



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA: OPORTUNIDADES DE REDUCCIÓN DE EMISIONES Y FINANCIACIÓN

Autor: Juan García Montero

Director: Elías Gómez López

Índice de la Memoria

<i>Índice de la Memoria</i>	3
<i>Índice de figuras</i>	5
<i>Índice de tablas</i>	7
Capítulo 1. Introducción	8
1.1 Motivación del proyecto.....	9
1.2 Objetivos del proyecto.....	9
1.3 Barreras de entrada.....	10
1.4 Alineación con los ODS	12
1.5 Metodología de trabajo.....	13
1.6 Recursos a emplear.....	14
Capítulo 2. Estado de la cuestión	16
Capítulo 3. Oportunidades de financiación	19
3.1 Ayudas a fondo perdido	19
3.2 Entidades financieras.....	22
Capítulo 4. Rehabilitación de un edificio	25
Capítulo 5. Impacto	35
5.1 Impacto económico	35
5.2 Impacto medioambiental	37
Capítulo 6. Caso de estudio	38
6.1 Caso actual	38
6.2 Primer escenario – Rehabilitación de la envolvente.....	43
6.2.1 <i>Análisis energético</i>	47
6.2.2 <i>Impacto medioambiental</i>	47
6.2.3 <i>Calificación energética</i>	48

6.2.4 Impacto económico.....	50
6.3 Segundo escenario – Instalación de aerotermia y paneles fotovoltaicos	54
6.3.1 Análisis energético	56
6.3.2 Calificación energética	57
6.3.3 Impacto medioambiental	58
6.3.4 Impacto económico.....	59
Capítulo 7. Conclusiones.....	65
Capítulo 8. Bibliografía.....	68
Capítulo 9. Anexos.....	72
Anexo 1.....	72
Factores de emisión de energía.....	72
Anexo 2.....	73
Factores de conversión.....	73
Anexo 3.....	74
Valores de referencia para edificios existentes de uso residencial privado (vivienda) y tipo en bloque	74
Anexo 4.....	75
Clases de eficiencia para edificios de uso residencial privado (vivienda) de tipo en bloque, en climas peninsulares	75

Índice de figuras

Ilustración 1: Objetivos de desarrollo sostenible.....	12
Ilustración 2: Datos sobre viviendas en España.	16
Ilustración 3: Desglose de viviendas en función de la calificación de eficiencia energética	16
Ilustración 4: Distribución de los fondos en España para proyectos de rehabilitación de viviendas.....	22
Ilustración 5: Sistema SATE (Retek, 2023)	25
Ilustración 6: Sistema de fachada ventilada (Retek, 2023).	26
Ilustración 7: Aislante en cubiertas	27
Ilustración 8: Sistema de aerotermia	27
Ilustración 9: Caldera de condensación	28
Ilustración 10: Caldera de biomasa	28
Ilustración 11: Unidad de tratamiento de aire	29
Ilustración 12: Calefacción por suelo radiante	29
Ilustración 13: Válvulas termostáticas en radiadores	30
Ilustración 14: Paneles fotovoltaicos.....	31
Ilustración 15: Sistema de geotermia.....	32
Ilustración 16: Ventana de triple acristalamiento.....	33
Ilustración 17: Iluminación LED en el interior de una vivienda.	33
Ilustración 18: Consumo de gas y electricidad.....	40
Ilustración 19: Consumo de electricidad destinada a refrigeración.....	40
Ilustración 20: Visor cartográfico de la sede electrónica del catastro. (Ministerio de hacienda y función pública, 2023).....	44
Ilustración 21: Cubierta vista desde el visor cartográfico (Ministerio de hacienda y función pública, 2023).....	45
Ilustración 22: Calificación energética del caso actual	50

Ilustración 23: Calificación energética del primer escenario	50
Ilustración 24: Calificación energética del segundo escenario.....	58

Índice de tablas

Tabla 1: Cronograma de metodología de trabajo	14
Tabla 2: Especificaciones para el cálculo de consumo energético.....	39
Tabla 3: Escala de calificación energética.....	49
Tabla 4: Análisis económico primer escenario.....	51
Tabla 5: Subvenciones fondos NextGen	52
Tabla 6: Análisis financiero primer escenario.....	53
Tabla 7: Análisis de flujos de caja por vivienda.....	54
Tabla 8: Especificaciones paneles Smart Solar Iberdrola (Iberdrola, 2023).....	56
Tabla 9: Presupuesto 2º escenario.	60
Tabla 10: Análisis económico segundo escenario.....	61
Tabla 11: Análisis financiero segundo escenario.	61
Tabla 12: Subvenciones de los fondos NextGen (J.R., Guía de fondos Europeos , 2022) .	62
Tabla 13: Análisis financiero primer escenario.....	63
Tabla 14: Análisis de flujo de caja por vivienda	64

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

El TFM consiste en el análisis de oportunidades de financiación para la rehabilitación energética de edificios de viviendas en España y del impacto tanto económico como medioambiental que los planes de rehabilitación energética de viviendas puedan conllevar. La rehabilitación energética de edificios es una de las medidas más eficaces para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y cumplir con los compromisos adquiridos en la lucha contra el cambio climático. Además, la rehabilitación energética de edificios puede mejorar significativamente el confort de los hogares y reducir la factura energética de los consumidores.

El sector de la construcción en España ha sido uno de los principales motores de la economía durante las últimas décadas, representando en torno al 10% del PIB y generando alrededor del 6% del empleo total en el país. (Eurostat, 2022). En los últimos años debido a la crisis económica el sector se ha visto afectado. La eficiencia energética en el sector de la construcción se ha convertido en un tema clave para la recuperación del sector y la mejora de la competitividad. La mejora de la eficiencia energética de edificios existentes presenta una oportunidad para impulsar la actividad y el empleo, además de contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y al cumplimiento de los objetivos nacionales y europeos en materia de energía y clima.

En España, el parque edificatorio se encuentra en un estado de obsolescencia elevado y bajo nivel de eficiencia energética, lo que representa una oportunidad importante para ahorrar energía y reducir las emisiones de CO₂. En este contexto, la rehabilitación energética de edificios se presenta como una oportunidad para mejorar la eficiencia energética del parque edificatorio español y contribuir a la reducción de emisiones, además de generar actividad económica y empleo en el sector de la construcción. Además, la

Agencia Internacional de Energía estima que el potencial de ahorro energético en edificios existentes en Europa podría alcanzar el 80% para el año 2050.

Sin embargo, la falta de financiación y las barreras técnicas, administrativas y culturales pueden dificultar la implementación de medidas de rehabilitación energética en edificios existentes. Por ello, resulta necesario analizar las oportunidades de financiación disponibles y las diferentes alternativas y herramientas para fomentar la rehabilitación energética de edificios en España.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

La motivación de este proyecto radica en la necesidad de abordar el problema del cambio climático y la eficiencia energética en España, enfocándonos en el sector de la construcción, que representa una parte importante de las emisiones de gases de efecto invernadero. Además, la mejora de la eficiencia energética en los edificios puede tener un impacto positivo en las personas, tanto a nivel económico como a nivel de confort y calidad del hogar, al reducir las facturas de energía y mejorar el confort de la vivienda en cuestión.

A parte del impacto ambiental y al propietario de vivienda, estos proyectos ofrecen la oportunidad de completar la inversión parcial que los fondos ofrecen. De esta manera aparecerán bancos y otras instituciones financieras que tendrán la oportunidad de financiar los proyectos y obtener una rentabilidad a partir de esta financiación.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es la evaluar cual es el potencial de rehabilitación de viviendas en España y de financiación de estos proyectos y cuantificar el impacto que dichos proyectos supondrán tanto en reducción de emisión de gases de efecto invernadero tanto a nivel

económico, desde el punto de vista del propietario y de la entidad que colabore con la financiación de dichos proyectos.

Los objetivos concretos que existen en un proyecto de rehabilitación de una vivienda son los siguientes:

- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorando el medio ambiente.
- Revalorización de la vivienda.
- Mejora de la calificación de la vivienda.
- Reducción del consumo energético.
- Ahorro económico del propietario.
- Aumento del confort en el interior de la vivienda.
- Retorno económico para inversores que completen la financiación del proyecto.

1.3 BARRERAS DE ENTRADA

El cumplimiento de los objetivos de este tipo de proyectos ofrece una gran cantidad de beneficios tanto de carácter financiero como medioambiental. Desde el punto de vista del propietario de una vivienda la opción de rehabilitarla supondrá una serie de beneficios para él. Sin embargo, existen varios factores que dificultan que estos proyectos se lleven a cabo.

- Acuerdo de los propietarios: En comunidades de propietarios, alcanzar un acuerdo de la mayoría de los propietarios puede ser un desafío. Existen diferencias de opinión, prioridades y objetivos individuales que pueden dificultar la toma de decisiones y que este tipo de proyectos no se lleve a cabo. Existen casos, en los que las viviendas del edificio tienen condiciones diferentes por reformas u otras obras y las necesidades energéticas en cada caso sean ligeramente distintas, lo que suponga una falta de consenso entre los propietarios que dificulta que el proyecto se lleve a cabo.

- **Resistencia al cambio:** Puede existir una resistencia al cambio por parte de algunos propietarios por diversos motivos como desconfianza tanto con la obra y sus tiempos como con la financiación, desgana de llevar a cabo su parte correspondiente del proceso, preocupaciones sobre interrupciones en la vida cotidiana, cambios en el diseño del edificio o vivienda, o simplemente el desconocimiento de los beneficios que estos proyectos ofrecen.
- **Retraso en la financiación:** Para recibir los fondos Next Gen destinados a cubrir una gran parte de la obra, es necesario presentar una solicitud, que incluya un certificado de eficiencia energética del edificio existente en el estado actual y, para justificar la actuación, un certificado de eficiencia energética que refleje las mejoras obtenidas gracias a la intervención prevista en el proyecto. Todo ello, supone tiempo y un gasto en el estudio de las valoraciones energéticas del edificio. Además, la resolución de la solicitud tiene unos plazos establecidos de entre 3 y 12 meses y un año, lo que puede suponer que las obras se inicien sin haber recibido los fondos. Por lo que, está esperando en cobrar los fondos y está inversión inicial sin recibir los fondos, puede provocar que algunos propietarios desestimen la idea de llevar a cabo el proyecto.
- **Largo periodo de obras:** La realización de estas obras de rehabilitación energética en edificios puede requerir un periodo de tiempo considerable. Esto puede generar que haya propietarios que no estén dispuestos a sacrificar su calidad de vida durante la ejecución de las obras, como puede ser el ejemplo de personas mayores y por tanto no quieren participar en estos proyectos.

1.4 ALINEACIÓN CON LOS ODS

Este proyecto está alineado con algunos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible que se muestran a continuación.



Ilustración 1: Objetivos de desarrollo sostenible

- **Salud y bienestar:** Este proyecto al impulsar los proyectos de rehabilitación de viviendas logra un aumento del bienestar en lo que refiere al uso residencial de la vivienda. Tras la rehabilitación de una vivienda, la vivienda adquiere una calidad adicional a la que tenía antes y sistemas mucho más modernos de calefacción y refrigeración que aumentarían el confort de los habitantes de la vivienda.
- **Energía asequible y no contaminante:** Con la rehabilitación de las viviendas, se logrará una reducción en el consumo y en algunos casos concretos la transición de una energía de combustibles fósiles a una energía renovable, por lo que supondrá un impacto a la contaminación. Además, el consumo energético será más asequible para los propietarios de las viviendas porque estos proyectos aumentarán la eficiencia energética de las viviendas.

- Trabajo decente y crecimiento económico: Estos proyectos impulsarán el sector inmobiliario produciendo un crecimiento económico tanto a nivel sectorial como a nivel global. Esto se produce por la revalorización de las viviendas en las que estos proyectos se ejecuten. También impulsará el trabajo de los equipos de instalación de estos proyectos.
- Ciudades y comunidades sostenibles: Con la rehabilitación de las viviendas se consigue impulsar una comunidad sostenible y con el auge de este tipo de proyectos, se obtendrá un impacto en la sostenibilidad de las ciudades. La contribución de estas viviendas con la sostenibilidad del medio ambiente debido a la reducción de emisiones supondrá esta contribución con las ciudades y comunidades.
- Producción y consumo responsable: La mejora de la eficiencia energética tendrá un impacto en el consumo, de manera que este se reducirá y por tanto requerirá de menos producción energética para hacer frente a este consumo.
- Acción por el clima: La reducción de emisiones tanto por el incremento de energía renovable como por la reducción de consumo energético supondrá una mejora contra el cambio climático.

1.5 METODOLOGÍA DE TRABAJO

El trabajo seguirá el siguiente desarrollo:

1. Estudio del estado actual del mercado de la construcción y la eficiencia energética de viviendas y edificios en España.
2. Análisis de las oportunidades de financiación para proyectos de rehabilitación energética.

3. Descripción de la rehabilitación de un edificio.
4. Análisis del impacto económico desde el punto de vista del propietario y del inversor.
5. Análisis del impacto medioambiental de proyectos de rehabilitación energética.
6. Caso de estudio de comunidad de vecinos, valorando diferentes escenarios y evaluando el impacto.

Actividades	01/03/2023	15/03/2023	01/04/2023	15/04/2023	01/05/2023	15/05/2023	01/06/2023	15/06/2023	01/07/2023	15/07/2023	01/06/2023	15/06/2023	01/07/2023	15/07/2023
Estudio del contexto	■	■	■	■										
Análisis de oportunidades de financiación		■	■	■										
Estudio de proyectos de rehabilitación			■	■	■									
Análisis del impacto económico						■	■	■						
Análisis del impacto medioambiental							■	■	■					
Caso de estudio									■	■	■	■	■	
Presentación del proyecto														■

Tabla 1: Cronograma de metodología de trabajo

1.6 RECURSOS A EMPLEAR

Son varios los recursos que se van a emplear durante el desarrollo del proyecto. Entre los más importantes se encuentran aquellos recursos que van a ser destinados para el modelaje del caso práctico, dónde se incluirá Excel y recursos que aún están por determinar para el modelaje de la energía consumida, como softwares que permitan realizar simulaciones del consumo energético.

También será necesario apoyarse en expertos de la materia. En este caso, el proyecto es dirigido por Elías Gómez López que tiene amplia experiencia en este ámbito y por lo tanto dará soporte y ayuda a las dudas que puedan surgir durante el desarrollo de este.

Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Actualmente, más del 50% de las construcciones de viviendas residenciales anteriores a 1980 y un millón de viviendas en estado ruinoso (J.R., 2022). Lo que supone que el conjunto de 25 millones de viviendas del país sea responsable del 30% de las emisiones de CO₂, lo que es un índice elevado de contaminación.

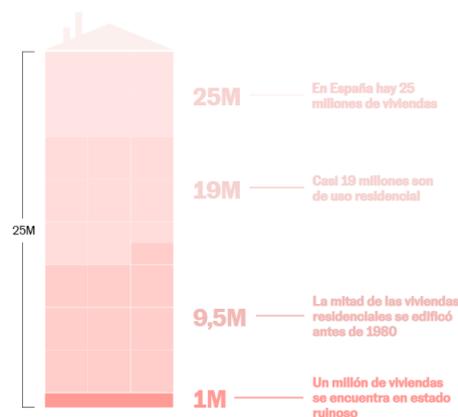


Ilustración 2: Datos sobre viviendas en España.

En cuanto a las calificaciones de eficiencia energética se refiere, el 85% de la edificación existente obtiene una de las calificaciones más bajas (E, F, G). A continuación, se muestra un desglose de viviendas en función de su calificación energética.

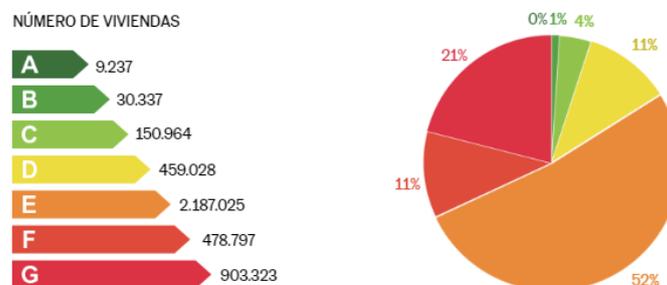


Ilustración 3: Desglose de viviendas en función de la calificación de eficiencia energética

Esto ofrece una oportunidad amplísima de rehabilitación de viviendas que está siendo aprovechada por todos los actores involucrados. Dentro de estos actores, encontramos las empresas de construcción que llevan a cabo estos proyectos de rehabilitación.

En 2019 se llevó a cabo la rehabilitación de aproximadamente 31.100 hogares, un 10% más que en 2018. El objetivo del Gobierno a través del PRTR es multiplicar la actividad por diez de aquí a 2030, llegando a las 300.000 viviendas al año. A través del programa se prevé alcanzar las 510.000 actuaciones de renovación de viviendas en 2026. En total, se espera ejecutar 510.000 actuaciones de rehabilitación durante todo el periodo de aplicación del PRTR, lo que implica un ritmo medio de 71.000 viviendas al año (MITMA, 2023).

A continuación, se muestran las principales empresas que operan en España que llevan a cabo proyectos de rehabilitación de viviendas residenciales.

- **Acciona Energía:** Esta división de Acciona, entre otras cosas se enfoca en la rehabilitación energética de edificios residenciales. Una particularidad es que ofrecen el servicio haciéndose cargo de la solicitud de subvenciones y sin incurrir en préstamos bancarios o derramas, asumiendo la inversión a través de un Contrato de Servicios Energéticos (Acciona, 2023).
- **Ferrovial Servicios:** Ferrovial ofrece servicios de rehabilitación y mantenimiento de infraestructuras y edificios, incluyendo la rehabilitación energética de edificios de uso residencial. Además, ferrovial ha participado en proyectos de innovación consorciados como: PRENDE, MIRE3D y BIMERR que mediante tecnología TIC ayuden a llevar a cabo la transformación del parque edificatorio español en un entorno más sostenibles (Ferrovial, 2023).
- **OHLA:** Cuenta más de 110 años de experiencia en la rehabilitación de edificios residenciales y desde 2021 a raíz de los fondos Next Gen, ha entrado en coalición con Endesa y Bankinter para desarrollar estos proyectos de rehabilitación

energética de edificios residenciales (OHLA, 2021). Entre sus proyectos, destaca la participación como la única constructora española en el proyecto de I+D AZEB (Affordable Zero Energy Building) ha permitido el desarrollo y difusión a gran escala de una metodología eficaz para la optimización de costes de los edificios que producen más energía de la que consumen.

- Effic: Es la unidad de negocio de Anticipa Real Estate y Aliseda Inmobiliaria que se encarga de la rehabilitación edificios residenciales y viviendas unifamiliares con el objetivo de mejora de la eficiencia energética. Actualmente, cuenta con un acuerdo con Kutxabank para llevar a cabo proyectos de este tipo, en el que la entidad financiera es encargada de la financiación de la parte no cubierta por los fondos europeos (Effic, 2023).
- Neuban: Cuenta con más de 250 rehabilitaciones de edificios residenciales y ofrece proyectos de rehabilitación energética, incluyendo rehabilitación de fachadas, cubiertas, aislamiento y demás actuaciones, sin llevar a cabo la instalación de sistemas de producción de energía renovable (Neuban, 2023).
- Kalam: Especializada en rehabilitación y restauración de edificios, cuenta con una división que se centra en la rehabilitación energética de edificios residenciales, incluyendo todo tipo de reformas y acciones para mejorar la eficiencia energética, pero sin incurrir en la instalación de sistemas de producción de energía renovable.
- Retek: Constructora especialista en rehabilitación energética de edificios. Dentro de sus acciones destacan la rehabilitación de fachadas para la mejora de eficiencia energética de las viviendas llevando a cabo instalaciones del sistema SATE y de fachadas ventiladas.

Capítulo 3. OPORTUNIDADES DE FINANCIACIÓN

En el contexto de la rehabilitación energética de viviendas, la disponibilidad de opciones de financiación desempeña un papel fundamental para asegurar el éxito y viabilidad de los proyectos. Actualmente existen diversas opciones disponibles que pueden ayudar a reducir el coste total de la obra. Por un lado, existen las ayudas a fondo perdido que se caracterizan por ser subvenciones que provienen de fondos públicos, y de planes de ayuda que lleva a cabo el gobierno. Por otro lado, existe la financiación por parte de instituciones financieras, que engloba a bancos y otras entidades financieras que ofrecen préstamos y en este caso se requiere la devolución y el pago de los intereses correspondientes.

3.1 AYUDAS A FONDO PERDIDO

Desde la comisión europea, a modo de cooperación territorial europea se han impulsado a lo largo de los años varios fondos con ayudas a los gobiernos europeos para la prosperidad de los países. Entre esas ayudas, parte ha sido destinada a la rehabilitación del parque edificatorio. El principal fondo, que ha incluido estas acciones en su paquete en los últimos años ha sido el fondo FEDER, destinado a contribuir a reducir las diferencias entre los niveles de desarrollo de las regiones europeas y mejorar el nivel de vida en las regiones menos favorecidas. Por ello, estos fondos también respaldaron el desarrollo urbano sostenible. Entre los años 2014 y 2020, el 5 % de los fondos FEDER para cada Estado miembro fueron destinados a acciones integradas en favor del desarrollo urbano sostenible, abordando los desafíos económicos, medioambientales, demográficos y sociales que afectan a las zonas urbanas (Ministerio de Hacienda y Función Pública, 2023).

Actualmente, los fondos destinados a llevar a cabo estas acciones son los fondos europeos Next Generation EU, que han sido creados con el objetivo de apoyar la recuperación económica y acelerar la transición hacia una economía más sostenible. Estos fondos

incluyen subvenciones a fondo perdido y avales ICO para empresas y autónomos, lo que puede resultar muy beneficioso para la realización de proyectos de rehabilitación energética. Además, los propietarios de viviendas pueden beneficiarse de deducciones de IRPF en el impuesto sobre la renta, lo que puede compensar las derramas asumidas para financiar la rehabilitación. También existen préstamos y líneas de crédito específicas para proyectos de rehabilitación energética, ofrecidos tanto por bancos como por organismos públicos.

El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) ofrece un total de 3 420 M€, provenientes de los fondos europeos Next Generation EU (MITMA, 2023). Las características de este plan de ayudas para la rehabilitación son las siguientes:

- Vías de financiación:
 - 2 970 M€ en subvenciones
 - 450 M€ en deducciones de IRPF
 - 1 100 en avales ICO

- Ayudas:
 - Hasta 21 400 euros por vivienda
 - Entre el 40% y el 80% del coste de la actuación
 - Subvención del 100% en caso de vulnerabilidad social y económica

- Objetivos:
 - Reducir el 30% el consumo de energía primaria de origen no renovable
 - Descarbonizar la calefacción y la refrigeración y bajar la demanda
 - Ayudar a recortar en 650 000 tCO₂/año las emisiones
 - Combatir la pobreza energética
 - Ejecutar 510 000 de rehabilitaciones hasta 2026

- Ámbitos de actuación:
 - Iniciativas sobre un barrio o entorno residencial impulsadas por los Ayuntamientos
 - Intervención en un edificio residencial. Iniciativa de las comunidades de vecinos/propietarios del inmueble
 - Mejora en viviendas unifamiliares o pisos. A nivel individual de los propietarios/usufructuados

- Actuaciones
 - Fachada y cubiertas: mejora del aislamiento y la carpintería de los edificios
 - Cambio de ventanas en viviendas
 - Digitalización
 - Instalación de placas solares y fotovoltaicas
 - Aerotermia
 - Mejora de accesibilidad a los edificios
 - Retirada de amianto
 - Mejora de zonas verdes y construcción de parques
 - Reurbanización y mejora del entorno físico de los barrios

Dichas ayudas se van a repartir en función del número de hogares en cada comunidad autónoma. A continuación, se muestra la distribución de la previsión de los fondos destinados a cada comunidad.



Ilustración 4: Distribución de los fondos en España para proyectos de rehabilitación de viviendas.

3.2 ENTIDADES FINANCIERAS

A fin de complementar las subvenciones a fondo perdido que ofrecen los fondos de Next Gen para los proyectos de rehabilitación de viviendas, aparecen instituciones financieras que ofrecen financiación para financiar la parte no cubierta por los fondos y así también participar en estos proyectos y sacar rédito económico de ellos.

Según el protocolo del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), existen 34 entidades financieras colaboradoras con el MITMA que ofrecen estos préstamos para complementar las ayudas para la rehabilitación. Entre ellas destacan bancos como Deutsche Bank, BBVA, CaixaBank, Bankinter o Banco Santander. (IDAE, 2023)

Las condiciones establecidas de estos préstamos varían en función del prestamista y en muchos casos el prestamista no establece unas condiciones fijas, si no que vienen ajustadas al tipo de cliente para evaluar el riesgo de dichos préstamos.

Deutsche Bank, ofrece estos préstamos a través de su oferta Avanza Credit. La principal oferta de Avanza Credit, son sus préstamos Huella 0, cuyo objetivo es la financiación de rehabilitación de fachadas, tejados, instalación de placas solares, cerramientos... y cualquier otro elemento que pueda beneficiar a reducir la huella de carbono de un edificio. Junto a Huella 0, existen dos productos que completan la oferta de Avanza Credit. El Préstamo Equipa, destinado a la financiación de equipamientos profesionales de todo tipo y el Préstamo Renueva cuyo objetivo es ayudar a la instalación o renovación de ascensores, rampas de acceso y otros elementos que facilitan la accesibilidad a edificios. (Deutsche Bank, 2023)

Por su lado, CaixaBank ofrece financiación para la mejora energética de viviendas con el préstamo My Home, impulsado en un principio para responder a la demanda de reforma que estalló en España tras la pandemia junto a la demanda de instalación de placas fotovoltaicas, que también entran en estas financiaciones y que se ha visto beneficiada por el impulso de la rehabilitación de viviendas por el PRTR. Los términos de este préstamo son de un mínimo de 3 000€ y un máximo de 30 000€, con devolución en un plazo máximo de 72 meses en función del importe. Las condiciones están sujetas al análisis de solvencia y capacidad de devolución del cliente (CaixaBank, 2023).

Bankinter, a través de su colaboración con Effic (agente rehabilitador de Anticipa Real Estate y Aliseda Inmobiliaria), ofrece un préstamo con condiciones de financiación favorables en el tramo no cubierto por los fondos europeos. Sus condiciones oscilan entre 4 000€ y 30 000€ y 4,54% TAE y 14,92% TAE, en función de las condiciones del cliente, con un plazo de devolución entre 21 y 120 meses dependiendo del importe (Bankinter, 2023).

El Banco Santander ofrece unas condiciones de financiación desde julio de 2022 a través de su préstamo “Eficiencia Energética”, de un máximo de 100 000€, entre 36 y 84 meses a un tipo fijo nominal del 4% (La Vanguardia, 2022).

El BBVA ofrece financiaciones con condiciones ajustadas al cliente y con un límite de financiación no establecido, pero en el que existen casos de hasta 200 000€ y TAEs de entre 3% y 6%. El BBVA trabaja en colaboración con Acciona, para llevar a cabo los proyectos de rehabilitación de vivienda (BBVA, 2023).

A continuación, se va a analizar un caso de éxito como caso representativo de estos proyectos de financiación.

En este caso, se llevó a cabo la reforma en una comunidad de 8 viviendas, que consistió en el aislamiento de fachada y tejado junto con cambio de ventanas. También se cambió la iluminación de zonas comunes por luminarias LEDs. En este caso, también se instalaron placas solares. Se invirtieron aproximadamente 136.000 €. La subvención fue del 80% por parte los fondos ofrecidos, ya que se consiguió una mejora en la eficiencia energética de más del 60% y el restante 20% de los gastos fueron cubiertos por el BBVA.

Además, cuenta con el beneficio de la deducción del 60 % sobre la parte no subvencionada (20 % de la inversión inicial) en el IRPF y descuento en el IBI por parte del municipio. El ahorro económico en la factura energética fue de 640 € por vivienda y año. El ahorro total en el año 1 incluyendo beneficios fiscales y el pago del préstamo fue de 1.980 € por vivienda. Los siguientes 9 años de duración del préstamo el ahorro fue de 158 €. Y a partir del año 10, tras la finalización del préstamo, el ahorro por vivienda y año es de 640 €. La calificación energética subió de la letra E a C.

La necesidad de intervenir en el tejido urbano existente y llevar a cabo la rehabilitación de viviendas es un tema de vital importancia. En España existen más de 13 millones de viviendas construidas antes del año 1980, de las cuales más de la mitad, alrededor de 8.6 millones, ya tienen más de 50 años de antigüedad (Certificados energéticos, 2022). Esta demanda en crecimiento de mejoras en la vivienda y el impulso de políticas y programas que incentivan y apoyan la rehabilitación de viviendas, por parte de los gobiernos y organizaciones, ofrece una valiosa oportunidad de negocio para instituciones financieras y demás prestamistas. Los cuales pueden ofrecer soluciones financieras atractivas y adaptadas a las necesidades de los propietarios y comunidades que deseen emprender estos proyectos. Al invertir en estas iniciativas, las instituciones financieras no solo pueden obtener beneficios económicos, sino también contribuyen al desarrollo de un entorno construido más sostenible.

Capítulo 4. REHABILITACIÓN DE UN EDIFICIO

En cuanto a la rehabilitación en sí, se trata de un conjunto de medidas para mejorar la eficiencia energética de los edificios, que se ajustarán en función de las necesidades de cada edificio. Las principales acciones que se llevan a cabo en los proyectos son las siguientes:

- Fachadas: Aislamiento para conservar la temperatura y reducir el gasto eléctrico de calefacción y refrigeración.
 - Sistema SATE: Consiste en la instalación de un aislamiento térmico en el exterior de la estructura del edificio, seguido de un revestimiento protector. Este sistema crea una envolvente aislante que ayuda a disminuir las pérdidas energéticas en la fachada.



Ilustración 5: Sistema SATE (Retek, 2023)

- Sistema de fachada ventilada: Consiste en un cerramiento multicapa formado por una hoja exterior de diferentes materiales (piedra natural, fibrocemento, gres porcelánico, gres extruido, panel fenólico, hormigón polímero, terracota, zinc, composite, trespa...) unida una hoja interior, cuyos materiales son los del cerramiento ya existente (ladrillo, bloque de hormigón, etc.). Además,

incorpora una cámara de aire, que sirve para la colocación del aislamiento y realiza un efecto chimenea, que permite disminuir las condensaciones, manteniendo seco el aislamiento.

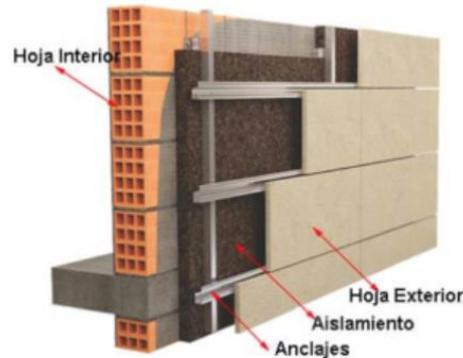


Ilustración 6: Sistema de fachada ventilada (Retek, 2023).

- Otras soluciones: Existen otras soluciones para la rehabilitación de fachadas y cubiertas que incluyen el uso de materiales aislantes para mejorar el aislamiento de estas. Entre estos materiales aislantes destacan el uso del poliestireno expandido (EPS), el poliestireno extruido (XPS), la lana mineral, acristalamiento y cerramientos acristalados, el poliuretano (PUR) y las espumas flexibles (IDAE, 2022).
- Cubiertas: De la misma manera que las fachadas las cubiertas se pueden aislar con materiales aislantes como el poliestireno expandido (EPS), el poliestireno extruido (XPS), la lana mineral, acristalamiento y cerramientos acristalados, el poliuretano (PUR) y las espumas flexibles (IDAE, 2022). Estos materiales recubren la superficie de la cubierta en forma de losa.



Ilustración 7: Aislante en cubiertas

- Calefacción y ACS: Sustitución de calderas de gas, gasoil y carbón por sistemas alternativos y otras soluciones para la mejora de la eficiencia energética.
 - Aerotermia: La aerotermia está basada en una tecnología que extrae la energía contenida en el aire exterior a través de un sistema de bombas, las cuales extraen hasta un 75% de energía del aire atmosférico, de modo que se reduce el uso de electricidad para el equipo. El aprovechamiento energético se realiza mediante bombas de calor aerotérmicas (bombas de calor aire-agua), principalmente para sistemas de calefacción y para la producción de agua caliente sanitaria durante todo el año.



Ilustración 8: Sistema de aerotermia

- Calderas de condensación: Son calderas de gas, con un rendimiento mayor que las calderas convencionales que se basan en el aprovechamiento del calor latente de condensación presente en los humos de la combustión. En comparación con las calderas convencionales, estas calderas consiguen un

ahorro en torno al 25-30% en el consumo de energía y se reducen hasta en un 70%, las emisiones de óxido de nitrógeno y dióxido de carbono (Arnabat, 2020).



Ilustración 9: Caldera de condensación

- **Sistemas de biomasa:** Estos sistemas sustituyen a las calderas de gas, gasoil y carbón para generar calor de manera sostenible utilizando pellets, astillas de madera u otros biocombustibles y así disminuir el consumo de energía de fuentes no renovables.



Ilustración 10: Caldera de biomasa

- UTA: La instalación de una nueva unidad de tratamiento de aires, reduce el uso de la energía que requiere la climatización, ya que este sistema cuenta con recuperadores de calor y con sistemas de monitorización para regular la temperatura deseada en el interior de la vivienda.



Ilustración 11: Unidad de tratamiento de aire

- Calefacción por suelo radiante: Esta solución permite una distribución del calor de manera uniforme que mejora la eficiencia energética de la vivienda. Este sistema se debe alimentar de los sistemas citados previamente sustituyéndolos a las calderas energéticamente ineficientes.



Ilustración 12: Calefacción por suelo radiante

- **Válvulas Termostáticas:** Estas válvulas se instalan en sistemas de calefacción por radiadores y permiten controlar la temperatura de cada radiador o conjunto de radiadores de manera individual, lo que evita el calentamiento innecesario de espacios no utilizados y así mejorar la eficiencia energética.



Ilustración 13: Válvulas termostáticas en radiadores

- **Aislamiento térmico interior:**
 - **Paredes Interiores:** Se pueden aislar las paredes interiores que dividen diferentes espacios dentro de una vivienda, para ello se utilizan paneles de aislamiento rígido (como poliestireno expandido o lana mineral) que se fijan a las paredes y luego se revisten con placas de yeso laminado.
 - **Techos Interiores:** Se suelen instalar paneles de aislamiento en el techo y cubiertos con materiales de acabado, como paneles de madera o placas de yeso. También se utilizan sistemas de techo suspendido con aislamiento incorporado.
 - **Suelos Interiores:** En pisos en contacto con espacios no climatizados (como sótanos o garajes), para evitar la pérdida de calor hacia el subsuelo, se aíslan utilizando materiales aislantes en rollo o en paneles, que se colocan debajo del suelo existente.

- Cubiertas Interiores: En el caso de techos inclinados o buhardillas, se agrega aislamiento en la cara interna de la cubierta utilizando paneles aislantes o material en rollo, que se instalan entre las vigas de la estructura del techo.
- Producción de energía de fuentes renovables:
 - Paneles fotovoltaicos: Es la instalación más común para producción de energía renovable en edificios residenciales. Los paneles fotovoltaicos convierten la luz solar en electricidad, que puede utilizarse para alimentar las necesidades energéticas del edificio, como iluminación, electrodomésticos y sistemas de calefacción. Estos sistemas son especialmente adecuados para edificios, ya que las cubiertas están expuestas al sol. Estos sistemas se pueden complementar con baterías para almacenar la energía producida y suministrarla cuando haya demanda de dicha energía.



Ilustración 14: Paneles fotovoltaicos

- Geotermia: Es un sistema que aprovecha el calor almacenado por debajo de la superficie terrestre tanto para calefacción como para refrigeración. Mediante bombas de calor geotérmicas, se extrae calor en invierno y se libera calor en verano. Este sistema requiere disponer de un terreno para la captación y de las condiciones para que se pueda alcanzar la profundidad adecuada.



Ilustración 15: Sistema de geotermia

- **Sistemas de almacenamiento de energía:** Existen baterías para placas solares son acumuladores de energía solar que se utilizan para almacenar la electricidad generada por los paneles solares. La energía solar no se produce las 24 horas del día, por lo que el almacenamiento de energía en los picos de generación energética para su posterior uso cuando la producción solar es baja permite un mayor autoconsumo. Existen distintos tipos de baterías de almacenamiento.
 - **Baterías alcalinas:** Es una de las baterías para placas solares más comunes en el autoconsumo. Producen mayor energía por unidad de peso.
 - **Baterías de iones de litio:** Es una de las baterías para placas solares más populares y se caracterizan por ofrecer un amplio almacenamiento de energía y una larga vida útil.
 - **Baterías de plomo ácido:** Es una opción económica, pero cuenta con una vida útil más corta y una capacidad de almacenamiento limitada.
 - **Baterías de litio-ferro-fosfato:** Es un modelo batería novedoso, destinada a grandes sistemas de almacenamiento en un espacio relativamente pequeño.
- **Ventanas:** Las ventanas desempeñan un papel crucial en la rehabilitación energética de un edificio al mejorar su eficiencia térmica y reducir la pérdida de calor, contribuyendo significativamente a la reducción del consumo de energía. Además, las ventanas

eficientes pueden bloquear el ruido exterior no deseado, mejorar la calidad del aire interior y realzar la estética del edificio. Existe una gran variedad de ventanas con un asilamiento avanzado que pueden sustituir a las ventanas convencionales, como ventanas de doble y triple acristalamiento, de PVC, de aluminio con rotura del puente térmico, de composite o de vidrio inteligente.



Ilustración 16: Ventana de triple acristalamiento

- Iluminación: Cambio de bombillas por tipo LED, que es mucho más eficiente y consigue una reducción en torno a un 70% del consumo eléctrico de la iluminación (Acciona, 2023).



Ilustración 17: Iluminación LED en el interior de una vivienda.

- Instalación de sistemas de monitorización, telegestión y control remoto en tiempo real, que optimiza el funcionamiento de los equipos consumidores de energía y analiza las desviaciones respecto a los indicadores de referencia.

Estas medidas, aparte de contribuir significativamente a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, mejorar la calidad de vida de las personas que habitan los edificios rehabilitados.

Capítulo 5. IMPACTO

El impulso de estos proyectos de rehabilitación del edificatorio residencial español en línea con los objetivos del PRTR, no solo impulsa la economía a través de muchas de las partes involucradas en estos proyectos, sino que también reduce las emisiones y promueve la sostenibilidad ambiental.

5.1 IMPACTO ECONÓMICO

Para valorar el impacto económico que supone estos proyectos hay que considerar todos los actores implicados y así poder valorar los efectos que estos proyectos van a tener.

- **Generación de Empleo:** La rehabilitación energética de viviendas tiene un impacto directo en la generación de empleo, al estimular la demanda de trabajadores principalmente en el sector de la construcción y en el sector energético. Cada proyecto de rehabilitación implica un equipo multidisciplinario de profesionales, como arquitectos, ingenieros, técnicos en eficiencia energética y trabajadores de la construcción. Además, se promueve el empleo al involucrar otras partes como las entidades bancarias que se encargan de la financiación, en la administración pública para realizar los trámites de obtención de las subvenciones, o la generación de otros empleos indirectos en la cadena de suministro, desde la fabricación de materiales hasta la instalación de equipos.
- **Sector de la Construcción:** La rehabilitación energética impulsa el sector de la construcción al aumentar la demanda de servicios relacionados con la reparación y rehabilitación de elementos de la vivienda para la mejora de la eficiencia energética. Esto dinamiza la industria, favoreciendo la competencia y ofrece nuevas oportunidades

para empresas enfocadas en construcción ofreciendo la oportunidad de incluir el negocio de rehabilitación.

- **Sector energético:** La demanda de tecnologías de producción de energía renovable, genera un impacto en los desarrolladores y fabricantes de estas. La integración de soluciones como paneles solares, aerotermia y sistemas de almacenamiento de energía abre más oportunidades para estas empresas, impulsando la investigación y el desarrollo de tecnologías más eficientes y accesibles para edificios residenciales, fomenta la inversión en la producción y distribución de estas tecnologías.
- **Fabricantes de elementos de rehabilitación:** La demanda de estos productos para la mejora de la eficiencia energética promueve la innovación en tecnología de climatización y aislamiento y proporciona nuevas oportunidades para las empresas del sector.
- **Reducción de Costes de Propietarios:** La rehabilitación energética se traduce en una reducción significativa de los costes energéticos para los propietarios de viviendas. Los ahorros en facturas de energía a lo largo del tiempo pueden ser sustanciales y suponer una mayor capacidad adquisitiva para las familias, lo que se traduce en una mejoría en la calidad de vida de las familias y en una mayor estimulación de la economía al favorecer el gasto/inversión en otros sectores.
- **Revalorización de las Propiedades e Inversión:** La rehabilitación energética puede elevar significativamente el valor de las propiedades. Una vivienda eficiente energéticamente y con mayor confort es más atractiva para los compradores y arrendatarios, lo que puede resultar en una revalorización del mercado. Esto no solo beneficia a los propietarios actuales, sino que también atrae a inversores y puede suponer una revitalización de las áreas urbanas.

- **Entidades Financieras Beneficiadas:** La rehabilitación energética también beneficia a las entidades financieras al crear oportunidades de préstamos y financiamiento específicos para completar la subvención de que ofrecen los fondos europeos para estos proyectos. De esta manera, los propietarios pueden llevar a cabo el proyecto y a su vez contribuir a los ingresos y la cartera de préstamos de las entidades financieras.

5.2 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La contribución de los fondos europeos a la rehabilitación energética de viviendas ha sido impulsada principalmente para lograr los objetivos de sostenibilidad de 2030 y 2050. En 2050 la Unión Europea marca el objetivo de que en 2050 el 100% del parque edificatorio esté reformado y renovado (J.R., Fondos Europeos, 2022). Por tanto, la rehabilitación residencial tanto a nivel europeo como a nivel nacional va a tener un gran impacto medioambiental. En línea con el trabajo llevada a cabo hasta el momento la Agencia Internacional de Energía proyecta un potencial de ahorro energético del 80% en edificios existentes en Europa para 2050.

A nivel nacional, el conjunto de 25 millones de viviendas del país representa el 30% de las emisiones de CO₂ del país. Esto supone una gran capacidad de reducción de emisiones, llevando a cabo este proyecto. Así mismo, el PRTR establece como objetivos ejecutar 510 000 rehabilitaciones para 2026, obteniendo una reducción del 30% en el consumo de energía primaria no renovable y una disminución de la demanda de calefacción y refrigeración como mínimo un 7%. Esto va a suponer la disminución de 650,000 tCO₂/año en emisiones (MITMA, 2023).

Capítulo 6. CASO DE ESTUDIO

6.1 CASO ACTUAL

El presente caso de estudio pretende estudiar diferentes escenarios de rehabilitación de un edificio genérico en Madrid, con el objetivo de evaluar su impacto tanto desde el punto de vista energético como económico

Este caso en cuestión, se enfoca en la rehabilitación energética de un conjunto de bloques residenciales ubicados en Madrid. El edificio consta de 4 bloques de edificios de 8 plantas cada uno, con una superficie total de 900 m². Cada planta cuenta con pisos de una superficie media de 55 m², sumando un total de 128 viviendas en el edificio.

Esta construcción data de los años 60, lo que implica que su eficiencia energética originalmente no fue una prioridad. Actualmente, las viviendas dependen de una caldera de gas con quemadores para proporcionar tanto calefacción como agua caliente sanitaria (ACS), mientras que la refrigeración y el funcionamiento de los electrodomésticos se basan en el suministro eléctrico convencional. Los edificios con estas características actualmente reciben una calificación energética E/F.

Al considerar Madrid, como geografía del edificio objeto de estudio, se considerará una altitud de 700 metros sobre el nivel del mar, se tendrán en cuenta los factores climáticos específicos de la región para determinar las soluciones óptimas de rehabilitación. Se explorarán medidas como el mejoramiento de la envolvente térmica, la instalación de sistemas de calefacción y agua caliente más eficientes, así como la implementación de energías renovables, como la solar fotovoltaica, para reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales.

A través del análisis integral de estos aspectos, se espera obtener una visión clara del impacto que la rehabilitación energética puede tener en este caso particular, tanto en términos de consumo energético, reducción de emisiones, como en ahorro económico. Asimismo, se analizará el papel de las ayudas procedentes de fondos europeos para viabilizar este tipo de proyectos y promover la sostenibilidad en el sector residencial.

En primer lugar, se debe evaluar la situación actual tanto desde el punto de vista energético como desde el punto de vista económico del edificio en cuestión. Para ello, se empleará la herramienta de cálculo energético que proporciona Selectra y se procederá a calcular el consumo energético de la actual vivienda. Para ello, a continuación se proporcionan los siguientes datos de la vivienda en cuestión.

Vamos a emplear la herramienta de simulación que proporciona el consejo General de la arquitectura técnica de España. Tiene en cuenta siguientes especificaciones:

Localidad	Madrid
Altitud	700 m
Superficie	55 m ²
Nº de personas	3
Calefacción y ACS	Caldera de gas
Potencia	3.45 kW
Refrigeración	Electricidad
Electrodomésticos	Horno, televisión, lavadora, lavavajillas, congelador, nevera y ordenador

Tabla 2: Especificaciones para el cálculo de consumo energético.

A partir de introducir las especificaciones previas se obtienen los siguientes datos de consumo:



Ilustración 18: Consumo de gas y electricidad.

Una vez, realizada la simulación conviene repetirla introduciendo los mismos parámetros pero asumiendo que la electricidad está destinada en su totalidad a la refrigeración y así poder distinguir entre electricidad consumida por refrigeración y por iluminación y electrodomésticos. A continuación se muestra los resultados de la simulación.



Ilustración 19: Consumo de electricidad destinada a refrigeración.

Vamos a obtener un consumo de 3 314 kWh/año de electricidad y de 16 049 kWh/año de gas. Teniendo en cuenta la superficie de la vivienda, se obtienen los siguientes datos en función de la superficie: la demanda de energía primaria no renovable será de 352 kWh/m² y la demanda de calefacción y ACS es de 291 kWh/m².

A continuación se procederá a evaluar las emisiones de carbono que supone la situación energética anual de esta vivienda. Para ello, en el Anexo 1 se recogen los factores de emisión de combustibles.

En el caso del gas natural, se debe transformar las unidades de volumen en unidades de energía, según el tipo de combustible, que representan el valor calorífico de los combustibles. Se recogen los factores de conversión en el Anexo 2.

En el caso del gas natural, hay un consumo de 291,8 kWh/m², en Nm³:

$$\frac{291,8}{10,65} = 27,4 \text{ Nm}^3/\text{m}^2$$

Aplicando el factor de emisión, obtenemos unas emisiones de CO₂ de:

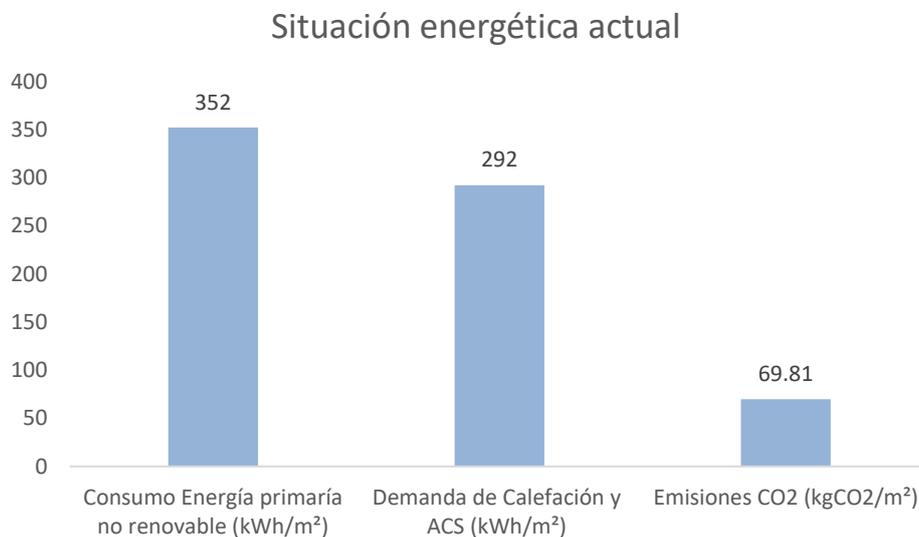
$$27,4 \times 2,15 = 58,91 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$$

En el caso de la electricidad, hay un consumo de 60,25 kWh/m². Aplicando el factor de emisión, obtenemos unas emisiones de CO₂ de:

$$60,25 \times 0,181 = 10,9 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$$

En total, obtenemos unas emisiones de CO₂ de 69,81 kg CO₂/m².

En la siguiente gráfica quedan recogidos los datos energéticos de la situación actual del edificio.



A continuación, se debe calcular el gasto mensual de la vivienda relacionado con los datos de consumo obtenidos.

En primer lugar, se obtendrán el gasto mensual asociado a la caldera de gas. Para ello, se necesita conocer los siguientes datos:

- Rendimiento de la caldera: 89%.
- Coste del combustible actual: Fijo: 11,74 €/mes, Variable: 0.104416 €/kWh. Aplicando una tarifa RL.2 de Iberdrola con impuestos incluidos en abril de 2023, que es la tarifa que más se ajusta con el edificio. (Iberdrola, 2023)

El gasto actual de calefacción y ACS viene dado por:

$$11,74 + \frac{16\,049 \times 0,104416}{12 \times 0,89} = 169 \text{ €}$$

En el caso de la electricidad, hay un consumo anual de 3 314 kWh/año y una potencia contratada de 3,45 kW. A partir de una tarifa básica de Iberdrola de electricidad adaptada a la vivienda en cuestión, se van a obtener los gastos de electricidad (Iberdrola, 2023). A continuación se detalla el desglose de precios del plan eléctrico.

- Precio por potencia contratada:
 - 33,92 €/kW año por periodo punta.
 - 6,19€/kW año por periodo valle.
- Precio de energía consumida: 0,186836 €/kWh.

Por tanto, se obtiene un gasto mensual de:

$$3,45 \times (33,92 + 6,19) + \frac{3\,314}{12} \times 0,186836 = 190 \text{ €}$$

Por tanto el gasto total mensual por vivienda es de:

$$169 + 190 = 359 \text{ €}$$

6.2 PRIMER ESCENARIO – REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE

En el primer escenario de rehabilitación, se llevará a cabo una serie de medidas para mejorar la eficiencia energética del edificio. Estas medidas incluyen la instalación de SATE (Sistema de Aislamiento Térmico por el Exterior) en las fachadas, el aislamiento en las cubiertas y la sustitución de las ventanas existentes.

El SATE es un sistema que consiste en la aplicación de un aislante térmico en las fachadas exteriores del edificio, seguido de un revestimiento. Este sistema ayuda a reducir las pérdidas de calor en invierno y a evitar el sobrecalentamiento en verano, mejorando así la eficiencia energética de las viviendas y reduciendo la demanda de calefacción y refrigeración.

El aislamiento en las cubiertas también desempeña un papel fundamental en la eficiencia energética de un edificio. Al mejorar el aislamiento en esta área, se evita la pérdida de calor a través del techo, lo que contribuye a mantener una temperatura más estable en el interior y reduce la necesidad de calefacción.

Por último, la sustitución de las ventanas existentes por otras más eficientes energéticamente permite reducir las fugas de calor y mejorar el aislamiento acústico. Las nuevas ventanas estarán equipadas con marcos de aluminio con rotura de puente térmico, lo que ayuda a minimizar las pérdidas de energía y mejorar el confort interior. Para este caso de estudio, se va a suponer que la totalidad de viviendas desean un cambio de ventanas, ya que se puede producir que haya viviendas que ya cuenten con ventanas con gran capacidad de aislamiento y en este caso habría que ajustar la inversión.

Estas intervenciones de rehabilitación que se han propuesto para el primer escenario tendrán un impacto tanto en el aspecto energético como en el económico y se valorará dicho impacto.

Estas implementaciones se van a simular con la herramienta que proporciona el consejo general de arquitectura técnica, introduciendo los datos del edificio especificados anteriormente y los datos del consumo tanto eléctrico como de gas (Consejo General de la Arquitectura Técnica, 2021).

En primer lugar, se va a introducir los datos de el aislamiento SATE de las fachadas. Para ello, se elige el poliestireno expandido de 8 cm que es el aislante que mejor se adapta a este tipo de instalaciones y es más frecuente en proyectos de rehabilitación. Es necesario determinar la superficie, de la fachada, por lo que se accede a la sede electrónica del catastro proporcionada por el ministerio de hacienda y función pública y se utiliza el buscador de inmuebles y visor cartográfico. Para ello, se escoge un edificio en Madrid con las mismas condiciones de superficie establecidas en el caso de estudio 900 m². A continuación, se muestra el visor cartográfico de dicho edificio.

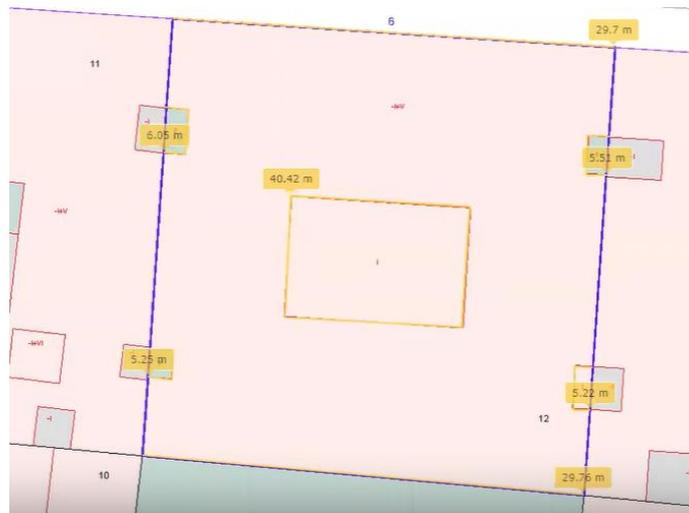


Ilustración 20: Visor cartográfico de la sede electrónica del catastro. (Ministerio de hacienda y función pública, 2023)

Para el cálculo de la superficie de la fachada donde se va emplear el aislante. Se toman las referencias del visor cartográfico y se asumen los siguientes datos:

- Altura de cada planta: 3 m.

- Huecos de fachada (ventanas, puertas...): 12%
- Patios exteriores: 7 plantas.

Por tanto el cálculo de la superficie total es el siguiente:

$$(29,7 + 29,76) \times 8 \times 3 + (5,22 + 6,05 + 5,25 + 5,51) \times 7 \times 3 = 1889,67$$

$$1889,67 \times (1 - 0,12) = 1663 \text{ m}^2$$

A continuación, se introducen los datos del aislamiento en las cubiertas. Vamos a asumir un espesor de aislamiento de 8 cm en la totalidad de la cubierta y asumimos que se trata de una cubierta transitable. Para medir la superficie total de la cubierta, se vuelve a utilizar la herramienta del visor cartográfico que ofrece la sede electrónica del catastro y se determina la superficie de la cubierta. En la siguiente ilustración se muestra el cálculo de la superficie de la cubierta.

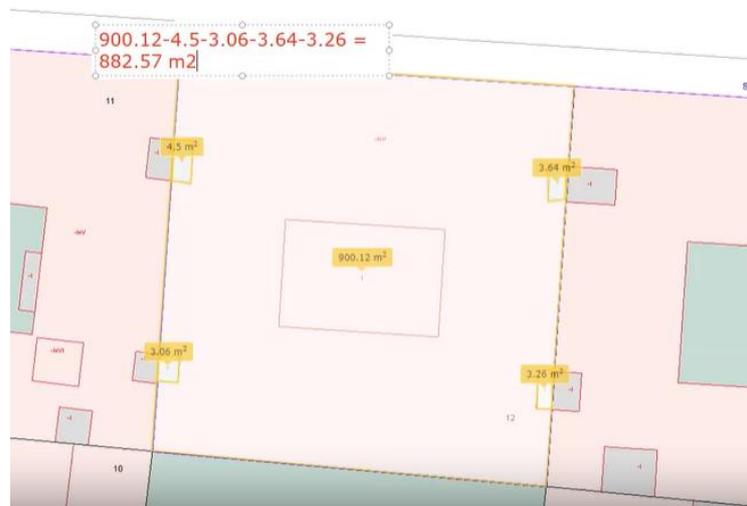


Ilustración 21: Cubierta vista desde el visor cartográfico (Ministerio de hacienda y función pública, 2023).

La superficie total de la cubierta es: 882,57 m².

Por último, se va a configurar la sustitución de ventanas. Para ello, se va a emplear el aluminio con Rotura de Puente Térmico (RPT), que es la opción más común para la

sustitución de ventanas en procesos de rehabilitación energética. Mejora sustancialmente el aislamiento térmico y por otro lado tiene una gran durabilidad con bajo coste de mantenimiento. Para calcular la superficie ocupada por las ventanas, se va a aproximar al 12% de la superficie de la fachada.

Tras realizar la configuración completa, se procede a la simulación de dicha rehabilitación. Al ejecutar dicha simulación, obtenemos los siguientes datos:

Consumo tras actuaciones	
Ahorro Demanda	67,81%
455.224,82 €	Coste actuaciones

Con un ahorro de la demanda del 67,81% que afecta a la demanda por refrigeración, calefacción y ACS. A partir de esta reducción se obtiene un nuevo consumo por vivienda de:

- Calefacción y ACS: $16\ 049 \times (1 - 0,6781) = 5\ 166\ kWh$
- Electricidad: $2\ 747 + 567 \times (1 - 0,6781) = 2\ 929\ kWh$

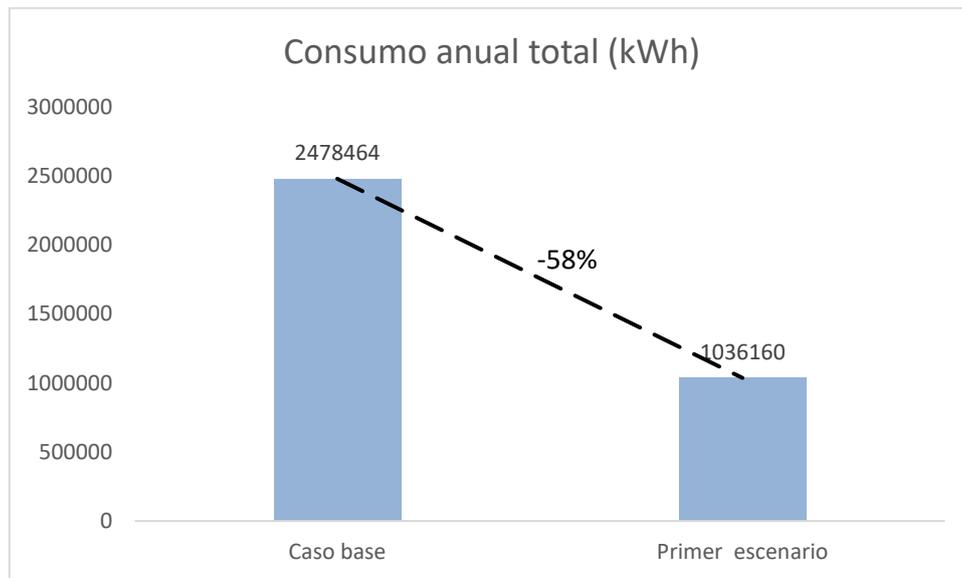
Por tanto obtenemos un nuevo consumo de energía primaria no renovable de: 8 095 kWh.

En el total del edificio, se obtiene un nuevo consumo de:

- Calefacción y ACS: $5\ 166 \times 128 = 661\ 248\ kWh$
- Electricidad: $2\ 929 \times 128 = 374\ 912\ kWh$
- Total: $661\ 248 + 374\ 912 = 1\ 036\ 160\ kWh$

6.2.1 ANÁLISIS ENERGÉTICO

A continuación, se muestra en la gráfica la situación del consumo total del edificio. Se observa que este escenario de rehabilitación ha logrado una reducción en el consumo de energía primaria no renovable del 58%.



6.2.2 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Las emisiones de CO₂ en el caso base eran de 69,81 kg CO₂/m², teniendo en cuenta 55 m² en 128 viviendas, las emisiones de CO₂ totales del edificio son:

En el caso del gas natural, hay un consumo de 93,9 kWh/m², en Nm³:

$$\frac{93,9}{10,65} = 8,8 \text{ Nm}^3/\text{m}^2$$

Aplicando el factor de emisión, obtenemos unas emisiones de CO₂ de:

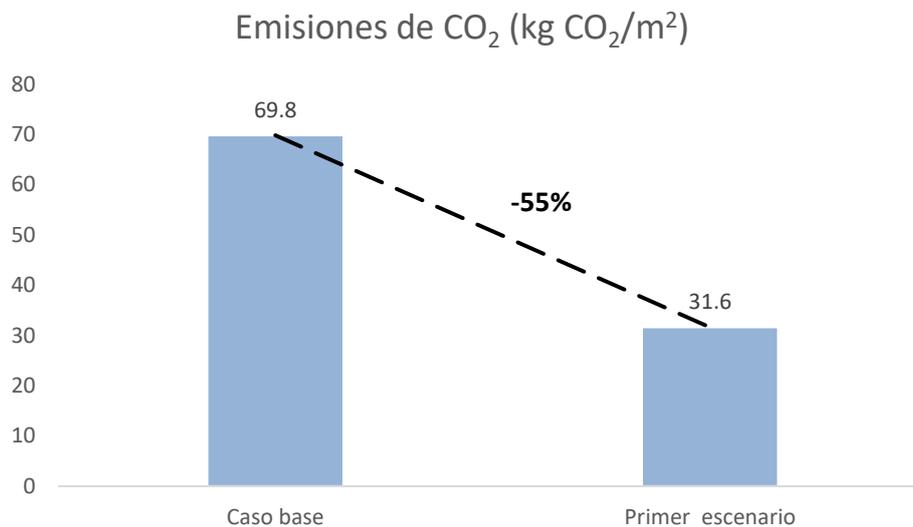
$$8,8 \times 2,15 = 22 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$$

En el caso de la electricidad, hay un consumo de 53,25 kWh/m². Aplicando el factor de emisión, obtenemos unas emisiones de CO₂ de:

$$53,25 \times 0,181 = 9,6 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$$

En total, obtenemos unas emisiones de CO₂ de 31,6 kg CO₂/m².

A continuación, se muestra en la gráfica la nueva situación de las emisiones de CO₂ totales del edificio. Se observa que este escenario de rehabilitación ha logrado una reducción en las emisiones de CO₂ del 55%.



6.2.3 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

La calificación energética se basa en indicadores que ayudan a comprender las razones detrás del rendimiento energético óptimo o deficiente de un edificio. Estos indicadores se calculan anualmente y se refieren a la superficie útil del edificio. Se obtienen a partir del consumo de energía necesario para satisfacer, en condiciones climáticas específicas, las necesidades asociadas a un funcionamiento y ocupación normales. Los indicadores que se van a atender en este estudio serán las emisiones anuales de CO₂ y el consumo anual de energía primaria no renovable.

En primer lugar, se va a obtener la calificación energética del caso base atendiendo ambos indicadores. Para ello, es necesario identificar la zona de la vivienda en cuestión, por lo que se va a utilizar los valores de referencia para edificios existentes de uso residencial privado (vivienda) y tipo en bloque del Anexo 3 y en función de los valores actuales de emisiones de CO₂ (69,8 kg CO₂/m²) y consumo anual de energía proveniente de fuentes no renovables (352 kWh/m²), se obtiene una zona climática D3.

A continuación, a partir de las tablas de clases de eficiencia para edificios de uso residencial privado (vivienda) de tipo en bloque, en climas peninsulares en el Anexo 4, se obtiene la siguiente escala de calificación energética del edificio en cuestión.

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	Consumo de energía kWh/m ² año	Emisiones kgCO ₂ /m ² año
A más eficiente	37.1	8.4
B	60.1	13.6
C	93.2	21.1
D	143.3	32.2
E	298.1	66.3
F	336.8	79.6
G menos eficiente		

Tabla 3: Escala de calificación energética.

Por tanto, se va a obtener una calificación energética para el caso base de G según el indicador de consumo de energía de fuentes no renovables y una calificación de F según el indicador de emisiones de CO₂.

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	Consumo de energía kWh/m ² año	Emissiones kgCO ₂ /m ² año
A más eficiente	37.1	8.4
B	60.1	13.6
C	93.2	21.1
D	143.3	32.2
E	298.1	66.3
F	336.8	79.6
G menos eficiente		

Ilustración 22: Calificación energética del caso actual

Atendiendo al primer escenario, se va a obtener una calificación energética E según el indicador de consumo de energía de fuentes no renovables y una calificación de D según el indicador de emisiones de CO₂. Mejorando de esta manera dos letras en la calificación energética y estando muy cerca de obtener una calificación energética de D en la calificación energética según el consumo de energía de fuentes no renovables.

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	Consumo de energía kWh/m ² año	Emissiones kgCO ₂ /m ² año
A más eficiente	37.1	8.4
B	60.1	13.6
C	93.2	21.1
D	143.3	32.2
E	298.1	66.3
F	336.8	79.6
G menos eficiente		

Ilustración 23: Calificación energética del primer escenario

6.2.4 IMPACTO ECONÓMICO

Para realizar el análisis del impacto económico que va a suponer esta rehabilitación se debe calcular el coste futuro energético.

Aplicando las mismas tarifas tanto de gas como de electricidad que en el caso actual:

El gasto de calefacción y ACS viene dado por:

$$11,74 + \frac{5\,166 \times 0,104416}{12 \times 0,89} = 62 \text{ €}$$

En el caso de la electricidad, hay un consumo anual de 3 314 kWh/año y una potencia contratada de 3,45 kW. Empleando las mismas tarifas que en el caso base se obtiene un gasto mensual de:

$$3,45 \times (33,92 + 6,19) + \frac{2\,929}{12} \times 0,186836 = 184 \text{ €}$$

Por tanto el gasto total mensual por vivienda es de:

$$62 + 184 = 246 \text{ €}$$

A continuación se muestra el análisis económico del primer escenario.

Costes energéticos (anual)	Caso base	Primer escenario	Ahorro económico respecto al caso base
Coste eléctrico	2 280 €	2 208 €	72 €
Coste térmico	2 028 €	744 €	1 284 €
Coste total por vivienda	4 308 €	2 952 €	1 356 €
Coste total comunidad de vecinos	551 424 €	377 856 €	173 568 €

Tabla 4: Análisis económico primer escenario.

A continuación, se debe cuantificar las subvenciones que esté proyecto va a recibir por parte de los fondos Next Gen, por parte del Plan de Recuperación, Transformación y

Resiliencia de la Unión Europea. En la siguiente ilustración, se muestra una tabla para evaluar la cuantía de la subvención.

Ahorro energético conseguido con la actuación	% máximo de subvención del coste de la actuación	Viviendas Cuantía máxima por vivienda	Locales comerciales u otros usos Cuantía máxima por m2
30-45%	40%	6.300 €	56 €
45-60%	65%	11.600 €	104 €
Más de 60%	80%	18.800 €	168 €

Tabla 5: Subvenciones fondos NextGen

Teniendo en cuenta que se va a producir un ahorro energético con la actuación del 55%, la subvención será del 60% de la actuación, siendo esto un total de 273 135€, que respeta la cuantía máxima por vivienda.

En cuanto a los beneficios fiscales que van a obtener los propietarios de viviendas, se debe evaluar la deducción del IRPF en este caso en concreto. Puesto que en este caso se cumple con las condiciones de la obtención obtenga una mejora de la eficiencia energética del edificio con una reducción del consumo de energía primaria no renovable de un 30% como mínimo, la deducción del IRPF en el primer año impositivo será de un 60% sobre la parte no subvencionada para cada vivienda.

Por tanto, la deducción del IRPF por cada vivienda en el primer año será de:

$$0,6 \times \frac{455\,225 - 273\,135}{128} = 854\text{€}$$

	Sin subvención	Subvencionada
Inversión	455 225 €	182 090 €
Inversión por vivienda	3 557 €	1 423 €
Deducción IRPF primer año	0 €	854 €
Ahorro anual (exc. Primer año)	1 356 €	1 356 €
Retorno de la inversión	29%	80%
Plazo de recuperación	3 años y 8 meses	1 año y 5 meses

Tabla 6: Análisis financiero primer escenario.

A continuación, es necesario establecer el análisis financiero del propietario teniendo en cuenta que se adquiriera un préstamo bancario para financiar aquella parte no subvencionada. Por tanto, teniendo en cuenta el análisis de las diferentes oportunidades de financiación y los intereses se va a emplear para este caso un interés del 4% TAE con una amortización a 10 años. Por tanto, habrá una devolución total de la deuda en el año 10. Asumiendo, que se tarda un año aproximadamente en recibir las ayudas del fondo, se recibirá financiación por parte del banco para cubrir esta inversión inicial, exenta de intereses y que se devolverá en cuanto los propietarios hayan recibido los fondos.

Los intereses por pagar anualmente por cada vivienda son los siguientes:

$$0,04 \times \frac{455\,225 - 273\,135}{128} = 57\text{€}$$

A continuación se muestran los flujos de caja de los propietarios de vivienda, comparando las tres diferentes posibilidades en este escenario.

	2022E	2023E	2024E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E
Sin subvención											
Flujo de caja	-3.556 €	0 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €
Acumulado	-3.556 €	-3.556 €	-2.200 €	-844 €	512 €	1.868 €	3.224 €	4.580 €	5.936 €	7.292 €	8.648 €
Con subvención											
Flujo de caja	-3.556 €	2.988 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €	1.356 €
Acumulado	-3.556 €	-569 €	787 €	2.143 €	3.499 €	4.855 €	6.211 €	7.567 €	8.923 €	10.279 €	11.635 €
Subvención + Préstamo											
Flujo de caja	0 €	797 €	1.299 €	1.299 €	1.299 €	1.299 €	1.299 €	1.299 €	1.299 €	1.299 €	-124 €
Acumulado	0 €	797 €	2.096 €	3.395 €	4.694 €	5.993 €	7.292 €	8.592 €	9.891 €	11.190 €	11.066 €

Tabla 7: Análisis de flujos de caja por vivienda

6.3 SEGUNDO ESCENARIO – INSTALACIÓN DE AEROTERMIA Y PANELES FOTOVOLTAICOS

En este segundo escenario de rehabilitación, se implementarán medidas adicionales de eficiencia energética en el edificio, aprovechando la tecnología de aerotermia y paneles fotovoltaicos. Estas mejoras no solo contribuirán a reducir el consumo energético, sino que también tendrán un impacto significativo tanto desde el punto de vista financiero como medioambiental.

En primer lugar, se incorporará la tecnología de aerotermia, la cual permitirá aprovechar la energía térmica del aire exterior para la calefacción y refrigeración de las viviendas. La instalación de una bomba de calor de aerotermia mejorará la eficiencia energética del sistema, disminuyendo así las emisiones de gases de efecto invernadero y contribuyendo a la sostenibilidad y del edificio.

Adicionalmente, se instalarán paneles fotovoltaicos en el edificio para generar energía eléctrica a partir de la radiación solar. Estos paneles captarán la luz solar y la convertirán en electricidad, la cual podrá ser utilizada para alimentar la bomba de aerotermia y los sistemas eléctricos de las viviendas, incluyendo electrodomésticos, iluminación y otros dispositivos. Esta generación de energía renovable reducirá la dependencia de la red eléctrica convencional, disminuyendo así los costos de electricidad y las emisiones de carbono asociadas a la generación de energía.

Al combinar la tecnología de aerotermia con la generación fotovoltaica, se logrará un enfoque integral de eficiencia energética en el edificio. La sinergia entre ambas tecnologías permitirá un uso más eficiente de la energía, maximizando el aprovechamiento de fuentes renovables y reduciendo tanto los costos de energía como la huella de carbono.

Se realizará un análisis tanto del impacto económico como medioambiental de esta rehabilitación.

En cuanto a la instalación de la aerotermia se va a instalar una bomba aire-calor trifásica en cada uno de los 4 bloques, de 18 kW de potencia nominal y un COP de 3.30, de la marca DAITSU, que va a transformar la energía del aire en energía destinada a la calefacción y al ACS.

Teniendo en cuenta un promedio de funcionamiento anual de 1865 horas, asumiendo 5 horas de funcionamiento al día, se va a obtener tanto el consumo de dicha bomba como la energía generada.

El consumo de las bombas será el siguiente:

$$18 \times 4 \times 1825 = 131\ 400\ kWh$$

La energía generada por la bomba será la siguiente:

$$131\ 400 \times 3,3 = 433\ 620\ kWh$$

En cuanto a la instalación de paneles fotovoltaicos, se propone la instalación de los paneles Smart Solar de Iberdrola, cuyas características se detallan a continuación.

Potencia	460Wp
----------	-------

Altura	210 cm ²
Ancho	105 cm ²

Tabla 8: Especificaciones paneles Smart Solar Iberdrola (Iberdrola, 2023)

Teniendo en cuenta la superficie de la fachada, que hemos analizado anteriormente en el catastro, se incluirán 150 paneles en la fachada, ocupando una superficie total de:

$$150 \times 2,1 \times 1,05 = 330,75 m^2$$

Por tanto, la potencia instalada fotovoltaica será:

$$150 \times 460 = 69kWp$$

Para obtener una estimación de la energía total generada por la planta, se obtiene un factor de capacidad de la planta en base a un informe de Enel X (Enel X, 2023) que propone un factor de capacidad medio de 22% para instalaciones fotovoltaicas en España, teniendo en cuenta diversos factores como la estacionalidad, horas pico al día, eficiencia de paneles o la acumulación de calor. A partir de este factor y teniendo en cuenta el funcionamiento durante las 8760h del año, se obtiene la energía generada por la instalación.

$$69kW \times 0,22 \times 8760 = 132\,977 kWh/año$$

6.3.1 ANÁLISIS ENERGÉTICO

Teniendo en cuenta una generación anual de 433 620 kWh, el consumo de calefacción y ACS en este escenario será:

$$661\,248 kWh - 433\,620 kWh = 227\,628 kWh$$

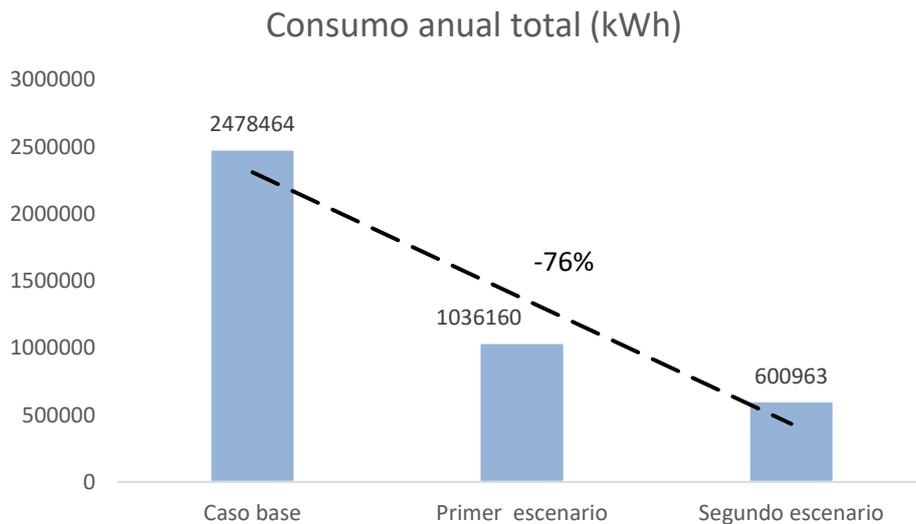
En cuanto al consumo eléctrico, teniendo en cuenta un consumo añadida de la bomba de aerotermia de 131 400 kWh, el consumo eléctrico será:

$$374\,912\text{ kWh} + 131\,400\text{ kWh} = 506\,312\text{ kWh}$$

Sin embargo, teniendo en cuenta que existe una generación de las placas solares de 132 977 kWh/año, el consumo eléctrico proveniente de fuentes no renovables será:

$$506\,312\text{ kWh} - 132\,977\text{ kWh} = 373\,335\text{ kWh}$$

A continuación, se muestra en la gráfica la nueva situación del consumo total del edificio. Se observa que este escenario de rehabilitación ha logrado una reducción en el consumo de energía primaria no renovable del 76%, con respecto al caso base y un 42% con respecto al escenario anterior.



6.3.2 CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

Partimos de una calificación energética de E según el indicador de consumo de energía de fuentes no renovables y una calificación de D según el indicador de emisiones de CO₂.

Atendiendo a las emisiones de CO₂ y el consumo de energía primaria no renovable, en este segundo escenario, se va a obtener una calificación energética de C según el indicador de consumo de energía de fuentes no renovables y una calificación de B según el indicador de

emisiones de CO₂. Mejorando de esta manera dos letras en la calificación energética y con respecto al primer escenario y 4 letras según ambos indicadores con respecto al caso base.

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA	Consumo de energía kWh/m ² año	Emisiones kgCO ₂ /m ² año
A más eficiente	37.1	8.4
B	60.1	13.6
C	93.2	21.1
D	143.3	32.2
E	298.1	66.3
F	336.8	79.6
G menos eficiente		

Ilustración 24: Calificación energética del segundo escenario

6.3.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

A continuación, se va a calcular las emisiones de CO₂ del segundo escenario.

En el caso del gas natural, hay un consumo de 32,33 kWh/m², en Nm³:

$$\frac{32,33}{10,65} = 3,03 \text{ Nm}^3/\text{m}^2$$

Aplicando el factor de emisión, obtenemos unas emisiones de CO₂ de:

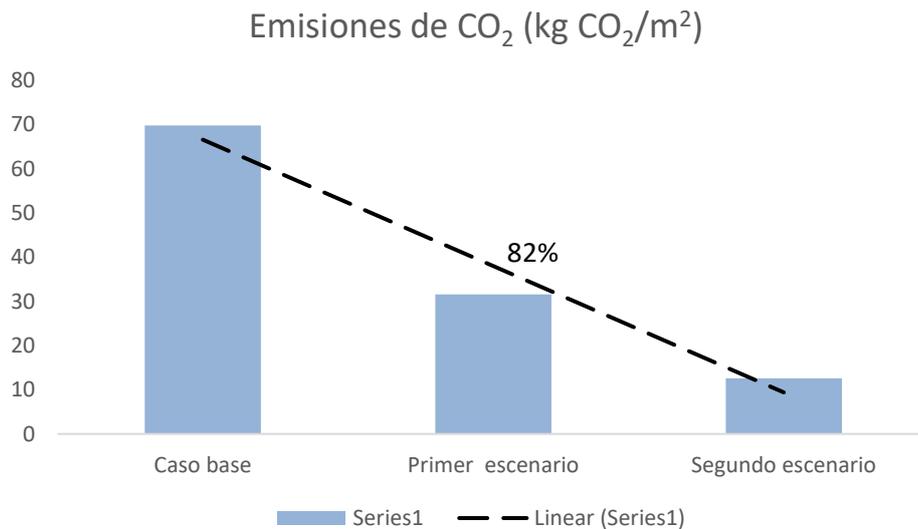
$$3,03 \times 2,15 = 7,59 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$$

En el caso de la electricidad, hay un consumo de 53,25 kWh/m². Aplicando el factor de emisión, obtenemos unas emisiones de CO₂ de:

$$53,03 \times 0,181 = 9,6 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$$

En total, obtenemos unas emisiones de CO₂ de 17,2 kg CO₂/m².

A continuación, se muestra en la gráfica la nueva situación de las emisiones de CO₂ totales del edificio. Se observa que la implementación de ambos escenarios de rehabilitación han logrado una reducción en las emisiones de CO₂ del 82%.



6.3.4 IMPACTO ECONÓMICO

En el caso de los paneles fotovoltaicos se va a contar con un precio que incluye todos los elementos necesarios para llevar a cabo la instalación como los módulos fotovoltaicos, costes de mano de obra, inversores, anclajes, cableado etc. Se van a emplear 150 paneles Smart Solar de Iberdrola (Iberdrola, 2023).

En el caso de la bomba de calor, se va a comprar la bomba aerotérmica Daitsu, cuyo precio cubre la instalación (Daitsu, 2023).

A continuación, se detalla el presupuesto de dicha instalación:

Partida	PU	Cantidad	Precio total
Bomba de calor aire-agua, potencia frigorífica	33 475, 45 €	4	133 901,8 €

nominal de 18 kW.			
Instalación solar fotovoltaica para autoconsumo	888,00 €	150	133 200,0 €
Total			267 101,8 €

Tabla 9: Presupuesto 2º escenario.

Para realizar el análisis del impacto económico que va a suponer esta rehabilitación se debe calcular el coste futuro energético.

Aplicando las mismas tarifas tanto de gas como de electricidad que en el caso actual:

El gasto de calefacción y ACS viene dado por:

$$11,74 + \frac{1\,778 \times 0,104416}{12 \times 0,89} = 29 \text{ €}$$

En el caso de la electricidad, hay un consumo anual de 2 916 kWh/año y una potencia contratada de 3,45 kW. Empleando las mismas tarifas que en el caso base se obtiene un gasto mensual de:

$$3,45 \times (33,92 + 6,19) + \frac{2\,916}{12} \times 0,186836 = 183 \text{ €}$$

Por tanto el gasto total mensual por vivienda es de:

$$29 + 183 = 212 \text{ €}$$

Costes energéticos	Caso Base	Primer Escenario	Segundo Escenario	Ahorro respecto al caso base	Ahorro respecto a primer escenario
--------------------	-----------	------------------	-------------------	------------------------------	------------------------------------

Coste eléctrico	2 280 €	2 208 €	2 196 €	84 €	12 €
Coste térmico	2 028 €	744 €	348 €	1 680 €	396 €
Total por vivienda	4 308 €	2 952 €	2 544 €	1 764 €	408 €
Total comunidad de vecinos	551 424 €	377 856 €	325 632 €	225 792 €	52 224 €

Tabla 10: Análisis económico segundo escenario.

A continuación, se muestra un análisis financiero de esta nueva inversión con respecto al primer escenario.

Inversión teórica	267 101,8 €
Inversión por vivienda	2 086 €
Ahorro anual	408 €
Retorno de la inversión	20%
Plazo de recuperación	5 años

Tabla 11: Análisis financiero segundo escenario.

Para realizar el análisis financiero frente al caso base se debe tener en cuenta la condición de que este escenario es un proyecto adicional del primer escenario, por tanto, habría que tener en cuenta los costes del primer escenario.

A continuación, se debe cuantificar las subvenciones que este proyecto va a recibir por parte de los fondos Next Gen, por parte del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia de la Unión Europea. En la siguiente ilustración, se muestra una tabla para evaluar la cuantía de la subvención.

Ahorro energético conseguido con la actuación	% máximo de subvención del coste de la actuación	Viviendas Cuantía máxima por vivienda	Locales comerciales u otros usos Cuantía máxima por m ²
30-45%	40%	6.300 €	56 €
45-60%	65%	11.600 €	104 €
Más de 60%	80%	18.800 €	168 €

Tabla 12: Subvenciones de los fondos NextGen (J.R., Guía de fondos Europeos , 2022)

Teniendo en cuenta que se va a producir un ahorro energético con la actuación del 76%, la subvención será del 80% de la actuación. La actuación total tendrá un coste de 455 225 € del primer escenario más la inversión de 267 102 € de este segundo escenario, siendo esto un total de 722 327 €. En este caso, los fondos europeos cubrirían 577 862 € que respeta la cuantía máxima por vivienda.

En cuanto a los beneficios fiscales que van a obtener los propietarios de viviendas, se debe evaluar la deducción del IRPF en este caso en concreto. Puesto que en este caso se cumple con las condiciones de la obtención obtenga una mejora de la eficiencia energética del edificio con una reducción del consumo de energía primaria no renovable de un 30% como mínimo, la deducción del IRPF en el primer año impositivo será de un 60% sobre la parte no subvencionada para cada vivienda.

Por tanto, la deducción del IRPF por cada vivienda en el primer año será de:

$$0,6 \times \frac{722\,327 - 577\,862}{128} = 667\text{€}$$

	Sin subvención	Subvencionada
Inversión	722 327 €	144 465 €
Inversión por vivienda	5 643 €	1 129 €
Deducción IRPF primer año	0 €	667 €
Ahorro anual (exc. Primer año)	1 764 €	1 764 €
Retorno de la inversión	25%	106%
Plazo de recuperación	4 años y 2 meses	1 año y 3 meses

Tabla 13: Análisis financiero primer escenario.

A continuación, es necesario establecer el análisis financiero del propietario teniendo en cuenta que se adquiriera un préstamo bancario para financiar aquella parte no subvencionada. Por tanto, teniendo en cuenta el análisis de las diferentes oportunidades de financiación y los intereses y en línea con el escenario anterior se va a emplear para este caso un interés del 4% TAE con una amortización a 10 años. Por tanto, habrá una devolución total de la deuda en el año 10. Asumiendo, que se tarda un año aproximadamente en recibir las ayudas del fondo, se recibirá financiación por parte del banco para cubrir esta inversión inicial, exenta de intereses y que se devolverá en cuanto los propietarios hayan recibido los fondos.

Los intereses por pagar anualmente por cada vivienda son los siguientes:

$$0,04 \times \frac{722\,327 - 577\,862}{128} = 45\text{€}$$

A continuación se muestran los flujos de caja de los propietarios de vivienda, comparando las tres diferentes posibilidades en este escenario.

	2022E	2023E	2024E	2024E	2025E	2026E	2027E	2028E	2029E	2030E	2031E
Sin subvención											
Flujo de caja	-5,643 €	0 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €
Acumulado	-5,643 €	-5,643 €	-3,879 €	-2,115 €	-351 €	1,413 €	3,177 €	4,941 €	6,705 €	8,469 €	10,233 €
Con subvención											
Flujo de caja	-1,129 €	667 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €	1,764 €
Acumulado	-1,129 €	-462 €	1,302 €	3,066 €	4,830 €	6,594 €	8,358 €	10,122 €	11,886 €	13,650 €	15,414 €
Subvención + Préstamo											
Flujo de caja	0 €	622 €	1,719 €	1,719 €	1,719 €	1,719 €	1,719 €	1,719 €	1,719 €	1,719 €	590 €
Acumulado	0 €	622 €	2,341 €	4,060 €	5,778 €	7,497 €	9,216 €	10,935 €	12,654 €	14,373 €	14,962 €

Tabla 14: Análisis de flujo de caja por vivienda

Capítulo 7. CONCLUSIONES

El principal objetivo de este proyecto es analizar la rehabilitación energética del edificatorio residencial español, abordando principalmente las siguientes cuestiones: las oportunidades de financiación para llevar a cabo estos proyectos, en que consiste el proyecto en sí, el impacto de estos proyectos tanto a nivel económico como a nivel medioambiental y el estudio de un caso práctico, para evaluar los efectos concretos de estos proyectos.

Inicialmente, se realiza un análisis de las oportunidades de rehabilitación de viviendas en el panorama nacional. En el que más del 50% de viviendas construidas antes de 1980 y un 85% con una calificación energética baja, lo que supone una oportunidad muy atractiva para generar un gran impacto tanto medio ambiental como económico, ejecutando los proyectos de rehabilitación.

Para la posibilidad del desarrollo de estos proyectos, se ha identificado el papel crucial de entidades que colaboren en la financiación de estos proyectos. Por un lado, los fondos europeos NextGen EU, que ofrecen subvenciones a fondo perdido, avales ICO y deducciones de IRPF para propiciar la rehabilitación. Estos fondos cubrirían a fondo perdido entre el 40-80% de la actuación. Dotando así a los propietarios de la capacidad de llevar a cabo estos proyectos y por tanto fomentando la ejecución de estos. Por otra parte, aparece una gran oportunidad de intervención de las entidades financieras, las cuales proporcionan préstamos a la comunidad de vecinos para cubrir el importe restante de la obra y en muchos casos colaborando con constructoras. De esta manera, no solo se favorece la viabilidad de llevar a cabo estos proyectos para los propietarios si no que se abre una nueva oportunidad de negocio muy atractiva para estas entidades financieras.

Posteriormente se ha repasado las diversas actuaciones que estos proyectos abarcan. Desde mejoras en la eficiencia energética a través de mejora iluminación, de aislamientos en fachadas, cubiertas, paredes, suelos, sustitución de calderas..., hasta la instalación de sistemas de producción energía renovable como pueden ser la instalación de paneles fotovoltaicos, aerotermia..., con sus correspondientes sistemas de almacenamiento para optimizar la disponibilidad energética para el consumo.

El impacto económico es múltiple causando efecto en diversos campos. Desde el punto de vista del propietario, va a suponer un impacto positivo por el ahorro de la factura energética tras la obra y la revalorización de su vivienda. Existen otros campos donde se va a generar un gran impacto como en la generación de empleo, las nuevas oportunidades que aparecen en los sectores de la construcción, energético y financiero. En definitiva, estos efectos contribuyen a la recuperación económica y a un aumento del PIB del país.

En cuanto al impacto medioambiental, estas rehabilitaciones van en línea con la reducción de las emisiones de CO₂. Suponiendo la consecución de los objetivos de los objetivos del PRTR respaldados por los fondos NextGen, se alcanzaría la ejecución de 510 000 rehabilitaciones para 2026, obteniendo una reducción del 30% en el consumo de energía primaria no renovable y una disminución de la demanda de calefacción y refrigeración como mínimo un 7%. Lo que va a suponer la disminución de 650,000 tCO₂/año.

En cuanto al caso de estudio en el que se evalúa un caso concreto para conocer los efectos de la ejecución del proyecto. En el primer escenario, en el que se rehabilita la envolvente, Se obtiene una reducción del consumo del 58% de los kWh anuales, una reducción del 55% en emisiones de CO₂, un aumento de dos letras en la calificación energética y un retorno de la inversión del 80% con la subvención completa. Esta subvención cubre el 60% de la inversión total y ofrece beneficios fiscales de la reducción del 60% del IRPF en el primer año impositivo. En este escenario se muestra el análisis de flujos de caja comparando el proyecto sin contar con un préstamo para cubrir la parte restante del proyecto y contando con dicho préstamo. En el primer caso, se obtiene un flujo de caja acumulado de 570€ mayor (5%) en 10 años, debido al pago de intereses. Sin embargo, en el primer caso es necesaria una inversión inicial de 1 423€, mientras que en el segundo el vencimiento de la deuda se puede pagar con el flujo de caja acumulado, proveniente del ahorro anual. Por lo que resulta muy atractivo la opción de contar con un préstamo bancario. El flujo de caja acumulado en 10 años tanto sin contar con un préstamo como contando con él es de 11 635 € y 11 066 € respectivamente.

El segundo escenario parte de la base del primer escenario al que se le incluye un proyecto adicional de instalación de un sistema de aerotermia para reducir el consumo y la instalación de paneles fotovoltaicos para la producción de energía renovable y así abastecer el consumo del edificio. En este caso, se obtiene una reducción del consumo del 76% de los kWh anuales consumidos, una reducción del 82% en emisiones de CO₂, un aumento de letras en la calificación energética y un retorno de la inversión del 106% con la subvención completa, todo ello con respecto al caso base. Esta subvención cubre el 80% de la inversión total y ofrece beneficios fiscales de la reducción del 60% del IRPF en el primer año impositivo. De la misma manera que en el anterior escenario, en este segundo escenario, se analizan los flujos de caja del propietario de vivienda comparando el proyecto sin contar con un préstamo para cubrir la parte restante del proyecto y contando con dicho préstamo. En el primer caso, se obtiene un flujo de caja acumulado de 452€ mayor (3%) en 10 años, debido al pago de intereses. Sin embargo, en el primer caso es necesaria una inversión inicial de 1 129€, mientras que en el segundo el vencimiento de la deuda se puede pagar con el flujo de caja acumulado, proveniente del ahorro anual. Por lo que en este caso también contar con un préstamo bancario es una posibilidad atractiva. El flujo de caja acumulado en 10 años tanto sin contar con un préstamo como contando con él es de 15 414 € y 14 962 € respectivamente.

Ambos escenarios, resultan de un gran atractivo ya que producen un ahorro por vivienda que produce unas rentabilidades muy altas, a parte del beneficio en el confort de la vivienda y en la reducción significativa de emisiones, por tanto, queda demostrado que es un proyecto muy atractivo para edificios residenciales. Comparando ambos escenarios se puede observar que, en ambos casos sin contar con las subvenciones a fondo perdido, sería una oportunidad de mejora del confort y de reducción de emisiones rentable, con rentabilidades del 29% y del 25% respectivamente. Posicionándose el primer escenario como una opción más atractiva desde el punto de vista económico. Sin embargo, se puede comprobar que a mayor inversión en medidas de mejora de eficiencia energética que produzcan mayor reducción del consumo, las ayudas a fondo perdido son mayores y esto tiene un gran impacto, convirtiendo al segundo escenario en la opción más atractiva tanto desde el punto de vista económico como desde el punto de vista medioambiental, con una rentabilidad del 106% frente al 80% en el primer escenario.

A pesar de que los resultados, respaldan la rentabilidad de los proyectos de rehabilitación energética, existe la interrogante de por qué las acciones de rehabilitación aún no alcanzan un nivel más elevado. Causa de ello, son las barreras de entrada que se han identificado como el desafío de alcanzar un acuerdo de todos los propietarios, la resistencia al cambio por parte de los propietarios, los posibles retrasos en la financiación y la posibilidad de un largo periodo de obras han actuado como obstáculos para que estos proyectos se lleven a cabo. Sin embargo, es innegable que estos proyectos de rehabilitación presentan un atractivo significativo, por lo que se espera un auge de estos proyectos en los próximos años.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

Acciona. (2023). *Rehabilitación energética sin derramas.*

<https://soluciones.acciona-energia.com/servicios-energeticos/rehabilitacion-energetica-edificios/>

Arnabat, I. (2020). *Calderas de condensación.*

<https://www.caloryfrio.com/calefaccion/calderas/funcionamiento-calderas-de-condensacion.html>

Bankinter. (2023). *Préstamo para reformar una vivienda.*

BBVA. (2023). *Préstamo Eficiencia Energética Comunidades de Propietarios.*

CaixaBank. (2023). *My Home.*

<https://www.caixabank.cat/particular/myhome/prestamos-personales/prestamo-personal.html?loce=sh-part-MyHome-Myhome--destacado-MyHome-Prestamos-NA#pr%C3%A9stamohogar>

Certificados energéticos. (2022). *La rehabilitación de viviendas una oportunidad de negocio para los profesionales.*

<https://www.certificadosenergeticos.com/la-rehabilitacion-de-viviendas-oportunidad-negocio-profesionales>

Consejo General de la Arquitectura Técnica. (2021). *Calculadora Energética.*

<https://calculadora.cgate.es/>

Daitsu. (2023). *Aeroterminia Daitsu AIHD HT 100.*

https://www.gasfriocalor.com/aeroterminia-acs-daitsu-aihd-ht-100?utm_campaign=ads&utm_source=cpc&utm_medium=shopping&utm_content=16506471259&gclid=CjwKCAjwp6CkBhB_EiwAlQVyxX0vckJLwQOJdzxKEXtZ9VEM-nEiPxRDBXtxA_Bc-dts8Gsg6Zk5KxoCzb4QAvD_BwE

Deutsche Bank. (2023). *Avanza Credit: el préstamo ideal para hacer tu edificio más eficiente energéticamente.*

<https://www.deutsche-bank.es/es/avanza-credit/articulos/avanza-credit-el-prestamo-ideal-para-hacer-tu-edificio-mas-eficiente-energeticamente.html>

Effic. (2023). *Mejora la eficiencia energética de tu edificio.*

<https://effic.es/reforma-ahorro-energia-edificio>

Enel X. (2023). *Eficiencia de los paneles solares.*

<https://corporate.enelx.com/es/question-and-answers/are-solar-panels-energy-efficient>

Eurostat. (2022). *El sector de la construcción en España.*

Ferrovial. (2023). *Rehabilitación energética.*

<https://www.ferrovial.com/es/recursos/rehabilitacion/>

Generalitat de Catalunya; Comisión del cambio climático. (2011). *GUÍA PRÁCTICA PARA EL CÁLCULO DE EMISIONES DE EFECTO INVERNADERO.* Barcelona.

<https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>

Iberdrola. (2023). *Paneles Smar Solar.*

<https://www.iberdrola.es/wclifral/smartsolar/calculator?language=es&data=27yMYMBNzk5pU8g19PPncAYZ0uNqfc5FIQBVD%2F7vMnrLbXk7iKf%2FHi4rijt5CbEdZdRDAz3WOFekxZybhyE6UNb27mJ5z8tENeMIW5g%2Fk9i2M7u11ln1Lyy7suHAZOiBiWU2sdZNLvmLzRzKuihepclhpyVsI40LpWoolMHc1zEnmvlj>

Iberdrola. (2023). *Plan Estable*.

<https://www.iberdrola.es/luz/plan-estable>

Iberdrola. (2023). *Tarifa RL.2 gas*.

<https://www.iberdrola.es/gas/plan-gas-hogar>

IDAE. (2022). *Guías técnicas para la rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios*.

<https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/aislamiento-en-edificacion/guias-tecnicas-para-la>

IDAE. (2023). *ENTIDADES COLABORADORAS. PRÉSTAMOS PARA COMPLEMENTAR LAS AYUDAS PARA REHABILITACIÓN*.

<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-la-rehabilitacion-de-edificios/convocatorias-cerradas/programa-pree/prestamos-para-complementar-las-ayudas-para-rehabilitacion/entidades-colaboradoras>

J.R. (2022). *Fondos Europeos*.

<https://elpais.com/economia/fondos-europeos-la-guia/2022-05-11/tu-casa-contra-el-cambio-climatico.html>

La Vanguardia. (2022). *La banca se lanza a por el negocio de la rehabilitación de vivienda*.

<https://www.lavanguardia.com/economia/20220607/8321102/banca-negocio-rehabilitacion-viviendas.html>

Ministerio de Hacienda y Función Pública. (2023). *FEDER FONDO EUROPEO DE DESARROLLO REGIONAL*.

<https://www.fondoseuropeos.hacienda.gob.es/sitios/dgfc/es-ES/paginas/feder.aspx>

Ministerio de hacienda y función pública. (2023). *Visor cartográfico*.
<https://www.sedecatastro.gob.es/>

MITMA. (2023). *Agenda Urbana y Vivienda*.

<https://www.mitma.gob.es/ministerio/proyectos-singulares/prtr/vivienda-y-agenda-urbana/programa-de-ayudas-para-la-rehabilitacion-integral-de-edificios-residenciales-y-viviendas>

Neuban. (2023). *Rehabilitación de viviendas*.
<http://www.neuban.es/contenido/servicios.html>

OHLA. (2021). *Alianza entre Endesa, Bankinter y OHLA para facilitar la rehabilitación energética en las comunidades de vecinos con fondos europeos*.

<https://ohla-group.com/alianza-entre-endesa-bankinter-y-ohla-para-facilitar-la-rehabilitacion-energetica-en-las-comunidades-de-vecinos-con-fondos-europeos/>

Retek. (2023). *Rehabilitación energética de fachadas*.

<https://www.retek.es/rehabilitacion-energetica-de-edificios-y-fachadas/>

Capítulo 9. ANEXOS

ANEXO 1

FACTORES DE EMISIÓN DE ENERGÍA

FUENTE ENERGÉTICA	FACTOR DE EMISIÓN
Electricidad (kWh)	181 g CO ₂ /kWh ⁵⁰
Gas natural (m ³)	2,15 kg CO ₂ /Nm ³
Gas butano (kg)	2,96 kg CO ₂ /kg de gas butano
Gas butano (nº de bombonas)	37,06 kg CO ₂ /bombona (considerando 1 bombona de 12,5 kg)
Gas propano (kg)	2,94 kg CO ₂ /kg de gas propano
Gas propano (nº de bombonas)	102,84 kg CO ₂ /bombona (considerando 1 bombona de 35 kg)
Gasoil (litros)	2,79 kg CO ₂ /l gasoil ⁵¹
Fuel (kg)	3,05 kg CO ₂ /kg de fuel
GLP genérico (kg)	2,96 kg CO ₂ /kg de GLP genérico
Carbón nacional (kg)	2,30 kg CO ₂ /kg de carbón nacional
Carbón de importación (kg)	2,53 kg CO ₂ /kg de carbón de importación
Coque de petróleo (kg)	3,19 kg CO ₂ /kg de coque de petróleo

ANEXO 2

FACTORES DE CONVERSIÓN

COMBUSTIBLE	FACTOR DE CONVERSIÓN ⁵
Gas natural (m ³)	10,65 kWh/Nm ³ de gas natural ⁶
Gas butano (kg)	12,44 kWh/kg de gas butano
Gas propano (kg)	12,83 kWh/kg de gas propano
Gasoil (litros)	11,78 kWh/kg de gasoil
Fuel (kg)	11,16 kWh/kg de fuel
GLP genérico (kg)	12,64 kWh/kg de GLP genérico
Carbón nacional (kg)	5,70 kWh/kg de carbón nacional
Carbón de importación (kg)	7,09 kWh/kg de carbón de importación
Coque de petróleo (kg)	9,03 kWh/kg de coque de petróleo

ANEXO 3

VALORES DE REFERENCIA PARA EDIFICIOS EXISTENTES DE USO RESIDENCIAL PRIVADO (VIVIENDA) Y TIPO EN BLOQUE

Zona climática	Demanda [kWh/m ² · año]		Consumo de EP _{nr} [kWh/m ² · año]			Emisiones [kgCO _{2e} /m ² · año]		
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	cal.	ref.	ACS
<i>Climas de la Península, Ceuta, Melilla e Islas Baleares</i>								
A3	46,56	26,34	87,99	26,86	19,31	21,42	6,58	4,67
A4	46,56	36,89	87,99	37,63	19,00	21,42	9,22	4,60
B3	64,30	26,34	127,31	26,86	19,56	30,22	6,58	4,73
B4	64,30	36,89	127,31	37,63	19,36	30,22	9,22	4,69
C1	99,78	-	179,60	-	20,44	40,91	-	4,95
C2	99,78	12,76	179,60	13,02	20,25	40,91	3,19	4,90
C3	99,78	26,34	179,60	26,86	20,25	40,91	6,58	4,90
C4	99,78	36,89	179,60	37,63	19,78	40,91	9,22	4,79
D1	144,13	-	250,79	-	21,07	54,77	-	5,10
D2	144,13	12,76	250,79	13,02	20,88	54,77	3,19	5,05
D3	144,13	26,34	250,79	26,86	20,44	54,77	6,58	4,95
E1	189,47	-	337,25	-	21,51	77,68	-	5,21
<i>Climas de las Islas Canarias</i>								
α1	-	-	-	-	19,68	-	-	5,37
α2	-	12,76	-	16,72	19,68	-	4,85	5,37
α3	-	26,34	-	34,50	19,68	-	10,01	5,37
α4	-	36,89	-	48,33	19,68	-	14,02	5,37
A1	46,56	-	92,65	-	19,68	25,14	-	5,37
A2	46,56	12,76	92,65	16,72	19,68	25,14	4,85	5,37
A3	46,56	26,34	92,65	34,50	19,68	25,14	10,01	5,37
A4	46,56	36,89	92,65	48,33	19,96	25,14	14,02	5,45
B1	64,30	-	127,95	-	20,79	34,72	-	5,67
B2	64,30	12,76	127,95	16,72	20,79	34,72	4,85	5,67
B3	64,30	26,34	127,95	34,50	20,79	34,72	10,01	5,67
B4	64,30	36,89	127,95	48,33	20,35	34,72	14,02	5,55
C1	99,78	-	198,56	-	21,48	53,88	-	5,86
C2	99,78	12,76	198,56	16,72	21,29	53,88	4,85	5,80
C3	99,78	26,34	198,56	34,50	21,29	53,88	10,01	5,80
C4	99,78	36,89	198,56	48,33	20,79	53,88	14,02	5,67
D1	144,13	-	286,82	-	22,14	77,83	-	6,04
D2	144,13	12,76	286,82	16,72	21,95	77,83	4,85	5,99
D3	144,13	26,34	286,82	34,50	21,48	77,83	10,01	5,86
E1	189,47	-	377,04	-	22,61	102,31	-	6,17

ANEXO 4

CLASES DE EFICIENCIA PARA EDIFICIOS DE USO RESIDENCIAL PRIVADO (VIVIENDA) DE TIPO EN BLOQUE, EN CLIMAS PENINSULARES

Límite superior de la clase	Demanda [kWh/m ² · año]		Consumo de EP _{nr} [kWh/m ² · año]				Emisiones [kgCO _{2e} /m ² · año]			
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	total	cal.	ref.	ACS	total
Zona A3										
A	3,0	5,5	4,4	5,6	4,9	12,3	1,0	1,4	1,2	2,9
B	7,0	8,9	10,2	9,1	5,7	23,3	2,3	2,2	1,4	5,4
C	12,7	13,9	18,4	14,1	6,9	39,4	4,1	3,5	1,7	9,2
D	21,2	21,3	30,8	21,7	8,7	63,1	6,8	5,3	2,1	14,7
E	46,6	26,3	88,0	26,9	19,3	134,2	21,4	6,6	4,7	32,7
F	50,7	32,4	102,9	33,0	21,0	146,2	25,1	8,1	5,5	36,9
Zona A4										
A	3,0	7,8	4,4	7,9	3,9	13,7	1,0	1,9	0,9	3,2
B	7,0	12,6	10,2	12,8	4,6	25,9	2,3	3,1	1,1	6,1
C	12,7	19,5	18,4	19,9	5,5	43,8	4,1	4,9	1,3	10,3
D	21,2	30,0	30,8	30,6	7,0	70,2	6,8	7,5	1,7	16,4
E	46,6	36,9	88,0	37,6	19,0	144,6	21,4	9,2	4,6	35,2
F	50,7	45,4	102,9	46,3	20,7	157,6	25,1	11,3	5,4	38,4
Zona B3										
A	4,6	5,5	6,7	5,6	5,6	15,6	1,9	1,4	1,4	3,6
B	10,7	8,9	15,5	9,1	6,6	29,6	3,7	2,2	1,6	6,8
C	19,2	13,9	27,9	14,1	8,0	50,0	6,2	3,5	1,9	11,5
D	32,2	21,3	46,7	21,7	10,0	80,1	10,0	5,3	2,4	18,5
E	64,3	26,3	127,3	26,9	19,6	173,7	30,2	6,6	4,7	41,5
F	70,1	32,4	138,8	33,0	21,3	189,4	35,4	8,1	5,5	46,9
Zona B4										
A	4,6	7,8	6,7	7,9	4,3	19,2	1,9	1,9	1,1	4,4
B	10,7	12,6	15,5	12,8	5,1	33,1	3,7	3,1	1,2	7,7
C	19,2	19,5	27,9	19,9	6,2	54,0	6,2	4,9	1,5	12,5
D	32,2	30,0	46,7	30,6	7,8	84,8	10,0	7,5	1,9	19,7
E	64,3	36,9	127,3	37,6	19,4	184,3	30,2	9,2	4,7	44,1
F	70,1	45,4	138,8	46,3	21,1	200,9	35,4	11,3	5,5	48,1
Zona C1										
A	7,7	-	11,2	-	9,7	24,2	3,3	-	2,4	5,4
B	17,9	-	26,0	-	11,4	39,2	6,2	-	2,8	8,8
C	32,4	-	46,9	-	13,9	60,7	10,5	-	3,4	13,7
D	54,2	-	78,5	-	17,5	93,4	16,8	-	4,2	21,0
E	99,8	-	179,6	-	20,4	200,0	40,9	-	4,9	45,9
F	108,8	-	210,1	-	22,3	226,0	47,9	-	5,8	55,0
Zona C2										
A	7,7	2,1	11,2	2,1	9,6	26,8	3,3	0,5	2,3	6,1
B	17,9	3,9	26,0	4,0	11,3	43,4	6,2	1,0	2,7	9,9
C	32,4	6,6	46,9	6,7	13,8	67,3	10,5	1,7	3,3	15,3
D	54,2	10,6	78,5	10,8	17,3	103,5	16,8	2,6	4,2	23,5
E	99,8	12,8	179,6	13,0	20,3	212,9	40,9	3,2	4,9	49,0
F	108,8	15,7	210,1	16,0	22,1	240,5	47,9	3,9	5,7	57,3
Zona C3										
A	7,7	5,5	11,2	5,6	5,5	24,5	3,3	1,4	1,3	5,6
B	17,9	8,9	26,0	9,1	6,5	42,3	6,2	2,2	1,6	9,7
C	32,4	13,9	46,9	14,1	7,9	69,1	10,5	3,5	1,9	15,8
D	54,2	21,3	78,5	21,7	9,9	108,5	16,8	5,3	2,4	24,7
E	99,8	26,3	179,6	26,9	20,3	226,7	40,9	6,6	4,9	52,4
F	108,8	32,4	210,1	33,0	22,1	247,1	47,9	8,1	5,7	59,2

Limite superior de la clase	Demanda [kWh/m ² · año]		Consumo de EP _{nr} [kWh/m ² · año]				Emisiones [kgCO _{2e} /m ² · año]			
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	total	cal.	ref.	ACS	total
Zona C4										
A	7,7	7,8	11,2	7,9	4,7	26,2	3,3	1,9	1,1	6,0
B	17,9	12,6	26,0	12,8	5,5	45,2	6,2	3,1	1,3	10,4
C	32,4	19,5	46,9	19,9	6,7	73,7	10,5	4,9	1,6	16,9
D	54,2	30,0	78,5	30,6	8,4	115,8	16,8	7,5	2,0	26,5
E	99,8	36,9	179,6	37,6	19,8	237,0	40,9	9,2	4,8	54,9
F	108,8	45,4	210,1	46,3	21,6	267,8	47,9	11,3	5,6	62,1
Zona D1										
A	11,7	-	16,9	-	10,0	37,5	4,9	-	2,4	8,4
B	27,0	-	39,2	-	11,8	57,7	9,3	-	2,9	12,9
C	48,7	-	70,7	-	14,3	86,1	15,8	-	3,5	19,3
D	81,6	-	118,3	-	18,0	128,2	25,3	-	4,4	28,7
E	144,1	-	250,8	-	21,1	271,9	54,8	-	5,1	59,9
F	157,1	-	293,4	-	23,0	318,1	64,1	-	6,0	71,8
Zona D2										
A	11,7	2,1	16,9	2,1	7,7	35,3	4,9	0,5	1,9	7,9
B	27,0	3,9	39,2	4,0	9,0	57,2	9,3	1,0	2,2	12,9
C	48,7	6,6	70,7	6,7	10,9	88,7	15,8	1,7	2,6	20,0
D	81,6	10,6	118,3	10,8	13,8	136,3	25,3	2,6	3,3	30,7
E	144,1	12,8	250,8	13,0	20,9	284,7	54,8	3,2	5,1	63,0
F	157,1	15,7	293,4	16,0	22,8	333,1	64,1	3,9	5,9	73,7
Zona D3										
A	11,7	5,5	16,9	5,6	5,6	37,1	4,9	1,4	1,3	8,4
B	27,0	8,9	39,2	9,1	6,5	60,1	9,3	2,2	1,6	13,6
C	48,7	13,9	70,7	14,1	7,9	93,2	15,8	3,5	1,9	21,1
D	81,6	21,3	118,3	21,7	10,0	143,3	25,3	5,3	2,4	32,4
E	144,1	26,3	250,8	26,9	20,4	298,1	54,8	6,6	4,9	66,3
F	157,1	32,4	293,4	33,0	22,3	336,8	64,1	8,1	5,8	79,6
Zona E1										
A	15,7	-	22,7	-	7,6	46,9	8,4	-	1,8	10,4
B	36,3	-	52,6	-	8,9	72,1	13,7	-	2,2	16,1
C	65,5	-	94,9	-	10,8	107,5	21,2	-	2,6	24,0
D	109,6	-	158,9	-	13,6	160,1	32,6	-	3,3	35,7
E	189,5	-	337,3	-	21,5	358,8	77,7	-	5,2	82,9
F	206,5	-	394,6	-	23,4	419,8	90,9	-	6,1	97,0