



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Rehabilitación Energética en I Horta Sud.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

AUTOR/A: Llop Vilanova, Vicente Ramón

Tutor/a: Guillén Guillamón, Ignacio Enrique

Cotutor/a externo: MENDIGUCHIA FONTES, FERNANDO AITOR

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

Resumen

En esta propuesta de trabajo, el objetivo principal se centra en estudiar el impacto ambiental y social alrededor de los proyectos de regeneración urbana en entornos suburbanos. Desde el lanzamiento del Green Deal por parte de la Unión Europea y apoyándose en los Fondos Next Generation, estos proyectos se centran en la rehabilitación energética. Normalmente, no resulta únicamente una actualización de la envolvente térmica, sino que se añaden elementos de accesibilidad o actualización de instalaciones y revestimientos. La proliferación deslocalizada de estos proyectos puede contribuir positivamente a la consecución de los objetivos de neutralidad climática planteados desde la esfera política. Como objetivos secundarios del trabajo, mediante un caso de estudio, se pretende analizar el impacto de la producción fotovoltaica in-situ, optimizar el comportamiento pasivo del caso de estudio asimilable a uno de los clústeres del estudio ERESE, por lo tanto, extrapolable fácilmente a otros casos, y por último evaluar el impacto social de este tipo de intervenciones.

Palabras clave: Rehabilitación; Neutralidad Climática; Simulación Energética.

Abstract

In this project, the main objective focuses on studying the social and environmental impact of the urban regeneration projects in suburban locations. Since the introduction of the EU's Green Deal initiative, funded by the Next Generation fund, these projects are focused on energetic rehabilitation. Usually not only does it result in an improvement to the thermal envelope but also adding accessibility elements or updating coverings and installations. The spread of these decentralized projects may contribute positively towards reaching the climate neutrality objectives proposed by the government. The secondary objectives of the project intended to study the on-site photovoltaic production and optimize the passive behaviors of the case study, assimilating clusters of the ERESE study therefore easily extrapolating it to other cases and finally evaluating the social impact of these types of interventions.

Key words: Rehabilitation; Neutrality Climatic; Energetic simulation.

Resum

En aquesta proposta de treball, l'objectiu principal se centra en estudiar l'impacte ambiental i social al voltant dels projectes de regeneració urbana en entorns suburbans. Des del llançament del *Green Deal* per part de la Unió Europea i secundant-se en els Fons *Next Generation*, aquests projectes se centren en la rehabilitació energètica. Normalment, no resulta únicament una actualització de l'envolupant tèrmica s'afigen temes d'accessibilitat o actualització d'instal·lacions i revestiments. La proliferació deslocalitzada d'aquests projectes pot contribuir positivament a la consecució dels objectius de neutralitat climàtica plantejats des de l'esfera política. Com a objectius secundaris del treball, mitjançant un cas d'estudi es pretén analitzar l'impacte de la producció fotovoltaica *in-situ*, optimitzar el comportament passiu del cas d'estudi assimilable a un dels clústers de l'estudi ERESE, per tant, extrapolable fàcilment a altres casos, i finalment avaluar l'impacte social d'aquesta mena d'intervencions.

Paraules clau: Rehabilitació; Neutralitat Climàtica; Simulació Energètica.

Agradecimientos

A mi familia, que siempre me ayuda y me apoya en todos los momentos y también durante la realización del presente trabajo.

A mi tutor Nacho, que me ha dado la oportunidad de realizar este trabajo, con un tema olvidado durante estos últimos años en el ámbito de la construcción como es la eficiencia energética de los edificios, y que con su ayuda he aprendido mucho sobre el tema.

Índice de contenidos

1. Introducción	5
2. Objetivos	9
3. Metodología	10
4. Resultados	20
5. Conclusiones	22
6. Referencias bibliográficas	23
7. Anexos	24

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen comparativo en cada uno de los casos, de las distintas actuaciones a realizar.	14
Tabla 2. Detalle comparativo en cada uno de los casos, de las distintas actuaciones a realizar.	17
Tabla 3. Consumos separados y totales de cada uno de los casos (unidades Kw·h/año).	20
Tabla 4. Emisiones expresadas en Kg·CO ₂ /año separados y totales para cada uno de los casos.	20
Tabla 5. Consumos con distintos números de placa fotovoltaicas (unidades Kw·h/año).	21
Tabla 6. Cantidades máximas subvencionables, de las ayudas Next Generation EU para la rehabilitación de viviendas.	21

Índice de figuras

Figura 1. Variación relativa del agregado de emisiones respecto a 1990 (año 1990 = 100%).	7
Figura 2. Evolución 2020-2050 (por décadas) del consumo de energía en la edificación residencial (GWh).	8
Figura 3. Valores de características geométricas del clúster utilizado de vivienda unifamiliar (Uu 4-60).	10
Figura 4. Situación y emplazamiento.	12
Figura 5. Cerramientos opacos (caso 0 y 1).	14
Figura 6. Huecos y lucernarios (caso 0).	15
Figura 7. Huecos y lucernarios (caso 1 y 2).	15
Figura 8. Cerramientos opacos (caso 2).	16
Figura 9. Consumo medio por servicio y hogar equipado (dato relevantes zona mediterránea).	18
Figura 10. Resultados para una placa solar de 500Wp.	19

1. Introducción

Cada vez más se va haciendo presente en la sociedad la concienciación ante el cambio climático y las concentraciones atmosféricas de "gases de efecto invernadero". Estas están influyendo negativamente en nuestro planeta, por ello se hace este estudio energético sobre rehabilitación en viviendas.

Se toma como punto de partida el año 1987 cuando la Asamblea General de las Naciones Unidas da un verdadero impulso a las cuestiones medioambientales, al adoptar la Perspectiva Ambiental hasta el año 2000 y más adelante, un marco para guiar la acción nacional y cooperación internacional en materia de políticas y programas orientados a conseguir un desarrollo respetuoso con el medio ambiente. La Perspectiva resaltaba la relación entre medio ambiente y desarrollo e introducía por primera vez el concepto de desarrollo sostenible. En 1987, en la Conferencia de Marzo de la ONU, se presentó el *Informe Brundtland: "Our Future Common"* donde se sentaban las bases del desarrollo sostenible con su definición: *"Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro para atender sus propias necesidades"*. Un año después, el calentamiento global y la destrucción de la capa de ozono adquieren una preponderancia creciente en el debate público y el programa político internacional. En enero de 1988, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente organizó un seminario internacional para identificar los sectores medioambientales que podrían ser más sensibles al cambio climático y se creó el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

El IPCC es un foro de ámbito científico para el estudio del calentamiento debido al efecto invernadero y los cambios climáticos mundiales. La Asamblea General identificó el cambio climático como una cuestión específica y urgente.

En 1989, la Asamblea en su resolución 44/207 aprueba la solicitud del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente para comenzar junto con la Organización Meteorológica Mundial los preparativos de las negociaciones para una convención marco sobre el cambio climático. Maldivas presentó la Declaración de Malé sobre el calentamiento de la atmósfera en todo el mundo y el aumento del nivel del mar. El 2 de mayo se adoptó la Declaración de Helsinki sobre la protección de la Capa de Ozono, así como la entrada en vigor el Protocolo sobre Sustancias que erosionan la Capa de Ozono o Protocolo de Montreal. La Segunda Conferencia Mundial sobre el Clima celebrada del 29 de octubre al 7 de noviembre de 1990 se menciona que el cambio climático es un problema global de carácter singular que requería una respuesta global.

En 1992, la Asamblea General convocó en Río de Janeiro la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo; "La Cumbre para la Tierra". Aquí se establece un nuevo marco para los acuerdos internacionales, con el objetivo de proteger la integridad del medio ambiente a nivel mundial que pone de manifiesto un consenso sobre cooperación en materia de desarrollo y medio ambiente. El acontecimiento más importante de la Conferencia fue la apertura para la firma de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). A finales de 1992 la habían firmado 158 Estados. La Convención, en su calidad de acción más importante sobre el cambio

climático hasta la fecha, debía estabilizar las concentraciones atmosféricas de "gases de efecto invernadero" a un nivel que se evite una interferencia antropógena peligrosa con el sistema climático.

A partir de 1995 con el Mandato de Berlín se iniciaron conversaciones para iniciar un protocolo en el que los países adquirieron compromisos, tomando forma con El Protocolo de Kioto en Japón en diciembre de 1997, que constituye la acción más influyente en materia de cambio climático que se haya emprendido hasta la fecha.

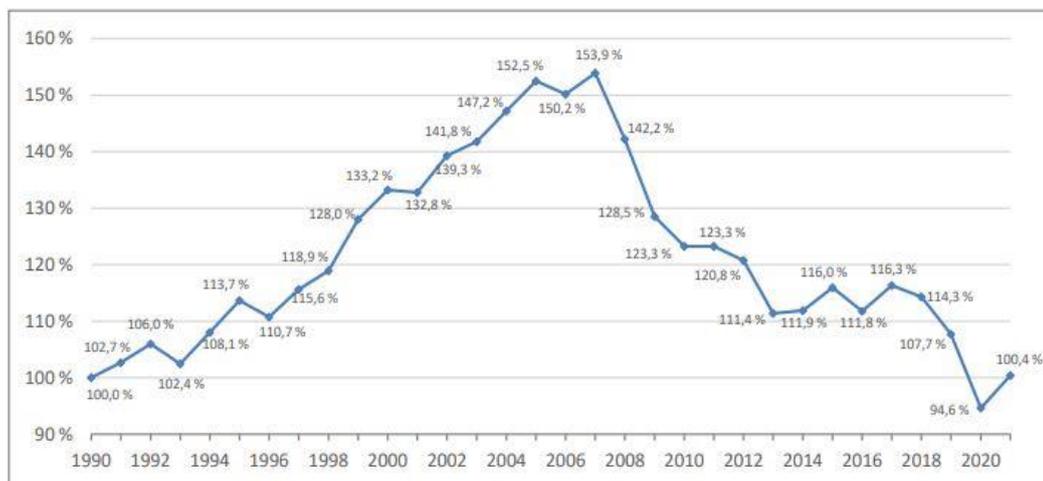
El objetivo del Protocolo de Kioto era reducir las emisiones totales de dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero de los países industrializados, en al menos un 5% respecto de los niveles de 1990 durante el periodo de compromiso de 2008 a 2012. El Protocolo, cuya apertura para la firma se produjo en marzo de 1998, entró en vigor el 16 de febrero de 2005, siete años después de haber sido negociado por 160 países. No obstante, pese al liderazgo de Naciones Unidas el poder ejecutivo es muy limitado.

Desde la “Conference Of Parties” COP3 de 1997, se han realizado seis Cumbres; Copenhague 2009, Varsovia 2013, Cumbre de Paris 2015, Chile – Madrid 2019, Glasgow 2021 y Egipto 2022. Previa a la celebración de cada cumbre El IPCC, emite tres informes de Evaluación sobre Bases Científicas, Impactos Adaptación y Vulnerabilidad y Mitigación del Cambio Climático.

La unión europea toma el liderazgo en la lucha contra el cambio climático y se propone varios retos. En diciembre del 2019 nace el Pacto Verde Europeo, lo que se conoce como “Green Deal”, a partir del cual se presentan unos planes de acción y adoptan una serie de estrategias que desencadenan con la aprobación de la Ley Europea del Clima en junio del 2021, en la cual ya se incorporan conceptos como la neutralidad climática para el año 2050 o el objetivo de reducir las emisiones netas en al menos un 55% en 2030 con respecto a 1990.

El inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero de marzo de 2023 de la serie 1990-2021, publicado por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico presenta los siguientes resultados: Las emisiones brutas de gases de efecto invernadero a nivel nacional se estiman para el año 2021 en 288,85 millones de toneladas de CO₂-eq, lo que supone un aumento de las emisiones de 6,1 % respecto al año anterior, un 0,4 % respecto a 1990 y un descenso del 34 % respecto a 2005. Aún lejos del 55% del compromiso de la UE. Incluso con una subida del 6,1% en el último año. Respecto del año anterior, en el sector industrial hay aumentos generalizados, destacando la industria metalúrgica con un 27,8 % o el sector comercial, institucional y residencial un 9,1% s Por gases, el CO₂ supone un 79,7 % de las emisiones totales de GEI, seguido del metano con un 14,4 %.

Figura 1. Variación relativa del agregado de emisiones respecto a 1990 (año 1990 = 100%).



Fuente: MITECO. (2023) "Informe Inventarios GEI 1990-2021".

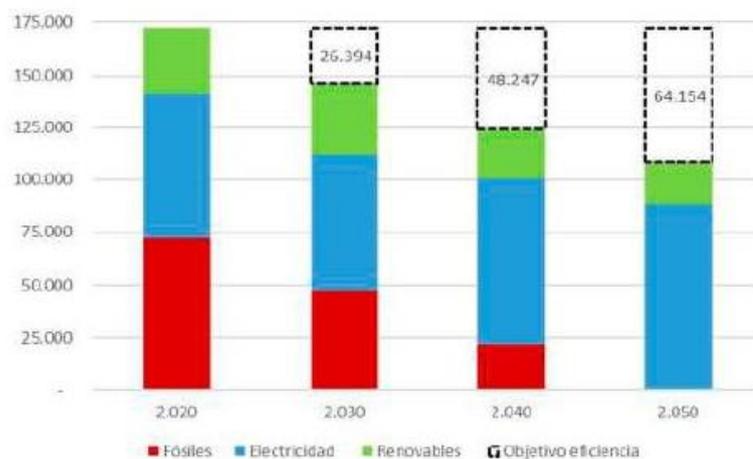
Como consecuencia de la crisis económica que originó la pandemia COVID-19, desde Europa se propone un nuevo mecanismo de recuperación mediante las subvenciones procedentes de los Fondos Next Generation EU con un paquete de 672.500 millones de euros. Medidas dentro del Plan de recuperación, transformación y resiliencia que se regula con el Decreto Ley 36/2020 del 30 de diciembre.

La Generalitat Valenciana aprueba una concesión de ayudas con un tope de 20.873.090 euros entre los años 2021-2022 y otra partida de 36.593.567 euros a pagar entre los años 2023-2025 con plazo abierto de presentación de solicitudes hasta el 8 de diciembre de 2023. Se presenta un paquete de ayudas para rehabilitación de edificios (AFE-EDIF), de viviendas (AFE-VIV), de la envolvente (AFE-EVT), de proyectos (AFE-PYT) y del libro del edificio (AFE-LDE). Como el caso de estudio es una vivienda unifamiliar podría optar a la ayuda a nivel vivienda con ayudas de hasta el 40% del gasto subvencionable con un máximo de 3.000 euros cumpliendo una reducción de más del 30% de energía primaria no renovable. Las mismas cantidades de ayudas para el caso de que se actúe únicamente en la envolvente en cuyo caso el requisito es cumplir únicamente con las tablas 3.1.1 a-HE-1 y 3.1.3 a-HE-1, algo menos restrictivo que el anterior. Sin embargo, las subvenciones con más aportación económica destacan a nivel edificio con ayudas de entre el 40% y el 80% del gasto subvencionable con máximos que van desde 6.300 euros hasta 18.800 euros. Existen además tres ayudas complementarias a esta (AFE-EDIF), en la primera se puede ver incrementado en 7.950 euros por vulnerabilidad del solicitante, en la segunda con entre 1.000 euros y 12.000 euros en el caso de retirada de amianto y la tercera con 1.200 euros adicionales también por vulnerabilidad, en este caso fondos provenientes de la Generalitat Valenciana (ver anexo 1).

Se realiza un estudio sobre el impacto ambiental que tiene la rehabilitación de viviendas, contextualizado desde el documento "ERESE 2020" de junio del 2020 del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. Este documento pretende ser una estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética de la edificación en España que toma como base la Directiva (UE) 2018/844

del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018. Trabaja por una parte el diagnóstico, por otra parte, objetivos y escenarios, y finalmente la implementación.

Figura 2. Evolución 2020-2050 (por décadas) del consumo de energía en la edificación residencial (GWh).



Fuente: MITMA a partir de la modelización de TIMES-Sinergia de MITERD para ELP 2050.

En este documento se describen numerosos clústeres en función de periodos de tiempo, tipo de vivienda y tipologías constructivas. En la metodología del presente trabajo se trabaja sobre uno de ellos que abarca viviendas unifamiliares de entre los años 1941-1960 y denominado dentro del ERESE cómo "Uu 41-60" y cuyas características se pueden ver en la figura 3.

2. Objetivos

El objetivo general de este trabajo es:

- Analizar el impacto ambiental en los procesos de rehabilitación de viviendas en el ámbito metropolitano de Valencia.

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Analizar el impacto de la producción fotovoltaica in-situ.
- Optimizar el comportamiento pasivo del caso de estudio asimilable a uno de los clústeres del estudio ERESE.
- Reducir el impacto ambiental en fase de uso de la rehabilitación de viviendas.
- Abordar una rehabilitación energética de distintas formas.
- Analizar el nivel de acceso a las subvenciones sobre ahorro energético en función del tipo de intervención.

La relación del presente trabajo con los Objetivos de Desarrollo Sostenible "ODS".

"Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna."

Meta 7.2 "De aquí a 2030, aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas."

En relación con esta meta en el estudio se intentará la electrificación de la energía que esta se pueda obtener de fuentes renovables como la energía fotovoltaica.

"Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles."

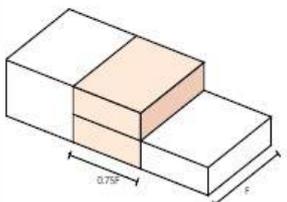
Meta 11.6 "De aquí a 2030, reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo."

En relación con esta meta se intenta en el presente estudio que los edificios a rehabilitar reduzcan las emisiones de CO₂, lo que sin duda mejora la calidad del aire. En relación a la gestión de desechos no es el objetivo de este estudio, sin embargo, si es un requisito la justificación de la recircularidad de materiales si se desea recibir subvenciones del tipo Next Generation a las cuales si se hace referencia en el presente estudio.

3. Metodología

Con el fin de alcanzar los objetivos se realiza un estudio sobre el impacto ambiental que tiene la rehabilitación de viviendas, para ello se escoge un caso real de estudio en el que los datos que se obtienen pueden ser extrapolables a uno de los clústeres tipo de vivienda, en concreto al denominado “Uu 41-60”. Se trata de un tipo de vivienda unifamiliar de entre los años 1941-1960 y hasta dos plantas de altura.

Figura 3. Valores de características geométricas del clúster utilizado de vivienda unifamiliar (Uu 4-60).

Uu 41-60					
	Superficie media vivienda tipo (m ²)	104,20	Superficies de envolvente	Por vivienda	Por 100 m ²
	Nº de plantas del edificio	2	m ² fachada	169,19	162,38
	Nº de viviendas por edificio (unifamiliar)	1	m ² fachada OPACA	82,61	79,29
	Relación Frente/Fondo (Edificio tipo)	0,75	m ² fachada HUECOS	14,07	13,50
	Relación Frente/Fondo (Vivienda tipo)	0,75	m ² medianera adiabatica	72,51	69,59
	Frente (Edificio tipo) (m)	6,25	m ² cubierta	52,10	50,00
	% Medianeras en contacto con el exterior	25	m ² solera	52,10	50,00

Fuente: MITMA. (2019) “Segmentación del parque residencial de viviendas en España en clústeres tipológicos”.

Estudio (01) para la ERESEE 2020.

Dentro del clúster seleccionado para el trabajo se trabaja con 3 casos de estudio que se exponen a continuación:

- Caso 0. Inmueble en estado actual. Sin aislamiento en su envolvente, ventanas de madera poco estancas con vidrios sencillos, agua caliente sanitaria (en adelante ACS) mediante termo de GLP y calefacción con estufa efecto joule.
- Caso 1. Inmueble al que se hace una mínima intervención cambiando el sistema de ACS por termo eléctrico con acumulador de 70l, y cambio de ventanas estancas con vidrio doble.
- Caso 2. Rehabilitación integral con las mismas ventanas que en el caso 1, sin embargo, se añade aislamiento continuo en toda la envolvente, y sistemas eficientes en ACS, calefacción y refrigeración mediante un único equipo de aerotermia.

En cada uno de estos casos, se trabaja con los conceptos de consumos de energía primaria no renovable y emisiones de CO₂. Para la obtención de estos datos se emplea un programa oficial para la certificación energética de los edificios, los siete programas reconocidos por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico son: CERMA, CE3X, CE3, Tekton3D TK-CEEP, SG SAVE, CYPETHERM HE Plus, Herramienta unificada LIDER-CALENER (HULC). De estos programas se obtendrán los datos de energía primaria no renovable y emisiones de CO₂ con el programa CE3X. Se elige este programa por varios motivos, el primero es que se trata de un programa reconocido, el segundo es su sencillez con respecto a otros y el tercer motivo es la importancia que se le da a los rendimientos de las instalaciones y los atributos de los elementos constructivos en contraposición de otros como aspectos geométricos en los que no se interviene y si tendrían más valor otros programas como el “Hulc”. En concreto, la energía primaria no renovable, es la suma de los consumos de calefacción, refrigeración, ACS y otros. Los tres primeros datos se calculan mediante el programa CE3X, se

introducen unos parámetros geométricos, de situación y de orientaciones que no cambian. También unos valores de transmitancias térmicas o de rendimientos en las instalaciones que son objeto de estudio dependiendo de los distintos casos que se analizan. Estos cálculos son objeto de explicación y desarrollo más adelante. El cuarto, "otros" está compuesto por la suma de consumos de la cocina, electrodomésticos, iluminación y standby; correspondiente a consumos medios de viviendas unifamiliares para la zona mediterránea. Estos datos se utilizan indistintamente para los tres casos de estudio y se extraen del *"Resumen de Información Básica de Consumos del Sector Residencial en España"*, realizado por el IDAE en colaboración con EUROESTAT y el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

La introducción de datos en el programa CE3X para el cálculo está separada en cuatro apartados: datos administrativos, datos generales, envolvente térmica e instalaciones, siendo estos dos últimos puntos los más importantes en cuanto a la obtención de resultados. El primero de ellos, datos administrativos, no tiene ninguna validez al nivel del presente estudio. En el segundo, datos generales, se introduce dimensiones métricas del inmueble como superficie, altura y nº de plantas, datos que determinan el volumen de aire a calefactar o refrigerar en la vivienda. La ventilación se deja por defecto 0,63 renovaciones/hora y la demanda diaria de ACS que viene dada por la tabla a del anejo F del Documento básico de Ahorro de energía, en adelante, DB-HE; del Código Técnico de la Edificación, en adelante CTE, por la que se establecen los valores mínimos de ocupación de cálculo en uso residencial privado. En el tercero, envolvente térmica de edificio, se introducen una a una todas las fachadas, medianeras, suelos y cubiertas que determinan la envolvente del edificio, con superficies, transmitancias térmicas en W/mK, en adelante representado con la letra U y orientaciones. Si fuera el caso, se introduce un patrón de sombras a cada una de las fachadas o cubiertas. A su vez, dentro de cada fachada o cubierta se especifican los huecos que esta contiene, con dimensiones, y porcentaje de marco y vidrio, así como la permeabilidad del hueco en m³/h·m², la absortividad del marco, (en adelante α en tanto por uno y que depende del color de las carpinterías), el factor solar del vidrio (en adelante g) y la U del marco y el vidrio. Al mismo tiempo, también se tiene en cuenta cualquier dispositivo protección solar que tenga el hueco, así como los puentes térmicos tanto del hueco como de los propios planos que genera la envolvente. El cuarto, instalaciones, ACS, calefacción y refrigeración se determina por el rendimiento, ya sea en un único equipo o en equipos separados. En este apartado, también se tienen en cuenta las contribuciones energéticas como pueden ser las placas solares, estas determinan la cantidad de energía generada mediante energía renovable y se contabiliza en KWh/año.

Para el cálculo de la energía solar fotovoltaica se emplea una página en línea: "Photovoltaic Geographical Information System" (PVGIS), aplicación de la Comisión Europea. En ella se introducen datos como la latitud y la longitud de nuestro edificio, la base de datos de la radiación solar, el tipo de sistema fotovoltaico, la potencia instalada que se pretende calcular, las pérdidas del sistema, la inclinación de las placas, y la orientación de estas. Estos datos introducidos dan como resultado la energía generada por las placas solares expresada en KWh/año, aunque también es interesante la gráfica que muestra la energía mensual, en ella se observa mes a mes como la mayor captación es en julio mientras que la menor se produce en diciembre.

A modo histórico, el edificio que se analiza es una vivienda unifamiliar de 1935, situada en el camino del Tremolar de Valencia, en la huerta sur de este municipio y cuyos planos iniciales pueden consultarse en el anexo 2. Este inmueble está compuesto en su origen por una distribución típica de “casa de poble” con entrada de carro y dormitorios a ambos lados en la primera crujía, comedor y otro dormitorio en la segunda crujía, y al fondo el corral donde se encuentra la cocina y el wc. Pese a que la vivienda es de 1935, sufre una ampliación en los años 70 cambiando la relación frente/fondo. Esta pasa de 8m de frente y 9m fondo a 8m de frente y 12m de fondo, deja la vivienda mejor englobada en el cluster “Uu 40-61” explicado anteriormente.

La situación y emplazamiento del edificio se muestra en la siguiente figura, en ella se observa la orientación sur de la fachada principal.

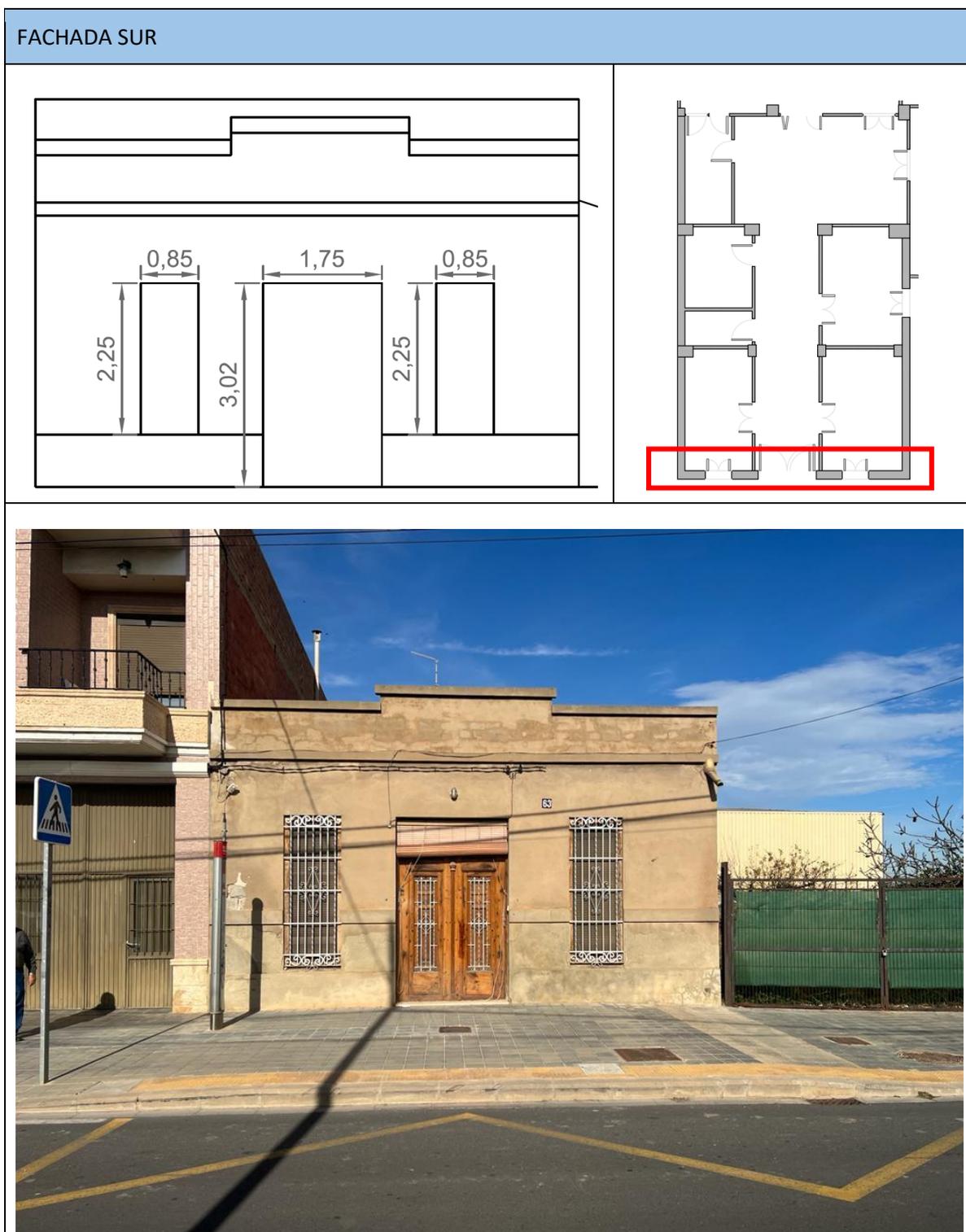
Figura 4. Situación y emplazamiento.



Fuente: Elaboración propia.

La definición geométrica del edificio queda explicada en unas fichas que se han elaborado y cuyo ejemplo se puede ver en esta página, en ellas se define la envolvente por partes. Todas las fichas que definen la envolvente del edificio se pueden ver en el anexo 3.

Anexo 3. Ficha fachada sur.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1. Resumen comparativo en cada uno de los casos, de las distintas actuaciones a realizar.

	CASO 0	CASO 1	CASO 2
ENVOLVENTE OPACA	Sin aislamiento	Sin aislamiento	 Aislamiento interior
HUECOS EN LA ENVOLVENTE	Madera Poco estancos Vidrio sencillo	PVC Estancos Vidrio doble	
INSTALACIONES	 Termo GLP + estufa	 Termo eléctrico + estufa	 Aerotermia

Fuente: Elaboración propia.

- Caso 0. El punto de partida es una reforma de los años 70 en la que se cubre con viguetas prefabricadas una crujía más que, en el proyecto de 1935, albergando esta, la cocina y el salón-comedor, el wc pasa al final del patio, quedando este cubierto por placas de amianto. Se introduce todos los datos en el programa CE3X. El primer paso es definir el edificio por volumen habitable, 96 m² de superficie y 4m de altura. La demanda de ACS se establece en 112 l/día según los cálculos de 28 l/día-persona y número de personas son 4 según se deduce de la tabla del anejo F del DB-HE CTE si se consideran 3 dormitorios. Se genera la envolvente con los siguientes cerramientos opacos definidos por orientaciones, superficies y transmitancias térmicas estimadas con una librería de cerramientos.

Figura 5. Cerramientos opacos (caso 0 y 1).

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Cubierta TEJA CASA	Cubierta	63.33	1.48	Conocidas
Cubierta PLANA CASA	Cubierta	27.94	1.66	Conocidas
Muro de fachada SUR	Fachada	20.73	1.74	Conocidas
Muro de fachada CASA ESTE	Fachada	32.8	2.25	Conocidas
Partición vertical comedor-garaje	Partición Interior	23.0	1.71	Estimadas
Partición vertical vecino	Partición Interior	48.0	0.99	Estimadas
Fachada norte	Fachada	22.09	2.38	Conocidas
Suelo con terreno	Suelo	89.4	1.00	Por defecto

Fuente: Elaboración propia desde CE3x.

En cada uno de los cerramientos se asignan cada uno de los huecos, sus correspondientes superficies, con transmitancias térmicas tanto de los marcos como de los vidrios, de estos también el factor solar. La estanqueidad de los huecos es poco estanca y por ello se establece

un valor estimado de 100 m³/h·m². Los valores U son de 2,2 W/m²·k para el marco y de 5,7 W/m²·k para el vidrio con una g estimada de 0,82 con vidrio sencillo. Con unos valores generales representados en la siguiente tabla extraída del programa de cálculo.

Figura 6. Huecos y lucernarios (caso 0).

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
puerta entrada	Hueco	5.25	3.25	0.20	Estimado	Estimado
ventanas	Hueco	3.82	5.00	0.37	Estimado	Estimado
ventana este	Hueco	2.2	5.00	0.58	Estimado	Estimado
ventana comedor	Hueco	1.32	5.00	0.67	Estimado	Estimado
puerta comedor	Hueco	4.06	5.00	0.67	Estimado	Estimado
puerta cocina	Hueco	1.43	2.20	0.07	Estimado	Estimado
ventana cocina	Hueco	0.9	5.00	0.67	Estimado	Estimado

Fuente: Elaboración propia desde CE3x.

En cuanto a instalaciones, en este caso se cuenta con un termo antiguo de gas licuado para abastecer ACS, en adelante GLP, con un rendimiento medio estacional del 59,8% y alguna estufa eléctrica que se introduce en el programa como un equipo de calefacción de efecto joule con un rendimiento medio estacional estimado del 100%.

- Caso 1. Respecto al estado inicial se mantiene un volumen habitable de 96 m² de superficie y 4 m de altura y la demanda de ACS de 112 l/día. En cuanto a la envolvente, se mantiene igual los elementos opacos de muros, medianeras, suelo y cubierta, (consultar figura 5) así como el hueco que corresponde a la puerta de madera, más por una cuestión estética, únicamente se modifican las ventanas de madera a PVC. Esto se ve reflejado en valores como la permeabilidad de la ventana, así como en la g y la U del vidrio. Así pues, la permeabilidad de los huecos cambia de poco estanca a estanca, con unos valores estimados que pasan de 100 m³/h·m² a 50 m³/h·m². La U del vidrio pasa de 5,7 W/m²·k a 3,3 W/m²·k. mientras que los valores de la g del vidrio, pasan del caso 0 al caso 1, de 0,82 a 0,75.

Figura 7. Huecos y lucernarios (caso 1 y 2).

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
puerta entrada	Hueco	5.25	2.53	0.18	Estimado	Estimado
ventanas	Hueco	3.82	3.08	0.34	Estimado	Estimado
ventana este	Hueco	2.2	3.08	0.53	Estimado	Estimado
ventana comedor	Hueco	1.32	3.08	0.61	Estimado	Estimado
puerta comedor	Hueco	4.06	3.08	0.61	Estimado	Estimado
puerta cocina	Hueco	1.43	2.97	0.54	Estimado	Estimado
ventana cocina	Hueco	0.9	3.08	0.61	Estimado	Estimado

Fuente: Elaboración propia desde CE3x.

En el caso 1 respecto del caso inicial, se mantiene la estufa eléctrica de efecto joule con un rendimiento medio estacional estimado del 100%, sin embargo, se cambia el calentador de glp con un rendimiento medio estacional del 59,8%, por un termo eléctrico con un generador efecto joule con depósito de agua de 70l y un UA de 4 W/K. El rendimiento de este equipo se estima en el 90% y elimina la emisión de CO₂ por combustibles diferentes al consumo eléctrico.

- Caso 2. En este último caso de análisis, respecto a los casos anteriores (caso 0 y caso 1) se mantiene un volumen habitable de 96 m² de superficie y 4 m de altura y la demanda de ACS de 112 l/día. En cuanto a la envolvente, se cambia por completo las propiedades del elemento opaco colocando aislamientos de conductividad 0,029 W/mk, con espesores de 15 centímetros por el interior en fachadas, 5 centímetros por el interior en medianeras, 5 centímetros por el interior en el suelo y cambiando la cubierta por otra, tipo sándwich con 20 centímetros de aislamiento.

Figura 8. Cerramientos opacos (caso 2).

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Cubierta TEJA CASA	Cubierta	63.33	0.14	Conocidas
Cubierta PLANA CASA	Cubierta	27.94	0.14	Conocidas
Muro de fachada SUR	Fachada	20.73	0.17	Conocidas
Muro de fachada CASA ESTE	Fachada	32.8	0.17	Conocidas
Partición vertical comedor-garaje	Partición Interior	23.0	0.37	Estimadas
Partición vertical vecino	Partición Interior	48.0	0.27	Estimadas
Fachada norte	Fachada	22.09	0.17	Conocidas
Suelo con terreno	Suelo	89.4	0.58	Estimadas

Fuente: Elaboración propia desde CE3x.

Se mantienen los huecos respecto al caso 1, siendo estos estancos, de PVC y con doble cristal (consultar figura 7). Se podría haber mejorado con un doble cristal bajo emisivo cuyos resultados de g hubieran mejorado de 0,65 a 0,75 y los resultados de la U del vidrio hubieran sido 2,7 W/m²·k en lugar de 3,3 W/m²·k. Sin embargo, se opta por dejar las mismas condiciones, en los huecos del caso 1 y en los huecos del caso 2, para que los resultados que se obtienen estén en igualdad de condiciones y la diferencia sea exclusivamente si se interviene sólo en los huecos o en toda la envolvente (huecos más elementos opacos) o añadiendo contribuciones energéticas de energías renovables como en este caso la energía fotovoltaica.

En lo que a instalaciones se refiere, en el caso 2 respecto al caso 0 y 1 si se genera un cambio sustancial introduciendo un sistema de aerotermia centralizado para abastecer tanto ACS, como calefacción, como refrigeración. Sin querer aportar marcas se escoge un equipo que tiene unos los siguientes rendimientos medios estacionales: ACS 307%, calefacción 416%, refrigeración 655% y posee un depósito de 200 litros de agua con una oscilación de temperatura entre 40° y 80°. Todos estos datos se han introducido en el programa CE3X.

Tabla 2. Detalle comparativo en cada uno de los casos, de las distintas actuaciones a realizar.

		CASO 0	CASO 1	CASO 2
	Volumen a climatizar	8m x 12m x 4m		
ENVOLVENTE OPACA	Cubierta inclinada	Teja (sin aislamiento)		Sándwich (20 cm aislamiento)
	Cubierta plana	Forjado (sin aislamiento)		Forjado (15 cm aislamiento interior)
	Suelo	Solera (Sin aislamiento)		Solera (5cm aislamiento interior)
	Fachada Sur	Bloque 25cm (sin aislamiento)		Bloque 20cm (15 cm aislamiento interior)
	Fachada Este	Bloque 20cm (sin aislamiento)		Bloque 20cm (15 cm aislamiento interior)
	Fachada Norte	Fachada medio pie (sin aislamiento)		Fachada medio pie (15cm de aislamiento)
	Medianera Oeste	Boque de 25cm (sin aislamiento)		(5cm de aislamiento)
	Medianera Este	Medio pie (sin aislamiento)		Medio pie (5cm de aislamiento)
ENVOLVENTE HUECOS	Cubierta Patio	Amianto	-	
	Ventanas	Madera Cristal sencillo Poco estancas	PVC Cristal doble Estancas	
INSTALACIONES	ACS	Termo GLP	Termo eléctrico acumulador 70l	Aeroterminia acumulador 200l
	Calefacción	Estufa infrarrojos		
	Refrigeración	-		

Fuente: Elaboración propia.

De cada uno de los tres casos de estudio, se generan los distintos certificados de eficiencia energética (CEE) que ofrecen los datos en KW·h/año de los consumos de ACS, calefacción y refrigeración (tabla 3). En el anexo 4 se muestran los CEE de cada uno de los tres casos objeto de estudio más algunas variantes de los mismos con diferentes valores de contribuciones energéticas. Otro dato que se extrae de los CEE son las emisiones expresadas en KgCO₂/año y que se muestra en el apartado resultados (tabla 4). Sin embargo, para completar las tablas 1 y 2, aparte de los consumos y emisiones de ACS, calefacción y refrigeración, el apartado con el nombre (otros) corresponde con consumos y emisiones que se definen en este estudio; en el caso de consumos corresponde con la suma de los consumos correspondientes de cocina, electrodomésticos, iluminación y standby. Datos que se extraen del consumo medio por servicio y hogar equipado en la zona mediterránea del “Resumen de Información Básica de Consumos del Sector Residencial en España”, realizado por el IDAE en colaboración con EUROSTAT y el Ministerio de Industria, Energía y Turismo.

Figura 9. Consumo medio por servicio y hogar equipado (dato relevantes zona mediterránea).

Unidad: kWh/hogar	Servicios	Zona Atlántica		Zona Continental		Zona Mediterránea		España	
Unifamiliares	Calefacción	9.938	45,9%	15.270	71,2%	9.245	63,3%	11.311	66,5%
	Agua caliente sanitaria	1.394	6,4%	1.858	8,7%	1.607	11,0%	1.664	9,8%
	Cocina	1.646	7,6%	1.146	5,3%	819	5,6%	1.019	6,0%
	Refrigeración	5.201	24,0%	275	1,3%	175	1,2%	209	1,2%
	Iluminación	332	1,5%	423	2,0%	471	3,2%	439	2,6%
	Electrodomésticos	2.966	13,7%	2.261	10,5%	2.060	14,1%	2.154	12,7%
	Standby	192	0,9%	213	1,0%	222	1,5%	216	1,3%
	TOTAL	21.670,481	100%	21.445,292	100%	14.598,351	100%	17.011,982	100%

Fuente: IDAE. “Resumen de Información Básica de Consumos del Sector Residencial en España”.

Para el caso de emisiones, se toman los valores obtenidos de consumos de cocina, electrodomésticos, iluminación y standby (valores en Kw·h/año). Mediante el visor *EPDB del CTE en colaboración con el Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (IETcc-CSIC)* se obtiene el factor de paso cuyo vector energético es la electricidad, con origen red y uso suministro. Equivalencia: 1Kw·h = 331gCO₂.

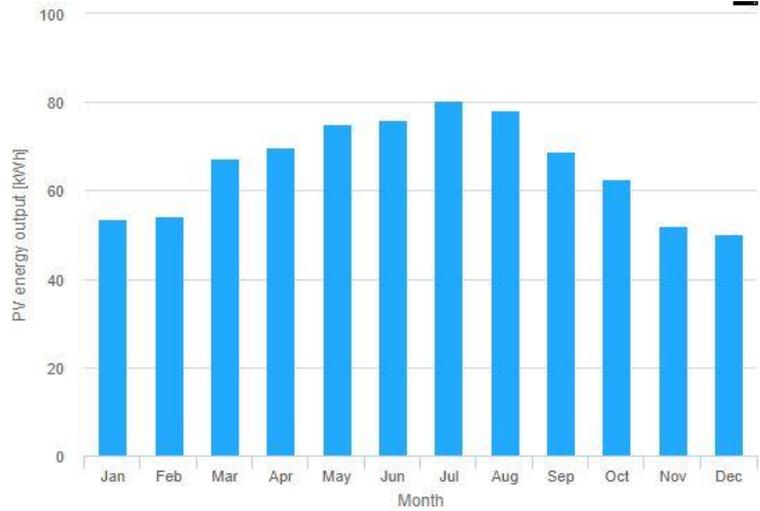
Tanto en el caso 1 como en el caso 2, al ser todas las instalaciones eléctricas se plantea un escenario propicio para intervenir en el edificio con placas solares. Se ha descrito anteriormente como proceder en la introducción de datos en el PVGIS, pues bien, los datos son los siguientes: latitud 39.4 y longitud -0,36 del edificio objeto, la base de datos de la radiación solar se ha seleccionado PVGIS-SARAH2, el tipo de sistema fotovoltaico desconocido, para que no influya, porque no es importante para este estudio ya que se obtienen unos valores aproximados, la potencia instalada que se calcula se estima en 500Wp porque se considera que es una instalación fotovoltaica con un buen rendimiento, las pérdidas del sistema se dejan por defecto con un 14%, la inclinación de las placas 39° porque se considera una inclinación óptima y el edificio lo permite, y la orientación de las mismas se deja un azimut 0° porque además de ser un buen azimut es la orientación del edificio.

La potencia introducida es de 500Wp, o lo que es lo mismo, 0,5KWp que corresponde a una única placa y que genera una aportación energética de 783 kWh/año sin emisiones de CO₂. A partir de este resultado y según el número de placas a instalar, se muestran más datos en resultados (ver tablas 4 y 5) y conclusiones.

Figura 10. Resultados para una placa solar de 500Wp.

Provided inputs:	
Location [Lat/Lon]:	39.423,-0.360
Horizon:	Calculated
Database used:	PVGIS-SARAH2
PV technology:	Unknown
PV installed [kWp]:	0.5
System loss [%]:	14

Simulation outputs:	
Slope angle [°]:	39
Azimuth angle [°]:	0
Yearly PV energy production [kWh]:	787.82
Yearly in-plane irradiation [kWh/m ²]:	2072.12
Year-to-year variability [kWh]:	24.81
Changes in output due to:	
Angle of incidence [%]:	-2.51
Spectral effects [%]:	NaN
Temperature and low irradiance [%]:	-8
Total loss [%]:	-23.96



Fuente: Elaboración propia desde PVGIS.

4. Resultados

Tabla 3. Consumos separados y totales de cada uno de los casos (unidades Kw·h/año).

	ACS	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	*OTROS	TOTAL
CASO 0	4.240	16.956	2.036	3.372	26.604
CASO 1	6.349	15.832	1.985	3.372	27.538
CASO 2	2.307	1.316	356	3.372	7.351

Fuente: Elaboración propia.

*OTROS: SUMATORIO DE COCINA, ELECTRODOMÉSTICOS, ILUMINACIÓN, STANDBY

Tabla 4. Emisiones expresadas en Kg·CO₂/año separados y totales para cada uno de los casos.

	ACS	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN	*OTROS	AUTOCONSUMO	TOTAL
CASO 0	896,64	2.872,32	344,64	1.1116,23		5.229,83
CASO 1	1.075,20	2.682,24	336,00	1.1116,23		5.209,67
CASO 1 (10 PLACAS)	1.075,20	2.862,24	336,00	1.1116,23	-2.596,00	2.613,67
CASO 1 (21 PLACAS)	1.075,20	2.862,24	336,00	1.1116,23	-5.452,00	0,00
CASO 2	390,72	222,72	60,48	1.1116,23		1.790.15
CASO 2 (10 PLACAS)	390,72	222,72	60,48	1.1116,23	-2.596,00	0,00
CASO 2 (21 PLACAS)	390,72	222,72	60,48	1.1116,23	-5.452,00	0,00

Fuente: Elaboración propia.

*Otros: cálculo con 331 g·CO₂eq/Kw·h como factor de paso de la red al suministro.

Tabla 5. Consumos con distinto número de placas fotovoltaicas (unidades Kw·h/año).

Nº PLACAS	0	1	10	21	35
CONSUMO	0	783	7.832	16.447	27.412
CASO 1	27.538	-	19.706	11.091	126 (casi nulo)
CASO 2	7.351	-	-481 (casi nulo)	-9.096	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Cantidades máximas subvencionables, de las ayudas Next Generation EU para la rehabilitación de viviendas.

	TIPO DE AYUDA	SUBVENCIONABLE	MÁXIMO	REQUISITOS	CUMPLIMOS
CASO 1	AFE-EVT	40% GASTO	MÁXIMO 3.000€	CUMPLIMIENTO TABLAS 3.1.1 a-HE-1 y 3.1.3 a-HE-1	
	AFE-EDIF	40% GASTO	MÁXIMO 6.300€	RED. 30% EPNR	más de 11 placas
		65% GASTO	MÁXIMO 11.600€	RED. 45% EPNR	más de 16 placas
		80% GASTO	MÁXIMO 18.800€	RED. 60% EPNR	más de 21 placas
CASO 2	AFE- EDIF	80% GASTO	MÁXIMO 18.800€	RED. 60% EPNR	SIN PLACAS YA REDUCIMOS 70%

Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

Para finalizar el trabajo es muy importante resaltar las conclusiones del mismo, que se encuentran separadas según el caso 1, el caso 2, el aporte energético de la energía renovable y el gasto subvencionable mediante ayudas. Las conclusiones son las siguientes:

- Respecto al caso 1. Se observa que un cambio de ventanas y termo en ACS puede mejorar el bienestar de los ocupantes del inmueble. Sin embargo, no se consigue apenas rebaja de consumos eléctricos, ni emisiones de CO₂. Esto es debido a dos motivos; por un lado, la falta de continuidad del aislamiento en toda la envolvente y, por otro lado, al bajo rendimiento de los equipos en las instalaciones del edificio.
- Respecto al caso 2. Debido a que se ha hecho una rehabilitación energética teniendo en cuenta tanto en envolvente como en instalaciones, se consigue una rebaja en consumos y emisiones de entorno al 70%. Pese a que en este caso queda cubierta la demanda de refrigeración, mejorando el bienestar respecto del caso 0 y el caso 1.
- Respecto a añadir contribuciones energéticas con placas fotovoltaicas. En el caso 1 no es posible cubrir toda la demanda anual de energía debido a que no se tiene la suficiente superficie en cubierta para albergar las placas que se requieren. Mientras que en el caso 2 se consigue sin el empleo de placas un 10% más de ahorro de energía que en el caso 1 con el máximo de placas que admite por superficie la cubierta. Y con 5kwp en placas solares se consigue la neutralidad climática.
- Respecto a las ayudas Next Generation que se pueden solicitar. En el caso 1 la ayuda sería de 3.000€, tan solo un 16% de la ayuda a percibir en el caso 2 que sería 18.800€. En el caso 1 también se podría aspirar a la misma ayuda que en el caso 2, siempre y cuando se copara la cubierta de placas fotovoltaicas.

Para concluir, parece razonable decir que es más adecuado actuar primero en la envolvente reduciendo las transmitancias térmicas y en unos buenos equipos con unos óptimos rendimientos en materia de instalaciones, para con ello, reducir las demandas energéticas y las emisiones de gases. En segundo lugar, usar las energías renovables para conseguir la autosuficiencia del edificio. También resaltar que todas estas conclusiones son extrapolables al *clúster Uu 41-60* siendo este muy habitual en el área metropolitana de Valencia.

6. Referencias bibliográficas

- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (marzo 2023). “Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (GEI)”.
https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-es_nir_edicion2023_tcm30-560374.pdf
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana, Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción (IETcc-CSIC) (2017-2020) “Visor EPDB”.
<https://www.codigotecnico.org/visorepbd#/weightingfactors>
- Idae & Eurostat & Ministerio de industria, energía y turismo (2021). “Informe anual de consumos por usos del sector residencial”.
www.idae.es
- Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (noviembre 2023). Procedimiento general para la certificación energética de edificios en proyecto, terminados y existentes.
<https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/Documentos/Reconocidos/Paginas/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.aspx>
- Comisión Europea (noviembre 2023). Consultas en su web oficial.
https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es
- Ministerio de transportes, movilidad y agenda urbana (junio 2020) “ERESE 2020”.
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/eresee_2020.pdf
- Vicepresidencia Segunda y Conselleria de Vivienda y Arquitectura Bioclimática (marzo 2023). Bases para la concesión de subvenciones de los programas de actuaciones del Plan de recuperación, transformación y resiliencia y su convocatoria para el ejercicio 2023”.
https://dogv.gva.es/datos/2023/04/25/pdf/2023_4273.pdf
- Archivo Histórico Municipal del Ayuntamiento de Valencia (2023). Proyecto original de 1935.