significativa en términos de aislamiento térmico, protección frente a la humedad y comportamiento al fuego, garantizando así la adecuación normativa y el incremento de prestaciones sin alterar la configuración funcional del edificio.

Capítulo 7. ANÁLISIS ENERGÉTICO

Con el objetivo de evaluar el impacto energético de la reforma, se ha realizado un análisis comparativo mediante la elaboración de un certificado energético previo a la intervención y otro posterior a la misma. Lo único que varía de un certificado a otro, en este caso, es la composición de la fachada. Para ello, se ha utilizado el programa CE3X, herramienta reconocida oficialmente para la calificación energética de edificios existentes y proyectados.

A lo largo de este apartado se explicará detalladamente el procedimiento seguido con el programa para la realización de los certificados. Esta metodología permite cuantificar con precisión el ahorro energético conseguido.

7.1 DEFINICIÓN EDIFICIO

El primer paso es introducir los datos generales, que incluyen el uso principal del edificio, su ubicación, año de construcción, y su localización. Además, se introducen también los datos que definen el edificio, que son: superficie útil habitable, altura libre de planta, número de plantas habitables, ventilación del inmueble, y demanda diaria de ACS.

Los cálculos relativos al consumo de agua caliente sanitaria (ACS), la ventilación del inmueble, y el patrón de sombras, se desarrollarán en apartados posteriores, dado que requieren un análisis más específico y detallado.

7.1.1 CÁLCULO DEMANDA DIARIA DE ACS

En este apartado se calcula la demanda diaria de agua caliente sanitaria del edificio en función del uso previsto y el número de ocupantes, conforme a los criterios establecidos por la normativa vigente (CTE). Este cálculo se dividirá según los diferentes usos del edificio.

- RESIDENCIAL

Según el CTE-HE-Anejo F, la demanda de referencia de ACS para edificios de uso residencial privado se obtendrá considerando unas necesidades de 28 litros/día*persona (a 60°C). [29]

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Ilustración 15: Tabla de valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado del CTE-HE-Anejo F

Cálculo del número total de personas:

$$\text{Un dormitorio} \rightarrow 101 * 1,5 = 152 \text{ personas}$$

$$\text{Dos dormitorios} \rightarrow 18 * 3 = 54 \text{ personas}$$

$$\text{Tres dormitorios} \rightarrow 3 * 4 = 12 \text{ personas}$$

$$\text{Total número de personas} = 218 \text{ personas}$$

Cálculo de la demanda bruta:

$$218 \text{ personas} * 28 \frac{l}{\text{dia} * \text{persona}} = 6104 \text{ L/día}$$

Cálculo demanda de ACS a 60°C:

Se corrige el valor total de la demanda con un factor de centralización obtenido de la Tabla b-Anejo F. [29]

Nº viviendas	N≤3	4≤N≤10	11≤N≤20	21≤N≤50	51≤N≤75	76≤N≤100	N≥101
Factor de centralización	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

Ilustración 16: Tabla del valor del factor de centralización en viviendas multifamiliares del CTE-HE-Anejo F

$$demanda = 6104 \frac{L}{día} * 0,70 \rightarrow \text{Demanda corregida} = 4.272,8 \text{ L/día}$$

- OFICINAS

En este caso se trata de un edificio de uso distinto al residencial privado por lo que hay que comprobar el CTE para obtener los litros/día*persona (DB-HE), y los m²/persona (DB-SI) [29] [28]:

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

Ilustración 17: Tabla demanda orientativa de ACS para usos distintos del residencial privado

Uso previsto	Zona, tipo de actividad	Ocupación (m ² /persona)
Cualquiera	Zonas de ocupación ocasional y accesibles únicamente a efectos de mantenimiento: salas de máquinas, locales para material de limpieza, etc.	Ocupación nula
	Aseos de planta	3
Residencial Vivienda	Plantas de vivienda	20
Residencial Público	Zonas de alojamiento	20
	Salones de uso múltiple	1
	Vestibulos generales y zonas generales de uso público en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
Aparcamiento ⁽²⁾	Vinculado a una actividad sujeta a horarios: comercial, espectáculos, oficina, etc.	15
	En otros casos	40
Administrativo	Plantas o zonas de oficinas	10
	Vestibulos generales y zonas de uso público	2

Ilustración 18: Tabla densidades de ocupación

Sabiendo que hay 7.295m² de oficinas:

$$\text{ocupación} = \frac{7295 \text{ m}^2}{10 \frac{\text{m}^2}{\text{persona}}} \rightarrow \text{ocupación} = 730 \text{ personas}$$

$$\text{demanda} = 730 \text{ personas} * 2 \frac{\text{litros}}{\text{dia} * \text{persona}} \rightarrow \text{demanda} = 1.460 \frac{\text{L}}{\text{día}}$$

- COMERCIAL

** se asemeja a oficinas, no hay uso específico para esto*

Para este caso, se toma el mismo dato de la tabla de demanda orientativa de ACS que en el de oficinas (2 Litro/día*persona). La ocupación se obtiene con la siguiente información:

Comercial	En establecimientos comerciales:	
	áreas de ventas en plantas de sótano, baja y entreplanta	2
	áreas de ventas en plantas diferentes de las anteriores	3
	En zonas comunes de centros comerciales:	
	mercados y galerías de alimentación	2
	plantas de sótano, baja y entreplanta o en cualquier otra con acceso desde el espacio exterior	3
	plantas diferentes de las anteriores	5
	En áreas de venta en las que no sea previsible gran afluencia de público, tales como exposición y venta de muebles, vehículos, etc.	
		5

Ilustración 19: Tabla de densidades de ocupación

Sabiendo que hay 1.595m² de locales comerciales:

$$\text{ocupación} = \frac{1595 \text{ m}^2}{2 \frac{\text{m}^2}{\text{persona}}} \rightarrow \text{ocupación} = 798 \text{ personas}$$

$$demanda = 798 \text{ personas} * 2 \frac{\text{litros}}{\text{día} * \text{persona}} \rightarrow demanda = 1.596 \frac{L}{\text{día}}$$

- HOTEL

De la tabla de demanda orientativa de ACS (ilustración 21), se obtiene un valor de 69 Litro/día*persona para este tipo de hotel (cinco estrellas).

La ocupación se obtiene de la misma manera que el uso residencial privado, teniendo en cuenta que el hotel cuenta con 273 habitaciones.

$$ocupación = 273 * 1,5 = 410 \text{ personas}$$

$$demanda = 410 \text{ personas} * 69 \frac{\text{litros}}{\text{día} * \text{persona}} \rightarrow demanda = 28.290 \frac{L}{\text{día}}$$

Por lo tanto, sumando las contribuciones de cada una de las partes de los edificios, se concluye que la demanda diaria total de ACS es:

$$demanda = 4.272,8 + 1.460 + 1.596 + 28.290 \rightarrow \text{demanda total} = 35.618,8 \frac{L}{\text{día}}$$

7.1.2 CÁLCULO VENTILACIÓN DEL INMUEBLE

La ventilación del inmueble es un dato necesario para incluir en la definición del edificio en CE3X por lo que en este apartado se explica detalladamente como se ha obtenido.

El cálculo de la ventilación del inmueble se ha realizado conforme al Documento Básico DB-HS3 del CTE, considerando un sistema de ventilación híbrido o mecánico con caudal constante. Se ha evaluado el caudal mínimo de ventilación exigido para el uso residencial.

Para este tipo de inmueble, se hará uso de la siguiente tabla del DB-HS3 del CTE [30]

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 ó 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Ilustración 20: Tabla 2.1 DB-HS3 Caudales mínimos para ventilación en locales habitables

* Los locales secos son comedores, salas de estar y dormitorios. Los locales húmedos son aseos, baños y cocinas.

- Viviendas de 1 habitación

Dormitorio principal: 8 l/s

Sala de estar/comedor: 6 l/s

Total locales secos: 14 l/s

Mínimo en total locales húmedos: 12 l/s

Mínimo por local: $6 * 1$ (baño) + $6 * 1$ (cocina) = 12 l/s

Total húmedos: 12 l/s

Por lo tanto, el caudal necesario en este tipo de viviendas será de 14 l/s (>12 l/s).

Para obtener las renovaciones hora, se multiplica por 3,6 para el cambio de unidades y se divide por el volumen de la vivienda. En este caso las viviendas son de 54,92 m² y la altura útil media de 2,5m.

$$\frac{ren}{h} = \frac{14 * 3,6}{54,92 * 2,5} \rightarrow \text{Ventilación} = 0,367 \text{ ren/h}$$

- Viviendas de 2 habitaciones

Dormitorio principal: 8 l/s

Resto de dormitorios: 4 l/s

Sala de estar/comedor: 8 l/s

Total locales secos: 20 l/s

Mínimo en total locales húmedos: 24 l/s

Mínimo por local: $7 * 1$ (baño) + $7 * 1$ (cocina) = 14 l/s

Total húmedos: 24 l/s (>14l/s)

El caudal necesario en este tipo de viviendas será de 24 l/s (>20 l/s). En este caso las viviendas son de 72,3 m² y la altura útil media de 2,5m.

$$\frac{ren}{h} = \frac{24 * 3,6}{72,3 * 2,5} \rightarrow \text{Ventilación} = 0,478 \text{ ren/h}$$

- Viviendas de 3 habitaciones

Dormitorio principal: 8 l/s

Resto de dormitorios: 4*2 l/s

Sala de estar/comedor: 10 l/s

Total locales secos: 26 l/s

Mínimo en total locales húmedos: 33 l/s

Mínimo por local: $8 * 2$ (baño) + $8 * 1$ (cocina) = 24l/s

Total húmedos: 33 l/s (>24l/s)

El caudal necesario en este tipo de viviendas será de 33 l/s (>24 l/s). En este caso las viviendas son de 88,73 m² y la altura útil media de 2,5m.

$$\frac{ren}{h} = \frac{33 * 3,6}{88,73 * 2,5} \rightarrow \text{Ventilación} = 0,5355 \text{ ren/h}$$

7.2 CÁLCULO PATRÓN DE SOMBRAS

En este apartado se analiza el patrón de sombras del edificio, con el objetivo de valorar la posible afectación de obstáculos cercanos sobre las distintas fachadas del inmueble. Este análisis es esencial para estimar correctamente las pérdidas solares, ya que la radiación incidente sobre los elementos de la envolvente depende en gran medida de la exposición directa al sol a lo largo del año.

El programa CE3X permite definir para cada orientación del edificio un patrón de sombras que tiene en cuenta la geometría del entorno, la distancia a los obstáculos y el ángulo de obstrucción solar. Para ello, se ha llevado a cabo una caracterización detallada del entorno urbano inmediato mediante planos y observación directa.

En la sede electrónica de catastro se han seleccionado las parcelas que influyen en el patrón de sombras del edificio (las marcadas en la siguiente ilustración) para así poder tomar los datos necesarios con AutoCAD.



Ilustración 21: Parcelas seleccionadas de catastro

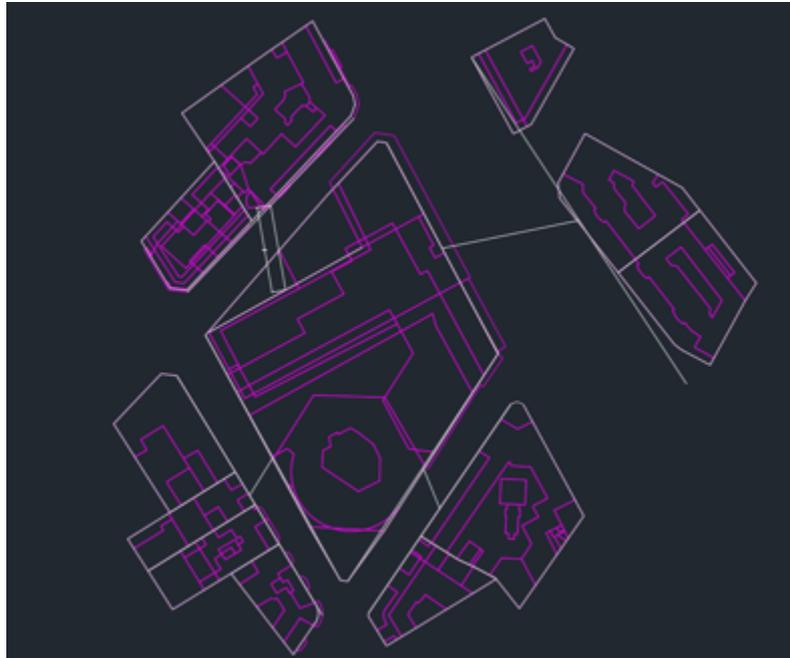


Ilustración 22: Parcelas en AutoCAD

Una vez se tienen las parcelas en AutoCAD, se ha procedido a tomar las medidas necesarias para insertar en CE3X y así obtener los patrones de sombras para cada orientación, que en este caso son Suroeste, Sureste, Noroeste y Noreste.

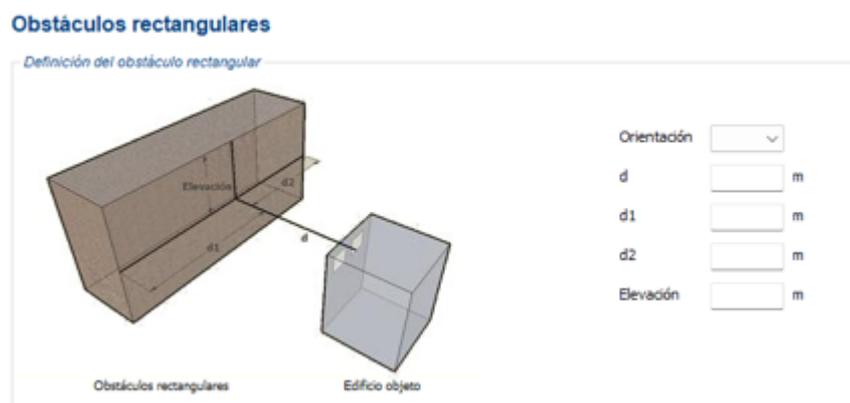


Ilustración 23: Datos necesarios para CE3X

Con todos los datos añadidos en el programa, se han obtenido los siguientes patrones:

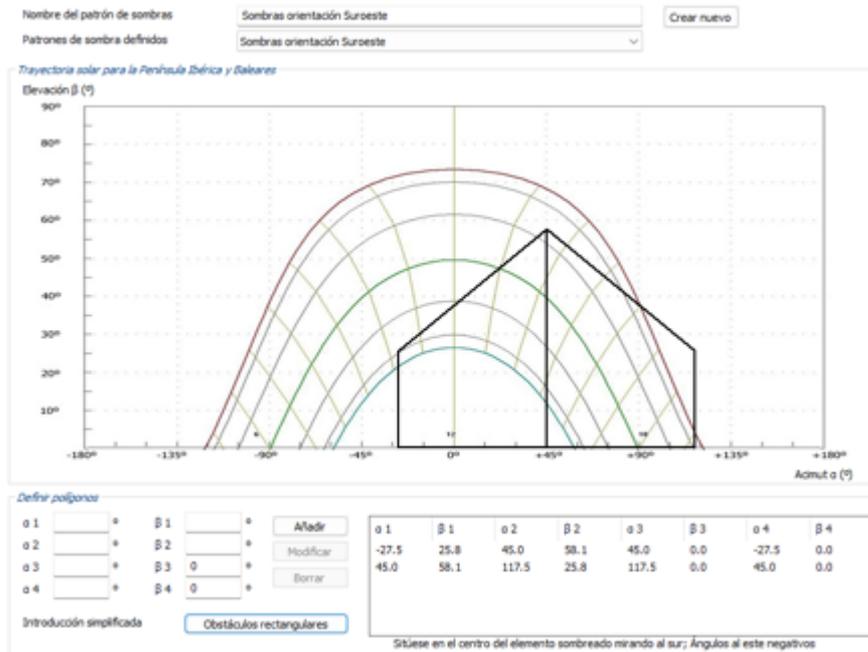


Ilustración 24: Patrón de sombras orientación Suroeste



Ilustración 25: Patrón de sombras orientación Sureste

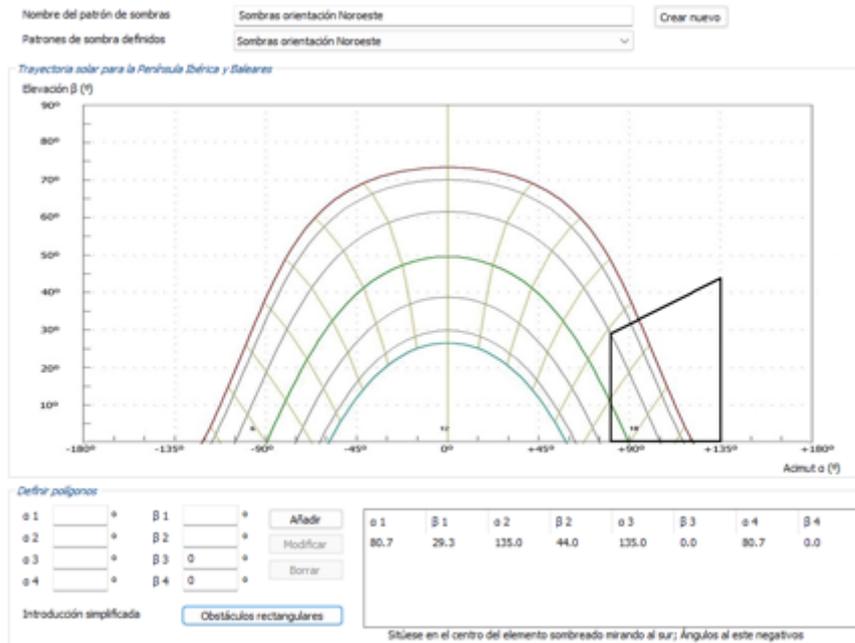


Ilustración 26: Patrón de sombras orientación Noroeste

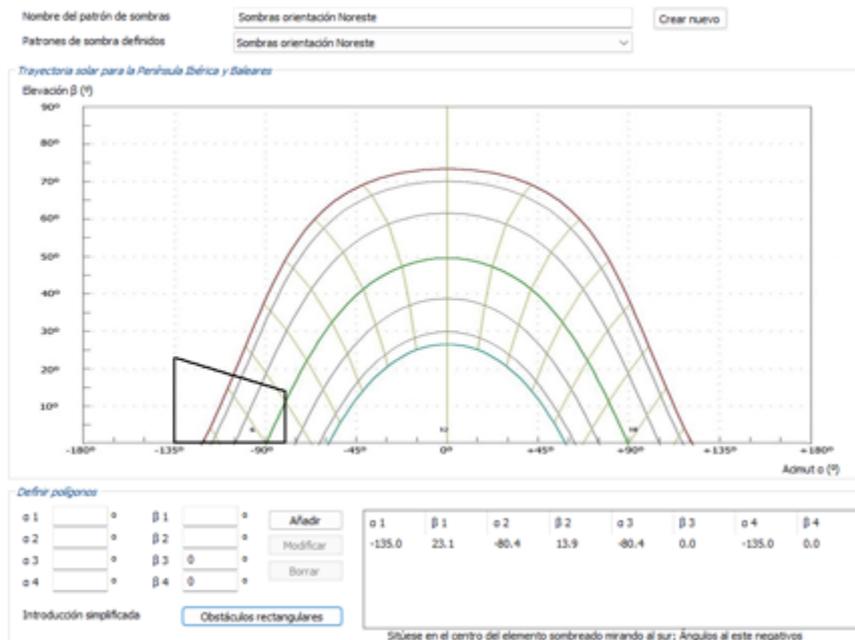


Ilustración 27: Patrón de sombras orientación Noreste

El resultado de este análisis se incorpora en la definición de los muros de fachada y huecos en CE3X, repercutiendo directamente en la estimación de la demanda energética del edificio y, por tanto, en su calificación energética final.

7.3 DEFINICIÓN ENVOLVENTE TÉRMICA

La envolvente térmica de un edificio es el conjunto de elementos constructivos que separan los espacios habitables del ambiente exterior, del terreno o de espacios no acondicionados. Su correcta definición resulta fundamental para evaluar el comportamiento energético del inmueble, ya que determina las pérdidas y ganancias de calor a través de los cerramientos.

En este apartado se ha llevado a cabo una caracterización detallada de todos los elementos que componen la envolvente térmica del edificio objeto de estudio. Esta fase es clave en el proceso de certificación energética, ya que sobre la base de esta envolvente se calcula la demanda de calefacción y refrigeración del inmueble, así como las posibles mejoras a aplicar.

Se ha delimitado la envolvente de cada uno de los niveles que tiene el edificio, ya que varios son distintos.

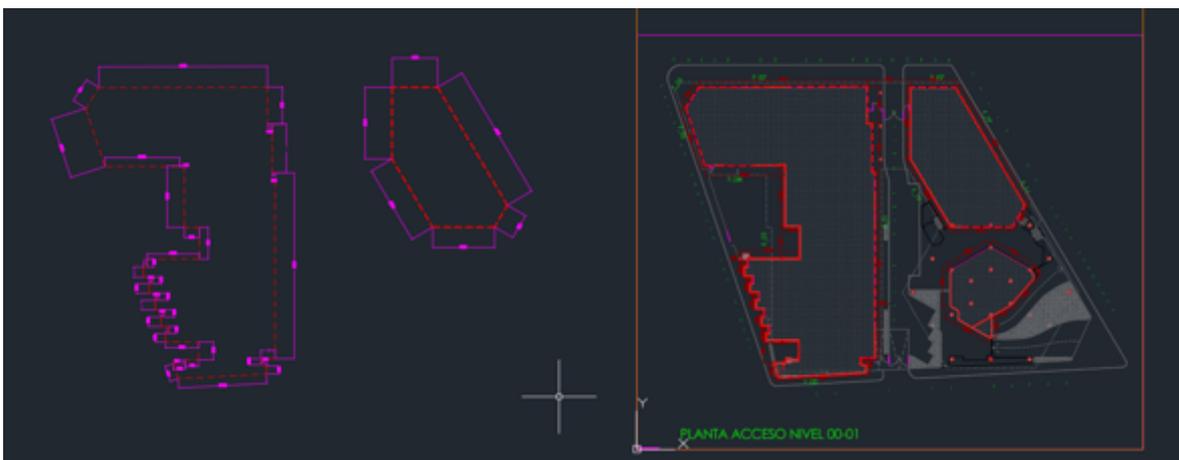


Ilustración 28: Plano y envolvente nivel 00-01

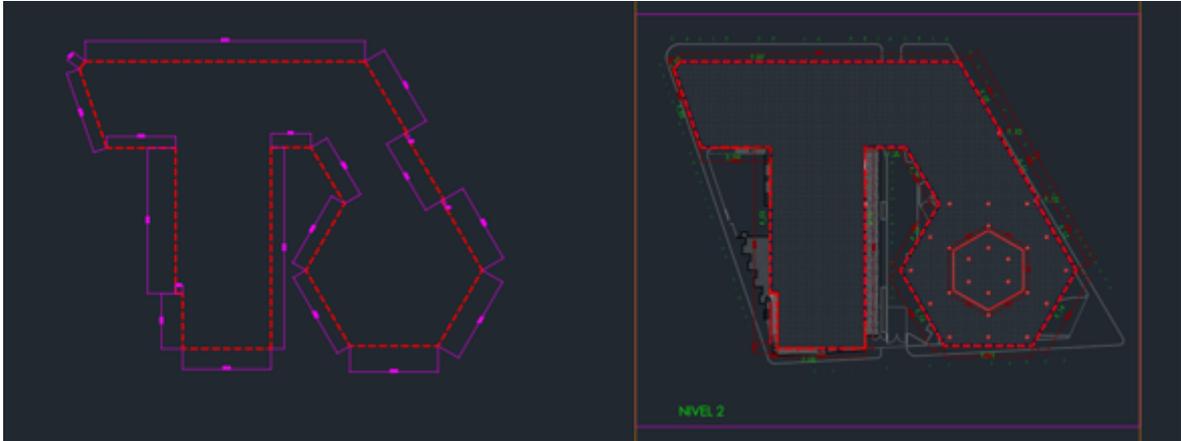


Ilustración 31: Plano y envolvente nivel 2

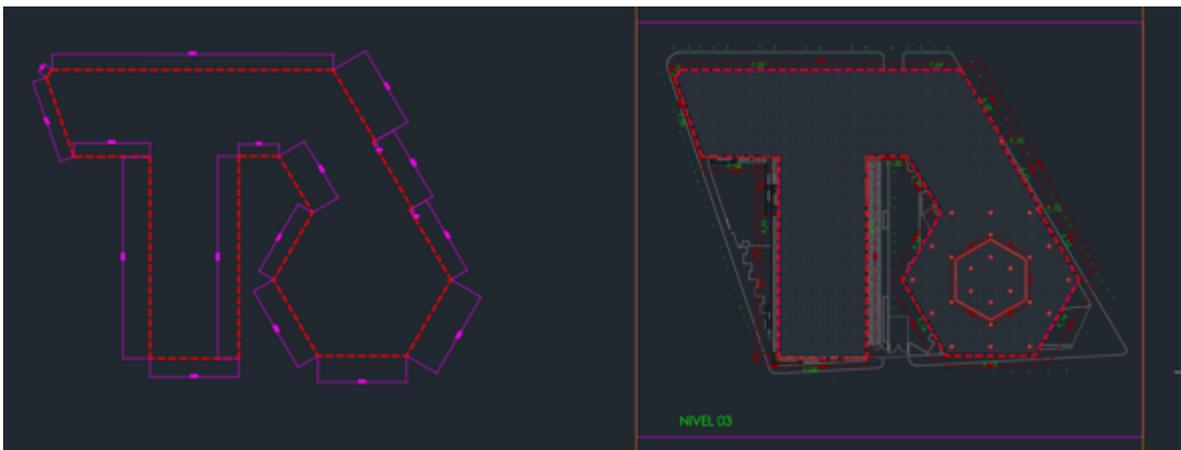


Ilustración 30: Plano y envolvente nivel 3

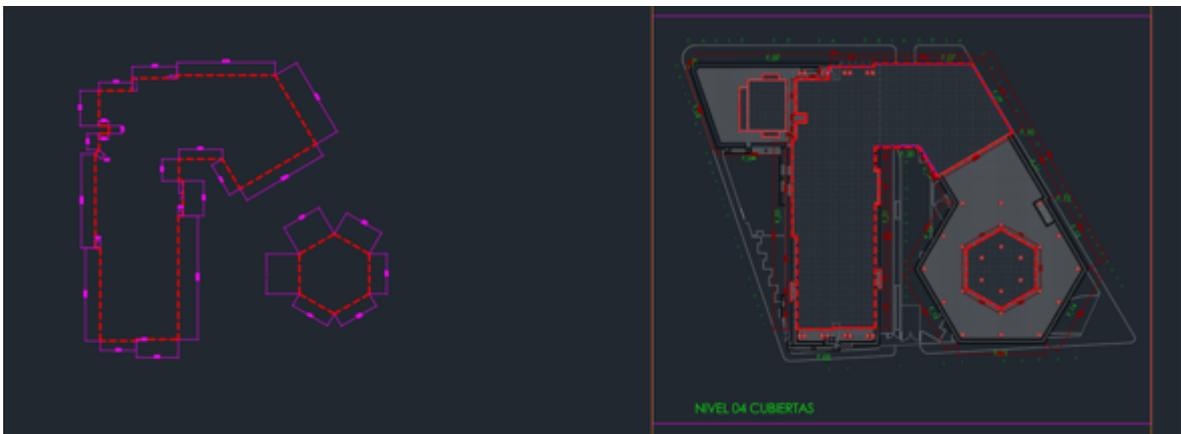


Ilustración 29: Plano y envolvente nivel 4

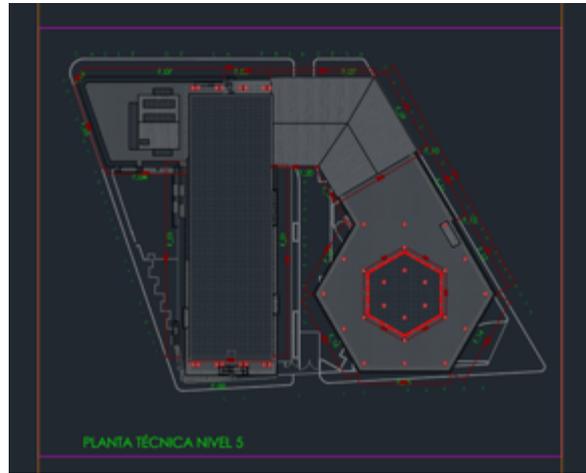


Ilustración 32: Plano nivel 5

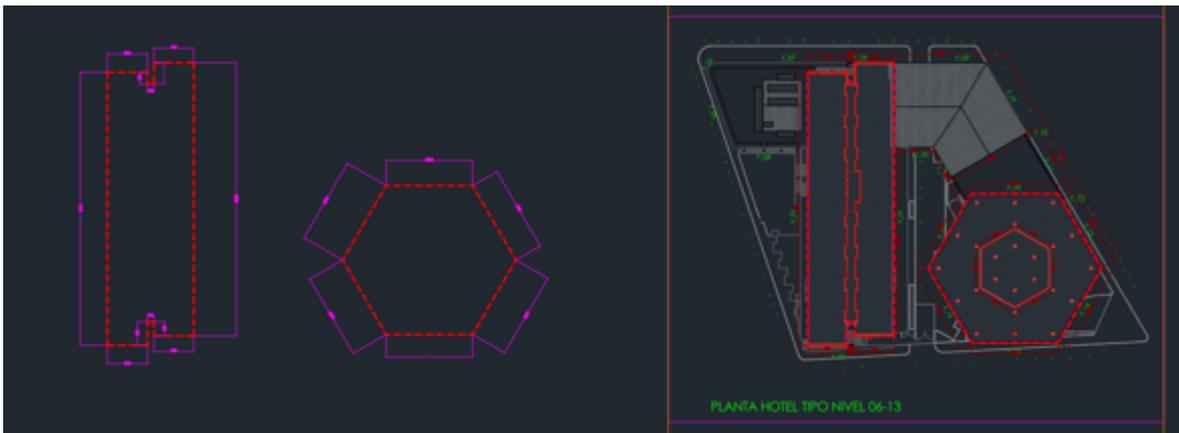


Ilustración 33: Plano y envolvente niveles 06-13

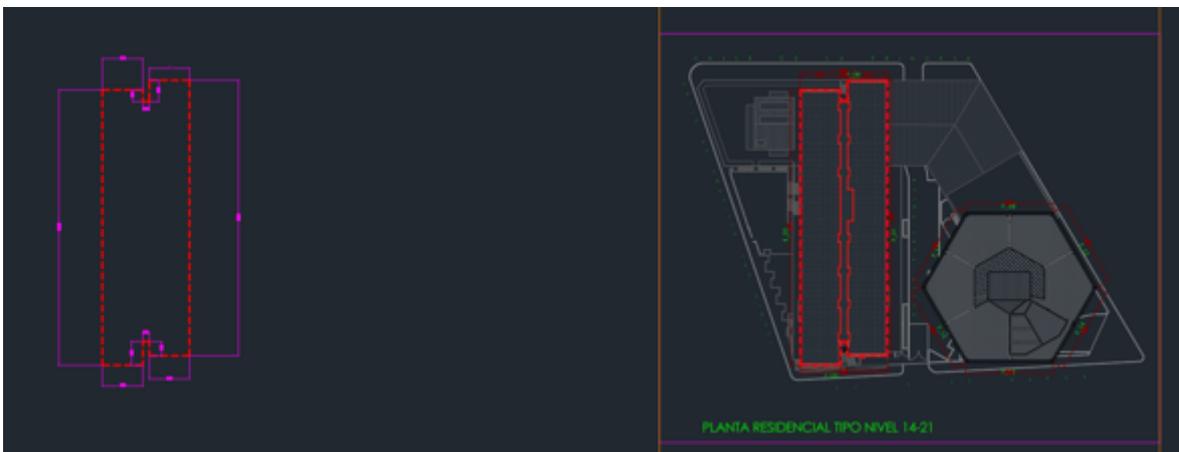


Ilustración 34: Plano y envolvente niveles 14-21



Ilustración 35: Plano nivel 22

Como se puede ver, hay dos niveles (5 y 22) que no cuentan con envolvente térmica. Esto se debe a que estos son plantas abiertas, el nivel 5 se trata de una planta técnica, y el 22 de la azotea del edificio. Por otro lado, hay otros niveles que son iguales ya que unos son las plantas de hotel (06-13) y otros las de viviendas (14-21).

7.3.1 CÁLCULO SUPERFICIES DE FACHADA

Una vez identificadas las distintas fachadas del edificio y asociadas a su correspondiente orientación (norte, sur, este u oeste), se ha procedido al cálculo de su superficie. Para ello, en la Tabla 2 se han recogido los metros lineales de fachada correspondientes a cada nivel del edificio.

A su vez, en la Tabla 3 se ha detallado la altura libre de cada planta, lo cual permite calcular la superficie total de cada tramo de fachada mediante el producto de su longitud por su altura.

Con esta información, se ha realizado la agrupación de las superficies según orientación, obteniendo así los metros cuadrados totales de fachada por orientación, dato necesario para la introducción en la herramienta CE3X en el análisis energético.

Tabla 2: Metros de fachada

FACHADAS	ORIENTACION	NIVEL 00-01	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 5	NIVEL 6-13	NIVEL 14-21
F01	SURESTE	62,34	44,18	44,18	40,37		550,64	550,64
F02	SUROESTE	40,01	20,77	19,25	21,46		153,20	153,20
F03	NOROESTE	62,21	44,08	44,08	59,25		550,64	550,64
F04	SUROESTE	17,27	15	16,52				
F05	NOROESTE	13,39	18,3	18,3				
F06	NORTE	5,35	2,1	2,1				
F07	NORESTE	69,62	60,9	60,9	41,83			
F08	NORESTE						153,20	153,20
F09	SURESTE	29,88	18	18	17,74			
F10	SUROESTE		0,56	0,56				
F11	SURESTE		16,8	16,8				
F12	SUROESTE		0,56	0,56				
F13	SURESTE		17,65	17,65			153,60	
F14	SUR	5,52	19,2	19,2			153,60	
F15	SUROESTE	13,43	19,2	19,2			153,60	
F16	OESTE		19,2	19,2			153,60	
F17	NORTE		16,91	16,91			153,60	
F18	ESTE						153,60	
F19	OESTE	17,31	14,34	14,34	7,66			
F20	SUROESTE		8,7	8,7	9,77			
F21	NORESTE	10,24			8,88			
F22	ESTE	6,91			8,88			
F23	SURESTE	12,55			8,88			
F24	SUROESTE	11,2			28,3			
F25	OESTE	10,21			8,88			
F26	NOROESTE	10,24			8,88			

Tabla 3: Altura libre de cada nivel

ALTURA LIBRE PLANTA		
H NIVEL 00-04	2,9	m
H NIVEL 05	0	m
H NIVEL 06-13	2,75	m
H NIVEL 14-21	2,75	m
*Alturas sin contar forjados		

Tabla 4: Superficies totales por orientaciones

					TOTAL
					m2
FACHADAS	NIVEL 00-04	NIVEL 05	NIVEL 06-13	NIVEL 14-21	Total Fachadas
NORTE	125,77		422,40	0,00	548,17
NORESTE	731,87		421,30	421,30	1574,47
ESTE	45,79		422,40	0,00	468,19
SURESTE	1058,56		1936,66	1514,26	4509,48
SUR	127,37		422,40	0,00	549,77
SUROESTE	785,96		843,70	421,30	2050,96
OESTE	147,41		422,40	0,00	569,81
NOROESTE	315,06		1514,26	1514,26	3343,58

7.3.2 DEFINICIÓN MUROS DE FACHADA

7.3.2.1 Fachada actual

Para la caracterización de los muros de fachada del edificio se ha creado un cerramiento específico en la librería de CE3X, bajo el nombre "Fachada tipo Princesa". Esta composición representa fielmente la sección constructiva existente, compuesta por los siguientes materiales, ordenados de exterior a interior:

- **Mármol** [$2600 < d < 2700 \text{ kg/m}^3$], espesor 2 cm.
- **Mortero de cemento**, espesor 5 cm.
- **Tabicón de ladrillo hueco triple**, espesor 11 cm.
- **Cámara de aire sin aislamiento**, espesor 2 cm.
- **Tabicón de ladrillo hueco doble**, espesor 7 cm.
- **Enlucido de yeso**, espesor 2 cm.

El conjunto ofrece una resistencia térmica total (R_t) de $1,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, según los cálculos realizados con los datos introducidos en la biblioteca de materiales de CE3X.

Librería de cerramientos

Nombre: Fachada tipo Princesa

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Mármol [2600 < d < 2...	Pétreos y suelos	0.006	0.02	3.5	2700	1000
Mortero de cemento ...	Morteros	0.028	0.05	1.8	2100	1000
Tabicón de LH triple G...	Fábricas de ladrillo	0.534	0.11	0.206	620	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.18	-	-	-	-
Tabicón de LH doble ...	Fábricas de ladrillo	0.33	0.07	0.212	630	1000
Enlucido de yeso 100...	Enlucidos	0.035	0.02	0.57	1150	1000

$R_1 + \dots + R_n$
1.11 m²K/W



Ilustración 36: Cerramiento fachada princesa

Una vez introducidas las características del cerramiento, se procede a introducir todos los datos de la envolvente térmica del edificio. En el modelo CE3X se han introducido las distintas fachadas según su orientación, dividiéndose en ocho elementos de cerramiento con sus respectivas superficies, manteniendo la misma composición de capas en todos ellos. Se ha seleccionado como tipo de muro “Muro de fachada” y se ha definido la zona como “Edificio Objeto”, especificando posteriormente la superficie y orientación correspondiente a cada tramo. Además, se ha aplicado el patrón de sombras a sus orientaciones correspondientes.

Edificio Objeto

- Fachada orientación Norte (F16)
- Fachada orientación Noroeste (F18)
- Fachada orientación Este (F18, F2)
- Fachada orientación Suroeste (F18)
- Fachada orientación Sur (F14)
- Fachada orientación Sureste (F2)
- Fachada orientación Oeste (F16, F18)
- Fachada orientación Noroeste (F18)

Envolvente térmica del edificio

- Cubierta
- Muro
 - En contacto con el terreno
 - De fachada
 - Medianería
- Suelo
- Partición interior
- Huelco/Lucernario
- Puente térmico

Muro de fachada

Nombre: Muro de fachada Zona: Edificio Objeto

Superficie: m²

longitud: m

altura: m

Características

Orientación:

Patrón de sombras: Sin patrón

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas

Conocidos Transparencia térmica: 0.76 W/m²K

Transparencia térmica W/m²K Masa: kg/m²

Librería cerramientos Fachada tipo Princesa

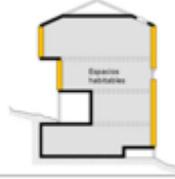


Ilustración 37: Definición envolvente térmica

7.3.2.2 Fachada reformada

Para el certificado de la reforma, el cerramiento empleado ha sido el siguiente:

Nombre: Fachada tipo Princesa + aislamiento

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgf)
Placa alveolar Fronte...	Cerámicos	0.027	0.0195	0.73	1500	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.17	-	-	-	-
MW Lana mineral [0.0...	Aislantes	1.765	0.06	0.034	40	800
Mortero de cemento ...	Morteros	0.017	0.03	1.8	2100	1000
Mármol [2600 < d < 2...	Pétreos y suelos	0.006	0.02	3.5	2700	1000
Mortero de cemento ...	Morteros	0.028	0.05	1.8	2100	1000
Tabicón de LH triple G...	Fábricas de ladrillo	0.534	0.11	0.206	620	1000
Cámara de aire sin ve...	Cámaras de aire	0.18	-	-	-	-
Tabicón de LH doble ...	Fábricas de ladrillo	0.33	0.07	0.212	630	1000
Enlucido de yeso 100...	Enlucidos	0.035	0.02	0.57	1150	1000

$R_{i+...+R_n}$
3.09 m²K/W



Ilustración 38: Composición fachada reformada (con aislamiento)

7.3.3 DEFINICIÓN CUBIERTAS

En este apartado se ha procedido a la definición de las cubiertas del edificio como parte de su envolvente térmica. Se ha identificado el tipo de cerramiento correspondiente a la cubierta, distinguiéndolo como un elemento en contacto con el ambiente exterior y con espacios habitables en su cara inferior.

Para su introducción en CE3X, se han determinado las características geométricas (superficie, orientación y pendiente si procede) así como las propiedades térmicas del cerramiento.

Se han definido las siguientes cubiertas en AutoCAD para poder calcular sus correspondientes superficies:

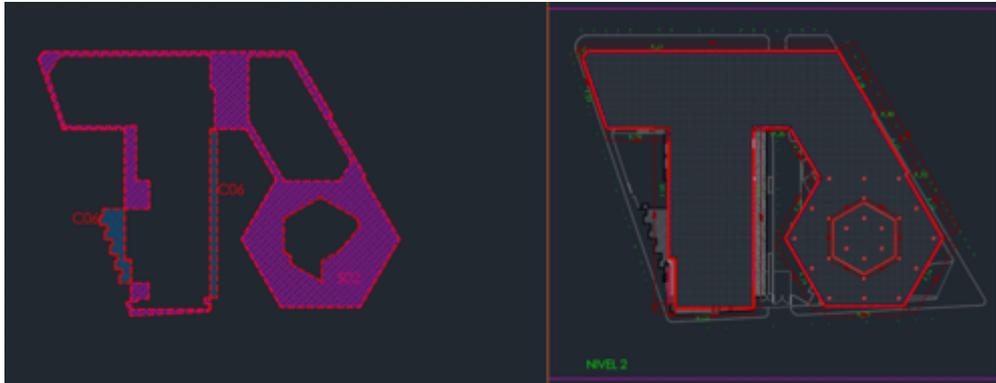


Ilustración 39: C06 Cubierta saliente nivel 00

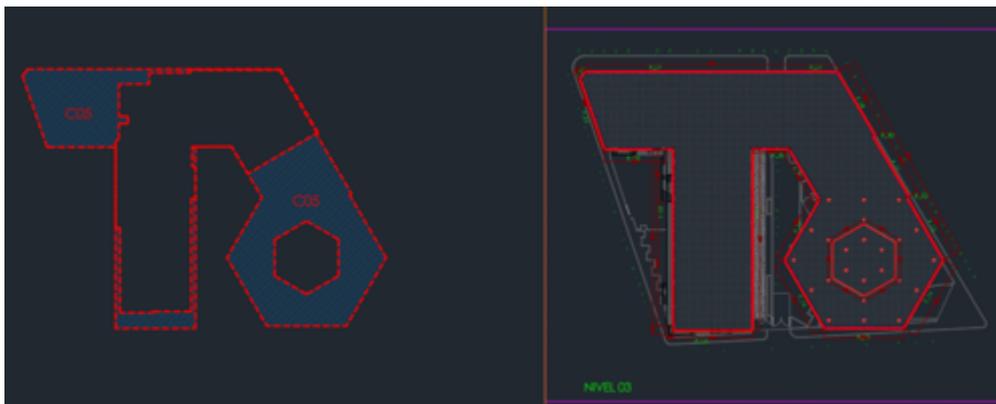


Ilustración 40: C05 Cubierta nivel 04

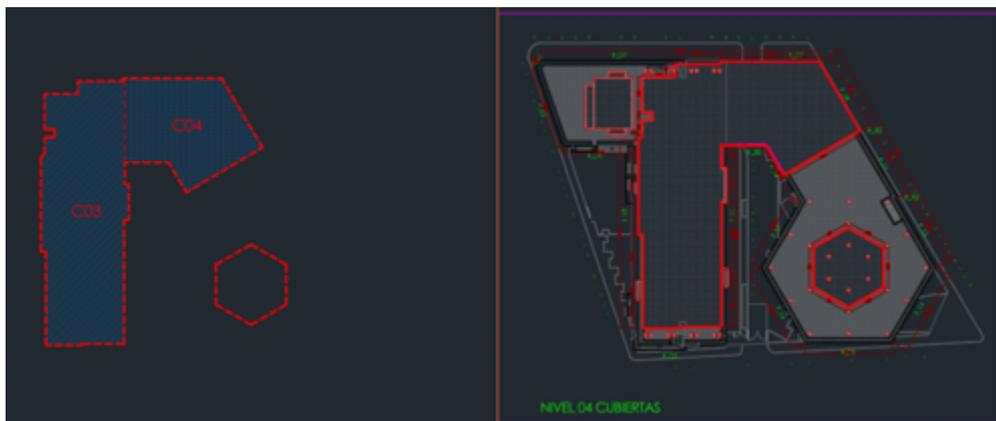


Ilustración 41: C03 Cubierta nivel 05 y C04 Cubierta nivel 05 inclinada

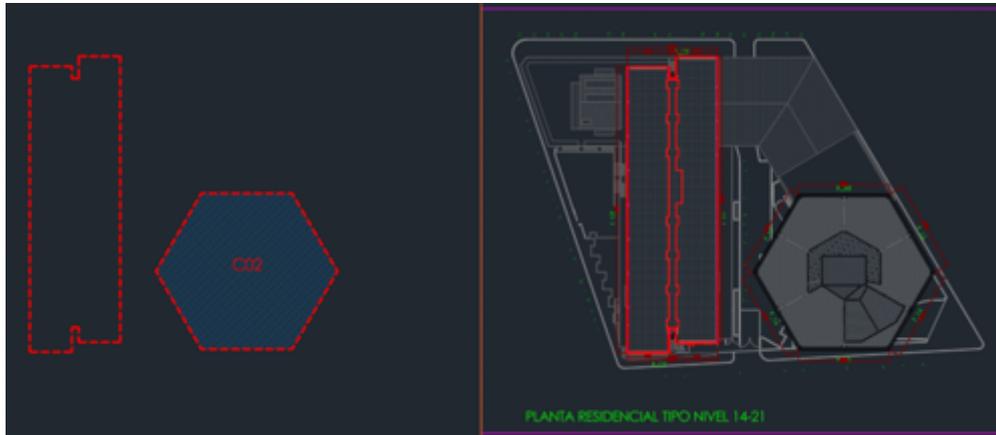


Ilustración 42: C02 Cubierta hexágono



Ilustración 43: C01 Cubierta viviendas

Tabla 5: Superficies cubiertas del edificio

	SUPERFICIES ENVOLVENTE		m ²
C01	CUBIERTA VIVIENDAS	1156,26	m ²
C02	CUBIERTA HEXAGONO	957,75	m ²
C03	CUBIERTA NIVEL 05	1014,26	m ²
C04	CUBIERTA NIVEL 05 INCLINADA	532,74	m ²
C05	CUBIERTA NIVEL 04	1514,85	m ²
C06	CUBIERTA SALIENTE NIVEL 00	139,40	m ²

Una vez obtenidos estos datos se han definido los siguientes cerramientos que posteriormente se asociarán a cada una de las cubiertas:

- Cerramiento de cubierta plana transitable flotante, aplicado a las cubiertas C01, C02, C03, C05 y C06. Este cerramiento ofrece una transmitancia térmica global de $1,29 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. (Véase Ilustración 43)
- Cerramiento de cubierta inclinada, utilizado únicamente en la cubierta C04, con una transmitancia térmica total de $1,3 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. (Véase Ilustración 44)

Nombre: Cubierta plana transitable flotante

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Plaqueta o baldosa ce...	Cerámicos	0.02	0.02	1	2000	800
Cámara de aire ventl...	Materiales auxiliares ...	0.08	0.05	0.625	1300	1000
Capa separadora	Materiales auxiliares ...	0.6	0.03	0.05	120	1300
Betún fieltro o lámina	Bituminosos	0.087	0.02	0.23	1100	1000
Capa formación de pe...	Materiales auxiliares ...	0.05	0.04	0.8	1525	1000
FU Entrevigado de ho...	Forjados unidireccion...	0.211	0.3	1.422	1240	1000

$R_{I+...+R_n}$
1.29 m²K/W

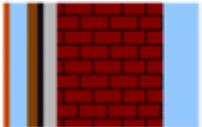


Ilustración 44: Cerramiento cubierta plana transitable flotante

Nombre: Cubierta inclinada

Características del cerramiento

Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior); Horizontales (Materiales ordenados de arriba a abajo)

Material	Grupo	R (m ² K...)	Espesor...	λ (W/mK)	ρ (kg/m ³)	Cp (J/kgK)
Aluminio aleaciones de	Metales	0.0	0.01	160	2800	880
MW Lana mineral [0.0...	Aislantes	1.282	0.05	0.039	120	1000
Barrera contra el vapor	Materiales auxiliares ...	0.014	0.002	0.14	1200	1000
Aluminio aleaciones de	Metales	0.0	0.01	160	2800	880

$R_{I+...+R_n}$
1.3 m²K/W



Ilustración 45: Cerramiento cubierta inclinada

7.3.4 DEFINICIÓN SUELOS

En esta sección se ha procedido a la definición de los suelos del edificio como parte de su envolvente térmica. El objetivo es representar con precisión la transferencia de calor a través de los suelos en contacto con zonas no calefactadas o con el terreno. Se han identificado los siguientes con AutoCAD:

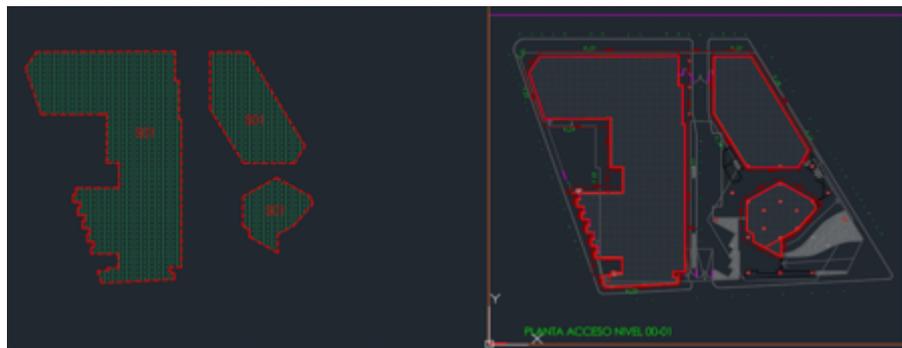


Ilustración 46: S01 Suelo nivel 00 en contacto con garaje



Ilustración 47: S03 Suelo nivel 06 en contacto con el aire exterior

A partir de los planos de AutoCAD, se ha podido obtener las superficies de cada suelo para así poder incluirlas en CE3X.

Tabla 6: Superficies suelos edificio

	SUPERFICIES ENVOLVENTE		m ²
S01	SUELO NIVEL 00 EN CONTACTO CON GARAJE	2355,71	m ²
S02	SUELO NIVEL 03 EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR	1141,48	m ²
S03	SUELO NIVEL 06 EN CONTACTO CON EL AIRE EXTERIOR	1141,48	m ²

7.4 DEFINICIÓN DEL ACRISTALAMIENTO

Definir correctamente los tipos de ventanas presentes en el edificio es un paso de gran importancia, ya que su comportamiento térmico tiene un impacto directo en el aislamiento global de la envolvente. Por lo tanto, se ha realizado un estudio de los diferentes tipos de huecos acristalados presentes en el edificio, clasificando un total de 35 tipologías diferentes de ventanas, diferenciadas por sus características geométricas, materiales y prestaciones térmicas. Esta información se ha sistematizado en la siguiente tabla resumen.

TIPO	MATERIAL	COLOR	VIDRIO	DOBLE VENTANA	PERSIANA	TOLDO	Nº DE HUECOS	BASE	ALTURA	SUPERFICIE	SUPERFICIE TOTAL m ²	SUP VIDRIO	% MARCO	
V01	ABATIBLE	ALUMINIO	MARRON	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	256	3,60	1,60	5,76	1.474,56	3,02%	41%
V02	FIJO	ALUMINIO	GRIS	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	12,79	2,26	28,77	28,77	26,47	8%
V03	FIJO	ALUMINIO	GRIS	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	14,10	2,31	32,57	32,57	29,97	8%
V04.1	ABATIBLE	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	40	2,00	1,54	3,08	123,20	1,20	61%
V04.2	CORREDERA	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	40	2,00	1,54	3,08	123,20	1,26	59%
V04.3	CORREDERA	ALUMINIO	CLARO	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	39	2,00	1,54	3,08	120,12	1,26	59%
V05.1	FIJO	ALUMINIO	CLARO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	57	0,91	1,64	1,49	85,07	1,17	22%
V05.2	ABATIBLE	ALUMINIO	OSCURA	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	35	0,91	1,64	1,48	51,79	1,17	22%
V06	FIJO	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	11,64	1,84	21,42	21,42	19,29	10%
V07	FIJO	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	11,64	2,07	24,09	24,09	21,93	9%
V08	FIJO	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	3,90	1,84	7,18	7,18	6,28	12%
V09	FIJO	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		3,90	2,36	9,20	0,00	8,23	11%
V10	FIJO	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		6,00	1,84	11,04	0,00	9,81	11%
V11	FIJO	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		6,00	2,45	14,70	0,00	13,17	9%
V12	FIJO	ALUMINIO	GRIS	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	21,04	2,54	53,44	53,44	51,59	3%
V13	FIJO	ALUMINIO	GRIS	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	14,00	2,42	33,88	33,88	32,39	4%
V14	ABATIBLE	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	0	4,98	1,84	9,16	0,00	8,10	12%
V15	ABATIBLE	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	0	4,98	2,84	14,14	0,00	12,92	9%
V16	FIJO	ALUMINIO	CLARO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	6,74	2,81	18,94	18,94	17,33	8%
V17	FIJO	ALUMINIO	CLARO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	3,61	2,70	8,13	8,13	7,24	11%
V18	FIJO	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	1,71	2,81	4,81	4,81	4,11	15%
V19.1	ABATIBLE	ALUMINIO	NEGRO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		1,71	1,84	3,15	0,00	2,60	17%
V19.2	FIJO	ALUMINIO	CLARO	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	1,71	1,84	3,15	3,15	2,60	17%
V20	FIJO	ALUMINIO	GRIS	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	2,80	3,10	8,68	8,68	7,80	10%
V21.1	CORREDERA	ALUMINIO	CLARO	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	7,24	1,60	11,58	11,58	6,82	41%
V21.2	ABATIBLE	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	CON PERSIANA	SIN TOLDO	1	7,24	1,60	11,58	11,58	6,82	41%
V21.3	ABATIBLE	PVC	BLANCO	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO	1	7,24	1,60	11,58	11,58	6,82	41%
V22	CORREDERA	ALUMINIO	BLANCO	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		3,20	1,56	4,99	0,00	4,11	18%
V23	FIJO	ALUMINIO	GRIS	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		2,50	3,20	8,25	0,00	7,43	10%
V24	FIJO	ALUMINIO	GRIS	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		3,00	2,00	6,00	0,00	5,40	10%
V25	FIJO	ALUMINIO	GRIS	SIMPLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		2,30	2,80	6,44	0,00	5,80	10%
V26	FIJO	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		4,03	1,84	7,42	0,00	6,95	8%
V27	FIJO	ALUMINIO	BLANCO	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		1,45	0,52	0,75	0,00	0,61	19%
V28	FIJO	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		1,02	1,56	1,59	0,00	1,39	13%
V29	FIJO	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		1,47	0,40	0,59	0,00	0,43	27%
V30	FIJO	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		1,43	1,56	2,23	0,00	1,97	12%
V31	FIJO	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		0,72	1,56	1,12	0,00	0,93	18%
V32	FIJO	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		2,86	0,86	1,03	0,00	0,86	17%
V33	FIJO	ALUMINIO	OSCURA	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		2,14	2,70	5,78	0,00	5,13	11%
V34	ABATIBLE	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		1,61	2,63	4,23	0,00	3,59	15%
V35	CORREDERA	ALUMINIO	GRIS	DOBLE	NO	SIN PERSIANA	SIN TOLDO		1,45	1,60	2,32	0,00	1,63	30%
TOTAL											2.257,34			

Ilustración 48: Clasificación carpinterías

Además, se ha elaborado una segunda tabla en la que se cuantifican y localizan los distintos tipos de carpinterías acristaladas en el edificio, clasificándolos según su orientación y nivel. Esta información detallada puede consultarse en el Anexo II. Este análisis permite asociar correctamente cada tipo de hueco a las fachadas correspondientes en CE3X, garantizando una modelización térmica precisa.

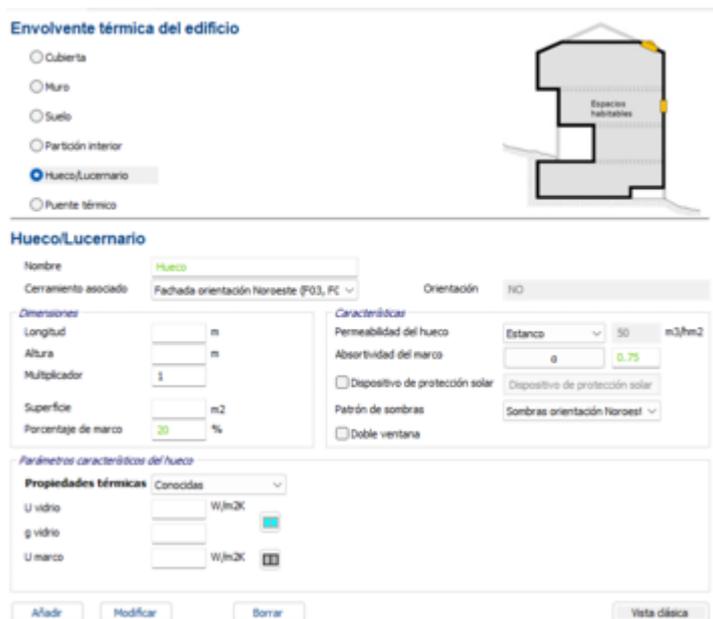
7.4.1 DEFINICIÓN HUECO/LUCERNARIO

Una vez identificadas y cuantificadas las carpinterías acristaladas, se han introducido en CE3X como huecos asociados a los cerramientos opacos previamente definidos, en función de su orientación y características térmicas.

Cada hueco ha sido definido individualmente, indicando su superficie total, su porcentaje de marco, y asignando sus propiedades térmicas.

Además, se ha especificado:

- La orientación correspondiente a la fachada donde se sitúa.
- La permeabilidad del hueco, fijada como “Estanco” con un valor de $50 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$, en línea con las carpinterías modernas de aluminio.
- La absortividad del marco, según el tipo de material y color predominante.
- El patrón de sombras aplicable, que se ha personalizado por orientación según el análisis geométrico de las protecciones solares y elementos de obstrucción.



Envolvente térmica del edificio

Cubierta
 Muro
 Suelo
 Partición interior
 Hueco/Lucernario
 Puente térmico

Hueco/Lucernario

Nombre:

Cerramiento asociado: Orientación:

Dimensiones

Longitud: m
 Altura: m
 Multiplicador:
 Superficie: m²
 Porcentaje de marco: %

Características

Permeabilidad del hueco: 50 m³/h·m²
 Absortividad del marco: 0,75
 Dispositivo de protección solar
 Patrón de sombras:
 Doble ventana

Parámetros característicos del hueco

Propiedades térmicas:

U vidrio: W/m²K
 g vidrio: 
 U marco: W/m²K 

Ilustración 49: Definición hueco/lucernario

Para los parámetros característicos del hueco, se han utilizado propiedades térmicas conocidas, seleccionadas a través de la librería de marcos y vidrios disponible en CE3X. En concreto:

- Vidrios
 - Aluminio simple: VER_M_6
 - Aluminio doble: VER_DC_4-6-4
 - PVC doble: VER_DB1_4-6-4
- Marcos
 - Aluminio simple: VER_Normal sin rotura de puente térmico
 - Aluminio doble: VER_Con rotura de puente térmico entre 4 y 12mm
 - PVC doble: VER_PVC dos cámaras



Ilustración 50: Clasificación ventanas por orientación

7.5 DEFINICIÓN INSTALACIONES

En este apartado se han definido los distintos equipos generadores que cubren las demandas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS) del edificio objeto de estudio, introduciendo en CE3X sus características térmicas, energéticas y geométricas. Se ha especificado también el tipo de combustible utilizado en cada caso, el rendimiento medio estacional, y la superficie del edificio atendida por cada instalación.

Equipo de calefacción y refrigeración

Nombre: Calefacción y refrigeración individual Zona: Edificio Objeto

Características

Tipo de generador: Bomba de Calor
Tipo de combustible: Electricidad

Demanda cubierta

	Calefacción	Refrigeración
Superficie (m2)	11554.24	11554.24
Porcentaje (%)	40	40

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Estimado según Instalación

Antigüedad del equipo: Posterior a 2013

Calefacción	Rendimiento nominal	270.0 %	Rendimiento medio estacional	159.8 %
Refrigeración	Rendimiento nominal	250.0 %	Rendimiento medio estacional	157.5 %

Ilustración 51: Definición equipo de refrigeración y calefacción en CE3X

Equipo de sólo calefacción

Nombre: Sólo calefacción Zona: Edificio Objeto

Características

Tipo de generador: Caldera Estándar
Tipo de combustible: Gas Natural

Demanda cubierta

	Calefacción
Superficie (m2)	17331.36
Porcentaje (%)	60

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Estimado según Instalación

Potencia nominal: 1000 kW

Carga media real fomb: 0.2 ?

Rendimiento de combustión: 90.0 %

Aislamiento de la caldera: Bien aislada y mantenida

Rendimiento medio estacional: 84.4 %

Ilustración 52: Definición equipo de calefacción en CE3X

Equipo de sólo refrigeración

Nombre: Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

Superficie (m2): Refrigeración

Porcentaje (%):

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Rendimiento medio estacional: %

Antigüedad del equipo: ¿Existen varios generadores escalonados?

Rendimiento nominal: %

Ilustración 53: Definición equipo de refrigeración en CE3X

Equipo de ACS

Nombre: Zona:

Características

Tipo de generador:

Tipo de combustible:

Demanda cubierta

Superficie (m2): ACS

Porcentaje (%):

Rendimiento medio estacional

Rendimiento estacional: Rendimiento medio estacional: %

Potencia nominal: kW

Carga media real bomb: ?

Rendimiento de combustión: %

Aislamiento de la caldera:

Con Acumulación

Ilustración 54: Definición equipo de ACS en CE3X

7.6 CERTIFICADOS OBTENIDOS

Una vez incluida toda la información anterior en el programa, se han generado los certificados de eficiencia energética correspondientes al estado actual y al estado reformado del inmueble. Con la obtención de estos, se puede cuantificar el impacto de la rehabilitación propuesta sobre el comportamiento energético del edificio, y así poder evaluar la reforma.

Ambos certificados completos se incluyen en los anexos III (actual) y IV (reformado).

7.6.1 ESTADO ACTUAL

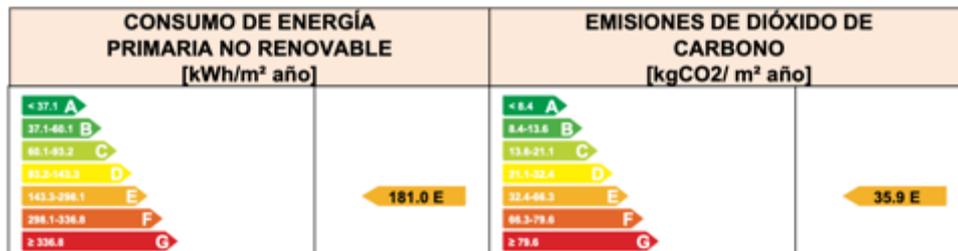


Ilustración 55: Calificación energética actual

En su estado original, el edificio presenta una calificación energética E tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de dióxido de carbono. El valor de consumo registrado es de 181,0 kWh/m²·año, mientras que las emisiones alcanzan los 35,9 kgCO₂/m²·año.

Estos valores reflejan una envolvente térmica ineficiente, con pérdidas significativas de energía, lo que conlleva una demanda elevada de energía para calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria (ACS). En particular, la demanda de calefacción asciende a 103,3 kWh/m²·año, y la de refrigeración a 16,3 kWh/m²·año, lo que evidencia una alta dependencia de los sistemas activos para mantener unas condiciones de confort térmico adecuadas en el interior.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
	35.9 E		Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]	E
			27.06	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]			REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN
			Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año]
		2.68	C	-

Ilustración 56: Calificación energética del edificio en emisiones

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	181.0 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	G
		137.88		28.89	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m ² año]	-
		14.27		-	

Ilustración 57: Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

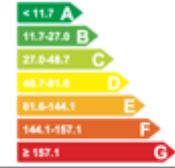
DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN					
	103.3 E		16.3 D				
				Demanda de calefacción [kWh/m ² año]		Demanda de refrigeración [kWh/m ² año]	

Ilustración 58: Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración

Este rendimiento energético deficiente es coherente con las características constructivas del edificio previo a la intervención: una fachada sin aislamiento térmico, carpinterías con vidrios simples o dobles poco eficientes y la instalación conjunta que deriva en un consumo ineficiente.

7.6.2 ESTADO REFORMADO

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ /m ² año]	
	137.1 D		27.2 D

Ilustración 59: Calificación energética posterior a la reforma

El certificado energético posterior a la intervención recoge la mejora obtenida tras la rehabilitación de la fachada, en la que se ha sustituido el aplacado exterior por una nueva fachada ventilada con cámara de aire y aislamiento térmico incorporado.

Con la nueva envolvente, el edificio mejora su comportamiento térmico y alcanza una calificación energética D tanto en consumo como en emisiones. El consumo de energía primaria no renovable desciende a 137,1 kWh/m²·año (una mejora del 24,3 %) y las emisiones bajan hasta 27,2 kgCO₂/m²·año (reducción del 24,2 %). Además, la demanda de calefacción se reduce de 103,3 a 68,9 kWh/m²·año, lo que supone un ahorro del 33,3 %. La demanda de refrigeración se mantiene en niveles similares, con un ligero aumento a 18,5 kWh/m²·año, atribuible al incremento de la hermeticidad de la envolvente tras la reforma.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]	D	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	G
		18.06		6.12	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]		Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]	C	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año]	-
		3.04		-	

Ilustración 60: Calificación energética del edificio en emisiones

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
		CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]	D	Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	G
		92.03		28.89	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m ² año]	-
		16.17		-	

Ilustración 61: Calificación energética del edificio en consumo de energía primaria no renovable

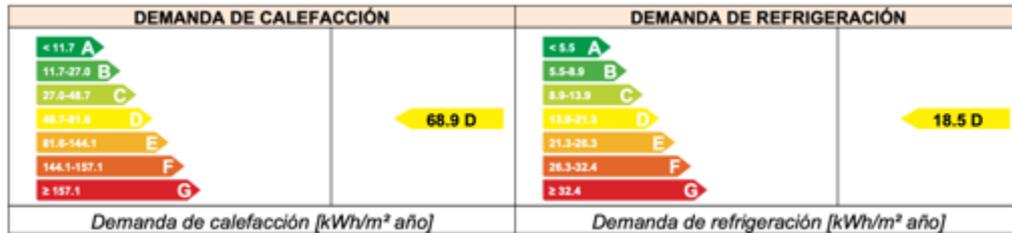


Ilustración 62: Calificación parcial de la demanda energética de calefacción y refrigeración

Los resultados obtenidos muestran un impacto positivo de la rehabilitación sobre la eficiencia energética del edificio, incluso sin haber actuado sobre elementos clave como las ventanas o los sistemas térmicos.

En concreto, esta reforma ha permitido mejorar la calificación energética del edificio desde una E hasta una D, tanto en consumo de energía primaria no renovable como en emisiones de CO₂. Aunque esta mejora no es radical, sí supone un avance claro en términos de eficiencia, con una reducción del 24 % en el consumo y del 24,2 % en las emisiones.

Este resultado deja claro que actuar únicamente sobre la fachada permite mejorar el comportamiento energético del edificio, pero no es suficiente para conseguir una calificación energética adecuada. Para obtener avances más relevantes, sería necesario intervenir también en otros aspectos, como por ejemplo en las ventanas o en los sistemas térmicos. Por este motivo, llevar a cabo otras mejoras en el futuro sería muy recomendable si se quiere obtener una calificación óptima.

En definitiva, la actuación realizada representa un primer paso eficaz hacia la mejora del rendimiento energético del edificio, pero existe un importante margen de mejora que podría aprovecharse en intervenciones sucesivas.

7.7 POSIBLES MEJORAS

A partir del análisis energético del edificio en su estado actual, se han propuesto tres actuaciones (recomendaciones futuras) que podrían mejorar la eficiencia energética del edificio. Se han obtenido los certificados de cada una.

1. Adición de aislamiento térmico por el exterior (SATE):

Esta medida plantea reducir la transmitancia térmica de los cerramientos opacos (fachadas) mediante la incorporación de aislamiento exterior, lo que mejora levemente la eficiencia energética (respecto a la reforma) sin alterar la geometría interior del edificio. Su implementación supondría un ahorro energético total del 31,5 % en consumo de energía primaria no renovable y una reducción del 31,3 % en emisiones de CO₂. La calificación energética mejoraría dentro del rango D, y la demanda de calefacción bajaría un 43,3 %.

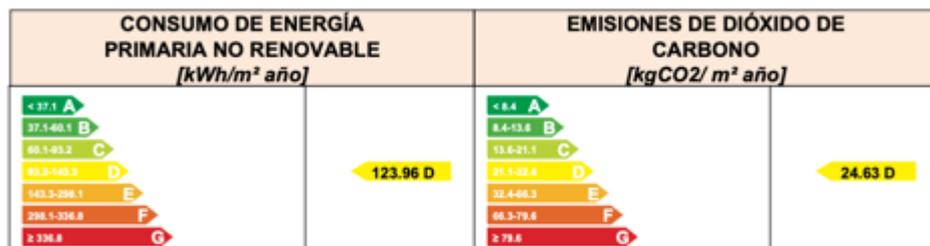


Ilustración 63: Calificación energética global de la mejora 1

2. Sustitución de carpinterías:

Esta actuación consiste en reemplazar las ventanas por unas de mayor eficiencia energética, con marcos y vidrios de menor transmitancia térmica (1,30 W/m²·K). La mejora supondría una reducción del 14,7 % en el consumo de energía primaria no renovable y del 14,4 % en emisiones de CO₂. La demanda de refrigeración descendería notablemente (-53,8 %), mostrando la sensibilidad del edificio ante la ganancia solar por ventanas.

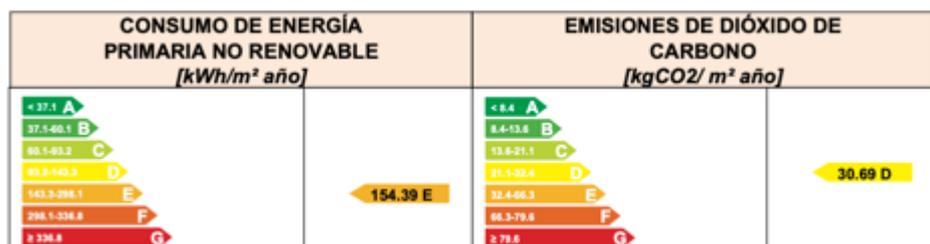


Ilustración 64: Calificación energética global mejora 2

3. Combinación de ambas medidas:

La intervención conjunta de aislamiento en fachada y sustitución de carpinterías ofrecería los mayores beneficios, con un ahorro total estimado del 54,3 % en consumo de energía primaria no renovable y una mejora en la calificación energética hasta el rango C. Las emisiones de CO₂ se reducirían en un 53,6 %, y la demanda de calefacción descendería desde los 103,3 hasta los 35,3 kWh/m²·año.

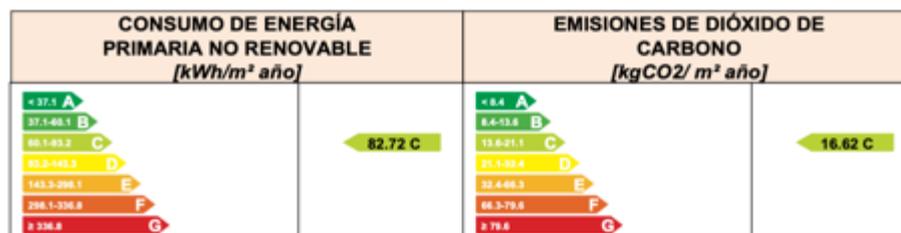


Ilustración 65: Calificación energética global mejora 3

Por lo tanto, como se puede observar con las calificaciones anteriores, las mejoras 1 y 2 ofrecen beneficios, reduciendo la demanda de calefacción o refrigeración de forma aislada. Sin embargo, ninguna de ellas mejora sustancialmente el comportamiento energético del edificio respecto al estado reformado actual, por lo que la ejecución individual no resulta especialmente relevante ni desde el punto de vista técnico ni económico.

Por el contrario, la mejora 3, que combina ambas actuaciones, permite mejorar notablemente la eficiencia energética consiguiendo por tanto una calificación C en la escala, lo cual ya puede considerarse óptimo. Esta actuación implica una mejora sustancial del confort térmico y una importante disminución de sistemas activos. Por todo esto, la mejora 3 sería la opción más recomendable y eficaz a medio y largo plazo.

Es importante destacar que una de las principales limitaciones actuales del edificio es su sistema común de climatización, compartido por viviendas y oficinas. Esta configuración impide diferenciar el suministro térmico según el tipo de uso, lo que deriva en un consumo innecesario. Por tanto, de cara al futuro, una de las medidas más efectivas sería la reconfiguración del sistema de climatización para así adaptar la demanda energética a las necesidades reales del edificio.

Capítulo 8. ANÁLISIS ECONÓMICO

La finalidad de este capítulo es determinar si la inversión prevista genera beneficios suficientes a lo largo de la vida útil del sistema como para justificar su ejecución, no solo desde un punto de vista técnico o ambiental, sino también desde una perspectiva financiera.

Para ello, se ha realizado un estudio comparativo entre la situación energética actual del edificio y la situación proyectada tras la intervención. A partir del análisis detallado de las facturas de suministro de gas natural y electricidad, se ha estimado el gasto energético anual del edificio antes de la reforma. Sobre esa base, y considerando que una parte significativa del consumo está asociada a pérdidas térmicas por la envolvente, se ha calculado el ahorro energético anual que previsiblemente se obtendrá gracias a la mejora en el aislamiento térmico y al aumento de la eficiencia del edificio.

Este ahorro energético representa un flujo de caja positivo recurrente que permite evaluar económicamente la intervención, y se compara con la inversión inicial necesaria para ejecutar las obras (CAPEX), obtenida del presupuesto detallado de ejecución material. De esta forma, se han calculado los indicadores financieros más habituales en proyectos de eficiencia energética: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR), el Periodo de Retorno (PR) y el Coste Nivelado de la Energía evitada (LCOE), utilizando un horizonte temporal de 40 años y una tasa de descuento del 7 %.

8.1 MOTIVACIÓN ECONÓMICA DE LA INTERVENCIÓN

La comunidad de propietarios no habría acometido una reforma de la fachada orientada al ahorro energético — mediante la instalación de una fachada ventilada con aislamiento térmico exterior — si la única motivación hubiese sido la mejora en eficiencia energética. El coste total del proyecto, cercano a los 7 millones de euros, no se justificaba desde un punto de vista económico si se consideraba exclusivamente el ahorro energético estimado en 200.000 euros anuales. Una simple simulación financiera muestra que destinar 7 millones

de euros para obtener ese ahorro durante un horizonte de 40 años no arroja una rentabilidad suficiente e incluso puede resultar negativa, especialmente con una tasa de descuento razonable del 7%.

Inversión a realizar	-6.768.882	VAN	-2.685.891
Estimación ahorro anual	208.806	TIR	3,94%
Subida coste energía	3,00%	PR	32,42
Rentabilidad exigida	7,00%		

Ilustración 66: Cálculo rentabilidad reforma completa

Sin embargo, la situación cambió tras el desprendimiento de varias placas de la fachada, lo que llevó al Ayuntamiento a emitir una orden de ejecución para la sustitución de las placas en riesgo de caída. La comunidad encargó un informe técnico a un equipo de arquitectura, cuyos resultados indicaron que el 76,8% de las placas presentaban patologías susceptibles de provocar desprendimientos a corto o medio plazo. A partir de ese estudio, se solicitó un presupuesto para la sustitución completa del revestimiento de placas, que sirvió de base para estimar el coste específico de actuar únicamente sobre el 76,8% de las placas afectadas, con el objetivo de dar cumplimiento al requerimiento municipal y garantizar la seguridad.

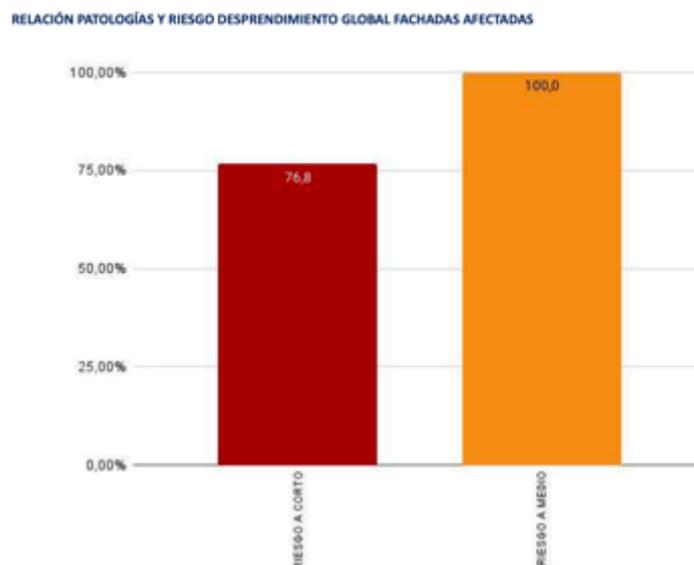


Ilustración 67: Riesgo de desprendimiento

	PEM	GG (13%)	BI (6%)	PEC	PEC+IVA
MEDIOS AUXILIARES	334.019,04 €	43.422,47 €	20.041,14 €	397.482,65 €	437.230,92 €
DEMOLICIÓN PIEDRA	170.424,28 €	22.155,16 €	10.225,46 €	202.804,89 €	223.085,38 €
DEMOLICIÓN DE VIERTEAGUAS	21.900,95 €	2.847,12 €	1.314,06 €	26.062,12 €	28.668,34 €
DEMOLICIÓN ENFOSCADO	187.444,46 €	24.367,78 €	11.246,67 €	223.058,90 €	245.364,79 €
REPOSICIÓN ENFOSCADO	491.582,82 €	63.905,77 €	29.494,97 €	584.983,55 €	643.481,91 €
REPOSICIÓN PIEDRA	1.891.019,76 €	245.832,57 €	113.461,19 €	2.250.313,51 €	2.475.344,86 €
REPOSICIÓN VIERTEAGUAS	92.660,37 €	12.045,85 €	5.559,62 €	110.265,84 €	121.292,42 €
ALBARDILLAS CORONACIÓN	33.947,76 €	4.413,21 €	2.036,87 €	40.397,83 €	44.437,62 €
REPARACIÓN DE ESTRUCTURA HORMIGÓN	137.280,00 €	17.846,40 €	8.236,80 €	163.363,20 €	179.699,52 €
PROTECCIÓN ESTRUCTURA HORMIGÓN	115.500,00 €	15.015,00 €	6.930,00 €	137.445,00 €	151.189,50 €
ADECUACIÓN PUNTOS SINGULARES	118.800,00 €	15.444,00 €	7.128,00 €	141.372,00 €	155.509,20 €
AYUDAS	59.400,00 €	7.722,00 €	3.564,00 €	70.686,00 €	77.754,60 €
AJUSTES CARPINTERÍAS	39.600,00 €	5.148,00 €	2.376,00 €	47.124,00 €	51.836,40 €
OTRAS REPARACIONES	104.500,00 €	13.585,00 €	6.270,00 €	124.355,00 €	136.790,50 €
VARIOS	851.426,97 €	110.685,51 €	51.085,62 €	1.013.198,10 €	1.114.517,91 €
GESTIÓN DE RESIDUOS	72.043,20 €	9.365,62 €	4.322,59 €	85.731,41 €	94.304,55 €
SEGURIDAD Y SALUD	62.214,90 €	8.087,94 €	3.732,89 €	74.035,73 €	81.439,30 €
CONTROL DE CALIDAD	41.476,60 €	5.391,96 €	2.488,60 €	49.357,15 €	54.292,87 €
	4.825.241,09 €	627.281,34 €	289.514,47 €	5.742.036,90 €	6.316.240,59 €

Ilustración 68: Presupuesto demolición y colocación del 100% del aplacado

En este contexto, la comunidad se replanteó la actuación y valoró una alternativa más ambiciosa: en lugar de limitarse a resolver el problema de seguridad, se optó por ejecutar una reforma integral de la fachada que incorporara criterios de eficiencia energética. Esta solución incluía la instalación de una fachada ventilada con aislamiento térmico por el exterior, lo que implicaba un sobrecoste de aproximadamente 1,5 millones de euros respecto a la actuación mínima necesaria para cumplir la orden de ejecución.

Desde el punto de vista económico, la inversión incremental de 1,5 millones de euros sí resultó viable al analizarla como una inversión destinada al ahorro energético. Teniendo en cuenta un ahorro anual de 200.000 €, que previsiblemente crecerá con el aumento del precio de la energía, y descontando los flujos con una tasa del 7%, la rentabilidad de esta inversión adicional es claramente positiva. En consecuencia, la comunidad optó por esta solución más completa, que no solo resuelve el problema de seguridad, sino que también mejora el comportamiento energético del edificio a largo plazo.

8.2 COSTE ENERGÉTICO ACTUAL Y AHORRO PREVISTO

8.2.1 CONSUMO ENERGÉTICO ACTUAL DEL EDIFICIO

A partir del análisis de facturas reales de suministro energético correspondientes a los últimos meses, se ha determinado que el edificio presenta los siguientes consumos anuales aproximados de viviendas y oficinas (en base a consumo real año 2024):

- Electricidad hotel:
Consumo anual estimado: 1.320.000 kW/h
Gasto anual asociado: **384.000 €**

- Gas natural hotel:
Consumo anual estimado: 1.329.843 kW/h útiles
Gasto anual asociado: **111.866 €**

- Energía calefacción y aire acondicionado resto edificio (viviendas + oficinas + comercios): **363.419 €**

Por lo tanto, el coste energético del edificio es de **859.285 €**

8.2.2 ESTIMACIÓN DE AHORRO ENERGÉTICO TRAS LA REHABILITACIÓN

Según los resultados del certificado energético del edificio en estado reformado, emitido mediante el software CE3X, la intervención proyectada sobre la envolvente —mediante la instalación de una fachada ventilada con aislamiento térmico exterior— permite reducir el consumo de energía primaria no renovable de 181,0 a 137,1 kWh/m²·año, lo que representa una disminución del 24,3 % respecto al estado actual.

Aplicando dicho porcentaje al gasto energético anual previamente calculado, que asciende a 859.285 €, se obtiene un **ahorro económico estimado de 208.806 € anuales**, derivado exclusivamente de la disminución del consumo de electricidad y gas. Esta estimación no incluye posibles ayudas públicas, deducciones fiscales ni efectos indirectos como la

revalorización patrimonial del edificio, por lo que puede considerarse un enfoque prudente y conservador.

Este ahorro energético anual constituye el flujo económico positivo constante que se empleará como base para evaluar la viabilidad del proyecto a través de indicadores económicos como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) o el Periodo de Retorno (PR).

8.3 COSTE TOTAL DE LA INTERVENCIÓN

La inversión inicial del proyecto corresponde al coste total previsto para la ejecución de la rehabilitación energética de la envolvente del edificio mediante una nueva fachada ventilada con aislamiento térmico exterior. Esta actuación tiene como objetivo principal eliminar el riesgo de desprendimiento de las placas de mármol de la fachada, y mejorar la eficiencia energética de la envolvente.

El presupuesto ha sido elaborado por el estudio de arquitectura responsable del proyecto (CONICA ARQUITECTURA, SL) e incluye todos los gastos asociados a la ejecución de la obra, impuestos y honorarios profesionales. Según el documento presupuestario actualizado, el coste total previsto de la actuación asciende a 6.768.882,49€ (IVA incluido). Esta cantidad engloba los siguientes conceptos:

PRESUPUESTO DE LA OBRA DE LA FACHADA						
		PEM	CG+BI	BASE	IVA	IMPORTE
1	ZARAGOZA 2012 CONSTRUCTORA SLU	4.798.486,17	911.712,37	5.710.198,54	571.019,85	6.281.218,39
2	ICIO + TASAS					188.646,43
3	CONICA ARQUITECTURA,SL- DIR. FACULTATIVA+COORD SEG SALUD			55.182,59	11.588,34	66.770,94
	TOTAL COSTE PENDIENTE			5.765.381,13	582.608,20	6.536.635,76
	CONICA ARQUITECTURA,SL-PROYECTO BÁSICO			83.973,51	17.634,44	101.607,94
	CONICA ARQUITECTURA,SL- PROYECTO EJECUCIÓN			83.973,51	17.634,44	101.607,94
	CONICA ARQUITECTURA,SL- ESTUDIO SEGURIDAD SALUD			23.992,43	5.038,41	29.030,84
4	TOTAL ARQUITECTO					232.246,73
	TOTAL COSTE PREVISTO					6.768.882,49

Ilustración 69: Desglose presupuesto de la obra

Para el cálculo de la inversión a realizar para el ahorro energético, se ha realizado una estimación del coste que supondría la solución del problema de seguridad de la fachada, y se le ha restado al presupuesto total de la obra.

<i>ESTIMACIÓN DEL COSTE DE SUSTITUCIÓN DE LAS PLACAS DE LA FACHADA EN RIESGO DE DESPRENDIMIENTO A CORTO PLAZO (TOTAL O PARCIAL)</i>	
PRESUPUESTO CONSTRUCTORA *	4.850.872,77
ICIO+TASAS	145.688,27
DIR FACULTATIVA + COORD SEG SALUD	51.566,00
PROY BÁSICO + PROY EJECUCIÓN + ESTUDIO SEG Y SALUD	179.360,00
PRESUPUESTO REFORMA 76,8% APLACADO	5.227.487,05

Ilustración 70: Estimación del coste sustitución de placas en la fachada con riesgo de desprendimiento

<i>* AJUSTE PRESUPUESTO CONSTRUCTORA PARA SUSTITUCIÓN 76,8% DEL APLACADO</i>			
	PEM	PEC	PEC+IVA
Presupuesto sustitución 100% aplacado	4.825.241,09	5.742.036,09	6.316.240,59
Estimación coste 76,8% aplacado	3.705.785,16	4.409.883,72	4.850.872,77

Ilustración 71: Estimación presupuesto de la constructora para sustitución 76,8% del aplacado

Inversión a realizar incorporando fachada ventilada con aislamiento térmico	
PRESUPUESTO FACHADA VENTILADA	6.768.882,49
Coste sustitución 76,8% aplacado con riesgo de caída a corto plazo	5.227.487,05
Inversión a realizar para la mejora de la eficiencia energética de la envolvente	1.541.395,44

Ilustración 72: Cálculo inversión a realizar para el ahorro energético

Por lo tanto, se concluye que el coste final de la inversión a estudiar para la mejora de la eficiencia energética de la envolvente es de **1.541.395,44 €**. Esta es la cantidad que se tomará como base para el cálculo de los indicadores económicos fundamentales (VAN, TIR, PR).

8.4 INDICADORES ECONÓMICOS FUNDAMENTALES

8.4.1 VALOR ACTUAL NETO (VAN)

El VAN representa el valor presente de todos los flujos de caja netos generados por la inversión a lo largo de su vida útil, descontados a una tasa que refleja el coste del capital o rentabilidad exigida por los inversores. En este caso, se ha adoptado un WACC (Weighted Average Capital Cost) del 7% como tasa de descuento, y un horizonte temporal de 40 años.

Para obtener el valor de este indicador se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{j=1}^N \frac{F_j}{(1+i)^j} + \frac{F_0}{(1+i)^0} = \sum_{j=1}^{40} \frac{F_j}{1,07^j} + \frac{-1.541.395,44}{1,07^0} \rightarrow \mathbf{VAN = 2.541.596}$$

F_j hace referencia al valor del ahorro energético anual, el cual varía de año en año debido a la subida del coste de la energía. En este caso se ha supuesto una subida del 3% por lo que se ha creado la siguiente tabla de estimación del coste del ahorro energético:

Tabla 7: Cálculo ahorro energético y VAN por año

Año	Concepto	Importe	Valor presente
0	Inversión	-1.541.395	-1.541.395
1	Ahorro energía	208.806	195.146
2	Ahorro energía	215.070	187.851
3	Ahorro energía	221.522	180.828
4	Ahorro energía	228.168	174.068
5	Ahorro energía	235.013	167.561
6	Ahorro energía	242.063	161.297
7	Ahorro energía	249.325	155.267
8	Ahorro energía	256.805	149.463
9	Ahorro energía	264.509	143.875
10	Ahorro energía	272.444	138.497
11	Ahorro energía	280.618	133.319
12	Ahorro energía	289.036	128.336

13	Ahorro energía	297.707	123.538
14	Ahorro energía	306.639	118.920
15	Ahorro energía	315.838	114.474
16	Ahorro energía	325.313	110.195
17	Ahorro energía	335.072	106.075
18	Ahorro energía	345.125	102.110
19	Ahorro energía	355.478	98.293
20	Ahorro energía	366.143	94.618
21	Ahorro energía	377.127	91.081
22	Ahorro energía	388.441	87.676
23	Ahorro energía	400.094	84.399
24	Ahorro energía	412.097	81.243
25	Ahorro energía	424.460	78.206
26	Ahorro energía	437.193	75.283
27	Ahorro energía	450.309	72.468
28	Ahorro energía	463.818	69.759
29	Ahorro energía	477.733	67.151
30	Ahorro energía	492.065	64.641
31	Ahorro energía	506.827	62.225
32	Ahorro energía	522.032	59.899
33	Ahorro energía	537.693	57.659
34	Ahorro energía	553.824	55.504
35	Ahorro energía	570.438	53.429
36	Ahorro energía	587.551	51.432
37	Ahorro energía	605.178	49.509
38	Ahorro energía	623.333	47.658
39	Ahorro energía	642.033	45.876
40	Ahorro energía	661.294	44.161

14.202.840	2.541.596
------------	-----------

Este resultado implica que el proyecto no solo es capaz de recuperar la inversión inicial destinada a la mejora energética, sino que además proporciona un rendimiento adicional superior al mínimo requerido por los inversores. Un VAN positivo refuerza la viabilidad económica de la actuación, justificando por lo tanto su actuación.

8.4.2 TASA INTERNA DE RENTABILIDAD (TIR)

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, es decir, la rentabilidad efectiva anual generada por la inversión, considerando únicamente los flujos de caja internos del proyecto.

Se ha calculado empleando la siguiente fórmula:

$$VAN = \sum_{j=1}^N \frac{F_j}{(1 + TIR)^j} + \frac{F_0}{(1 + TIR)^0} = 0 = \sum_{j=1}^{40} \frac{F_j}{(1 + TIR)^j} + \frac{-1.541.395,44}{(1 + TIR)^0}$$

$$TIR = 16,45\%$$

Este resultado indica que el proyecto no solo recupera la inversión inicial, sino que proporciona una rentabilidad muy alta, ya que $TIR=16,45\% > WACC=7\%$. Este valor de TIR confirma la solidez de la inversión, por lo que el proyecto no solo es viable desde una perspectiva técnica y normativa, sino que también resulta atractivo en términos de rentabilidad energética.

8.4.3 PERIODO DE RETORNO (PR)

La evaluación económica de la intervención en la envolvente del edificio se inicia con el cálculo del periodo de amortización simple, entendiendo este como el número de años necesarios para recuperar la inversión inicial exclusivamente a partir del ahorro económico derivado de la mejora energética.

El presupuesto total atribuible al ahorro energético es de **1.541.395,44 € (IVA incluido)**. Este importe incluye la ejecución de obra adjudicada a la empresa constructora, el pago de tasas municipales (ICIO), la dirección facultativa y la redacción del proyecto.

Según los certificados energéticos generados mediante el programa CE3X, el consumo de energía primaria no renovable se reduce en un 24,3 % tras la reforma, lo que se traduce en un ahorro económico anual estimado de 208.806 €, aplicado sobre un gasto energético total actual de 859.285 € anuales.

Aplicando la fórmula de amortización simple:

$$PR = \frac{\text{Inversión total}}{\text{Ahorro anual}} = \frac{1.541.395,44 \text{ €}}{208.806 \text{ €}} \rightarrow PR = 7,4 \text{ años}$$

8.5 CONCLUSIONES ANÁLISIS ECONÓMICO

Este análisis permite concluir que la intervención proyectada en la envolvente del edificio no solo da respuesta a los problemas de seguridad detectados en el aplacado, sino que también supone una oportunidad para mejorar de forma significativa el comportamiento energético del edificio.

Aunque el coste total de la actuación (6.768.882,49 €) no se justificaría únicamente por los beneficios energéticos, al comparar el coste adicional necesario para aplicar una solución más eficiente (1.541.395,44 €) con el ahorro energético que se espera conseguir, se comprueba que la inversión tiene sentido desde el punto de vista económico.

En concreto, el ahorro energético anual estimado asciende a 208.806 €, lo que permite recuperar la inversión en un plazo aproximado de 7,4 años. Además, al considerar un escenario a largo plazo (40 años) con una previsión de aumento del precio de la energía del 3 % anual y una tasa de descuento del 7 %, se obtiene un VAN de 2.541.596 €, es decir, un beneficio neto acumulado significativo. La TIR alcanzada, del 16,45 %, supera ampliamente la rentabilidad mínima exigida, lo que refuerza la solidez de la inversión.

En definitiva, esta actuación no solo permite cumplir con las obligaciones técnicas y de seguridad impuestas por la administración, sino que también representa una decisión acertada desde el punto de vista económico y energético. La mejora en la eficiencia energética del edificio se traduce en una reducción real de costes a largo plazo, contribuyendo además a la sostenibilidad del parque edificado.

Capítulo 9. CONCLUSIONES

La realización de este trabajo de fin de grado ha permitido abordar de forma integral el análisis de la rehabilitación de la fachada del edificio en calle Princesa.

Desde un enfoque técnico, la reforma de la fachada responde a una necesidad objetiva: las patologías detectadas afectaban al 100% del aplacado y comprometían tanto la seguridad como el estado de conservación general del inmueble. Esto hacía inviable seguir abordando pequeñas reparaciones puntuales, y justificaba una intervención integral. La solución adoptada, basada en una fachada ventilada con aislamiento térmico, permite actuar de forma coherente sobre toda la envolvente, reforzando la seguridad estructural, mejorando la durabilidad del conjunto y aportando un valor añadido desde el punto de vista energético.

En lo normativo, el proyecto se ajusta tanto a los criterios del Código Técnico de la Edificación como a la normativa municipal de Madrid. Se han aplicado correctamente los principios de proporcionalidad y viabilidad técnica y económica exigidos para las obras en edificios existentes, especialmente en lo relativo al cumplimiento del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE), al de Seguridad en caso de Incendio (DB-SI) y Salubridad (DB-HS).

El análisis energético, desarrollado mediante la herramienta CE3X, ha permitido cuantificar con claridad el impacto positivo de la reforma. Gracias al aislamiento incorporado en la nueva envolvente, el edificio mejora una letra en su calificación energética, reduciendo su demanda en calefacción y refrigeración, y disminuyendo el consumo global de energía primaria no renovable en un 24,3%, así como las emisiones de CO₂ en un 24,2%.

En cuanto al análisis económico, la conclusión principal es que la rehabilitación de la fachada, tal y como ha sido planteada, no debe analizarse como una inversión orientada al ahorro energético, sino como una actuación obligada por el estado del edificio. Es decir, la comunidad de propietarios se ha visto en la necesidad de acometer esta obra

independientemente de su rentabilidad, por motivos de seguridad, conservación y cumplimiento normativo.

Sin embargo, al desglosar el coste total de la intervención y aislar la parte correspondiente a la mejora energética, sí se observa una rentabilidad clara en este componente. El sobre coste específico de incorporar aislamiento térmico al sistema de fachada ventilada (respecto a una solución mínima que simplemente resolviera las patologías constructivas) sí genera un ahorro energético suficiente como para justificar económicamente esa decisión. De hecho, ese sobre coste se amortiza en algo más de siete años, gracias a un ahorro anual estimado en más de 200.000 €, y alcanza una TIR del 16,45% y un VAN superior a los 2,5 millones de euros a lo largo de la vida útil del sistema. Es decir, aunque el conjunto de la obra no sea rentable en términos estrictamente financieros, la parte que contribuye a la eficiencia energética sí lo es.

Capítulo 10. BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Objetivos de Desarrollo Sostenible», UNDP. Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- [2] «Manual_usuario CE3X_05.pdf». Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: http://www6.mityc.es/aplicaciones/CE3X/Manual_usuario%20CE3X_05.pdf
- [3] «CE3X / CE3X / CEX Programa para la certificación energética de edificios». Accedido: 11 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <http://www.efinova.es/CE3X>
- [4] «Autodesk AutoCAD 2026 | Obtener precios y comprar el software AutoCAD oficial». Accedido: 31 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.autodesk.com/es/products/autocad/overview>
- [5] *Catálogo de soluciones constructivas de rehabilitación: documento Reconocido DRD 07-11, Decreto 132/2006 del Consell*. Valencia: Instituto Valenciano de la Edificación, 2011.
- [6] P. A. Monzón, E. C. Haba, y J. A. Puente, «EPSEB – CONVOCATORIA JUNIO 2010».
- [7] «Procedimientos para la certificación de edificios», Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/certificacion-energetica/documentos-reconocidos/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.html>
- [8] GO2JUMP, «Rehabilitación de fachadas: aspectos que debes conocer», Aszende. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.aszende.com/blog/rehabilitacion-fachadas/>
- [9] «Valor patrimonial», RealAdvisor. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://realadvisor.es/es/glosario-inmobiliario/que-es-valor-patrimonial>
- [10] Vanesa, «Rehabilitación de fachadas: precios y claves para ahorrar en 2024», Envoltia. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://envoltia.es/rehabilitacion-fachadas/rehabilitacion-fachadas-precios/>
- [11] «¿Qué es una fachada ventilada?», ULMA Architectural. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.ulmaarchitectural.com/es-es/fachadas-ventiladas/noticias/que-es-una-fachada-ventilada>
- [12] «FOTECFV15_ES.pdf». Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: https://www.indexfix.com/wp-content/uploads/docs/FOTECFV15_ES.pdf
- [13] *Sistemas de Aislamiento Térmico Exterior (SATE) para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios*. Madrid: IDAE, 2012.
- [14] «¿Aislamiento interior o aislamiento exterior?», Weber ES. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.es.weber/blog/aislamiento-interior>
- [15] *Soluciones de aislamiento con poliestireno expandido (EPS)*. Madrid: IDAE, 2008.
- [16] *Soluciones de aislamiento con poliestireno extruido (XPS)*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2008.
- [17] *Soluciones de aislamiento con lana mineral*. Madrid: IDAE, 2008.
- [18] *Soluciones de aislamiento con poliuretano*. Madrid: IDAE, 2008.

- [19] *Soluciones de aislamiento con espumas flexibles*. Madrid: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2008.
- [20] M. Santoro, «Fachada fotovoltaica: beneficios, tipos e instalación», BibLus. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://biblus.accasoftware.com/es/fachada-fotovoltaica/>
- [21] Moderador, «Tipos de vidrio para ventanas», OnVentanas - Ventanas que ahorran energía. Accedido: 29 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.onventanas.com/tipos-vidrio-ventanas/>
- [22] «Revestimiento Pétreo | Ideal para fachadas y paredes de exterior | Alta cubrición, lavabilidad y transpirabilidad | Cofan». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.cofan.es/es/detalle-producto/3503/revestimiento-petreo-|-ideal-para-fachadas-y-paredes-de-exterior-|-alta-cubricion-lavabilidad-y-transpirabilidad/>
- [23] «El clima en Madrid, el tiempo por mes, temperatura promedio (España) - Weather Spark». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es.weatherspark.com/y/36848/Clima-promedio-en-Madrid-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- [24] «Mapa topográfico Madrid, altitud, relieve», Mapas topográficos. Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://es-es.topographic-map.com/map-69b31/Madrid/?center=40.43091%2C-3.70334&zoom=16>
- [25] «DBSE.pdf». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE.pdf>
- [26] «DBSUA.pdf». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SUA/DBSUA.pdf>
- [27] «DBHR.pdf». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HR/DBHR.pdf>
- [28] «DBSI.pdf». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SI/DBSI.pdf>
- [29] «DBHE.pdf». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>
- [30] «DBHS.pdf». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HS/DBHS.pdf>
- [31] «Ordenanza de Conservación, Rehabilitación y Estado Ruinoso de las Edificaciones, de 30 de noviembre de 2011 - SEDE ELECTRÓNICA». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: [https://sede.madrid.es/eli/es-md-01860896/odnz/2011/12/26/\(1\)/dof/spa/html](https://sede.madrid.es/eli/es-md-01860896/odnz/2011/12/26/(1)/dof/spa/html)
- [32] «Compendio 2025 de las Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de Madrid de 1997 (actualizado a 07.07.2025) - Portal de transparencia del Ayuntamiento de Madrid». Accedido: 30 de julio de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://transparencia.madrid.es/portales/transparencia/es/Transparencia-por-sectores/Urbanismo/Planeamiento-urbanistico/Compendio-2024-de-las-Normas-Urbanisticas-del-Plan-General-de-Ordenacion-Urbana-de-Madrid-de-1997-actualizado-a-24-10-2024-/?vgnnextchannel=eae9508929a56510VgnVCM1000008a4a900aRCRD&vgnnextfmt=default&vgnnextoid=35bd1e7cb8fed810VgnVCM1000001d4a900aRCRD>

- [33] P. Sáez de Montagut, *Informe urbanístico incluido en la memoria del proyecto de reforma del edificio sitio en C/Princesa 25-27*, Estudio Cónica, Madrid, mayo 2024.
(Documento técnico interno)

ANEXO I: DEFINICIÓN MUROS DE FACHADA

Muro de fachada

Nombre Zona

Dimensiones

Superficie m²

Longitud m

Altura m

Características

Orientación

Patrón de sombras

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas *Transmitancia térmica* W/m²K

Transmitancia térmica W/m²K Masa/m² kg/m²

Librería cerramientos 

Muro de fachada

Nombre Zona

Dimensiones

Superficie m²

Longitud m

Altura m

Características

Orientación

Patrón de sombras

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas *Transmitancia térmica* W/m²K

Transmitancia térmica W/m²K Masa/m² kg/m²

Librería cerramientos 

Muro de fachada

Nombre Zona

Dimensiones

Superficie m²

Longitud m

Altura m

Características

Orientación

Patrón de sombras

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas *Transmitancia térmica* W/m²K

Transmitancia térmica W/m²K Masa/m² kg/m²

Librería cerramientos 

Muro de fachada

Nombre Zona

Dimensiones

Superficie m²
 Longitud m
 Altura m

Características

Orientación
 Patrón de sombras

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Transmitancia térmica W/m²K

Transmitancia térmica W/m² Masa/m² kg/m²

Librería cerramientos

Muro de fachada

Nombre Zona

Dimensiones

Superficie m²
 Longitud m
 Altura m

Características

Orientación
 Patrón de sombras

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Transmitancia térmica W/m²K

Transmitancia térmica W/m² Masa/m² kg/m²

Librería cerramientos

Muro de fachada

Nombre Zona

Dimensiones

Superficie m²
 Longitud m
 Altura m

Características

Orientación
 Patrón de sombras

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Transmitancia térmica W/m²K

Transmitancia térmica W/m² Masa/m² kg/m²

Librería cerramientos

Muro de fachada

Nombre	Fachada orientación Este (F18, F22)	Zona	Edificio Objeto
<i>Dimensiones</i>		<i>Características</i>	
Superficie	448.15 m ²	Orientación	Este
Longitud	m	Patrón de sombras	Sin patrón
Altura	m		
<i>Parámetros característicos del cerramiento</i>			
Propiedades térmicas	Conocidas	Transmitancia térmica	0.78 W/m ² K
<input type="radio"/> Transmitancia térmica	W/m ² K	Masa/m ²	kg/m ²
<input checked="" type="radio"/> Librería cerramientos	Fachada tipo Princesa		

Muro de fachada

Nombre	Fachada orientación Noreste (F07, F08, F	Zona	Edificio Objeto
<i>Dimensiones</i>		<i>Características</i>	
Superficie	1544.78 m ²	Orientación	NE
Longitud	m	Patrón de sombras	Sombras orientación Noreste
Altura	m		
<i>Parámetros característicos del cerramiento</i>			
Propiedades térmicas	Conocidas	Transmitancia térmica	0.78 W/m ² K
<input type="radio"/> Transmitancia térmica	W/m ² K	Masa/m ²	kg/m ²
<input checked="" type="radio"/> Librería cerramientos	Fachada tipo Princesa		

ANEXO III: CERTIFICADO ENERGÉTICO ACTUAL

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	EDIFICIO PRINCESA Nº25-27		
Dirección	CALLE DE LA PRINCESA Nº25-27		
Municipio	Madrid	Código Postal	28008
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad de Madrid
Zona climática	D3	Año construcción	1970
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	9556101VK3795F		

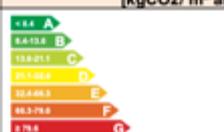
Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual 	<input type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Claudia Sáez Soberón	NIF(NIE)	48112421D
Razón social	Claudia Sáez Soberón	NIF	48112421D
Domicilio	Calle de la Princesa 27		
Municipio	Madrid	Código Postal	28008
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad de Madrid
e-mail:	csaezsoberon@gmail.com	Teléfono	652665252
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniera Industrial		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m² año]	
	181,0 E		35,9 E

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 24/07/2025

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

Fecha
Ref. Catastral

24/07/2025
9556101VK3795F

Página 1 de 10

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m ²]	28885.6
--	---------



2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada orientación Norte (F06)	Fachada	202.55	0.78	Conocidas
Fachada orientación Noreste (F07, F08, F21)	Fachada	1153.13	0.78	Conocidas
Fachada orientación Este (F18, F22)	Fachada	228.57	0.78	Conocidas
Fachada orientación Sureste (F01, F09, F11, F13, F23)	Fachada	1411.2	0.78	Conocidas
Fachada orientación Sur (F14)	Fachada	182.1	0.78	Conocidas
Fachada orientación Suroeste (F02, F04, F10, F12, F15, F17, F20, F24)	Fachada	1691.54	0.78	Conocidas
Fachada orientación Oeste (F16, F19, F25)	Fachada	210.39	0.78	Conocidas
Fachada orientación Noroeste (F03, F05, F26)	Fachada	1026.28	0.78	Conocidas
C01_Cubierta viviendas	Cubierta	1156.26	0.70	Conocidas
C02_Cubierta hexágono	Cubierta	957.75	0.70	Conocidas
C03_Cubierta nivel 05	Cubierta	1014.26	0.70	Conocidas
C04_Cubierta nivel 05 inclinada	Cubierta	532.74	0.70	Conocidas
C05_Cubierta nivel 04	Cubierta	1514.85	0.70	Conocidas
C06_Cubierta saliente nivel 00	Cubierta	139.4	0.70	Conocidas
S01_Suelo nivel 00 en contacto con garaje	Partición Interior	2355.71	1.32	Estimadas
S02_suelo nivel 03	Suelo	1141.48	2.38	Estimadas
S03_Suelo nivel 06	Suelo	1141.48	2.38	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V01 sureste	Hueco	737.28	3.59	0.48	Conocido	Conocido
V02	Hueco	28.77	5.70	0.78	Conocido	Conocido
V03	Hueco	32.57	5.70	0.78	Conocido	Conocido
V04.1 norte	Hueco	3.08	3.73	0.36	Conocido	Conocido
V04.2 noreste	Hueco	80.08	3.71	0.37	Conocido	Conocido
V04.3 noreste	Hueco	43.12	3.71	0.35	Conocido	Conocido
V05.1 noreste	Hueco	32.83	5.70	0.67	Conocido	Conocido
V05.2 noreste	Hueco	29.85	3.45	0.63	Conocido	Conocido
V06	Hueco	21.42	5.70	0.77	Conocido	Conocido
V07	Hueco	24.09	5.70	0.77	Conocido	Conocido
V08	Hueco	7.18	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V09	Hueco	9.2	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V10	Hueco	11.04	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V11	Hueco	14.7	5.70	0.77	Conocido	Conocido
V12	Hueco	53.44	5.70	0.81	Conocido	Conocido
V13	Hueco	33.88	5.70	0.80	Conocido	Conocido
V14	Hueco	9.16	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V15	Hueco	14.14	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V16	Hueco	18.94	5.70	0.77	Conocido	Conocido
V17	Hueco	8.13	5.70	0.75	Conocido	Conocido
V18	Hueco	4.81	5.70	0.74	Conocido	Conocido
V19.1	Hueco	3.15	5.70	0.73	Conocido	Conocido
V19.2	Hueco	3.15	5.70	0.70	Conocido	Conocido
V20	Hueco	8.68	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V21.1 sureste	Hueco	1401.66	3.59	0.47	Conocido	Conocido
V21.2	Hueco	34.75	3.59	0.49	Conocido	Conocido
V21.3 sureste	Hueco	46.34	2.50	0.38	Conocido	Conocido
V22 norte	Hueco	339.46	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V23	Hueco	8.25	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V24	Hueco	6.0	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V25	Hueco	6.44	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V26	Hueco	88.98	3.34	0.72	Conocido	Conocido
V27	Hueco	13.57	3.43	0.62	Conocido	Conocido
V28	Hueco	46.14	3.39	0.67	Conocido	Conocido
V29	Hueco	2.94	3.49	0.58	Conocido	Conocido
V30	Hueco	20.08	3.38	0.68	Conocido	Conocido
V31	Hueco	15.72	3.43	0.64	Conocido	Conocido
V32	Hueco	7.21	3.42	0.65	Conocido	Conocido
V33	Hueco	5.78	3.38	0.69	Conocido	Conocido
V34	Hueco	4.23	3.40	0.66	Conocido	Conocido
V35	Hueco	16.24	3.40	0.66	Conocido	Conocido
V04.1 noreste	Hueco	80.08	3.73	0.36	Conocido	Conocido
V04.1 noroeste	Hueco	40.04	3.73	0.36	Conocido	Conocido
V04.2 norte	Hueco	3.08	3.71	0.37	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V04.2 noroeste	Hueco	40.04	3.71	0.37	Conocido	Conocido
V04.3 sureste	Hueco	77.0	3.71	0.35	Conocido	Conocido
V05.1 sureste	Hueco	52.23	5.70	0.67	Conocido	Conocido
V05.2 sureste	Hueco	22.39	3.45	0.63	Conocido	Conocido
V22 este	Hueco	239.62	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V22 sureste	Hueco	359.42	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V22 sur	Hueco	359.42	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V22 suroeste	Hueco	359.42	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V22 oeste	Hueco	359.42	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V01 noroeste	Hueco	737.28	3.59	0.48	Conocido	Conocido
V21.1 noroeste	Hueco	1471.17	3.59	0.47	Conocido	Conocido
V21.3 noroeste	Hueco	11.58	2.50	0.38	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sólo calefacción	Caldera Estándar	1000	84.4	Gas Natural	Estimado
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		159.8	Electricidad	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sólo refrigeración	Maquina frigorífica		189.0	Gas Natural	Estimado
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		157.5	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	35618.8
---	---------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Equipo ACS	Caldera Estándar	24.0	100.2	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

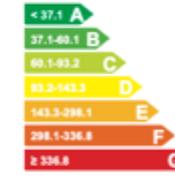
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	CALEFACCIÓN		ACS		
 Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]	35.9 E	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]	E	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	G
		27.06		6.12	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]	C	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año]	-
		2.68		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	9.93	286824.96
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	25.93	748908.30

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES				
	CALEFACCIÓN		ACS		
 Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	181.0 E	Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]	E	Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	G
		137.88		28.89	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m ² año]	-
		14.27		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

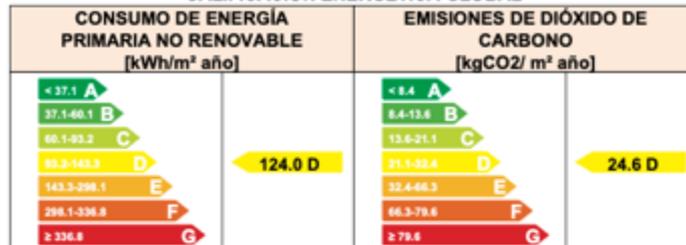
DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 Demanda de calefacción [kWh/m ² año]	 Demanda de refrigeración [kWh/m ² año]
103.3 E	16.3 D

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

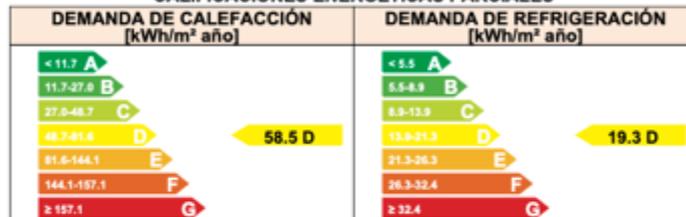
ANEXO III
RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

MEJORA 1

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL



CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES



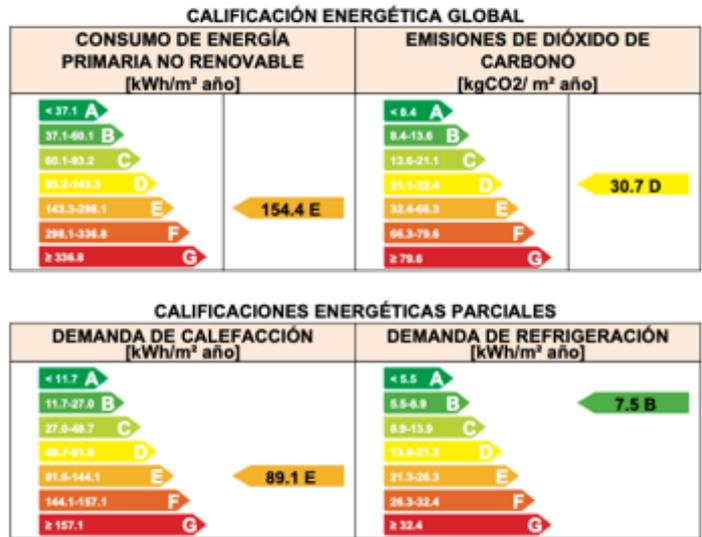
ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación			Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	
Consumo Energía final [kWh/m² año]	56.27	43.3%	11.05	-18.4%	24.28	0.0%	-	-	91.60	31.1%	
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	78.16 D	43.3%	16.90 D	-18.4%	28.89 G	0.0%	-	-	123.96	31.5%	
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	15.34 C	43.3%	3.17 C	-18.4%	6.12 G	0.0%	-	-	24.63	31.3%	
Demanda [kWh/m² año]	58.54 D	43.3%	19.34 D	-18.4%							

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Adición de aislamiento térmico por el exterior
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

MEJORA 2



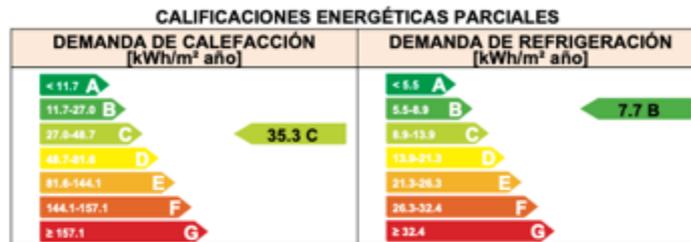
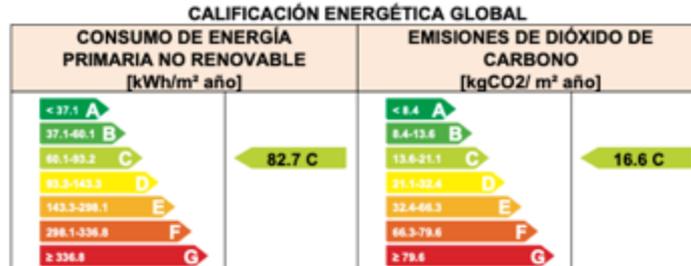
ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	85.60	13.8%	4.31	53.8%	24.28	0.0%	-	-%	114.19	14.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	118.90	E 13.8%	6.59	B 53.8%	28.89	G 0.0%	-	-%	154.39	E 14.7%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m² año]	23.33	D 13.8%	1.24	A 53.8%	6.12	G 0.0%	-	-%	30.69	D 14.4%
Demanda [kWh/m² año]	89.06	E 13.8%	7.54	B 53.8%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Sustitución de carpinterías.
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

MEJORA 3



ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	33.89	65.9%	4.42	52.6%	24.28	0.0%	-	-%	62.59	52.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	47.07	C 65.9%	6.76	B 52.6%	28.89	G 0.0%	-	-%	82.72	C 54.3%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m² año]	9.24	B 65.9%	1.27	A 52.6%	6.12	G 0.0%	-	-%	16.62	C 53.6%
Demanda [kWh/m² año]	35.26	C 65.9%	7.73	B 52.6%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Adición de aislamiento térmico por el exterior + Sustitución de carpinterías.
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

ANEXO IV: CERTIFICADO ENERGÉTICO REFORMA

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	EDIFICIO PRINCESA N°25-27		
Dirección	CALLE DE LA PRINCESA N°25-27		
Municipio	Madrid	Código Postal	28008
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad Madrid de
Zona climática	D3	Año construcción	1970
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	9556101VK3795F		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input checked="" type="radio"/> Vivienda <input type="radio"/> Unifamiliar <input checked="" type="radio"/> Bloque <input type="radio"/> Bloque completo <input type="radio"/> Vivienda individual	<input type="radio"/> Terciario <input type="radio"/> Edificio completo <input type="radio"/> Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Claudia Sáez Soberón	NIF(NIE)	48112421D
Razón social	Claudia Sáez Soberón	NIF	48112421D
Domicilio	Calle de la Princesa 27		
Municipio	Madrid	Código Postal	28008
Provincia	Madrid	Comunidad Autónoma	Comunidad Madrid de
e-mail:	csaezsoberon@gmail.com	Teléfono	652665252
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniera Industrial		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m² año]
 <p>137.1 D</p>	 <p>27.2 D</p>

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 21/07/2025

Firma del técnico certificador

Anexo I. Descripción de las características energéticas del edificio.

Anexo II. Calificación energética del edificio.

Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.

Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

ANEXO I
DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable [m ²]	28885.6
--	---------



2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Fachada orientación Norte (F06)	Fachada	202.55	0.31	Conocidas
Fachada orientación Noreste (F07, F08, F21)	Fachada	1153.13	0.31	Conocidas
Fachada orientación Este (F18, F22)	Fachada	228.57	0.31	Conocidas
Fachada orientación Sureste (F01, F09, F11, F13, F23)	Fachada	1411.2	0.31	Conocidas
Fachada orientación Sur (F14)	Fachada	182.1	0.31	Conocidas
Fachada orientación Suroeste (F02, F04, F10, F12, F15, F17, F20, F24)	Fachada	1691.54	0.31	Conocidas
Fachada orientación Oeste (F16, F19, F25)	Fachada	210.39	0.31	Conocidas
Fachada orientación Noroeste (F03, F05, F26)	Fachada	1026.28	0.31	Conocidas
C01_Cubierta viviendas	Cubierta	1156.26	0.70	Conocidas
C02_Cubierta hexágono	Cubierta	957.75	0.70	Conocidas
C03_Cubierta nivel 05	Cubierta	1014.26	0.70	Conocidas
C04_Cubierta nivel 05 inclinada	Cubierta	532.74	0.70	Conocidas
C05_Cubierta nivel 04	Cubierta	1514.85	0.70	Conocidas
C06_Cubierta saliente nivel 00	Cubierta	139.4	0.70	Conocidas
S01_Suelo nivel 00 en contacto con garaje	Partición Interior	2355.71	1.32	Estimadas
S02_suelo nivel 03	Suelo	1141.48	2.38	Estimadas
S03_Suelo nivel 06	Suelo	1141.48	2.38	Estimadas

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² -K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V01 sureste	Hueco	737.28	3.59	0.48	Conocido	Conocido
V02	Hueco	28.77	5.70	0.78	Conocido	Conocido
V03	Hueco	32.57	5.70	0.78	Conocido	Conocido
V04.1 norte	Hueco	3.08	3.73	0.36	Conocido	Conocido
V04.2 noreste	Hueco	80.08	3.71	0.37	Conocido	Conocido
V04.3 noreste	Hueco	43.12	3.71	0.35	Conocido	Conocido
V05.1 noreste	Hueco	32.83	5.70	0.67	Conocido	Conocido
V05.2 noreste	Hueco	29.85	3.45	0.63	Conocido	Conocido
V06	Hueco	21.42	5.70	0.77	Conocido	Conocido
V07	Hueco	24.09	5.70	0.77	Conocido	Conocido
V08	Hueco	7.18	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V09	Hueco	9.2	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V10	Hueco	11.04	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V11	Hueco	14.7	5.70	0.77	Conocido	Conocido
V12	Hueco	53.44	5.70	0.81	Conocido	Conocido
V13	Hueco	33.88	5.70	0.80	Conocido	Conocido
V14	Hueco	9.16	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V15	Hueco	14.14	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V16	Hueco	18.94	5.70	0.77	Conocido	Conocido
V17	Hueco	8.13	5.70	0.75	Conocido	Conocido
V18	Hueco	4.81	5.70	0.74	Conocido	Conocido
V19.1	Hueco	3.15	5.70	0.73	Conocido	Conocido
V19.2	Hueco	3.15	5.70	0.70	Conocido	Conocido
V20	Hueco	8.68	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V21.1 sureste	Hueco	1401.66	3.59	0.47	Conocido	Conocido
V21.2	Hueco	34.75	3.59	0.49	Conocido	Conocido
V21.3 sureste	Hueco	46.34	2.50	0.38	Conocido	Conocido
V22 norte	Hueco	339.46	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V23	Hueco	8.25	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V24	Hueco	6.0	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V25	Hueco	6.44	5.70	0.76	Conocido	Conocido
V26	Hueco	88.98	3.34	0.72	Conocido	Conocido
V27	Hueco	13.57	3.43	0.62	Conocido	Conocido
V28	Hueco	46.14	3.39	0.67	Conocido	Conocido
V29	Hueco	2.94	3.49	0.58	Conocido	Conocido
V30	Hueco	20.08	3.38	0.68	Conocido	Conocido
V31	Hueco	15.72	3.43	0.64	Conocido	Conocido
V32	Hueco	7.21	3.42	0.65	Conocido	Conocido
V33	Hueco	5.78	3.38	0.69	Conocido	Conocido
V34	Hueco	4.23	3.40	0.66	Conocido	Conocido
V35	Hueco	16.24	3.40	0.66	Conocido	Conocido
V04.1 noreste	Hueco	80.08	3.73	0.36	Conocido	Conocido
V04.1 noroeste	Hueco	40.04	3.73	0.36	Conocido	Conocido
V04.2 norte	Hueco	3.08	3.71	0.37	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
V04.2 noroeste	Hueco	40.04	3.71	0.37	Conocido	Conocido
V04.3 sureste	Hueco	77.0	3.71	0.35	Conocido	Conocido
V05.1 sureste	Hueco	52.23	5.70	0.67	Conocido	Conocido
V05.2 sureste	Hueco	22.39	3.45	0.63	Conocido	Conocido
V22 este	Hueco	239.62	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V22 sureste	Hueco	359.42	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V22 sur	Hueco	359.42	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V22 suroeste	Hueco	359.42	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V22 oeste	Hueco	359.42	3.43	0.63	Conocido	Conocido
V01 noroeste	Hueco	737.28	3.59	0.48	Conocido	Conocido
V21.1 noroeste	Hueco	1471.17	3.59	0.47	Conocido	Conocido
V21.3 noroeste	Hueco	11.58	2.50	0.38	Conocido	Conocido

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sólo calefacción	Caldera Estándar	1000	84.4	Gas Natural	Estimado
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		159.8	Electricidad	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Sólo refrigeración	Maquina frigorífica		189.0	Gas Natural	Estimado
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		157.5	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	35618.8
---	---------

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Equipo ACS	Caldera Estándar	24.0	100.2	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

ANEXO II
CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D3	Uso	Residencial
----------------	----	-----	-------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

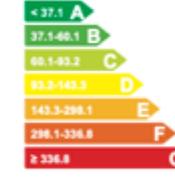
INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
 27.2 D	Emisiones calefacción [kgCO ₂ /m ² año]	D	Emisiones ACS [kgCO ₂ /m ² año]	G
	18.06		6.12	
Emisiones globales [kgCO ₂ /m ² año]	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Emisiones refrigeración [kgCO ₂ /m ² año]	C	Emisiones iluminación [kgCO ₂ /m ² año]	-
	3.04		-	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	7.27	209900.48
Emisiones CO ₂ por otros combustibles	19.95	576205.63

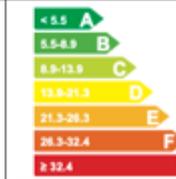
2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	CALEFACCIÓN		ACS	
 137.1 D	Energía primaria calefacción [kWh/m ² año]	D	Energía primaria ACS [kWh/m ² año]	G
	92.03		28.89	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
	Energía primaria refrigeración [kWh/m ² año]	D	Energía primaria iluminación [kWh/m ² año]	-
	16.17		-	

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
 68.9 D	 18.5 D
Demanda de calefacción [kWh/m ² año]	Demanda de refrigeración [kWh/m ² año]

El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales

ANEXO V: CERTIFICADO ENERGÉTICO MEJORAS

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
MEJORA 1

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)
Adición de aislamiento térmico por el exterior
Coste estimado de la medida
-
Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ / m ² año]
 <p>123.96 D</p>	 <p>24.63 D</p>

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/ m ² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m ² año]
 <p>58.54 D</p>	 <p>19.34 D</p>

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	56.27	43.3%	11.05	-18.4%	24.28	0.0%	-	-%	91.60	31.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	78.16 D	43.3%	16.90 D	-18.4%	28.89 G	0.0%	-	-%	123.96 D	31.5%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m² año]	15.34 C	43.3%	3.17 C	-18.4%	6.12 G	0.0%	-	-%	24.63 D	31.3%
Demanda [kWh/m² año]	58.54 D	43.3%	19.34 D	-18.4%						

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia post mejora [W/m² K]
Fachada orientación Norte (F06)	Fachada	202.55	0.78	202.55	0.31
Fachada orientación Noreste (F07, F08, F21)	Fachada	1153.13	0.78	1153.13	0.31
Fachada orientación Este (F18, F22)	Fachada	228.57	0.78	228.57	0.31
Fachada orientación Sureste (F01, F09, F11, F13, F23)	Fachada	1411.20	0.78	1411.20	0.31
Fachada orientación Sur (F14)	Fachada	182.10	0.78	182.10	0.31
Fachada orientación Suroeste (F02, F04, F10, F12, F15, F17, F20, F24)	Fachada	1691.54	0.78	1691.54	0.31
Fachada orientación Oeste (F16, F19, F25)	Fachada	210.39	0.78	210.39	0.31
Fachada orientación Noroeste (F03, F05, F26)	Fachada	1026.28	0.78	1026.28	0.31
C01 Cubierta viviendas	Cubierta	1156.26	0.70	1156.26	0.70
C02 Cubierta hexágono	Cubierta	957.75	0.70	957.75	0.70
C03 Cubierta nivel 05	Cubierta	1014.26	0.70	1014.26	0.70
C04 Cubierta nivel 05 inclinada	Cubierta	532.74	0.70	532.74	0.70
C05 Cubierta nivel 04	Cubierta	1514.85	0.70	1514.85	0.70
C06 Cubierta saliente nivel 00	Cubierta	139.40	0.70	139.40	0.70
S01 Suelo nivel 00 en contacto con garaje	Partición Interior	2355.71	1.32	2355.71	1.32
S02 suelo nivel 03	Suelo	1141.48	2.38	1141.48	2.38
S03 Suelo nivel 06	Suelo	1141.48	2.38	1141.48	2.38

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m²]	Transmitancia actual del hueco [W/m² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m² K]	Superficie post mejora [m²]	Transmitancia a post mejora [W/m² K]	Transmitancia a post mejora del vidrio [W/m² K]
V01 sureste	Hueco	737.28	3.59	3.30	737.28	3.59	3.30
V02	Hueco	28.77	5.70	5.70	28.77	5.70	5.70
V03	Hueco	32.57	5.70	5.70	32.57	5.70	5.70
V04.1 norte	Hueco	3.08	3.73	3.30	3.08	3.73	3.30
V04.2 noreste	Hueco	80.08	3.71	3.30	80.08	3.71	3.30
V04.3 noreste	Hueco	43.12	3.71	3.30	43.12	3.71	3.30
V05.1 noreste	Hueco	32.83	5.70	5.70	32.83	5.70	5.70
V05.2 noreste	Hueco	29.85	3.45	3.30	29.85	3.45	3.30
V06	Hueco	21.42	5.70	5.70	21.42	5.70	5.70
V07	Hueco	24.09	5.70	5.70	24.09	5.70	5.70
V08	Hueco	7.18	5.70	5.70	7.18	5.70	5.70
V09	Hueco	9.20	5.70	5.70	9.20	5.70	5.70
V10	Hueco	11.04	5.70	5.70	11.04	5.70	5.70
V11	Hueco	14.70	5.70	5.70	14.70	5.70	5.70
V12	Hueco	53.44	5.70	5.70	53.44	5.70	5.70
V13	Hueco	33.88	5.70	5.70	33.88	5.70	5.70
V14	Hueco	9.16	5.70	5.70	9.16	5.70	5.70
V15	Hueco	14.14	5.70	5.70	14.14	5.70	5.70
V16	Hueco	18.94	5.70	5.70	18.94	5.70	5.70
V17	Hueco	8.13	5.70	5.70	8.13	5.70	5.70
V18	Hueco	4.81	5.70	5.70	4.81	5.70	5.70
V19.1	Hueco	3.15	5.70	5.70	3.15	5.70	5.70
V19.2	Hueco	3.15	5.70	5.70	3.15	5.70	5.70
V20	Hueco	8.68	5.70	5.70	8.68	5.70	5.70
V21.1 sureste	Hueco	1401.66	3.59	3.30	1401.66	3.59	3.30
V21.2	Hueco	34.75	3.59	3.30	34.75	3.59	3.30
V21.3 sureste	Hueco	46.34	2.50	2.70	46.34	2.50	2.70
V22 norte	Hueco	339.46	3.43	3.30	339.46	3.43	3.30
V23	Hueco	8.25	5.70	5.70	8.25	5.70	5.70
V24	Hueco	6.00	5.70	5.70	6.00	5.70	5.70
V25	Hueco	6.44	5.70	5.70	6.44	5.70	5.70
V26	Hueco	88.98	3.34	3.30	88.98	3.34	3.30
V27	Hueco	13.57	3.43	3.30	13.57	3.43	3.30
V28	Hueco	46.14	3.39	3.30	46.14	3.39	3.30
V29	Hueco	2.94	3.49	3.30	2.94	3.49	3.30
V30	Hueco	20.08	3.38	3.30	20.08	3.38	3.30
V31	Hueco	15.72	3.43	3.30	15.72	3.43	3.30
V32	Hueco	7.21	3.42	3.30	7.21	3.42	3.30
V33	Hueco	5.78	3.38	3.30	5.78	3.38	3.30
V34	Hueco	4.23	3.40	3.30	4.23	3.40	3.30
V35	Hueco	16.24	3.40	3.30	16.24	3.40	3.30
V04.1 noreste	Hueco	80.08	3.73	3.30	80.08	3.73	3.30
V04.1 noroeste	Hueco	40.04	3.73	3.30	40.04	3.73	3.30
V04.2 norte	Hueco	3.08	3.71	3.30	3.08	3.71	3.30
V04.2 noroeste	Hueco	40.04	3.71	3.30	40.04	3.71	3.30

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

V04.3 sureste	Hueco	77.00	3.71	3.30	77.00	3.71	3.30
V05.1 sureste	Hueco	52.23	5.70	5.70	52.23	5.70	5.70
V05.2 sureste	Hueco	22.39	3.45	3.30	22.39	3.45	3.30
V22 este	Hueco	239.62	3.43	3.30	239.62	3.43	3.30
V22 sureste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	3.43	3.30
V22 sur	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	3.43	3.30
V22 suroeste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	3.43	3.30
V22 oeste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	3.43	3.30
V01 noroeste	Hueco	737.28	3.59	3.30	737.28	3.59	3.30
V21.1 noroeste	Hueco	1471.17	3.59	3.30	1471.17	3.59	3.30
V21.3 noroeste	Hueco	11.58	2.50	2.70	11.58	2.50	2.70

INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo calefacción	Caldera Estándar	1000	84.4%	-	Caldera Estándar	1000	84.4%	-	-
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		159.8%	-	Bomba de Calor		159.8%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo refrigeración	Maquina frigorífica		189.0%	-	Maquina frigorífica		189.0%	-	-
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		157.5%	-	Bomba de Calor		157.5%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Equipo ACS	Caldera Estándar	24.0	100.2%	-	Caldera Estándar	24.0	100.2%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
MEJORA 2

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Sustitución de carpinterías.
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés



	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	85.60	13.8%	4.31	53.8%	24.28	0.0%	-	-%	114.19	14.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	118.90	E 13.8%	6.59	B 53.8%	28.89	G 0.0%	-	-%	154.39	E 14.7%
Emisiones de CO2 [kgCO2/m ² año]	23.33	D 13.8%	1.24	A 53.8%	6.12	G 0.0%	-	-%	30.69	D 14.4%
Demanda [kWh/m ² año]	89.06	E 13.8%	7.54	B 53.8%						

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m ²]	Transmitancia actual [W/m ² K]	Superficie post mejora [m ²]	Transmitancia post mejora [W/m ² K]
Fachada orientación Norte (F06)	Fachada	202.55	0.78	202.55	0.78
Fachada orientación Noreste (F07, F08, F21)	Fachada	1153.13	0.78	1153.13	0.78
Fachada orientación Este (F18, F22)	Fachada	228.57	0.78	228.57	0.78
Fachada orientación Sureste (F01, F09, F11, F13, F23)	Fachada	1411.20	0.78	1411.20	0.78
Fachada orientación Sur (F14)	Fachada	182.10	0.78	182.10	0.78
Fachada orientación Suroeste (F02, F04, F10, F12, F15, F17, F20, F24)	Fachada	1691.54	0.78	1691.54	0.78
Fachada orientación Oeste (F16, F19, F25)	Fachada	210.39	0.78	210.39	0.78
Fachada orientación Noroeste (F03, F05, F26)	Fachada	1026.28	0.78	1026.28	0.78
C01 Cubierta viviendas	Cubierta	1156.26	0.70	1156.26	0.70
C02 Cubierta hexágono	Cubierta	957.75	0.70	957.75	0.70
C03 Cubierta nivel 05	Cubierta	1014.26	0.70	1014.26	0.70
C04_Cubierta nivel 05 inclinada	Cubierta	532.74	0.70	532.74	0.70
C05 Cubierta nivel 04	Cubierta	1514.85	0.70	1514.85	0.70
C06 Cubierta saliente nivel 00	Cubierta	139.40	0.70	139.40	0.70
S01 Suelo nivel 00 en contacto con garaje	Partición Interior	2355.71	1.32	2355.71	1.32
S02 suelo nivel 03	Suelo	1141.48	2.38	1141.48	2.38
S03 Suelo nivel 06	Suelo	1141.48	2.38	1141.48	2.38

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m ²]	Transmitancia actual del hueco [W/m ² K]	Transmitancia a actual del vidrio [W/m ² K]	Superficie post mejora [m ²]	Transmitancia a post mejora [W/m ² K]	Transmitancia a post mejora del vidrio [W/m ² K]
V01 sureste	Hueco	737.28	3.59	3.30	737.28	1.30	1.30
V02	Hueco	28.77	5.70	5.70	28.77	1.30	1.30
V03	Hueco	32.57	5.70	5.70	32.57	1.30	1.30
V04.1 norte	Hueco	3.08	3.73	3.30	3.08	1.30	1.30
V04.2 noreste	Hueco	80.08	3.71	3.30	80.08	1.30	1.30
V04.3 noreste	Hueco	43.12	3.71	3.30	43.12	1.30	1.30
V05.1 noreste	Hueco	32.83	5.70	5.70	32.83	1.30	1.30
V05.2 noreste	Hueco	29.85	3.45	3.30	29.85	1.30	1.30
V06	Hueco	21.42	5.70	5.70	21.42	1.30	1.30
V07	Hueco	24.09	5.70	5.70	24.09	1.30	1.30
V08	Hueco	7.18	5.70	5.70	7.18	1.30	1.30
V09	Hueco	9.20	5.70	5.70	9.20	1.30	1.30
V10	Hueco	11.04	5.70	5.70	11.04	1.30	1.30
V11	Hueco	14.70	5.70	5.70	14.70	1.30	1.30
V12	Hueco	53.44	5.70	5.70	53.44	1.30	1.30
V13	Hueco	33.88	5.70	5.70	33.88	1.30	1.30
V14	Hueco	9.16	5.70	5.70	9.16	1.30	1.30
V15	Hueco	14.14	5.70	5.70	14.14	1.30	1.30
V16	Hueco	18.94	5.70	5.70	18.94	1.30	1.30
V17	Hueco	8.13	5.70	5.70	8.13	1.30	1.30
V18	Hueco	4.81	5.70	5.70	4.81	1.30	1.30
V19.1	Hueco	3.15	5.70	5.70	3.15	1.30	1.30
V19.2	Hueco	3.15	5.70	5.70	3.15	1.30	1.30
V20	Hueco	8.68	5.70	5.70	8.68	1.30	1.30
V21.1 sureste	Hueco	1401.66	3.59	3.30	1401.66	1.30	1.30
V21.2	Hueco	34.75	3.59	3.30	34.75	1.30	1.30
V21.3 sureste	Hueco	46.34	2.50	2.70	46.34	1.30	1.30
V22 norte	Hueco	339.46	3.43	3.30	339.46	1.30	1.30
V23	Hueco	8.25	5.70	5.70	8.25	1.30	1.30
V24	Hueco	6.00	5.70	5.70	6.00	1.30	1.30
V25	Hueco	6.44	5.70	5.70	6.44	1.30	1.30
V26	Hueco	88.98	3.34	3.30	88.98	1.30	1.30
V27	Hueco	13.57	3.43	3.30	13.57	1.30	1.30
V28	Hueco	46.14	3.39	3.30	46.14	1.30	1.30
V29	Hueco	2.94	3.49	3.30	2.94	1.30	1.30
V30	Hueco	20.08	3.38	3.30	20.08	1.30	1.30
V31	Hueco	15.72	3.43	3.30	15.72	1.30	1.30
V32	Hueco	7.21	3.42	3.30	7.21	1.30	1.30
V33	Hueco	5.78	3.38	3.30	5.78	1.30	1.30
V34	Hueco	4.23	3.40	3.30	4.23	1.30	1.30
V35	Hueco	16.24	3.40	3.30	16.24	1.30	1.30
V04.1 noreste	Hueco	80.08	3.73	3.30	80.08	1.30	1.30
V04.1 noroeste	Hueco	40.04	3.73	3.30	40.04	1.30	1.30
V04.2 norte	Hueco	3.08	3.71	3.30	3.08	1.30	1.30
V04.2 noroeste	Hueco	40.04	3.71	3.30	40.04	1.30	1.30

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

V04.3 sureste	Hueco	77.00	3.71	3.30	77.00	1.30	1.30
V05.1 sureste	Hueco	52.23	5.70	5.70	52.23	1.30	1.30
V05.2 sureste	Hueco	22.39	3.45	3.30	22.39	1.30	1.30
V22 este	Hueco	239.62	3.43	3.30	239.62	1.30	1.30
V22 sureste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	1.30	1.30
V22 sur	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	1.30	1.30
V22 suroeste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	1.30	1.30
V22 oeste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	1.30	1.30
V01 noroeste	Hueco	737.28	3.59	3.30	737.28	1.30	1.30
V21.1 noroeste	Hueco	1471.17	3.59	3.30	1471.17	1.30	1.30
V21.3 noroeste	Hueco	11.58	2.50	2.70	11.58	1.30	1.30

INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo calefacción	Caldera Estándar	1000	84.4%	-	Caldera Estándar	1000	84.4%	-	-
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		159.8%	-	Bomba de Calor		159.8%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo refrigeración	Maquina frigorífica		189.0%	-	Maquina frigorífica		189.0%	-	-
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		157.5%	-	Bomba de Calor		157.5%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/m²/año]		[kW]	[%]	[kWh/m²/año]	[kWh/m²/año]
Equipo ACS	Caldera Estándar	24.0	100.2%	-	Caldera Estándar	24.0	100.2%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

	IDENTIFICACIÓN	Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora	Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Informe descriptivo de la medida de mejora

DENOMINACIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
MEJORA 3

DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA
Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos) Adición de aislamiento térmico por el exterior + Sustitución de carpinterías.
Coste estimado de la medida -
Otros datos de interés

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m ² año]	EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO ₂ /m ² año]
 <p>82.72 C</p>	 <p>16.62 C</p>

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

DEMANDA DE CALEFACCIÓN [kWh/m ² año]	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN [kWh/m ² año]
 <p>35.26 C</p>	 <p>7.73 B</p>

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	956101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m ² año]	33.89	65.9%	4.42	52.6%	24.28	0.0%	-	-%	62.59	52.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m ² año]	47.07	C 65.9%	6.76	B 52.6%	28.89	G 0.0%	-	-	82.72	C 54.3%
Emissiones de CO2 [kgCO2/m ² año]	9.24	B 65.9%	1.27	A 52.6%	6.12	G 0.0%	-	-	16.62	C 53.6%
Demanda [kWh/m ² año]	35.26	C 65.9%	7.73	B 52.6%						

ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie actual [m ²]	Transmitancia actual [W/m ² K]	Superficie post mejora [m ²]	Transmitancia post mejora [W/m ² K]
Fachada orientación Norte (F06)	Fachada	202.55	0.78	202.55	0.31
Fachada orientación Noreste (F07, F08, F21)	Fachada	1153.13	0.78	1153.13	0.31
Fachada orientación Este (F18, F22)	Fachada	228.57	0.78	228.57	0.31
Fachada orientación Sureste (F01, F09, F11, F13, F23)	Fachada	1411.20	0.78	1411.20	0.31
Fachada orientación Sur (F14)	Fachada	182.10	0.78	182.10	0.31
Fachada orientación Suroeste (F02, F04, F10, F12, F15, F17, F20, F24)	Fachada	1691.54	0.78	1691.54	0.31
Fachada orientación Oeste (F16, F19, F25)	Fachada	210.39	0.78	210.39	0.31
Fachada orientación Noroeste (F03, F05, F26)	Fachada	1026.28	0.78	1026.28	0.31
C01 Cubierta viviendas	Cubierta	1156.26	0.70	1156.26	0.70
C02 Cubierta hexágono	Cubierta	957.75	0.70	957.75	0.70
C03 Cubierta nivel 05	Cubierta	1014.26	0.70	1014.26	0.70
C04_Cubierta nivel 05 inclinada	Cubierta	532.74	0.70	532.74	0.70
C05 Cubierta nivel 04	Cubierta	1514.85	0.70	1514.85	0.70
C06 Cubierta saliente nivel 00	Cubierta	139.40	0.70	139.40	0.70
S01 Suelo nivel 00 en contacto con garaje	Partición Interior	2355.71	1.32	2355.71	1.32
S02 suelo nivel 03	Suelo	1141.48	2.38	1141.48	2.38
S03 Suelo nivel 06	Suelo	1141.48	2.38	1141.48	2.38

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie actual [m ²]	Transmitancia actual del hueco [W/m ² K]	Transmitancia actual del vidrio [W/m ² K]	Superficie post mejora [m ²]	Transmitancia a post mejora [W/m ² K]	Transmitancia a post mejora del vidrio [W/m ² K]
V01 sureste	Hueco	737.28	3.59	3.30	737.28	1.30	1.30
V02	Hueco	28.77	5.70	5.70	28.77	1.30	1.30
V03	Hueco	32.57	5.70	5.70	32.57	1.30	1.30
V04.1 norte	Hueco	3.08	3.73	3.30	3.08	1.30	1.30
V04.2 noreste	Hueco	80.08	3.71	3.30	80.08	1.30	1.30
V04.3 noreste	Hueco	43.12	3.71	3.30	43.12	1.30	1.30
V05.1 noreste	Hueco	32.83	5.70	5.70	32.83	1.30	1.30
V05.2 noreste	Hueco	29.85	3.45	3.30	29.85	1.30	1.30
V06	Hueco	21.42	5.70	5.70	21.42	1.30	1.30
V07	Hueco	24.09	5.70	5.70	24.09	1.30	1.30
V08	Hueco	7.18	5.70	5.70	7.18	1.30	1.30
V09	Hueco	9.20	5.70	5.70	9.20	1.30	1.30
V10	Hueco	11.04	5.70	5.70	11.04	1.30	1.30
V11	Hueco	14.70	5.70	5.70	14.70	1.30	1.30
V12	Hueco	53.44	5.70	5.70	53.44	1.30	1.30
V13	Hueco	33.88	5.70	5.70	33.88	1.30	1.30
V14	Hueco	9.16	5.70	5.70	9.16	1.30	1.30
V15	Hueco	14.14	5.70	5.70	14.14	1.30	1.30
V16	Hueco	18.94	5.70	5.70	18.94	1.30	1.30
V17	Hueco	8.13	5.70	5.70	8.13	1.30	1.30
V18	Hueco	4.81	5.70	5.70	4.81	1.30	1.30
V19.1	Hueco	3.15	5.70	5.70	3.15	1.30	1.30
V19.2	Hueco	3.15	5.70	5.70	3.15	1.30	1.30
V20	Hueco	8.68	5.70	5.70	8.68	1.30	1.30
V21.1 sureste	Hueco	1401.66	3.59	3.30	1401.66	1.30	1.30
V21.2	Hueco	34.75	3.59	3.30	34.75	1.30	1.30
V21.3 sureste	Hueco	46.34	2.50	2.70	46.34	1.30	1.30
V22 norte	Hueco	339.46	3.43	3.30	339.46	1.30	1.30
V23	Hueco	8.25	5.70	5.70	8.25	1.30	1.30
V24	Hueco	6.00	5.70	5.70	6.00	1.30	1.30
V25	Hueco	6.44	5.70	5.70	6.44	1.30	1.30
V26	Hueco	88.98	3.34	3.30	88.98	1.30	1.30
V27	Hueco	13.57	3.43	3.30	13.57	1.30	1.30
V28	Hueco	46.14	3.39	3.30	46.14	1.30	1.30
V29	Hueco	2.94	3.49	3.30	2.94	1.30	1.30
V30	Hueco	20.08	3.38	3.30	20.08	1.30	1.30
V31	Hueco	15.72	3.43	3.30	15.72	1.30	1.30
V32	Hueco	7.21	3.42	3.30	7.21	1.30	1.30
V33	Hueco	5.78	3.38	3.30	5.78	1.30	1.30
V34	Hueco	4.23	3.40	3.30	4.23	1.30	1.30
V35	Hueco	16.24	3.40	3.30	16.24	1.30	1.30
V04.1 noreste	Hueco	80.08	3.73	3.30	80.08	1.30	1.30
V04.1 noroeste	Hueco	40.04	3.73	3.30	40.04	1.30	1.30
V04.2 norte	Hueco	3.08	3.71	3.30	3.08	1.30	1.30
V04.2 noroeste	Hueco	40.04	3.71	3.30	40.04	1.30	1.30

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

V04.3 sureste	Hueco	77.00	3.71	3.30	77.00	1.30	1.30
V05.1 sureste	Hueco	52.23	5.70	5.70	52.23	1.30	1.30
V05.2 sureste	Hueco	22.39	3.45	3.30	22.39	1.30	1.30
V22 este	Hueco	239.62	3.43	3.30	239.62	1.30	1.30
V22 sureste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	1.30	1.30
V22 sur	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	1.30	1.30
V22 suroeste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	1.30	1.30
V22 oeste	Hueco	359.42	3.43	3.30	359.42	1.30	1.30
V01 noroeste	Hueco	737.28	3.59	3.30	737.28	1.30	1.30
V21.1 noroeste	Hueco	1471.17	3.59	3.30	1471.17	1.30	1.30
V21.3 noroeste	Hueco	11.58	2.50	2.70	11.58	1.30	1.30

INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo calefacción	Caldera Estándar	1000	84.4%	-	Caldera Estándar	1000	84.4%	-	-
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		159.8%	-	Bomba de Calor		159.8%	-	-
TOTALES									

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Sólo refrigeración	Maquina frigorífica		189.0%	-	Maquina frigorífica		189.0%	-	-
Calefacción y refrigeración individual	Bomba de Calor		157.5%	-	Bomba de Calor		157.5%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-

	IDENTIFICACIÓN		Ref. Catastral	9556101VK3795F	Versión informe asociado	24/07/2025
	Id. Mejora		Programa y versión	CEXv2.3	Fecha	24/07/2025

Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

Nombre	Tipo	Potencia nominal	Rendimiento Estacional	Estimación Energía Consumida anual	Tipo post mejora	Potencia nominal post mejora	Rendimiento o estacional post mejora	Estimación Energía Consumida anual Post mejora	Energía anual ahorrada
		[kW]	[%]	[kWh/año]		[kW]	[%]	[kWh/año]	[kWh/año]
Equipo ACS	Caldera Estándar	24.0	100.2%	-	Caldera Estándar	24.0	100.2%	-	-
TOTALES		-		-		-		-	-