



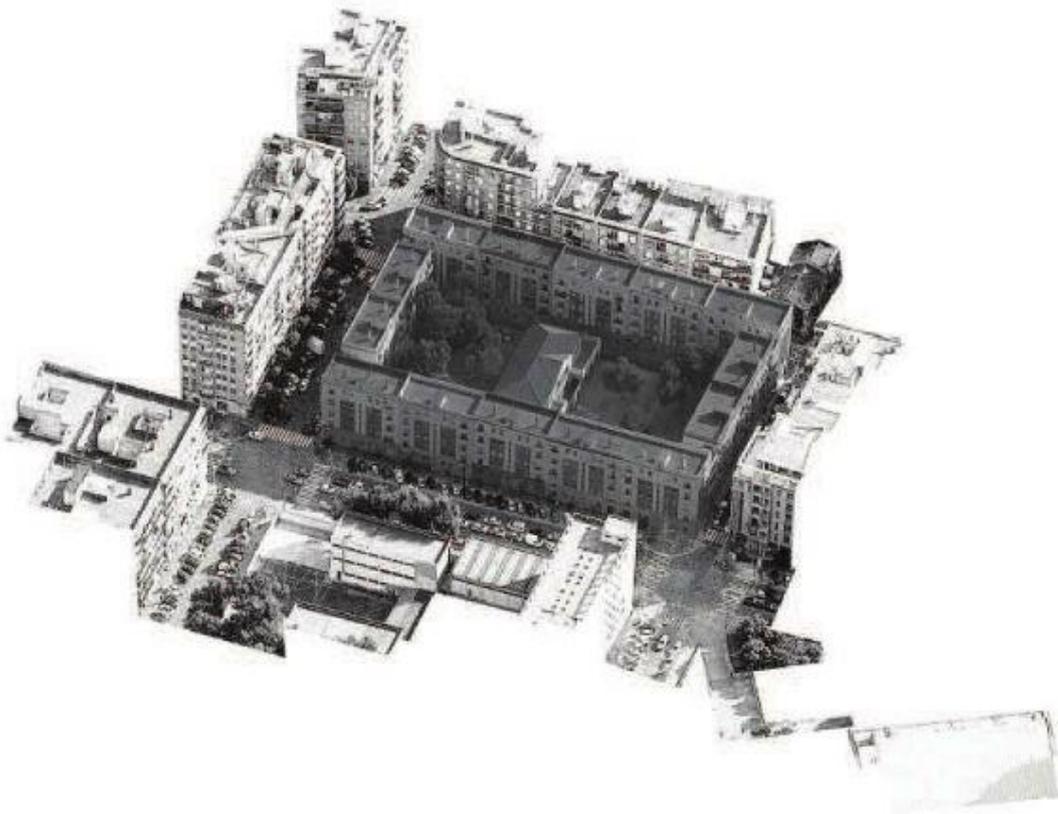
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

TRABAJO FIN DE GRADO

MEJORAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL GRUPO DE VIVIENDAS FEDERICO MAYO DE JAVIER GOERLICH



Patricia Ferrando Segura

Tutor: Francisco José Cubel Arjona

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Curso 2020-2021

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

RESUMEN

Para combatir la pobreza energética desde la arquitectura, se analiza el comportamiento energético de un edificio de los años 50 y se realiza una propuesta de rehabilitación de la envolvente térmica. Con los resultados obtenidos, se comparan ambos modelos, valorando la viabilidad del proyecto y el cálculo del ahorro energético.

La finalidad es erradicar la pobreza energética y a la vez conseguir ciudades más sostenibles. Rehabilitando edificios obsoletos, que suponen un gran número dentro del parque inmobiliario, se consigue aumentar el confort térmico de los usuarios y disminuir las emisiones de gases contaminantes.

PALABRAS CLAVE

Pobreza energética - # Eficiencia energética - # Rehabilitación vivienda - #Envolvente térmica - # Sostenibilidad - # Sistemas pasivos

RESUM

Per a combatre la pobresa energètica des de la arquitectura, se analitza el comportament energètic de un edifici dels anys 50 i es realitza una proposta de rehabilitació de l'envolvent tèrmica. Amb els resultats obtinguts, es comparen tots dos models, valorant la viabilitat del projecte i el càlcul del estalvi energètic.

La finalitat es eradicar la pobresa energètica i a la vegada conseguir ciutats més sostenibles. Rehabilitant edificis obsolets, que suposen un gran nombre dins del parc immobiliari, se aconseguix augmentar el confort tèrmic dels usuaris i disminuir les emissions de gasos contaminants.

PARAULES CLAU

Pobresa energètica - # Eficiència energètica - # Rehabilitació vivenda - # Envolvent tèrmica - # Sostenibilitat - # Sistemes pasius

ABSTRACT

This work aims to combat energy poverty from the architectural point of view. For this purpose, the energy performance of a 1950's building is analyzed and a proposal for the rehabilitation of the thermal envelope is made. As soon as the results are obtained, both models are compared quantifying the project viability and energy savings.

The goal is to eradicate energy poverty and at the same time to achieve more sustainable cities. By rehabilitating obsolete buildings, which account for a large number of the national stock, it is possible to improve the thermal comfort for the users and to reduce polluting gas emissions.

KEY WORDS

Energy poverty - # Energy efficiency - # Housing rehabilitation - # Thermal envelope - # Sustainability - # Passive systems

ÍNDICE

RESUMEN	2
PALABRAS CLAVE	2
1.OBJETIVOS Y METODOLOGÍA	5
2. INTRODUCCIÓN	6
2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible	9
3. CONTEXTO HISTÓRICO DE LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX EN VALENCIA Y EL ARQUITECTO JAVIER GOERLICH LLEÓ	10
4. DESCRIPCIÓN DEL BARRIO	13
5. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO	16
6. NORMATIVA DE APLICACIÓN	19
6.1 DB-HE 0: Limitación del consumo energético	21
6.2 DB-HE 1: Condiciones para el control de la demanda energética	23
7. HERRAMIENTA DE CÁLCULO	25
8. DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EXISTENTES Y TRANSMITANCIAS	26
8.1 Cubierta existente	27
8.2 Fachada existente	29
8.3 Huecos existentes	32
8.4 Suelos existentes	37
8.5 Particiones verticales interiores existentes	39
8.6 Puentes térmicos existentes	39
9. RESULTADOS DEL EDIFICIO EXISTENTE	40
10. DEFINICIÓN DE LOS NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y TRANSMITANCIAS	43
10.1 Cubierta	43
10.2 Fachada	45
10.3 Huecos	47
10.4 Suelos	51
10.5 Particiones verticales interiores	53
10.6 Puentes térmicos	53
11. RESULTADOS EDIFICIO REHABILITADO	54
12. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	57
13. COSTE DE LA MEJORA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y AMORTIZACIÓN	59
13.1 Cubierta	59
13.2 Fachada	60
13.3 Huecos	60
13.4 Suelos	62
13.5 Presupuesto total de la rehabilitación	65
13.6 Amortización de la rehabilitación	65
14. CONCLUSIONES	67

1.OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

La finalidad de este trabajo es alcanzar un aumento de la eficiencia energética del grupo de viviendas Federico Mayo y combatir así, la pobreza energética desde la arquitectura.

Las mejoras de eficiencia energética van relacionadas con tres factores clave: sostenibilidad, economía y confort. Las viviendas consumirán, una vez rehabilitadas, menor cantidad de energía para llegar a un nivel de confort adecuado de los usuarios y se reducirán así, tanto las emisiones generadas en la producción de la energía como el gasto producido por su consumo.

Este trabajo va a seguir las pautas necesarias para abordar el objetivo, teniendo en cuenta el coste económico que requiere una actuación de rehabilitación del edificio por parte de los propietarios.

Actualmente en España," *el Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital, a través del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), tiene un programa de ayudas y financiación con el fin de incentivar y promover la realización de actuaciones de reforma en edificios existentes que favorezcan el ahorro energético, la mejora de la eficiencia energética, el aprovechamiento de las energías renovables y la reducción de emisiones de dióxido de carbono. Las actuaciones deberán encuadrarse en una o más de las tipologías siguientes:*

- 1. Mejora de la eficiencia energética de la envolvente térmica.**
2. *Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas y de iluminación.*
3. *Sustitución de energía convencional por biomasa en las instalaciones térmicas.*
4. *Sustitución de energía convencional por energía geotérmica en las instalaciones térmicas."* (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2021)

Siendo el objetivo principal del trabajo reducir la pobreza energética a través de mejoras energéticas, se plantean unos objetivos parciales para llegar al objetivo principal:

- Analizar de la pobreza energética en España
- Contextualizar el edificio
- Analizar constructivamente el edificio
- Proponer una rehabilitación acorde a los requisitos básicos
- Coste de la rehabilitación
- Amortización de la intervención
- Combinar la actuación con la pobreza energética

En cuanto a la metodología a seguir, el trabajo empieza con la contextualización del edificio a intervenir a través de una mirada que recorre lo histórico, lo social y lo económico. Una vez realizado este proceso, se desarrolla el análisis del inmueble. Estudiados los elementos constructivos del edificio, se propone la nueva solución constructiva y se realiza la comparación de eficiencia energética del edificio antes y después de la intervención. Mediante la herramienta de cálculo CERMA se observa la diferencia de calificación energética de ambas situaciones. Posteriormente, se estima la repercusión económica de la rehabilitación, basándose los costes de ésta en los precios proporcionados por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE). Para terminar, se realiza una consideración personal sobre la responsabilidad de la arquitectura para luchar contra la pobreza energética.

2. INTRODUCCIÓN

Después de la Guerra Civil, Valencia tuvo un horizonte desolador debido a la crisis económica, la falta de recursos, la destrucción de un gran número de hogares y el crecimiento demográfico. Ante este panorama, se impuso la necesidad de reparar la trama urbana con la construcción de viviendas de bajo coste para aliviar la situación. (Tortosa, 2018)

El número de viviendas existentes en Valencia sufrió un aumento considerable en las décadas posteriores al conflicto bélico español, debido, en gran parte, a la construcción de grupos de vivienda social.



Gráfica 1. Viviendas construidas antes de 1960 en Valencia. Fuente: INE. Instituto Nacional de Estadística. Censos de población y viviendas 2011.

Actualmente estas viviendas no cumplen los estándares mínimos de comportamiento energético debido a las características constructivas de los mismos: elementos constructivos desfasados y una calidad deficiente. Estos inmuebles constituyen el 22,23% del parque de viviendas de Valencia. (INE. Instituto Nacional de Estadística, 2011)

TIPO VIVIENDA	ANTERIOR A 1960	HASTA 2011
Vivienda principal	216.438	1.014.658
Vivienda secundaria	38.645	223.885
Vivienda vacía	67.7644	214.002
TOTAL	322.850 (22,23%)	1.452.545

Tabla 1. Viviendas construidas antes de 1960 en Valencia. Fuente: INE. Instituto Nacional de Estadística. Censos de población y viviendas 2011.

Las condiciones de las viviendas, previamente expuestas, sumado a otros factores como bajos ingresos y un elevado coste de la energía, desembocan en una vivienda incapaz de satisfacer las necesidades básicas de confort de los usuarios. Es esencial dotar de una vivienda apta que permita vivir a los residentes dignamente y así contribuir, desde la arquitectura, en la reducción de la pobreza energética.

Si se analiza la situación de la pobreza energética en España se observa que el 9,1% de las viviendas tienen una temperatura inadecuada. Esto se combina con un gasto energético desproporcionado del 14,2%. (Costa et al., 2020)



Gráfica 2. Indicadores de pobreza energética: España respecto a la media de la Unión Europea. Fuente: Fundación Naturgy, 2020

La pobreza energética tiene consecuencias serias en la salud de las personas, la degradación de los edificios y el medio ambiente. Habitar en viviendas con temperaturas inadecuadas, por debajo de 18 ° C o superiores por encima de 24 ° C, tiene efectos adversos en la salud. (Costa et al., 2020)

"Desde el punto de vista de la eficiencia energética, una vivienda ineficiente en energía incrementa considerablemente su consumo energético para lograr una temperatura óptima y, por consiguiente, presenta un mayor gasto energético que afrontar. Así pues, las

actuaciones orientadas a mejorar la eficiencia energética de las viviendas y el comportamiento energético del consumidor permiten una reducción de consumo energético y, por ende, de la facturación energética. En este sentido, la Unión Europea ha posicionado el objetivo de la eficiencia energética como uno de los ejes primordiales de la estrategia energética europea y, en particular, la rehabilitación del parque inmobiliario en segmentos que sufren pobreza energética". (Costa et al., 2020)

Existe una serie de iniciativas públicas que ofrecen ayudas para llevar a cabo la rehabilitación energética del parque inmobiliario español. El Programa de rehabilitación energética de edificios (Programa PAREER) y el Plan de Medidas para el Crecimiento, la Competitividad y la Eficiencia (Programa CRECE) fueron uno de los que se ofrecieron entre octubre de 2013 y diciembre de 2018.



Gráfica 3. Programa PAREER- CRECE y PAREER II en cifras. Fuente: Fundación Naturgy,2020.

Actualmente, el Programa de Rehabilitación Energética de Edificios (Programa PREE) da continuidad a los programas antecesores. La cuantía de las ayudas que ofrece este programa es del 35% del coste de la actuación de mejora, llegando a aumentar el porcentaje de la ayuda según los objetivos de mejora y criterios sociales. (IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía,2021)

Siendo el objetivo de este trabajo rehabilitar la envolvente térmica del grupo Federico Mayo para un mayor confort y bienestar de los usuarios y contribuir así en erradicar la pobreza energética desde la arquitectura , el que los residentes tengan opción a una serie de ayudas económicas hace más apetecible adentrarse en una rehabilitación de este calibre.

2.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible

Por otro lado, este trabajo está vinculado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas.

De forma indirecta por el efecto que la pobreza energética tiene sobre la salud, el ODS número 3 "salud y bienestar" según el cual para la consecución de todos los ODS es fundamental garantizar una vida saludable y promover el bienestar universal. De forma directa sobre el problema, el ODS número 7 "energía asequible y no contaminante" considera esencial el acceso asequible a la energía y califica la energía sostenible como una oportunidad, que transforma la vida, la economía y el planeta. (Costa et al, 2020)

El ODS número 11 "ciudades y comunidades sostenibles" tiene como objetivo asegurar el acceso de todas las personas a viviendas y servicios básicos, aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y reducir el impacto ambiental negativo de las ciudades. Como dato, decir que el 55% de la población mundial, vive en ciudades y solo ocupan el 3% del planeta pero representan entre el 60% y el 80% del consumo de energía y el 75% de las emisiones de carbono. (ODS. Objetivos de desarrollo sostenible,2015)

Como datos destacable del ODS número 12 "producción y consumo responsables" se observan que:

"si la población mundial llegase a alcanzar los 9600 millones en 2050, se necesitaría el equivalente de casi tres planetas para proporcionar los recursos naturales precisos para mantener el estilo de vida actual.

[...]

Los hogares consumen el 29% de la energía mundial y, en consecuencia, contribuyen al 21% de las emisiones de CO2 resultantes.

La participación de las energías renovables en el consumo final de energía alcanzó el 17,5% en 2015." (ODS. Objetivos de desarrollo sostenible,2015)



Figura1. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Fuente: Naciones Unidas

3. CONTEXTO HISTÓRICO DE LA PRIMERA MITAD DEL SIGLO XX EN VALENCIA Y EL ARQUITECTO JAVIER GOERLICH LLEÓ

En noviembre de 1886 nace un niño llamado Javier Goerlich Lleó en el seno de una importante familia burguesa en Valencia. Su padre ciudadano del Imperio Austro-Húngaro, cónsul del Imperio en la ciudad, y su madre, hija de uno de los herederos del principal propietario de inmuebles del siglo XIX en Valencia. (Baydal,2016)



Figura2 *Familia Goerlich*. Fuente: Tiovivo creativo, 2018

En 1902, cuando el adolescente Goerlich tenía 16 años, Alfonso XIII hereda la corona española y la España en crisis tras perder las últimas colonias. La pérdida de estos territorios provoca el despertar del pueblo español, consciente del final de toda una época y entra en una profunda crisis de identidad nacional. Alfonso XIII continuaba apaciguando la alternancia en el gobierno entre liberales y conservadores, y marginando al resto de fuerzas políticas (republicanos, nacionalistas, socialistas y anarquistas). (Reino de Valencia, 2017)

Tres años más tarde, el joven Goerlich se fue a Madrid a estudiar arquitectura y ciencias exactas a Madrid y obtuvo la titulación en 1914. Inmediatamente después de finalizar la carrera comenzó más de una decena de construcciones importantes de estilos diversos. Teniendo en el contexto social la dictadura de Primo de Rivera, Javier Goerlich tuvo un increíble ritmo en su carrera edificando más de cincuenta construcciones al año hasta su nombramiento como Arquitecto Mayor de Valencia en 1931, con 44 años. (Baydal, 2016)

Su estilo en esta época varió entre el modernismo, eclecticismo y el neobarroco. Obras representativas de este periodo son: La casa del Doctor Castelló, el Trianon Palace, la Casa Bolás, la Casa del Médico, la Casa Niederleytner. (Sánchez-Cascado F., 2018)



Figura 3. Fotografía Casa Bolás. Fuente: Fundación Goerlich,2020

En ese mismo año, 1931, se celebraron elecciones en las que los partidos republicanos obtuvieron una victoria absoluta ante lo cual Alfonso XIII renunció a la corona y se marchó del país, proclamándose la Segunda república.

"Goerlich, como la mayoría de arquitectos de la ciudad, apoyó la llegada de la Segunda República." (Sánchez-Cascado F., 2018)

Todo se interrumpió, como sabemos, en el 36 pero el levantamiento militar no tuvo éxito en la ciudad de Valencia.

Iniciada la Guerra Civil Goerlich salió en defensa del patrimonio eclesiástico de la ciudad y esto provocó que las autoridades republicanas le cesaran en su cargo de Arquitecto Mayor. Al finalizar la Guerra Civil recuperó su puesto. (Baydal,2016)

La década siguiente a la guerra civil española estuvo marcada por el aislamiento internacional y la autarquía económica, factores que pararon la actividad económica valenciana y del territorio español. El panorama arquitectónico valenciano, al igual que en el resto de España, mostraba a finales de los años 40 un triste y desolador aspecto. (Llopis y VTiM arquitectes, 2016)

En unos escritos anónimos que se le atribuyen a Javier Goerlich éste señala que : *"El problema seguramente más serio y digno de atención que en el orden social se plantea en estos momentos en nuestra Ciudad, y que con más ansiedad debe preocupar a nuestro Ayuntamiento, es el relativo a la falta de vivienda; y dentro de él reclama particularísima atención el encontrar el medio de resolver la vivienda para las clases más necesitadas y de las menos favorecidas en orden a sus ingresos y disponibilidades"*.

[...]

"La falta de viviendas responde a dos causas principales: la destrucción de las existentes y el aumento de la población. La destrucción de las existentes reconoce cuatro motivos principales: la ejecución de las reformas municipales, la ruina por vejez, la destrucción por iniciativa particular y la destrucción por causas de la guerra." (Llopis, 2008)

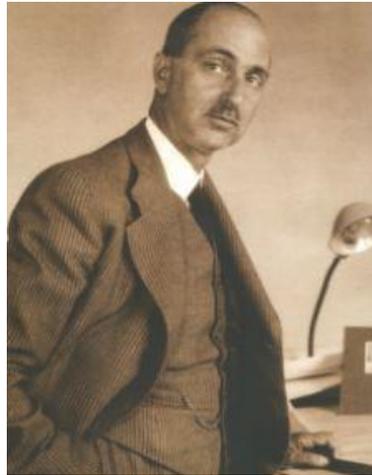


Figura 4. Fotografía Javier Goerlich Lleó. Fuente: Baydal ,2016)

En 1941, se pone en marcha el plan municipal para proyectar "grandes bloques de viviendas protegidas formando manzanas aisladas" en terrenos y solares adquiridos previamente en "distantes zonas de los ensanches y extensión de la Ciudad". De los dieciséis Grupos que se proyectaron desde 1940 hasta 1956, al menos diez llevan su firma. Seis de ellos llegaron finalmente a construirse completando un total de 1.440 viviendas de este tipo:

- Industria I (1946)
- Vall de Laguar (1949)
- Carretera Barcelona (1952)
- **Federico Mayo (1953)**
- Alboraya/General Franco (1954)
- Santa Rosa (1956)

(Llopis y VTiM arquitectes, 2016)



Figura 5. Fotografía Grupo de Viviendas Santa Rosa. Fuente: Tortosa,2018

"Durante la posguerra y hasta los años sesenta, su obra combinó construcciones de inspiración clasicista y ecléctica como el Monumento a los Caídos (Puerta de la Mar), la reconstrucción de la Iglesia de San Agustín o el Banco de Valencia con edificios de planteamiento racionalistas como los Edificios Roig-Vives, Martí-Cortina o Monistrol." (Sánchez-Cascado F., 2018)

En 1956 se jubila de su puesto en el Ayuntamiento de Valencia con 70 años y dedica sus últimos años al sector cultural y a convertirse en doctor en arquitectura en 1964. Su fallecimiento se produjo unos pocos años después, en 1972, habiendo dejado una huella inmensa en la fisonomía de la capital del Turia. (Sánchez-Cascado F., 2018)

"Según sus propias palabras, «la ciudad ideal será la que tiene la fortuna de poseer más obras maestras de quienes nos precedieron, sepa conservarlas con más cariño y atención y sepa producir otras que legar»." (Sánchez-Cascado F., 2018)

4. DESCRIPCIÓN DEL BARRIO

El grupo de viviendas Federico Mayo se encuentra en el Barrio valenciano de Ayora. Este barrio recibe su nombre en honor al comerciante José Ayora que encargó la construcción del Palacete de Aiora en 1900.

La ciudad de Valencia está dividida en 19 distritos. El barrio de Ayora pertenece al distrito 12 de la ciudad de Valencia, Camins al Grau. El barrio limita por el norte con el distrito de Algirós y por el este con el distrito de Poblats Marítims. Dentro del propio distrito de Camins al Grau, el barrio de Ayora limita por el sur con el barrio de la Creu del Grau, y por el oeste con el barrio de Albors. (Valencia bonita,2020)



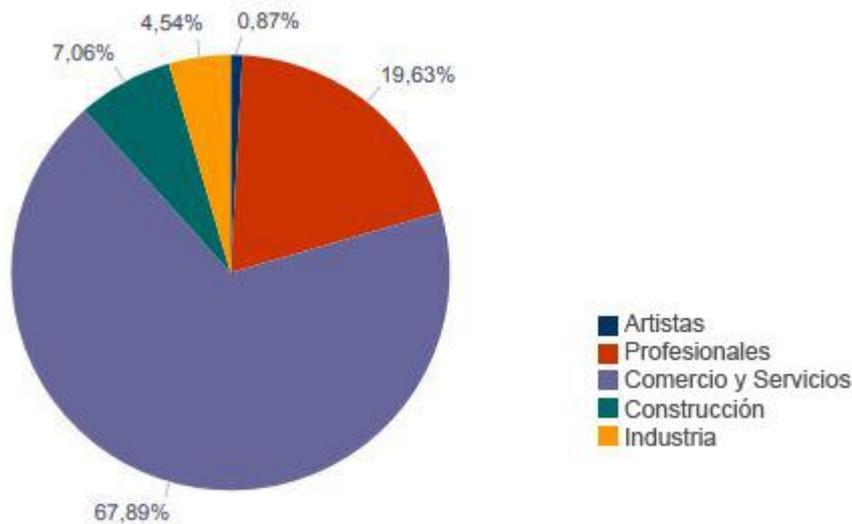
Figura 6. Fotografía Distritos ciudad de Valencia. Fuente: Valencia bonita,2020

A finales de los años treinta, el tejido urbano del Distrito Marítimo presentaba una gran concentración de Casas Baratas, edificios industriales y grupos de viviendas obreras.

Durante la guerra civil española esta zona de Valencia fue bombardeada y por ello fue elegida por el régimen franquista para construir "barriadas de viviendas de tipo mínimo". Entre agosto de 1947 y noviembre de 1948, Javier Goerlich, proyecta construir el Grupo Industria II, bautizado como Grupo Federico Mayo. (Llopis y VTiM arquitectes, 2016)

Para entender el contexto en el que se encuentra en la actualidad el grupo de viviendas Federico Mayo, hay que conocer el barrio que lo rodea.

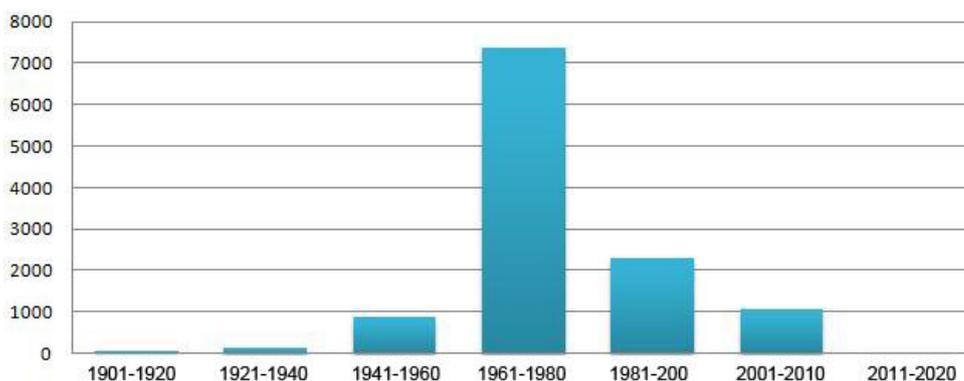
La población del barrio de Ayora en 2020 era de 24.960 personas. Teniendo una superficie de 65'1 hectáreas, la densidad de población es de 383'4 hab/ha. Comparada con la densidad de población del distrito, 278'4 hab/ha, es bastante más alta. Observando las actividades económicas del barrio, una gran mayoría se dedica al sector comercio y servicios. (Ayuntamiento de Valencia, 2020)



Gráfica 4. Actividades económicas del barrio de Ayora. Fuente: Ayuntamiento de Valencia, 2020

Si se analizan las viviendas del barrio según su antigüedad, se observa que el periodo en el que fue construido el grupo Federico Mayo fue la antesala al auge que experimentó el barrio en el sector de la construcción en los años 60 y 70 (62'54%). De las 11.797 viviendas del barrio de Ayora, 865 fueron construidas en el mismo periodo que el grupo de Goerlich. (Ayuntamiento de Valencia, 2020)

En comparación con el total de viviendas del barrio solo suponen el 7'33%, pero hay que tener en cuenta que este periodo supuso un aumento de la vivienda del barrio en más de seis veces lo construido la etapa anterior. (Ayuntamiento de Valencia, 2020)



Gráfica 5. Viviendas según periodo de construcción. Fuente: Elaboración propia

La superficie media construida de las viviendas del barrio oscila en torno a los 97 metros cuadrados. Las más numerosas son las que su superficie varía entre 101-120 m² y representan el 29'85% del total. (Ayuntamiento de Valencia, 2020)

Total	$\leq 60 \text{ m}^2$	61-80 m^2	81-100 m^2	101-120 m^2	121-150 m^2	151-200 m^2	>200 m^2	Sup.media construida(m^2)
11.797	412	2.901	3.328	3.521	1.358	254	23	97'04

Tabla 2. Viviendas construidas en el barrio de Ayora. Fuente: Ayuntamiento de Valencia ,2020

5. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El grupo de viviendas Federico Mayo fueron mayoritariamente destinadas a las familias afectadas por los derribos en el casco histórico de Valencia.

Se proyecta en una manzana cerrada delimitada por las calles: Industria (al oeste), Jerónimo Monsoriu (al norte), Maestro Valls (al este) y Marino Albesa (al sur). La manzana está compuesta por 14 núcleos de escalera distribuidos en 4 bloques lineales de 5 plantas y 9 metros de profundidad, más propio de la tipología de edificación abierta que de manzana cerrada.

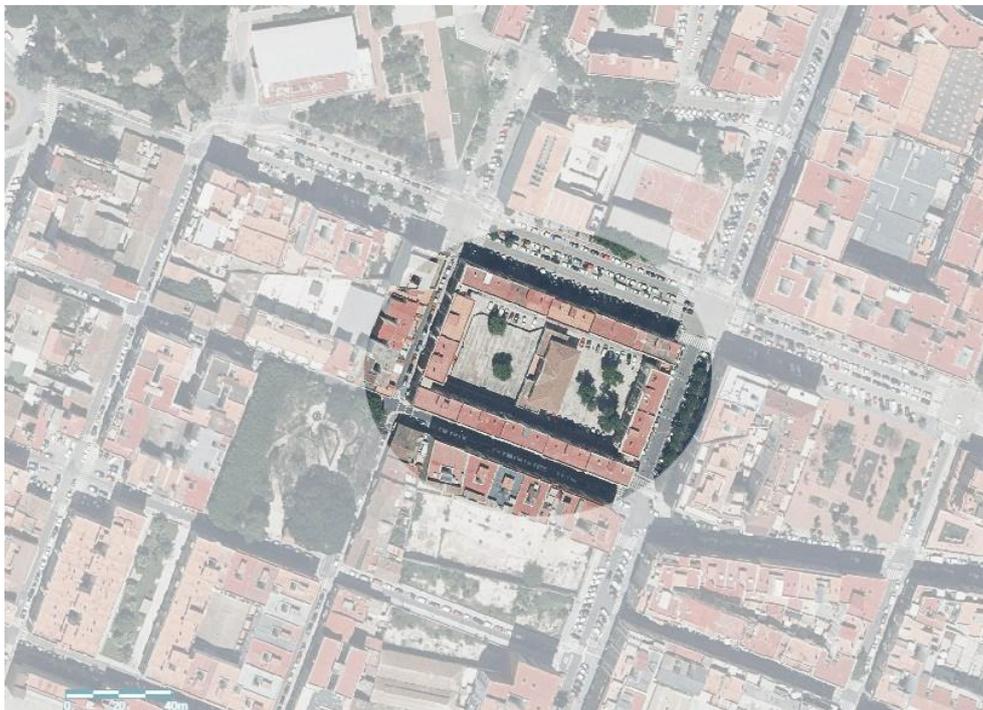


Figura 7. Planta de situación del grupo de viviendas Federico Mayo. Fuente: Google Maps,2020

Su patio interior ajardinado está dividido en dos por una escuela y el acceso solo se produce desde los 4 pasajes situados en los testeros este/oeste.



Figura 8. Fotografía escuela del patio interior del grupo de viviendas Federico Mayo. Fuente: Fundación Goerlich

Las fachadas se componen mediante la repetición del módulo de escalera, con un cuerpo central de ladrillo y huecos seriados, y balcones semicirculares o rectangulares individuales en sus extremos.



Figura 9. Fotografía grupo de viviendas Federico Mayo. Fuente: Fundación Goerlich

La agrupación consta de 140 viviendas protegidas, 126 viviendas para los usuarios en las plantas superiores y 14 viviendas para los porteros en planta baja.

Cada uno de los núcleos de escalera, situados tanto al exterior (calles maestro Valls y Marino Albesa) como al interior (calles Industria y Jerónimo Monsoriu), da acceso en planta baja a la vivienda del portero y a un local comercial y a las viviendas de las plantas superiores. Todas las plantas elevadas disponen de dos viviendas por planta con ventilación cruzada.

De las 126 viviendas para usuarios existen dos tipos, tipos A y B, que se diferencian en que los de tipo A tienen 70 cm más de longitud de fachada, por lo que tienen una superficie útil mayor. La superficie de las viviendas oscila entre los 72 y 76 m² útiles. Los tipos de vivienda A y B se desdoblan en 5 tipos de vivienda, cuyas características se observan en la tabla 3.

TIPOS	PLANTAS	CARACTERÍSTICAS	Nº DE VIVIENDAS
I	Pisos casas A (centrales)	Viviendas tipo	64
II	Pisos casas A (testeros)	3 fachadas y terraza	16
III	Pisos casas B	Menor superficie	32
IV	Bajos casas A	Sup. disminuida en zaguán	10
V	Bajos casas B	Sup. disminuida en zaguán	4

Tabla 3. Tipos de viviendas en el grupo de viviendas Federico Mayo. Fuente: Llopis,2008

La mejora de eficiencia energética se realizará en el bloque sur de la agrupación, considerado más desfavorable. La mejora de la envolvente térmica se realizará en la Calle Marino Albesa nº 55.



Figura 10. Fotografía edificio Calle Marino Albesa 55. Fuente: Fundación Goerlich

En la Figura 11 se puede observar la planta tipo del bloque. Consta de dos viviendas simétricas. En la orientación sur se sitúan los 3 dormitorios de la vivienda y en la orientación norte se encuentran las zonas húmedas y un salón-comedor con balcón exterior. Se considera una altura libre de la vivienda de 2'80m.

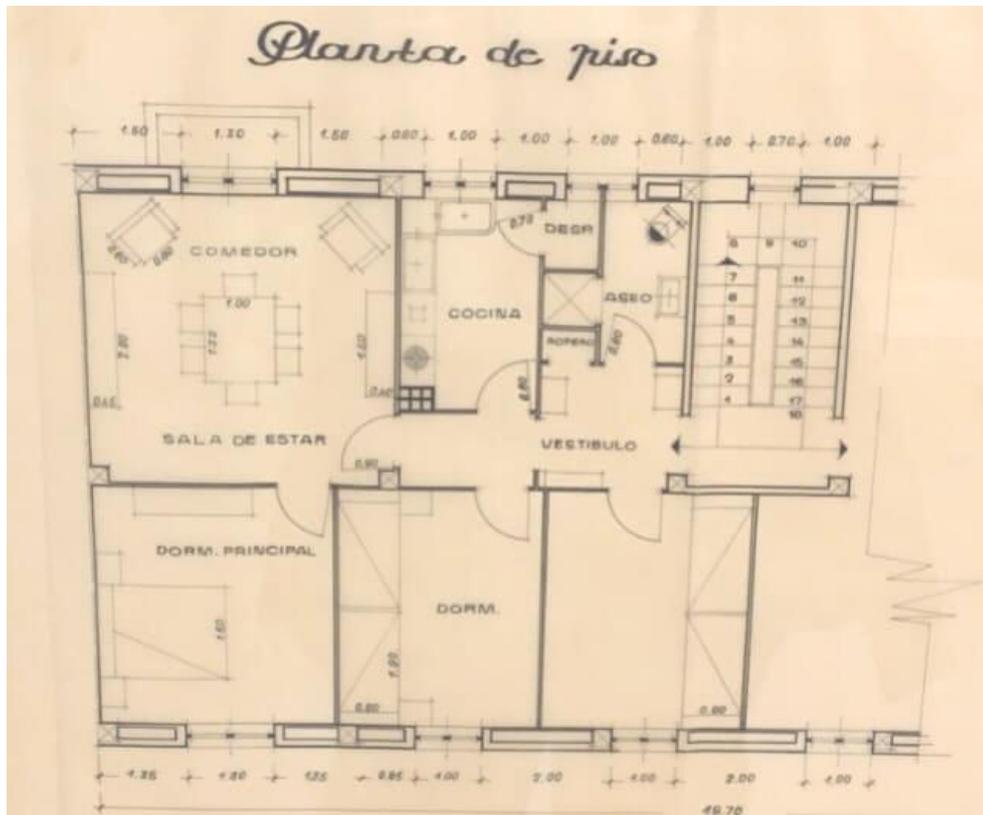


Figura 11. Planta tipo viviendas Federico Mayo. Fuente: Fundación Goerlich

6. NORMATIVA DE APLICACIÓN

Para llevar a cabo la correcta rehabilitación de la envolvente térmica del bloque de viviendas se va a hacer uso del Código Técnico de la Edificación (CTE).

"El Código Técnico de la Edificación (CTE) es el marco normativo que establece las exigencias que deben cumplir los edificios en relación con los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación (LOE)." (CTE. Código Técnico de la Edificación, 2019)

"El CTE pretende dar respuesta a la demanda de la sociedad en cuanto a la mejora de la calidad de la edificación a la vez que persigue mejorar la protección del usuario y fomentar el desarrollo sostenible. Se aplica a edificios de nueva construcción, así como a

intervenciones en edificación existente, como pueden ser obras de ampliación, modificación, reforma o cambio de uso, teniendo siempre en cuenta la excepcionalidad de determinadas construcciones protegidas desde el punto de vista ambiental, histórico o artístico." (CTE. Código Técnico de la Edificación, 2019)

En cuanto a la estructura del CTE, *"El Código Técnico de la Edificación está dividido en dos partes. En la primera se detallan todas las exigencias en materia de seguridad y de habitabilidad que son preceptivas a la hora de construir un edificio, según la Ley de Ordenación de la Edificación y la segunda se compone de los diferentes Documentos Básicos."* (CTE. Código Técnico de la Edificación, 2019)

Los Documentos Básicos del CTE son:

- DB SE: Seguridad estructural
- DB SI: Seguridad en caso de incendio
- DB SUA: Seguridad de utilización y accesibilidad
- **DB HE: Ahorro de energía**
- DB HR: Protección frente al ruido
- DB HS: Salubridad

Siendo este un trabajo de mejoras de eficiencia energética de un bloque de viviendas, el DB HE Ahorro de energía será el documento de apoyo principal. Este documento está dividido en 6 secciones:

- **HE0: Limitación del consumo energético**
- **HE1: Condiciones para el control de la demanda energética**
- HE2: Condiciones de las instalaciones térmicas
- HE3: Condiciones de las instalaciones de iluminación
- HE4: Contribución mínima de energía renovable para cubrir la demanda de agua caliente sanitaria
- HE5: Generación mínima de energía eléctrica

En este TFG se va a llevar a cabo una mejora energética del edificio a través de la rehabilitación de los elementos constructivos de la envolvente térmica. Para realizar el estudio de cómo afectan los cambios que aporta el diseño pasivo, se necesita la regulación marcada en las secciones HE 0 y HE1. El resto de secciones de este documento del CTE regulan el uso y ahorro de las instalaciones en los edificios, siendo de vital importancia

desde el punto de vista de la sostenibilidad, el medio ambiente y de la demanda total de energía.

La Exigencia básica de la sección HE 0 dice que *"El consumo energético de los edificios se limitará en función de la zona climática de su ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención. El consumo energético se satisfará, en gran medida, mediante el uso de energía procedente de fuentes renovables."* (CTE. Código Técnico de la Edificación, 2019)

La Exigencia básica HE 1 comenta que *"Los edificios dispondrán de una envolvente térmica de características tales que limite las necesidades de energía primaria para alcanzar el bienestar térmico en función de la zona climática de su ubicación, del régimen de verano y de invierno, del uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, del alcance de la intervención."*

Las características de los elementos de la envolvente térmica en función de su zona climática, serán tales que eviten las descompensaciones en la calidad térmica de los diferentes espacios habitables. Así mismo, las características de las particiones interiores limitarán la transferencia de calor entre unidades de uso, y entre las unidades de uso y las zonas comunes del edificio.

Se limitarán los riesgos debidos a procesos que produzcan una merma significativa de las prestaciones térmicas o de la vida útil de los elementos que componen la envolvente térmica, tales como las condensaciones." (CTE. Código Técnico de la Edificación, 2019)

6.1 DB-HE 0: Limitación del consumo energético

El ámbito de aplicación de esta sección del CTE se divide en:

"a) edificios de nueva construcción

b) intervenciones en edificios existentes, en los siguientes casos:

- *ampliaciones en las que se incremente más de un 10% la superficie o el volumen construido de la unidad o unidades de uso sobre las que se intervenga, cuando la superficie útil total ampliada supere los 50 m²*
- *cambios de uso, cuando la superficie útil total supere los 50 m²*
- ***reformas en las que se renueven de forma conjunta las instalaciones de generación térmica y más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio."*** (CTE DB HE,2019)

El apartado b.3 de la DB HE se refiere a dos exigencias: renovar las instalaciones de generación térmica y una renovación de más del 25% de la envolvente térmica final del edificio. En el caso de este trabajo, la mejora energética se produce con la rehabilitación de la envolvente térmica y no con la renovación de instalaciones térmicas. Al no cumplir ambas exigencias no sería necesario la justificación del cumplimiento del DB-HE 0 pero en este trabajo se va a justificar el cumplimiento de la DB HE 0 como si fuera de nueva planta.

Para cuantificar la exigencia, *"El consumo energético de los edificios se limitará en función de la zona climática de invierno de su localidad de ubicación, el uso del edificio y, en el caso de edificios existentes, el alcance de la intervención."* (CTE DB HE,2019)

Es necesario emplear la Tabla a del Anejo B dentro del DB HE para concretar la zona climática donde está la intervención situada y el uso de la misma.

El emplazamiento del inmueble está en Valencia y su altitud sobre el nivel del mar es de 23m<50m. La zona climática es B3.

Valencia/València	B3	C3					D2					E1												
Valladolid	D2										E1													
Zamora	D2										E1													
Zaragoza	C3					D3					E1													
Provincia	≤ 50 m	51 - 100 m	101 - 150 m	111 - 200 m	201 - 250 m	251 - 300 m	301 - 350 m	351 - 400 m	401 - 450 m	451 - 500 m	501 - 550 m	551 - 600 m	601 - 650 m	651 - 700 m	701 - 750 m	751 - 800 m	801 - 850 m	851 - 900 m	901 - 950 m	951 - 1000 m	1001 - 1050 m	1051 - 1250 m	1251 - 300 m	≥ 1301 m

Tabla 4. Zona climática provincia de Valencia. Fuente: Anejo B CTE DB HE,2019

Definida ya la zona climática y siendo el uso del edificio residencial, cuantificar la limitación del consumo energético se realiza usando ecuaciones y tablas de la sección HE 0.

"El consumo de energía primaria no renovable (Cep,nren) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite (Cep,nren,lim) obtenido de la tabla 3.1.a-HE0." (CTE DB HE,2019)

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	20	25	28	32	38	43
Cambios de uso a residencial privado y reformas	40	50	55	65	70	80

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,25

Tabla 5 . Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso residencial privado. Fuente: CTE DB HE,2019

Para satisfacer las exigencias del CTE DB HE 0, el consumo energético del inmueble no debe superar los **28kWh/m² año**.

"El consumo de energía primaria total ($C_{ep,tot}$) de los espacios contenidos en el interior de la envolvente térmica del edificio o, en su caso, de la parte del edificio considerada, no superará el valor límite ($C_{ep,tot,lim}$) obtenido de la tabla 3.2.a-HE0."

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	40	50	56	64	76	86
Cambios de uso a residencial privado y reformas	55	75	80	90	105	115

En territorio extrapeninsular (Illes Balears, Canarias, Ceuta y Melilla) se multiplicarán los valores de la tabla por 1,15

Tabla 6 . Valor límite $C_{ep,tot,lim}$ [kW·h/m²·año] para uso residencial privado. Fuente: CTE DB HE,2019

Para cumplir las exigencias del CTE DB HE 0, el consumo energético del inmueble no debe superar los **56kWh/m² año**.

6.2 DB-HE 1: Condiciones para el control de la demanda energética

Esta sección se aplica en:

"a) edificios de nueva construcción

b) intervenciones en edificios existentes:

- *ampliaciones*
- *cambios de uso*
- **reformas.**" (CTE DB HE,2019)

La rehabilitación del edificio está dentro del ámbito de aplicación. La cuantificación de la exigencia se realiza de manera semejante a la sección anterior.

La envolvente térmica del edificio, tiene que cumplir las siguientes condiciones:

- transmitancia
- control solar
- permeabilidad al aire

"La transmitancia térmica (U) de cada elemento perteneciente a la envolvente térmica no superará el valor límite (U_{lim}) de la tabla 3.1.1.a-HE1"

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

*Los huecos con uso de escaparate en unidades de uso con actividad comercial pueden incrementar el valor de U_H en un 50%.

Tabla 7 . Valor límite de transmitancia térmica. Fuente: CTE DB HE,2019

En el DB-HE se encuentra el Anejo E que ofrece valores orientativos de transmitancias que serán útiles para predimensionar los elementos constructivos.

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U_M, U_s	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U_C	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U_T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U_H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Tabla 8 . Valores de transmitancia térmica del elemento constructivo. Fuente: CTE DB HE,2019

"El coeficiente global de transmisión de calor a través de la envolvente térmica (K) del edificio, o parte del mismo, con uso residencial privado, no superará el valor límite (K_{lim}) obtenido de la tabla 3.1.1.b-HE1"

	Compacidad V/A [m^3/m^2]	Zona climática de invierno					
		α	A	B	C	D	E
Edificios nuevos y ampliaciones	$V/A \leq 1$	0,67	0,60	0,58	0,53	0,48	0,43
	$V/A \geq 4$	0,86	0,80	0,77	0,72	0,67	0,62
Cambios de uso. Reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio	$V/A \leq 1$	1,00	0,87	0,83	0,73	0,63	0,54
	$V/A \geq 4$	1,07	0,94	0,90	0,81	0,70	0,62

Los valores límite de las compacidades intermedias ($1 < V/A < 4$) se obtienen por interpolación.

En el caso de ampliaciones los valores límite se aplicarán sólo en caso de que la superficie o el volumen construido se incrementen más del 10%.

Tabla 9 . Valores límite Klim [W/m^2K] para uso residencial privado Fuente: CTE DB HE,2019

"En el caso de edificios nuevos y ampliaciones, cambios de uso o reformas en las que se renueve más del 25% de la superficie total de la envolvente térmica final del edificio, el parámetro de control solar ($q_{sol;jul}$) no superará el valor límite de la tabla 3.1.2-HE1"

Uso	$q_{sol;jul}$
Residencial privado	2,00
Otros usos	4,00

Tabla 8 . Valores límite del parámetro de control solar. Fuente: CTE DB HE,2019

"La permeabilidad al aire (Q_{100}) de los huecos que pertenezcan a la envolvente térmica no superará el valor límite de la tabla 3.1.3.a-HE1"

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Permeabilidad al aire de huecos ($Q_{100,lim}$)*	≤ 27	≤ 27	≤ 27	≤ 9	≤ 9	≤ 9

* La permeabilidad indicada es la medida con una sobrepresión de 100Pa, Q_{100} .
Los valores de permeabilidad establecidos se corresponden con los que definen la clase 2 ($\leq 27 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) y clase 3 ($\leq 9 \text{ m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$) de la UNE-EN 12207:2017.
La permeabilidad del hueco se obtendrá teniendo en cuenta, en su caso, el cajón de persiana.

Tabla 9 . Valores límite de permeabilidad al aire de huecos de la envolvente térmica. Fuente: CTE DB HE,2019

7. HERRAMIENTA DE CÁLCULO

La herramienta de cálculo a emplear para justificar el cumplimiento del Código Técnico, concretamente el DB-HE 0 y el DB-HE 1, será el programa de Calificación Energética Residencial Método Abreviado, conocido como CERMA. Está disponible para descargar de manera gratuita en la página web del Instituto Valenciano de la Edificación.

La versión que se usa en este trabajo es la más reciente, CERMA v.5.0. Esta actualización de diciembre de 2020 se amplía para cumplir con el CTE 2019.

" CERMA es una aplicación que permite la obtención de la calificación de la eficiencia energética en edificios de viviendas de nueva construcción o existentes para todo el territorio español, ofreciendo un estudio detallado para mejorar la calificación obtenida. Así mismo permite comprobar el cumplimiento del CTE 2019 en edificios de nueva construcción y el cumplimiento del CTE en rehabilitación de edificios." (Instituto Valenciano de la Edificación,2020)



Figura 12. Página de descarga CERMA en la web IVE. Fuente: IVE

8. DEFINICIÓN DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS EXISTENTES Y TRANSMITANCIAS

La envolvente térmica de un edificio, es la piel que lo protege de la temperatura, aire y humedad exterior. Disponer de una adecuada envolvente térmica mejora la calidad de vida de sus ocupantes, mientras optimiza el ahorro de energía y reduce la factura energética y las emisiones contaminantes. (Sánchez, 2012)

"La envolvente térmica del edificio se compone de todos los cerramientos que limitan espacios habitables y el ambiente exterior, ya sea aire, terreno u otro edificio, y por las particiones interiores que separan espacios habitables de los no habitables que también limiten con el exterior." (Sánchez, 2012)

Los elementos que componen la envolvente térmica de un edificio son:

- Cubiertas
- Suelos
- Fachadas
- Medianerías
- Particiones interiores
- Cerramientos en contacto con el terreno
- Puentes térmicos

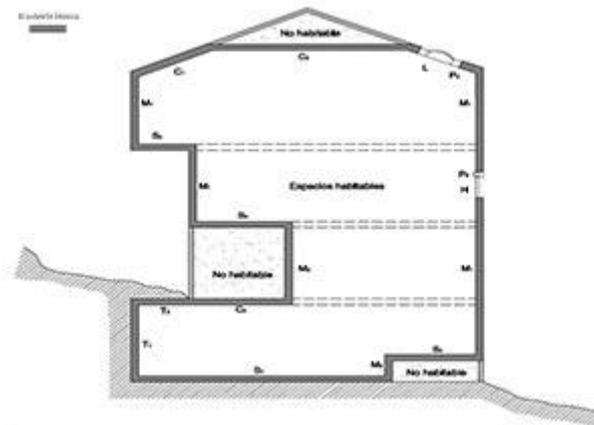


Figura 13. Esquema de la envolvente térmica. Fuente: Sánchez, 2012

8.1 Cubierta existente

El sistema constructivo empleado en la cubierta plana del edificio a rehabilitar es semejante al de una cubierta catalana. Sobre el forjado de hormigón descansan una serie de tabiquillos que generan una cámara de aire ventilada en la cubierta y soportan la doble rosca de ladrillos. La segunda rosca de ladrillos sirve de apoyo para la capa impermeabilizante compuesta por un producto asfáltico. Sobre la impermeabilización se encuentra el pavimento, con su respectivo mortero de agarre, que usualmente en esta época era de rasillas.

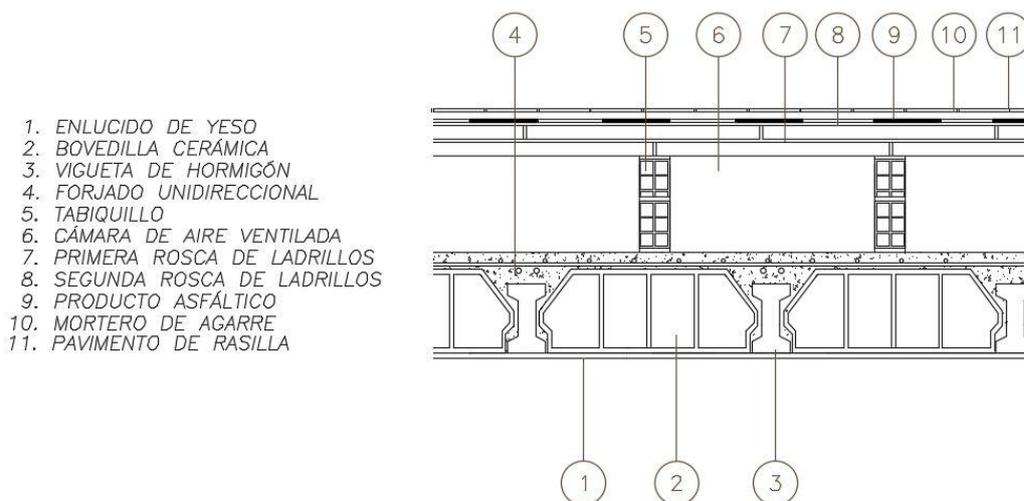


Figura 14. Detalle constructivo de la cubierta del grupo Federico Mayo. Fuente: Fundación Goerlich

Para el cálculo de la transmitancia de la cubierta del edificio existente con el programa informático CERMA, debemos introducir los elementos constructivos que definen la composición de la cubierta.

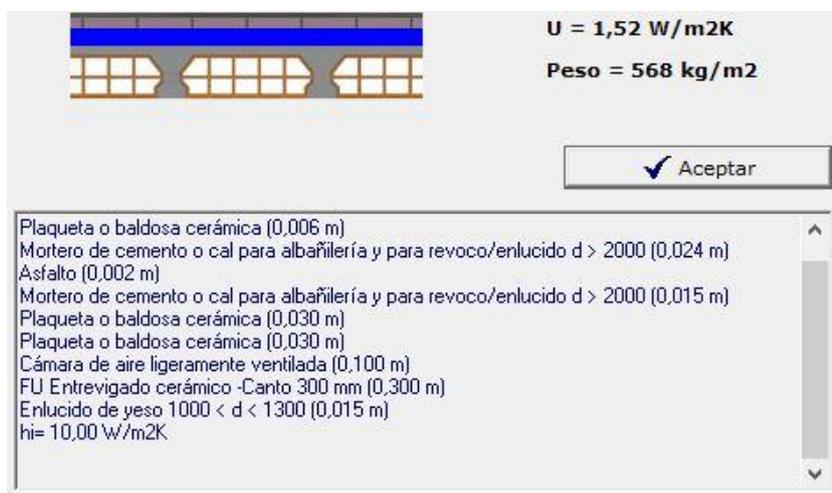


Figura 15. Composición de la cubierta del edificio existente. Fuente: CERMA

Se debe introducir también la superficie total de la cubierta, que en este caso es de **171,40 m²**.

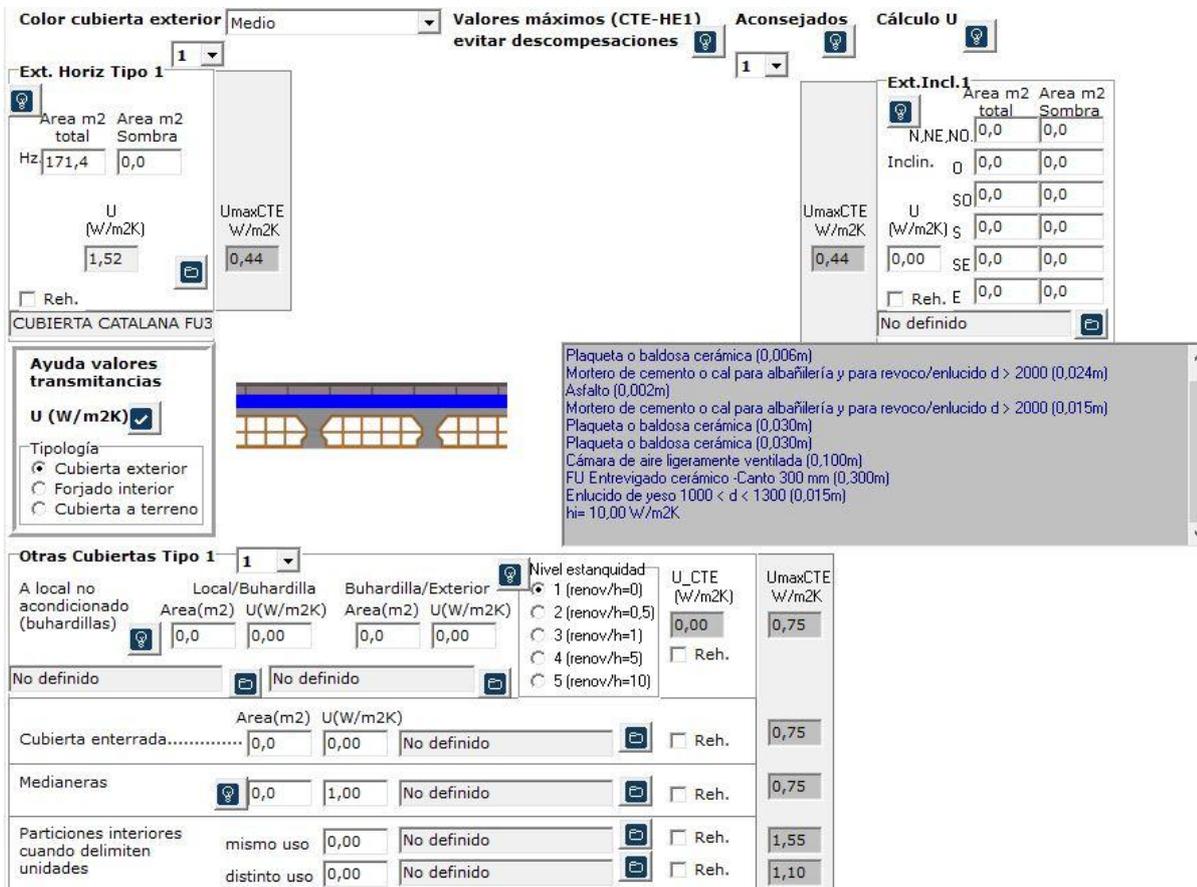


Figura 16. Pestaña de la cubierta del edificio existente. Fuente: CERMA

La transmitancia obtenida de la cubierta del edificio actual es de **1,52 W/m²K**, siendo la máxima recomendable por el CTE de 0,44W/m²K.

8.2 Fachada existente

El cerramiento de la fachada es de obra de fábrica. Está compuesto por un tabique interior a panderete de ladrillo hueco sencillo y un revestimiento de enlucido con yeso. La hoja exterior está formada por ladrillo macizo con aparejo a sogas. Entre ambos tabiques existe una cámara de aire no ventilada de unos 10 cm de ancho. La planta baja y la última planta tienen un revestimiento continuo exterior de mortero de cemento, y pintado a la cal originalmente, al igual que la franja de los balcones. En las plantas intermedias se queda el ladrillo visto.

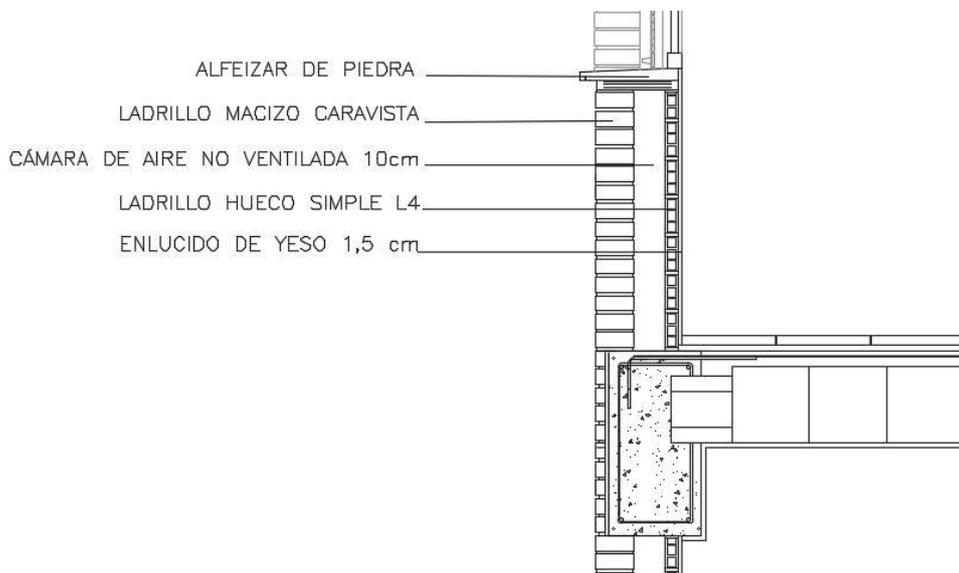


Figura 17. Detalle constructivo de la fachada del grupo Federico Mayo. Fuente: Elaboración propia

Se debe definir la orientación de las fachadas del edificio. Según la tabla que proporciona el Código Técnico de la Edificación se establecen las orientaciones de estas

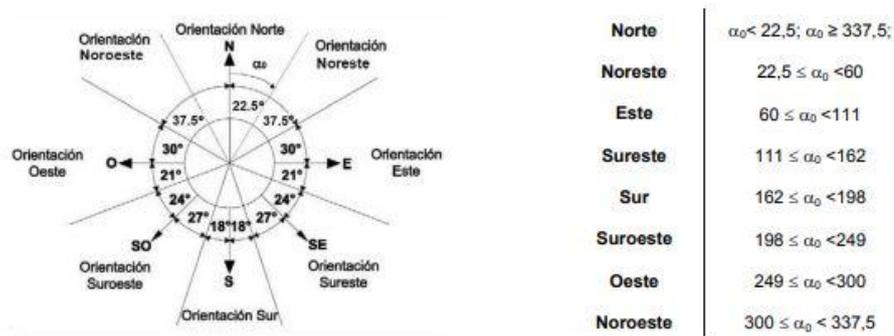


Figura 18. Orientación de las fachadas. Fuente: Documento de apoyo DB HE

Empleando la roseta de orientaciones se obtiene la orientación de fachadas Suroeste (Calle Marino Albesa) y Norte (Plaza Francisco Javier Goerlich Lleó).

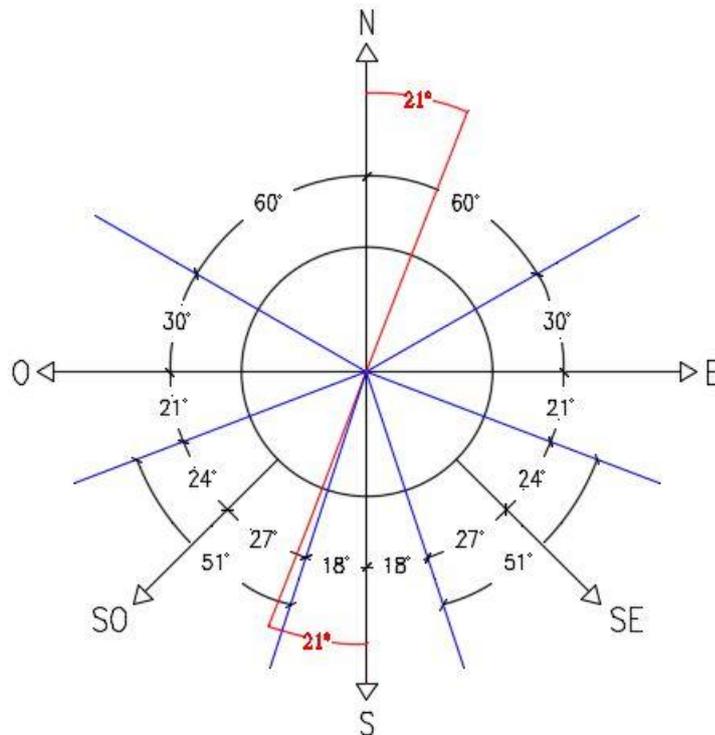


Figura 19. Orientación de las fachadas del edificio. Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la transmitancia de los muros del edificio existente con el programa CERMA, debemos introducir los elementos constructivos que componen los distintos muros.

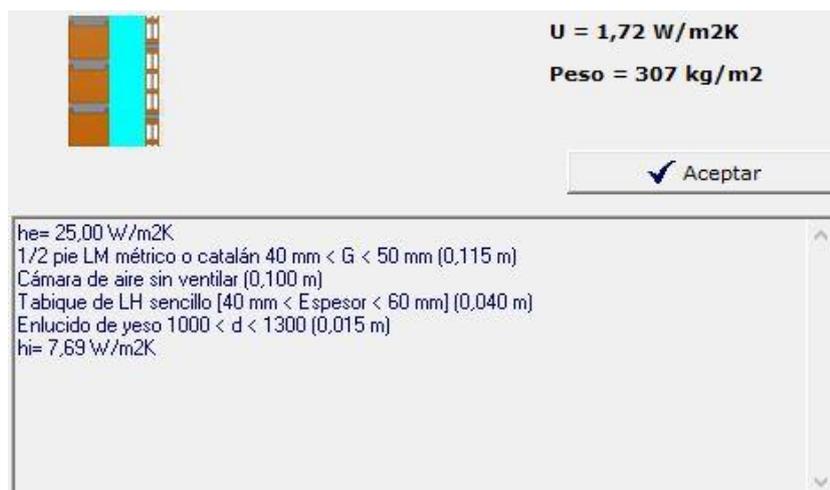


Figura 20. Composición del muro con acabado de ladrillo caravista del edificio existente. Fuente: CERMA

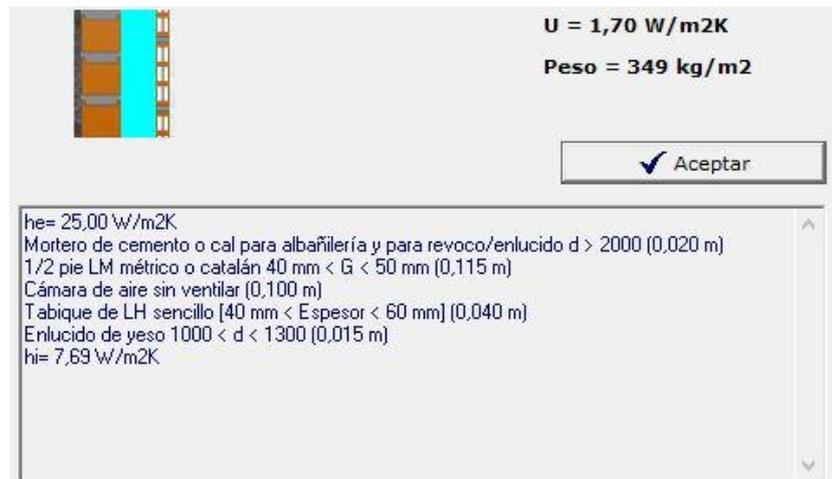


Figura 21. Composición del muro con acabado enfoscado del edificio existente. Fuente: CERMA

Se realiza el cálculo de la superficie de cada tipo de muro del edificio y para cada orientación. Para realizar el cálculo correctamente se debe tener en cuenta que habrá que restar la superficie que ocupan los huecos sobre la fachada.

TIPO DE MURO	PLANTAS	ORIENTACIÓN	SUPERFICIE
Acabado ladrillo caravista	P.1/P.2/P.3	Suroeste	156,54 m²
		Norte	153,04 m²
Acabado enfoscado exterior	P.0/P.4	Suroeste	78,39 m²
		Norte	75,75 m²

Tabla 10. Superficies y orientaciones según tipo de muro. Fuente: Elaboración propia

Habrà tener en cuenta la existencia de un local comercial en planta baja a la hora de introducir los cálculos. El local comercial computa como un espacio no habitable, por lo que el programa CERMA demanda los datos de la partición interior vertical en la transición de habitable/ no habitable y no habitable/exterior. Estas superficies son **27,90m²** y **24,49m²** respectivamente.

La superficie de las medianeras con otros edificios también es computable, siendo esta de **251,10m²**.

Color muro exterior Medio Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones Aconsejados Cálculo U

Ext. Tipo 1				Ext. Tipo 2				Ext. Tipo 3				Ext. Tipo 4			
Area total (m2)		Area fuera 1ºplano (m2)		Area total (m2)		Area fuera 1ºplano (m2)		Area total (m2)		Area fuera 1ºplano (m2)		Area total (m2)		Area fuera 1ºplano (m2)	
N.NO.NE	0,0	0,0	0,0	N.NO.NE	0,0	0,0	0,0	N.NO.NE	153,0	0,0	0,0	N.NO.NE	75,8	0,0	0,0
U (W/m2K)	0,0	0,0	0,0	U (W/m2K)	0,0	0,0	0,0	U (W/m2K)	0,0	0,0	0,0	U (W/m2K)	0,0	0,0	0,0
1,72	SD	156,5	0,0	1,70	SD	76,2	0,0	1,72	SD	0,0	0,0	1,70	SD	0,0	0,0
S...	0,0	0,0	0,0	S...	0,0	0,0	0,0	S...	0,0	0,0	0,0	S...	0,0	0,0	0,0
SE	0,0	0,0	0,0	SE	0,0	0,0	0,0	SE	0,0	0,0	0,0	SE	0,0	0,0	0,0
Reh. E...	0,0	0,0	0,0	Reh. E...	0,0	0,0	0,0	Reh. E...	0,0	0,0	0,0	Reh. E...	0,0	0,0	0,0
FACHADA CARAVISTA 1				FACHADA CARAVISTA 1 E				FACHADA CARAVISTA 1				FACHADA CARAVISTA 1 E			

UmaxCTE W/m2K: 0,56

Ayuda valores transmitancias
U (W/m2K)
Tipología:
 Muro exterior
 Muro interior
 Muro a terreno

Otros muros Tipo 1

Local/no háb.	Local no hab./Ext.	Nivel estanquidad	U_CTE (W/m2K)	UmaxCTE (W/m2K)
Area total (m2)	Area total (m2)	1 (renov/h=0)	1,17	0,75
U (W/m2K)	U (W/m2K)	2 (renov/h=0,5)		
27,9	24,5	3 (renov/h=1)		
2,11	1,70	4 (renov/h=5)		
		5 (renov/h=10)		

En contacto terreno: Profundidad 1,0 m, Area(m2) 0,0, U(W/m2K) 0,00, U_CTE(W/m2K) 0,00, UmaxCTE 0,75

Medianeras: 251,1, 2,18, TAB EJEMPLO 1, UmaxCTE 0,75

Particiones interiores cuando delimiten unidades: mismo uso 0,00, No definido, UmaxCTE 1,20; distinto uso 1,84, PARTICION INTERIOR NH, UmaxCTE 1,10

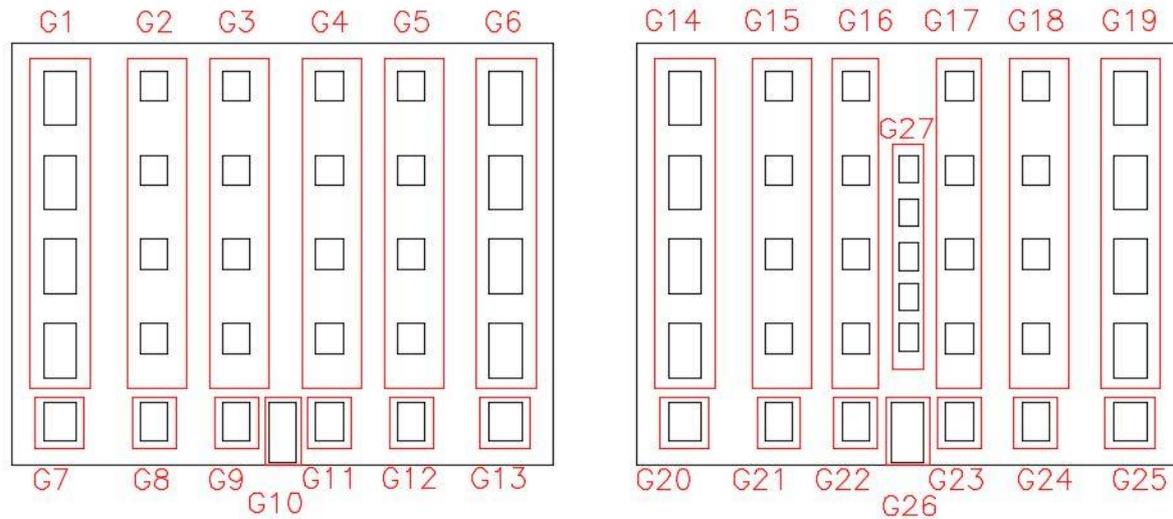
Figura 22. Pestaña de los muros del edificio existente. Fuente: CERMA

8.3 Huecos existentes

Existen 7 tipos de huecos en la fachada del edificio. La vivienda de planta baja tiene huecos de 1,20m y 1,00m de ancho y 1,40m de alto. En las plantas superiores, las viviendas tienen huecos con una anchura igual que las anteriores pero con una altura de 1,10m y 2,00m. En las zonas comunes del edificio se encuentran huecos de 1,00m y 1,20m de ancho y 2,20m de alto destinados a puerta de acceso al edificio y huecos de 0,70m de ancho y 1,00m de alto en la escalera.

La carpintería original del edificio era de madera tanto en ventanas como en puertas. Con el paso de los años, los propietarios han modificado sus viviendas. Se supone que el vidrio sigue siendo monolítico pero el marco ahora es metálico sin rotura de puente térmico.

Para insertar correctamente la geometría y características tanto de puertas como de ventanas, se tienen que hacer grupos de elementos con mismas características dentro de la misma vertical. En la figura 21 se observa el esquema de agrupación de huecos de ambas fachadas.



FACHADA SUROESTE

FACHADA NORTE

Figura 23. Esquema de grupos de huecos del edificio existente. Fuente: Elaboración propia

Los grupos de huecos que corresponden al local existente no cuentan en los cálculos al ser un espacio no habitable. Por tanto G11, G12, G13, G20, G21 y G22 quedan fuera del cálculo.

Después de introducir los datos en CERMA, la transmitancia de los huecos del edificio existente es de **5,70 W/m²K**.

La imagen muestra la interfaz de usuario de CERMA para configurar un grupo de huecos. Se detallan los siguientes parámetros:

- Nombre:** Grupo_1
- Dimensiones:** Ancho 1,20 m, Alto 2,00 m.
- Valores máximos (CTE-HE1):** U vidrio (W/m2K) 5,70, U marco 5,70, Fracc.marco 18 (%).
- Global Hueco:** Factor solar hueco 0,73, q grupo (kWh/m2) 0,92, U hueco (W/m2K) 5,70, UmaxCTE (W/m2K) 5,70.
- Permeabilidad:** Abatible, Ajuste Malo, Permeabilidad max CTE 27.
- Sombras:** Sin elementos fijos y Sin elementos móviles.
- Caja persianas:** Existe, Altura caja persianas (m) 0,25, U (W/m2K) 3,50, Infiltración (m3/hm2) ΔP=10Pa Estanco 0,00.
- Nº Huecos Grupo:** Ventana N... 0, Ventana O... 0, Ventana SO... 4, Ventana S... 0, Ventana SE... 0, Ventana E... 0.
- Árbol de Orientación-Grupo:** Edificio (61) con subgrupos Norte (33) y SurOeste (28).
- Edificio CTE:** Compacidad 3,15, K lim (W/m2K) 2,18, Kli(W/m2K) 0,72, q sol julio (kWh/m2) 6,45, qmax Sol,julio CTE 2, n50 (h-1) 4, n50max (h-1) CTE 4.

Figura 24. Pestaña de huecos de 1,20m x 2,00m (G1,G6,G14,G19) del edificio existente. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_2

Dimensiones: Ancho: 1,00 m; Alto: 1,10 m

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompensaciones:

- U vidrio (W/m2K): 5,70
- Factor solar (tanto por uno): 0,85
- U marco: 5,70
- Fracc.marco: 18 (%)
- UmaxCTE (W/m2K): 2,30
- Permeabilidad max CTE: 27

Global Huevo:

- Factor solar huevo: 0,73
- q grupo (kW/h/m2): 0,42
- U huevo (W/m2K): 5,70
- UmaxCTE (W/m2K): 2,30
- Permeabilidad max CTE: 27

Edificio CTE:

- Compacidad: 3,15
- K lim (W/m2K): 2,18
- Klii (W/m2K): 0,72
- q sol,julio (kW/h/m2): 6,45
- qmax Sol,julio CTE: 2
- n50: 4
- n50 (h-1): 4
- n50max (h-1) CTE: 4

Figura 25. Pestaña de huecos de 1,00m x 1,10m (G2,G3,G4,G5,G15,G16,G17,G18) del edificio existente. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_7

Dimensiones: Ancho: 1,20 m; Alto: 1,40 m

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompensaciones:

- U vidrio (W/m2K): 5,70
- Factor solar (tanto por uno): 0,85
- U marco: 5,70
- Fracc.marco: 18 (%)
- UmaxCTE (W/m2K): 2,30
- Permeabilidad max CTE: 27

Global Huevo:

- Factor solar huevo: 0,73
- q grupo (kW/h/m2): 0,16
- U huevo (W/m2K): 5,70
- UmaxCTE (W/m2K): 2,30
- Permeabilidad max CTE: 27

Edificio CTE:

- Compacidad: 3,15
- K lim (W/m2K): 2,18
- Klii (W/m2K): 0,72
- q sol,julio (kW/h/m2): 6,45
- qmax Sol,julio CTE: 2
- n50: 4
- n50 (h-1): 4
- n50max (h-1) CTE: 4

Figura 26. Pestaña de huecos de 1,20m x 1,40m (G7,G25) del edificio existente. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_8

Dimensiones: Ancho: 1,00 m; Alto: 1,40 m

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones:

- U vidrio (W/m²K): 5,70
- Factor solar (tanto por uno): 0,85
- U marco: 5,70
- Fracc.marco: 18 (%)

Global Huevo:

- Factor solar huevo: 0,73
- q grupo (kWh/m²): 0,13
- U huevo (W/m²K): 5,70
- UmaxCTE (W/m²K): 2,30

Permeabilidad: Corredera, Ajuste Malo; Permeabilidad max CTE: 27

Compacidad: 3,15

Edificio CTE: K lm (W/m²K): 2,18

Kli (W/m²K): 0,72

q sol,julio (kWh/m²): 6,45

qmax Sol,julio CTE: 2

n50 (h-1): 4

n50max (h-1) CTE: 4

Figura 27. Pestaña de huecos de 1,00m x 1,40m (G8,G9,G23,G24) del edificio existente. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_10

Dimensiones: Ancho: 1,00 m; Alto: 2,20 m

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones:

- U vidrio (W/m²K): 5,70
- Factor solar (tanto por uno): 0,85
- U marco: 5,70
- Fracc.marco: 18 (%)

Global Huevo:

- Factor solar huevo: 0,73
- q grupo (kWh/m²): 0,21
- U huevo (W/m²K): 5,70
- UmaxCTE (W/m²K): 5,70

Permeabilidad: Abatible, Ajuste Malo; Permeabilidad max CTE: 27

Compacidad: 3,15

Edificio CTE: K lm (W/m²K): 2,18

Kli (W/m²K): 0,72

q sol,julio (kWh/m²): 6,45

qmax Sol,julio CTE: 2

n50 (h-1): 4

n50max (h-1) CTE: 4

Figura 28. Pestaña de huecos de 1,00m x 2,20m (G10) del edificio existente. Fuente: CERMA

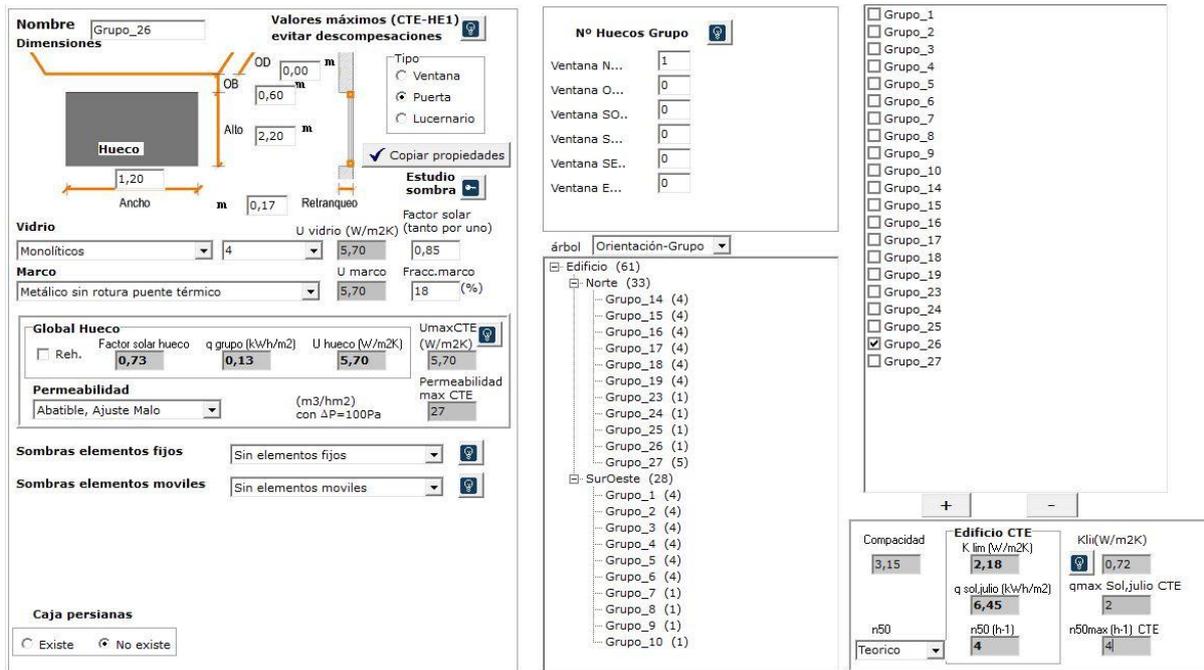


Figura 29. Pestaña de huecos de 1,20m x 2,20m (G26) del edificio existente. Fuente: CERMA

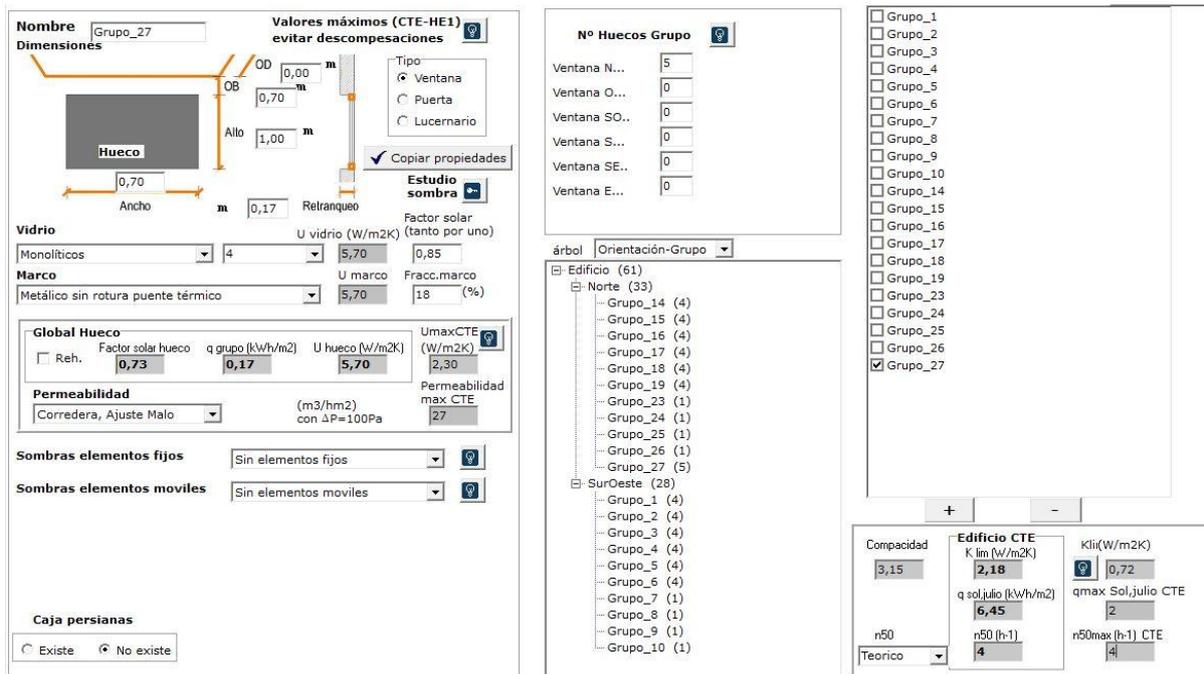


Figura 30. Pestaña de huecos de 0,70m x 1,00m (G27) del edificio existente. Fuente: CERMA

8.4 Suelos existentes

"Una capa de hormigón de 200 kg de cemento x m³ de 10 cm de espesor formará el lecho del pavimento de la planta baja, que a su vez descansará sobre otra capa de grava del mismo espesor" (Llopis, 2008).

Después de los 20 cm de hormigón y grava, se encuentra el pavimento de baldosa cerámica o mosaico con su respectivo mortero de agarre.

Para realizar el cálculo de la transmitancia se deben introducir los elementos que forman la capa de suelo en contacto con el terreno, siendo esta de **2,95 W/m²K**.

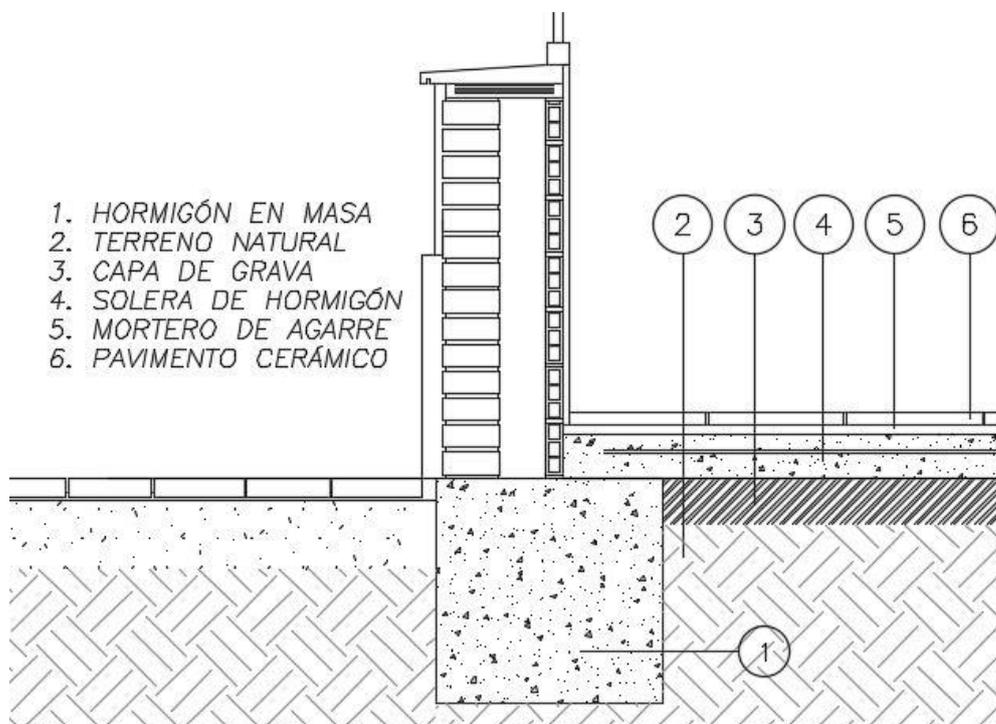


Figura 31. Detalle constructivo del suelo en contacto con el terreno del edificio existente. Fuente: Elaboración propia

La superficie de suelo en contacto con el terreno sin tener en cuenta el suelo del local es de **99,10m²**.

El local en planta baja no se tiene en cuenta en los cálculos al no ser habitable. Por tanto el forjado que divide el local y la vivienda de la planta superior forma parte del suelo de la envolvente térmica del edificio, siendo su superficie de **65,23m²** y una transmitancia de **1,63 W/m²K**.



Figura 32. Composición del suelo en contacto con local no habitable del edificio existente. Fuente: CERMA

Hay que definir los elementos en contacto con el exterior del espacio no habitable. En este caso, serán las fachadas con una superficie de 48,98m².

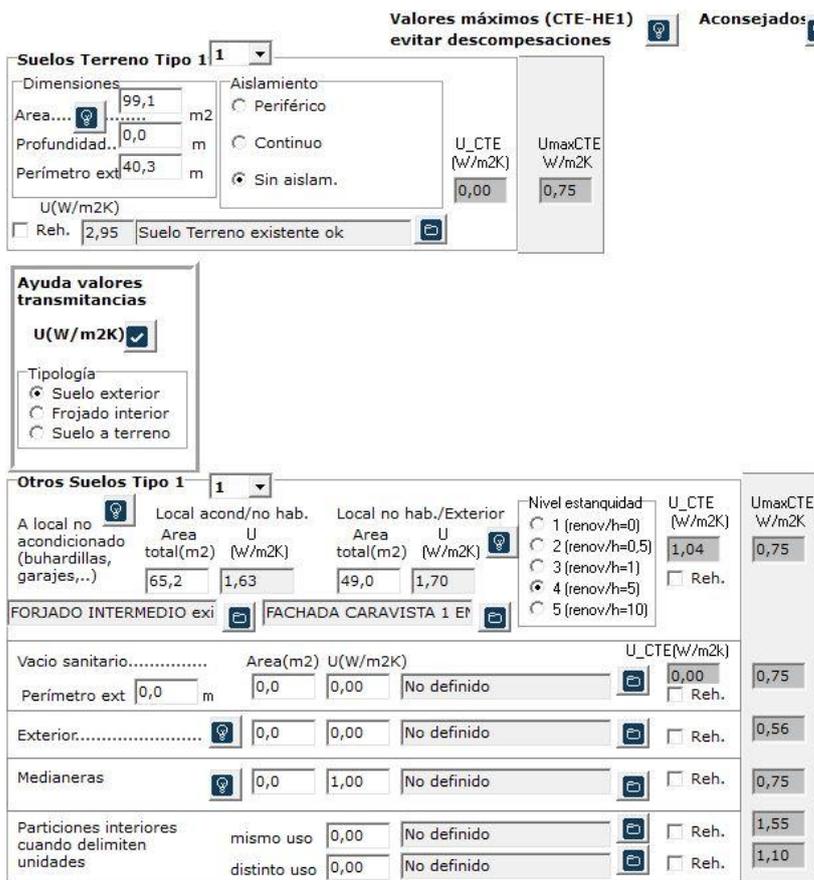


Figura 33. Pestaña de suelos del edificio existente. Fuente: CERMA

8.5 Particiones verticales interiores existentes

El cerramiento que divide las viviendas y los espacios no acondicionados (escaleras y zaguán) está compuesto por un tabique de 10 cm de espesor y enlucido por ambas caras.

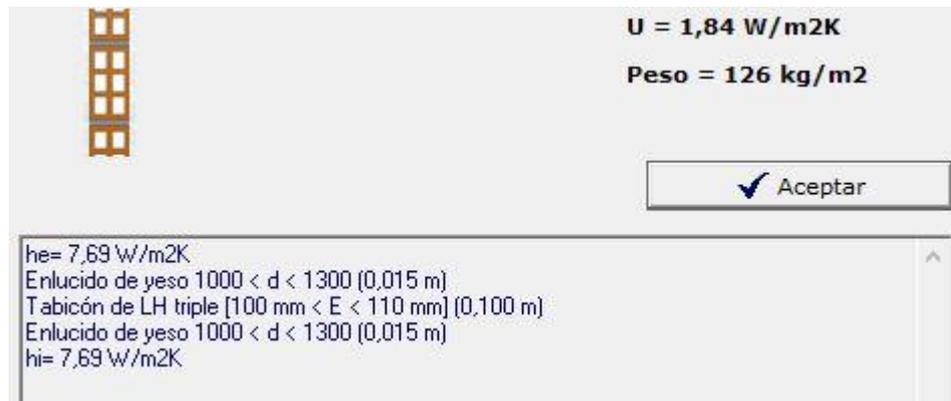


Figura 34. Composición de las particiones verticales interiores del edificio existente. Fuente: CERMA

La nueva versión de CERMA no necesita incluir la superficie total de las particiones verticales, se establece un coeficiente global de transferencia de calor. Los datos introducidos en CERMA se pueden observar en la Figura 22.

8.6 Puentes térmicos existentes

Los puentes térmicos son los causantes de las condensaciones superficiales en los materiales debido a la diferencia de temperatura entre el exterior y el interior. Las condensaciones pueden producir daños en las capacidades de los materiales.

Los lugares donde encontrar puentes térmicos son:

- Pilares
- Frentes de forjado
- Contorno de huecos
- Cajas de persianas
- Esquinas o encuentros con voladizos
- Unión cubierta/fachada
- Unión fachada/solera

Caracterización de los puentes térmicos

Puentes térmicos del edificio - características constructivas

Tipo de encuentro con frente de forjado

Frente de forjado no aislado

Frente de forjado aislado

Aislamiento continuo

Puentes térmicos pilares

Pilar no aislado

Pilar aislado por el exterior

Pilar aislado por el interior

Sin pilares

Tipo de encuentro con jambas de ventanas

Sin aislamiento en fachada (Termoarcilla)

Cerramiento cte. hasta la línea de jamba

Cerr. conforma la jamba al doblar la hoja exterior

Puentes térmicos del edificio - fijar valores

Puentes térmicos del edificio - valores por defecto de LIDER

Espesor de cada forjado (entre 0,1 m y 0,5 m) Anchura pilar (m)

Puede consultar la pérdida lineal de un puentes térmicos en:
https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf

Longitud de los puentes térmicos (m lineales)

Estimados Facilitados

Forjados	Cubiertas	Suelo ext.	Esq salientes - entrantes	Ventanas	Suelo terreno	Pilares (no en esquinas)					
N	O	SO	S	SE	E						
92	52	0	42	297	40	73	0	74	0	0	0

Forjados no aislados

Encuentros horizontales fachada	Puentes verticales fachada	Ventana sin aislamiento en fachada	Terreno	Pilar no aislado
Forjados	Cubierta	Suelo exterior	Esquina saliente	
$\Psi_f = 0,42$ W/mK $f = 0,72$	$\Psi_c = 0,38$ W/mK $f = 0,69$	$\Psi_{se} = 0,33$ W/mK $f = 0,61$	$\Psi_{es-ee} = 0$ W/mK $\Psi = 0,08$ W/mK $f = 0,81$	$\Psi_v = 0,02$ W/mK $f = 0,83$

Encuentros horizontales fachada

$\Psi_f = 0,42$ W/mK
 $f = 0,72$

Puentes verticales fachada

$\Psi_{es-ee} = 0$ W/mK
 $\Psi = 0,08$ W/mK
 $f = 0,81$

Ventana sin aislamiento en fachada

$\Psi_v = 0,02$ W/mK
 $f = 0,83$

Terreno

$\Psi_T = 0,12$ W/mK
 $f = 0,68$

Pilar no aislado

$\Psi_p = 0,87$ W/mK
 $f = 0,59$

El valor f (fRsi) es el factor de temperatura de la superficie interior (adimensional) $f = (T_{pi} - T_e) / (20 - T_e) = 1 - 0,25 U$

El valor de la pérdida lineal de un puente térmico (Ψ W/mK) es el flujo de calor por unidad de longitud de puente térmico y diferencia de temperatura (interior/exterior), sumar a la pérdida de calor, calculada como si la superficie ocupada por el puente térmico fuera de muro en el que se encuentra (sin existencia de heterogeneidades)

Figura 35. Pestaña de puentes térmicos del edificio existente. Fuente: CERMA

9. RESULTADOS DEL EDIFICIO EXISTENTE

Después de la introducción de todos los datos del edificio existente, se muestra a continuación los resultados de demanda energética, emisiones, calificación y cumplimiento del CTE.

Calificación Energética

Calificación: Emisiones Energía primaria no renovable

Demanda sensible (kWh/m2 año)

Calentación

A: < 4,6
B: 4,6 < 10,7
C: 10,7 < 19,2
D: 19,2 < 32,2
E: 32,2 < 64,3
F: 64,3 < 70,1
G: >= 70,1

Refrigeración

A: < 5,5
B: 5,5 < 8,9
C: 8,9 < 13,9
D: 13,9 < 21,3
E: 21,3 < 26,3
F: 26,3 < 32,4
G: >= 32,4

Consumo ACS

22,1

Calificación energética

A: < 3,6
B: 3,6 < 6,8
C: 6,8 < 11,5
D: 11,5 < 18,5
E: 18,5 < 41,5
F: 41,5 < 46,9
G: >= 46,9

Emisiones Totales CO2 (kg/m2)

E 32,0

Emisiones CO2 (kg/m2)

Calentación

A: < 1,9
B: 1,9 < 3,7
C: 3,7 < 6,2
D: 6,2 < 10,0
E: 10,0 < 30,2
F: 30,2 < 35,4
G: >= 35,4

Refrigeración

A: < 1,4
B: 1,4 < 2,2
C: 2,2 < 3,5
D: 3,5 < 5,3
E: 5,3 < 6,6
F: 6,6 < 8,1
G: >= 8,1

ACS

A: < 1,4
B: 1,4 < 1,6
C: 1,6 < 1,9
D: 1,9 < 2,4
E: 2,4 < 4,7
F: 4,7 < 5,5
G: >= 5,5

Ventilación

0,0

Generar fichero .xml para la administración

Fichero xml para la administración
fichero acabado en "_certi.xml"

Figura 36. Ficha de emisiones de CO₂ del edificio existente. Fuente: CERMA

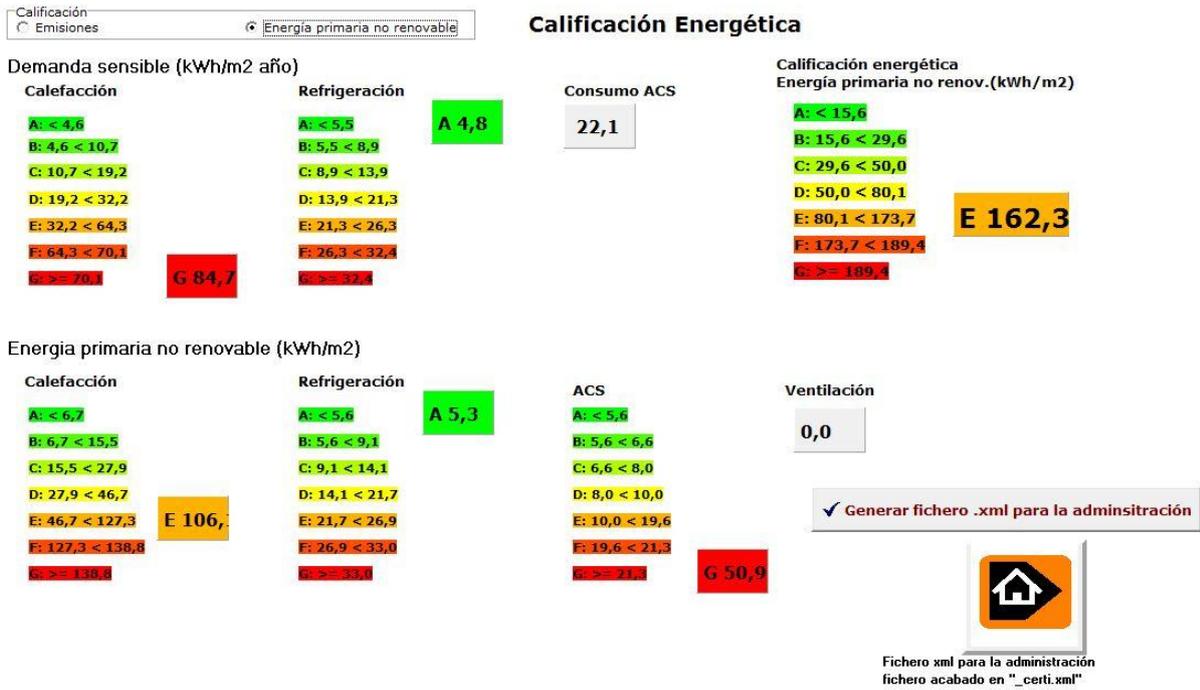


Figura 37. Ficha de demanda energética del edificio existente. Fuente: CERMA

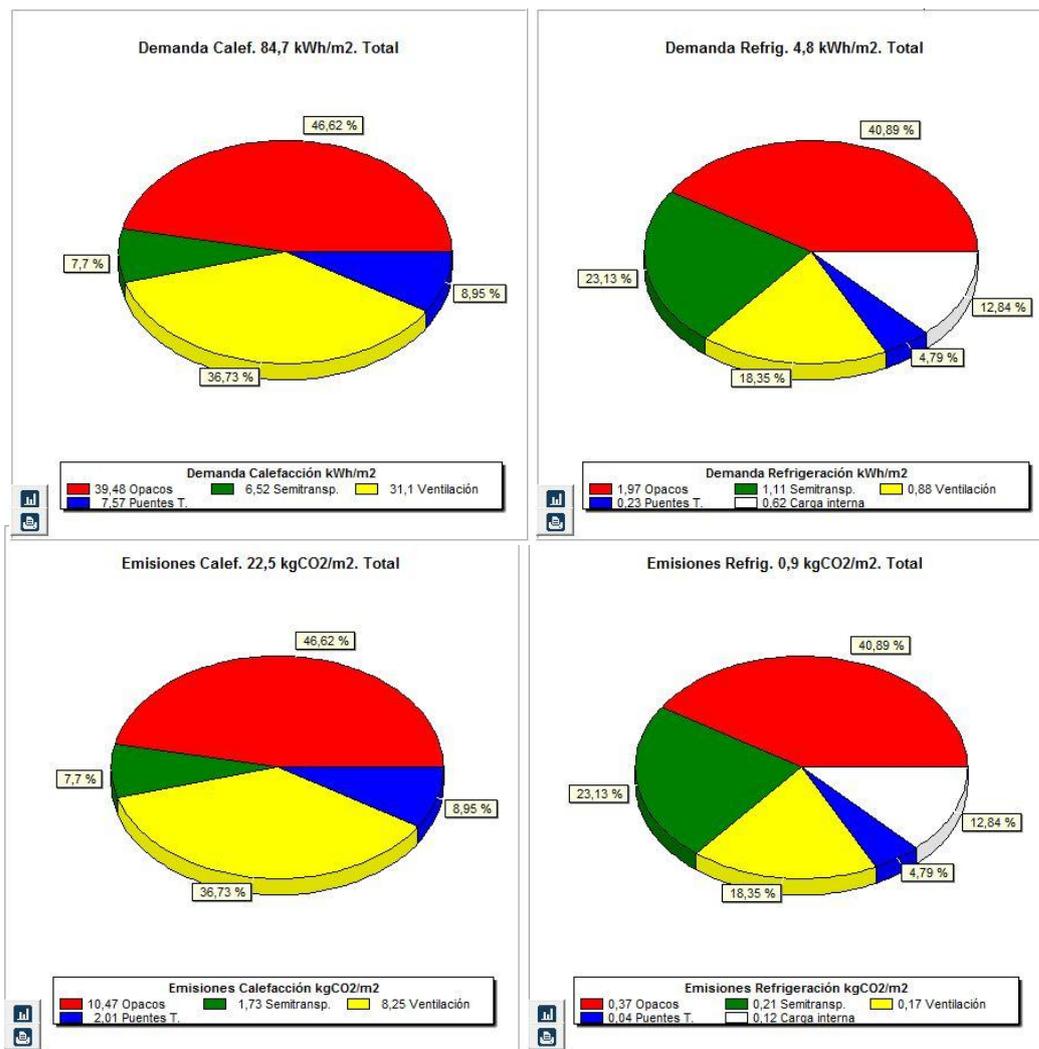


Figura 38. Ficha de detalle demanda energética y emisiones del edificio existente. Fuente: CERMA



Figura 39. Ficha de cumplimiento del CTE DB HE0 del edificio existente. Fuente: CERMA

<i>ELEMENTO CONSTRUCTIVO</i>	<i>ENVOLVENTE EXISTENTE</i>	<i>CTE DB-HE 1 (2019)</i>
Cubierta	1,52	0,44
Fachada	1,70 - 1,72	0,56
Huecos ventanas	5,70	2,30
Huecos puertas	5,70	5,70
Suelo en contacto terreno	2,95	0,75
Suelo a no habitable	1,63	0,75
Particiones interiores que delimitan unidades distinto uso	1,84	1,10
Elementos no habitable/exterior	1,70	0,75

Tabla 11. Cumplimiento del CTE DB HE1 del edificio existente. Fuente: Elaboración propia

Vistos los resultados desfavorables obtenidos del edificio en la actualidad, la rehabilitación de la envolvente térmica es una necesidad real. La calificación energética obtenida es una letra E y no se cumple ni el CTE DB HE 0 ni el CTE DB HE 1.

10. DEFINICIÓN DE LOS NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y TRANSMITANCIAS

La rehabilitación de la envolvente térmica tiene un amplio abanico de posibilidades que se van reduciendo según el criterio del arquitecto, las restricciones urbanísticas y la economía de los promotores. En este proyecto de rehabilitación se van a tener en cuenta los tres factores.

El grupo de viviendas Federico Mayo de Javier Goerlich es un edificio representativo de la historia de Valencia. Si se consulta la información urbanística en el Ayuntamiento de Valencia, el grupo de viviendas de Goerlich es un edificio protegido. Esta característica del edificio condiciona la elección del tipo de rehabilitación.

Con estos datos se decide que la mejora de la envolvente térmica se va a realizar por la cara interior de ésta para no modificar el exterior característico del edificio.

El realizar la mejora por el interior es más económica que por el exterior. Al ser propietarios de medio bajo nivel adquisitivo también se busca que el plazo de la amortización de la rehabilitación sea el más bajo posible.

10.1 Cubierta

La cubierta del edificio es similar a una cubierta catalana. Este tipo de cubiertas son muy empleadas en climas cálidos ya que poseen una cámara de aire donde se crean corrientes que atenúan las altas temperaturas de la cubierta.

En la solución que se propone se aprovechan las características de esta cubierta y la mejora se realiza por la cara inferior del forjado.

El sistema constructivo elegido es un sistema de aislamiento por el interior, mediante un revestimiento autoportante de placas de yeso laminado que mejora el aislamiento térmico y acústico de la cubierta. Está constituido por placas de yeso laminado fijadas sobre unas maestras metálicas suspendidas de la cubierta (forjado) y en la cámara intermedia se coloca lana mineral. (Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes (ANDIMAT), 2008)

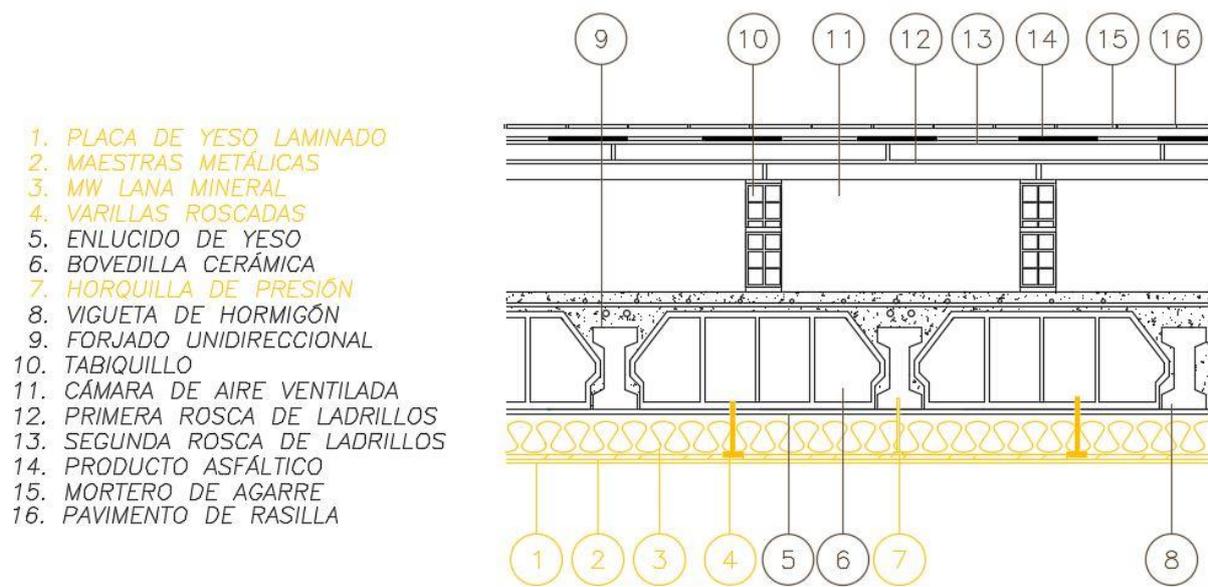


Figura 40. Detalle constructivo de la cubierta rehabilitada. Fuente: Elaboración propia

Este sistema tiene muchas ventajas en su aplicación :

- Al aplicarse por el interior se evita el levantamiento de la cubrición exterior, impermeabilización, etc. Especialmente adecuado cuando no es necesario efectuar trabajos de impermeabilización o modificación de la cubierta externa del edificio.

- Posibilita la rehabilitación desde el punto de vista estético del interior del edificio, conformando una superficie plana y lisa que permite un acabado de pintura (eliminando el riesgo de fisuras), la instalación de nuevos sistemas de iluminación y o climatización

- Montaje rápido y por vía seca, permitiendo la habitabilidad durante la ejecución de los trabajos.

- Aporta una mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo del cerramiento y una reducción del ruido de impactos, dato a considerar en el caso de las cubiertas planas transitables.

(ANDIMAT, 2008)

Una vez claro el sistema constructivo a emplear, se introducen los datos de la cubierta en el programa CERMA.

La transmitancia de la nueva cubierta es de **0,30 W/m²K**, siendo este valor 5 veces inferior a la cubierta sin rehabilitar.

Color cubierta exterior Medio Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones Aconsejados Cálculo U

Ext. Horiz Tipo 1 1

Area m2 total	Area m2 Sombra	Hz	171,4	0,0
U (W/m2K)	UmaxCTE (W/m2K)		0,30	0,44
<input type="checkbox"/> Reh.				

CUBIERTA CATALANA FU3

Ayuda valores transmitancias

U (W/m2K)

Tipología

- Cubierta exterior
- Forjado interior
- Cubierta a terreno

Ext.Incl.1

	Area m2 total	Area m2 Sombra
N,NE,NO	0,0	0,0
Inclin. 0	0,0	0,0
SO	0,0	0,0
U (W/m2K) S	0,0	0,0
SE	0,0	0,0
Reh. E	0,0	0,0
No definido		

UmaxCTE (W/m2K) 0,44

Otras Cubiertas Tipo 1 1

	Local/Buhardilla Area(m2)	Local/Buhardilla U(W/m2K)	Buhardilla/Exterior Area(m2)	Buhardilla/Exterior U(W/m2K)	Nivel estanquidad	U_CTE (W/m2K)	UmaxCTE (W/m2K)
A local no acondicionado (buhardillas)	0,0	0,00	0,0	0,00	<input checked="" type="radio"/> 1 (renov/h=0)	0,00	0,75
<input type="checkbox"/> Reh.							
Cubierta enterrada.....	0,0	0,00	No definido	No definido	<input type="radio"/> 2 (renov/h=0,5)		0,75
<input type="checkbox"/> Reh.							
Medianeras	0,0	1,00	No definido	No definido	<input type="radio"/> 3 (renov/h=1)		0,75
<input type="checkbox"/> Reh.							
Particiones interiores cuando delimiten unidades	mismo uso	0,00	No definido	No definido	<input type="radio"/> 4 (renov/h=5)		1,55
<input type="checkbox"/> Reh.							
	distinto uso	0,00	No definido	No definido	<input type="radio"/> 5 (renov/h=10)		1,10
<input type="checkbox"/> Reh.							

Figura 41. Pestaña de la cubierta del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

10.2 Fachada

El sistema de aislamiento por el interior es utilizado muy frecuentemente como sistema de mejora del aislamiento térmico y acústico de cerramientos verticales. Está formado por placas de yeso laminado fijadas sobre perfiles metálicos independientes del muro portante con relleno del espacio intermedio con paneles semirrígidos de lana mineral (lana de vidrio o lana de roca). El sistema de trasdosados puede aplicarse a cualquier tipo de soporte, ya que el trasdosado es autoportante y no utiliza el muro como soporte. (ANDIMAT, 2008)

Las ventajas más destacadas de utilizar este sistema en la rehabilitación del edificio son:

- Se incrementa el aislamiento térmico y acústico del muro soporte.
- Es un sistema de construcción “seco”. El proceso de instalación es rápido y sin tiempos de espera para secado de morteros o yesos.
- No es imprescindible desalojar el edificio.
- No se precisan sistemas de andamiaje que invaden la vía pública.
- Resuelve los puentes térmicos integrados en la fachada (pilares, contornos de huecos, etc.).

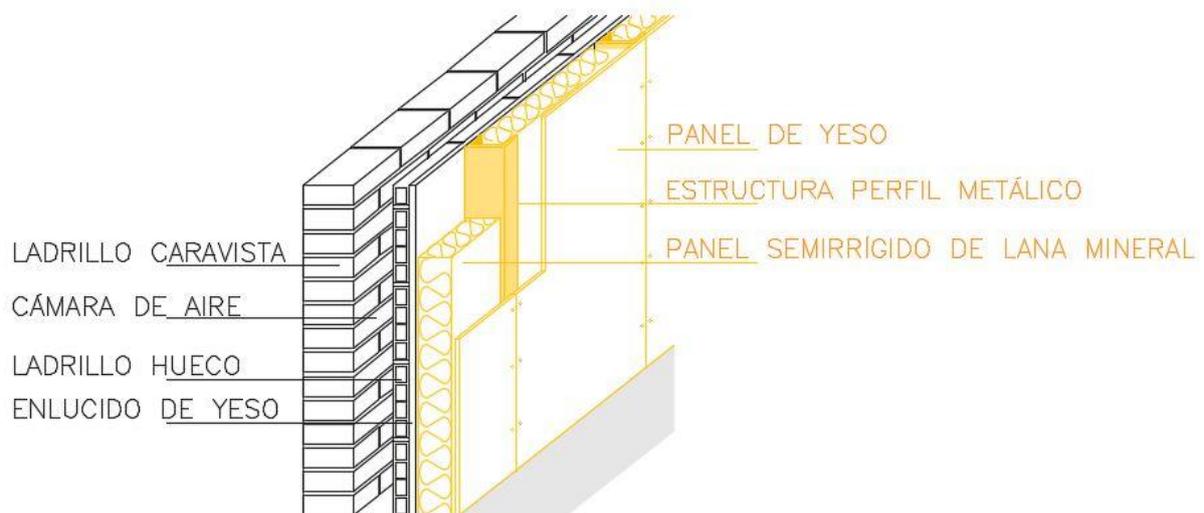


Figura 42. Detalle constructivo de la fachada rehabilitada. Fuente: Elaboración propia

Definido el sistema constructivo a emplear, se introducen los datos de la fachada en el programa CERMA.

La transmitancia de la nueva fachada es de **0,31 W/m²K**, siendo el valor más de 5 veces inferior a la fachada sin rehabilitar.

Color muro exterior Medio Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones Aconsejados Cálculo U

Ext. Tipo 1	Ext. Tipo 2	Ext. Tipo 3	Ext. Tipo 4
Area total (m2): 156,5	Area total (m2): 76,2	Area total (m2): 153,0	Area total (m2): 75,8
Area fuera 1ºplano (m2): 0,0			
N,ND,NE: 0,0	N,ND,NE: 0,0	N,ND,NE: 153,0	N,ND,NE: 75,8
U (W/m2K): 0,31	U (W/m2K): 0,31	U (W/m2K): 0,31	U (W/m2K): 0,31
S...: 0,0	S...: 0,0	S...: 0,0	S...: 0,0
SE: 0,0	SE: 0,0	SE: 0,0	SE: 0,0
Reh. E...: 0,0	Reh. E...: 0,0	Reh. E...: 0,0	Reh. E...: 0,0
FACHADA CARAVISTA 1+	FACHADA CARAVISTA 1 E	FACHADA CARAVISTA 1+	FACHADA CARAVISTA 1 E

Ayuda valores transmitancias

U (W/m2K)

Tipología:

- Muro exterior
- Muro interior
- Muro a terreno

Otros muros Tipo 1 1

Local/no naó.	Local no hab./Ext.	Nivel estanquidad	U_CTE (W/m2K)	UmaxCTE (W/m2K)
A local no acondicion. (buhardillas): 27,9	Area total (m2): 24,5	<input checked="" type="radio"/> 1 (renov/h=0)	1,17	0,75
Area total (m2): 27,9	U (W/m2K): 2,11	<input type="radio"/> 2 (renov/h=0,5)		
	U (W/m2K): 1,70	<input type="radio"/> 3 (renov/h=1)		
		<input type="radio"/> 4 (renov/h=5)		
		<input type="radio"/> 5 (renov/h=10)		
P1.1 B	FACHADA CARAVISTA 1 E			

En contacto terreno	Area(m2)	U(W/m2K)	U_CTE(W/m2k)	UmaxCTE
Profundidad: 1,0 m	0,0	0,00	0,00	0,75
Medianeras	251,1	0,41	MEDIANERA REHAB	0,75
Particiones interiores cuando delimiten unidades	mismo uso	0,00	No definida	1,20
	distinto uso	1,84	PARTICION INTERIOR NH	1,10

Figura 43. Pestaña de los muros rehabilitados del edificio . Fuente: CERMA

10.3 Huecos

En la elección de las nuevas carpinterías se decide emplear :

- Marcos de PVC de Tres cámaras; $U = 1,80 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Vidrio Doble bajo emisivo <0,03 4 - 12 - 551a ; $U = 1,60 \text{ W/m}^2\text{K}$

Introducidos los datos en el CERMA, la transmitancia de los diferentes huecos es:

- huecos 1,20m x 2,00m $U = 1,83 \text{ W/m}^2\text{K}$
- huecos 1,00m x 1,10m $U = 1,91 \text{ W/m}^2\text{K}$
- huecos 1,20m x 1,40m $U = 1,86 \text{ W/m}^2\text{K}$
- huecos 1,00m x 1,40m $U = 1,88 \text{ W/m}^2\text{K}$
- huecos 1,00m x 2,20m $U = 1,85 \text{ W/m}^2\text{K}$
- huecos 1,20m x 2,20m $U = 1,82 \text{ W/m}^2\text{K}$
- huecos 0,70m x 1,00m $U = 1,99 \text{ W/m}^2\text{K}$

Nombre: Grupo_1

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones

Dimensiones: Ancho: 1,20 m, Alto: 2,00 m

Vidrio: U vidrio (W/m2K): 1,60, Factor solar (tanto por uno): 0,70

Marco: U marco: 1,80, Fracc.marco: 18 (%)

Global Huevo: Reh. Factor solar hueco: 0,58, q grupo (kWh/m2): 0,76, U hueco (W/m2K): 1,83, UmaxCTE (W/m2K): 5,70

Permeabilidad: Abat. Ajuste Bueno c.Burl. (m3/hm2) con ΔP=100Pa: 27, Permeabilidad max CTE: 27

Sombras elementos fijos: Sin elementos fijos

Sombras elementos móviles: Sin elementos móviles

Caja persianas: Existe No existe Altura caja persianas (m): 0,25, U (W/m2K): 0,80, Infiltración (m3/hm) Δ P=10Pa: 0,00

Nº Huecos Grupo: Ventana N...: 0, Ventana O...: 0, Ventana SO...: 4, Ventana S...: 0, Ventana SE...: 0, Ventana E...: 0

Edificio (61): Norte (33): Grupo_14 (4), Grupo_15 (4), Grupo_16 (4), Grupo_17 (4), Grupo_18 (4), Grupo_19 (4), Grupo_23 (1), Grupo_24 (1), Grupo_25 (1), Grupo_26 (1), Grupo_27 (5); SurOeste (28): Grupo_1 (4), Grupo_2 (4), Grupo_3 (4), Grupo_4 (4), Grupo_5 (4), Grupo_6 (4), Grupo_7 (1), Grupo_8 (1), Grupo_9 (1), Grupo_10 (1)

Edificio CTE: Compacidad: 3,15, K lim (W/m2K): 0,54, K lii (W/m2K): 0,88, q sol,julio (kWh/m2): 5,31, qmax Sol,julio CTE: 2, n50: 4, n50max (h-1) CTE: 4

Figura 44. Pestaña de huecos de 1,20m x 2,00m (G1,G6,G14,G19) del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_2

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones

Dimensiones: Ancho: 1,00 m, Alto: 1,10 m

Vidrio: U vidrio (W/m2K): 1,60, Factor solar (tanto por uno): 0,70

Marco: U marco: 1,80, Fracc.marco: 18 (%)

Global Huevo: Reh. Factor solar hueco: 0,58, q grupo (kWh/m2): 0,35, U hueco (W/m2K): 1,91, UmaxCTE (W/m2K): 2,30

Permeabilidad: Abat. Ajuste Bueno c.Burl. (m3/hm2) con ΔP=100Pa: 27, Permeabilidad max CTE: 27

Sombras elementos fijos: Sin elementos fijos

Sombras elementos móviles: Sin elementos móviles

Caja persianas: Existe No existe Altura caja persianas (m): 0,20, U (W/m2K): 0,80, Infiltración (m3/hm) Δ P=10Pa: 0,00

Nº Huecos Grupo: Ventana N...: 0, Ventana O...: 0, Ventana SO...: 4, Ventana S...: 0, Ventana SE...: 0, Ventana E...: 0

Edificio (61): Norte (33): Grupo_14 (4), Grupo_15 (4), Grupo_16 (4), Grupo_17 (4), Grupo_18 (4), Grupo_19 (4), Grupo_23 (1), Grupo_24 (1), Grupo_25 (1), Grupo_26 (1), Grupo_27 (5); SurOeste (28): Grupo_1 (4), Grupo_2 (4), Grupo_3 (4), Grupo_4 (4), Grupo_5 (4), Grupo_6 (4), Grupo_7 (1), Grupo_8 (1), Grupo_9 (1), Grupo_10 (1)

Edificio CTE: Compacidad: 3,15, K lim (W/m2K): 0,54, K lii (W/m2K): 0,88, q sol,julio (kWh/m2): 5,31, qmax Sol,julio CTE: 2, n50: 4, n50max (h-1) CTE: 4

Figura 45. Pestaña de huecos de 1,00m x 1,10m (G2,G3,G4,G5,G15,G16,G17,G18) del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_7

Dimensiones: Ancho: 1,20 m; Alto: 1,40 m

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones:

- U vidrio (W/m2K): 1,60
- Factor solar (tanto por uno): 0,70
- U marco: 1,80
- Fracc.marco: 18 (%)

Global Huevo:

- Reh. Factor solar huevo: 0,58
- q grupo (kWh/m2): 0,13
- U huevo (W/m2K): 1,86
- UmaxCTE (W/m2K): 2,30

Permeabilidad: (m3/hm2) con $\Delta P=100Pa$: 27

Edificio CTE:

- Compacidad: 3,15
- Edificio CTE K lim (W/m2K): 0,54
- Kli (W/m2K): 0,88
- q sol julio (kWh/m2): 5,31
- qmax Sol julio CTE: 2
- n50: 4
- n50 (h-1): 4
- n50max (h-1) CTE: 4

Nº Huecos Grupo:

- Ventana N...: 0
- Ventana O...: 0
- Ventana SO...: 1
- Ventana S...: 0
- Ventana SE...: 0
- Ventana E...: 0

árbol: Edificio (61)

- Norte (33)
 - Grupo_14 (4)
 - Grupo_15 (4)
 - Grupo_16 (4)
 - Grupo_17 (4)
 - Grupo_18 (4)
 - Grupo_19 (4)
 - Grupo_23 (1)
 - Grupo_24 (1)
 - Grupo_25 (1)
 - Grupo_26 (1)
 - Grupo_27 (5)
- SurOeste (28)
 - Grupo_1 (4)
 - Grupo_2 (4)
 - Grupo_3 (4)
 - Grupo_4 (4)
 - Grupo_5 (4)
 - Grupo_6 (4)
 - Grupo_7 (1)
 - Grupo_8 (1)
 - Grupo_9 (1)
 - Grupo_10 (1)

Figura 46. Pestaña de huecos de 1,20m x 1,40m (G7,G25) del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_8

Dimensiones: Ancho: 1,00 m; Alto: 1,40 m

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones:

- U vidrio (W/m2K): 1,60
- Factor solar (tanto por uno): 0,70
- U marco: 1,80
- Fracc.marco: 18 (%)

Global Huevo:

- Reh. Factor solar huevo: 0,58
- q grupo (kWh/m2): 0,11
- U huevo (W/m2K): 1,88
- UmaxCTE (W/m2K): 2,30

Permeabilidad: (m3/hm2) con $\Delta P=100Pa$: 27

Edificio CTE:

- Compacidad: 3,15
- Edificio CTE K lim (W/m2K): 0,54
- Kli (W/m2K): 0,88
- q sol julio (kWh/m2): 5,31
- qmax Sol julio CTE: 2
- n50: 4
- n50 (h-1): 4
- n50max (h-1) CTE: 4

Nº Huecos Grupo:

- Ventana N...: 0
- Ventana O...: 0
- Ventana SO...: 1
- Ventana S...: 0
- Ventana SE...: 0
- Ventana E...: 0

árbol: Edificio (61)

- Norte (33)
 - Grupo_14 (4)
 - Grupo_15 (4)
 - Grupo_16 (4)
 - Grupo_17 (4)
 - Grupo_18 (4)
 - Grupo_19 (4)
 - Grupo_23 (1)
 - Grupo_24 (1)
 - Grupo_25 (1)
 - Grupo_26 (1)
 - Grupo_27 (5)
- SurOeste (28)
 - Grupo_1 (4)
 - Grupo_2 (4)
 - Grupo_3 (4)
 - Grupo_4 (4)
 - Grupo_5 (4)
 - Grupo_6 (4)
 - Grupo_7 (1)
 - Grupo_8 (1)
 - Grupo_9 (1)
 - Grupo_10 (1)

Figura 47. Pestaña de huecos de 1,00m x 1,40m (G8,G9,G23,G24) del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_10

Dimensiones: Ancho: 1,00 m; Alto: 2,20 m

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones:

- U vidrio (W/m2K): 1,60
- U marco: 1,80
- U hueco (W/m2K): 1,85
- UmaxCTE (W/m2K): 5,70

Global Hueco: Factor solar hueco: 0,58; q grupo (kWh/m2): 0,17

Permeabilidad: Abat. Ajuste Bueno c.Burl: (m3/hm2) con ΔP=100Pa: 27

Compacidad: 3,15

Edificio CTE: K lm (W/m2K): 0,54

Kli (W/m2K): 0,88

q sol julio (kWh/m2): 5,31

qmax Sol julio CTE: 2

n50 (h-1): 4

n50max (h-1) CTE: 4

Figura 48. Pestaña de huecos de 1,00m x 2,20m (G10) del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

Nombre: Grupo_26

Dimensiones: Ancho: 1,20 m; Alto: 2,20 m

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones:

- U vidrio (W/m2K): 1,60
- U marco: 1,80
- U hueco (W/m2K): 1,82
- UmaxCTE (W/m2K): 5,70

Global Hueco: Factor solar hueco: 0,58; q grupo (kWh/m2): 0,11

Permeabilidad: Abat. Ajuste Bueno c.Burl: (m3/hm2) con ΔP=100Pa: 27

Compacidad: 3,15

Edificio CTE: K lm (W/m2K): 0,54

Kli (W/m2K): 0,88

q sol julio (kWh/m2): 5,31

qmax Sol julio CTE: 2

n50 (h-1): 4

n50max (h-1) CTE: 4

Figura 49. Pestaña de huecos de 1,20m x 2,20m (G26) del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

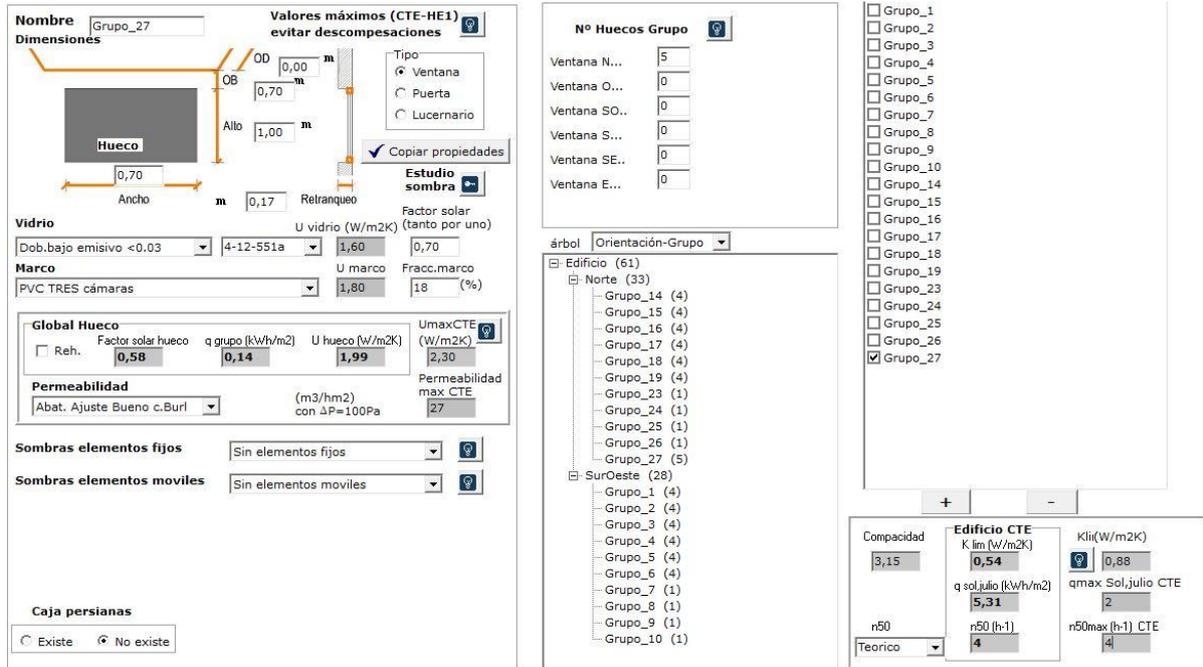


Figura 50. Pestaña de huecos de 0,70m x 1,00m (G27) del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

10.4 Suelos

Visto el estado del suelo en contacto con el terreno, en primer lugar se decide demoler la solera original y excavar 14,3 cm. Esta dimensión es la necesaria para poder añadir las nuevas capas que formarán el nuevo suelo. De esta forma, se conservará la cota del suelo de la planta baja.

Sobre la nueva solera se coloca una lámina impermeable y el aislante térmico. Una lámina de polietileno protegerá el aislante y se pondrá una capa de mortero autonivelante armado. Finalmente, el pavimento con su respectivo mortero de agarre.

Después de introducir los nuevos elementos constructivos en CERMA, se obtiene una transmitancia de **0,59 W/m²K**, 5 veces más pequeña que la transmitancia del suelo original.

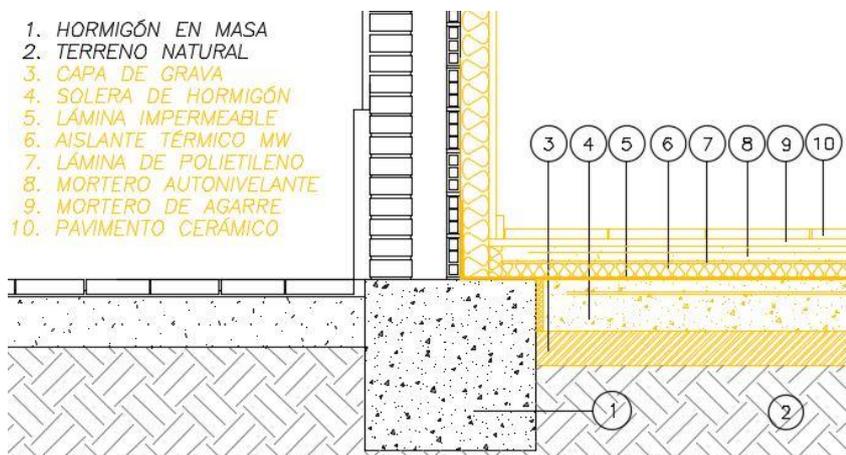


Figura 51. Detalle constructivo del suelo en contacto con el terreno del edificio rehabilitado. Fuente: Elaboración propia

El local en planta baja no se tiene en cuenta en los cálculos al no ser habitable pero el forjado que divide el local y la vivienda de la planta superior forma parte del suelo de la envolvente térmica del edificio. Por tanto, se procede a aislar el forjado del local comercial.

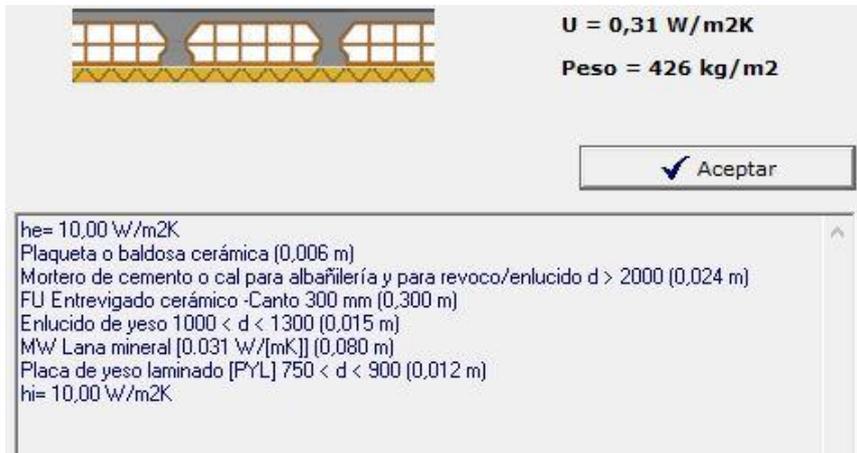


Figura 52. Composición del suelo en contacto con local no habitable del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones | Aconsejados | Cálculo U

Suelos Terreno Tipo 1 1

Dimensiones: Area... 99,1 m2, Profundidad... 0,0 m, Perímetro ext 40,3 m

Aislamiento: Periférico, Continuo, Sin aislam.

U_CTE (W/m2K): 0,00 | UmaxCTE W/m2K: 0,75

Reh. 0,59 | Suelo Terreno Ejemplo Valencia B+

Ayuda valores transmitancias

U(W/m2K)

Tipología: Suelo exterior, Frojado interior, Suelo a terreno

Otros Suelos Tipo 1 1

	Local acond./no hab.	Local no hab./Exterior	Nivel estanquidad	U_CTE (W/m2K)	UmaxCTE W/m2K
A local no acondicionado (buhardillas, garajes,...)	Area total(m2): 65,2 U (W/m2K): 0,31	Area total(m2): 49,0 U (W/m2K): 1,70	<input type="radio"/> 1 (renov/h=0), <input type="radio"/> 2 (renov/h=0.5), <input type="radio"/> 3 (renov/h=1), <input checked="" type="radio"/> 4 (renov/h=5), <input type="radio"/> 5 (renov/h=10)	0,28	0,75
FORJADO INTERMEDIO+AI					
Vacio sanitario.....	Area(m2): 0,0 U(W/m2K): 0,00	No definido		0,00	0,75
Perímetro ext 0,0 m					Reh. <input type="checkbox"/>
Exterior.....	0,0 0,00	No definido			0,56
Medianeras	0,0 1,00	No definido			0,75
Particiones interiores cuando delimiten unidades	mismo uso: 0,00 No definido				1,55
	distinto uso: 0,00 No definido				1,10

Figura 53. Pestaña de suelos del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

10.5 Particiones verticales interiores

El cerramiento que divide las viviendas y los espacios no acondicionados (escaleras y zaguán) está compuesto por un tabique de 10 cm de espesor y enlucido por ambas caras.

Se decide no rehabilitar las particiones verticales en contacto con las zonas comunes ya que la repercusión final es mínima. La superficie de contacto entre ambas zonas es poca y la rehabilitación supondría la reforma casi integral del cuarto de baño. La transmitancia térmica será la misma que antes de la rehabilitación , $U = 2,18\text{W/m}^2\text{K}$.

10.6 Puentes térmicos

El realizar una intervención de mejora térmica por el interior, tiene una serie de ventajas e inconvenientes en la resolución de los puentes térmicos.

En el caso de la fachada, existe cierta hermeticidad en cuanto a los paramentos, pilares y esquinas. El aislante recorre toda la envolvente del espacio interior de las viviendas excepto los frentes de forjado.

En la cubierta, al colocar el aislante por debajo del forjado se crea un contorno estanco ya que existe una unión del aislante del paramento y del forjado evitando el flujo de calor en la unión de la fachada y la cubierta.

El encuentro del suelo en contacto con el terreno y la fachada tiene una continuidad del aislamiento térmico donde el aislamiento del paramento vertical se prolonga hasta el aislante de la solera.

Los huecos son uno de los puntos más conflictivos en relación con los puentes térmicos. Al colocar el aislante de los paramentos por el interior, éste llega hasta la carpintería. La calidad de los marcos y cristales que forman el hueco es superior a los anteriores. Los marcos son de PVC con rotura de puente térmico. La intercalación de varias cámaras de aire hacen que la hoja exterior no esté en contacto con la interior.

En conclusión, en esta mejora de la envolvente térmica los puntos débiles serán los frentes de forjado. Una solución a este inconveniente sería alargar el aislante térmico de los paramentos verticales un metro hacia el forjado disminuyendo el efecto del puente térmico. Debido al coste y al trabajo de obra que requiere esta solución, se descarta realizarla en esta rehabilitación.

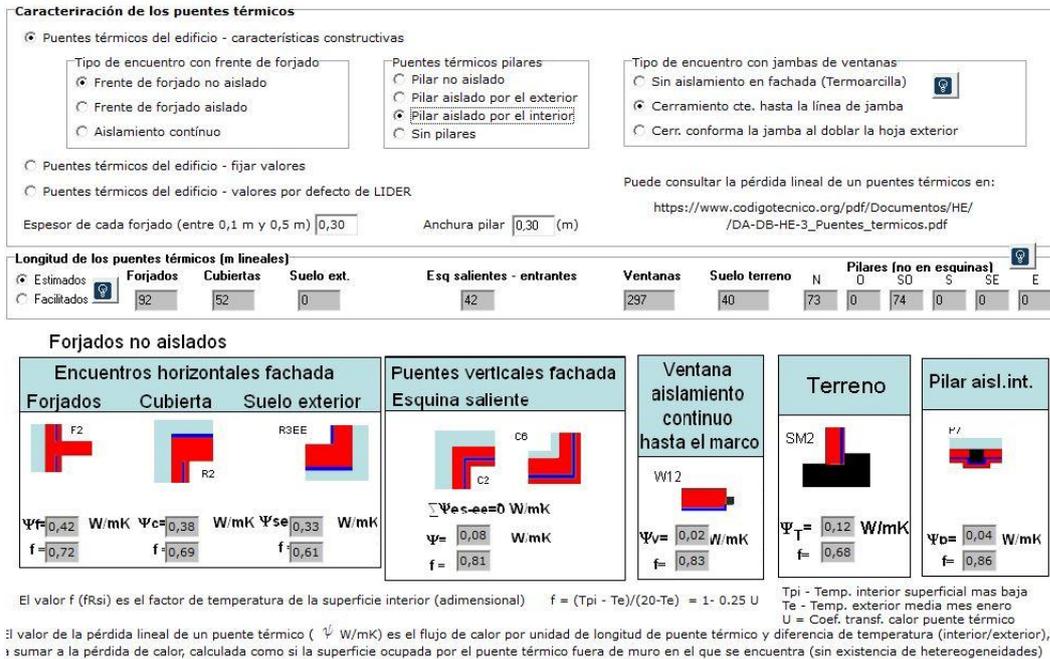


Figura 54. Pestaña de puentes térmicos del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

11. RESULTADOS EDIFICIO REHABILITADO

Después de la introducción de todos los datos del edificio rehabilitado, se muestra a continuación los resultados de demanda energética, emisiones, calificación y cumplimiento del CTE.

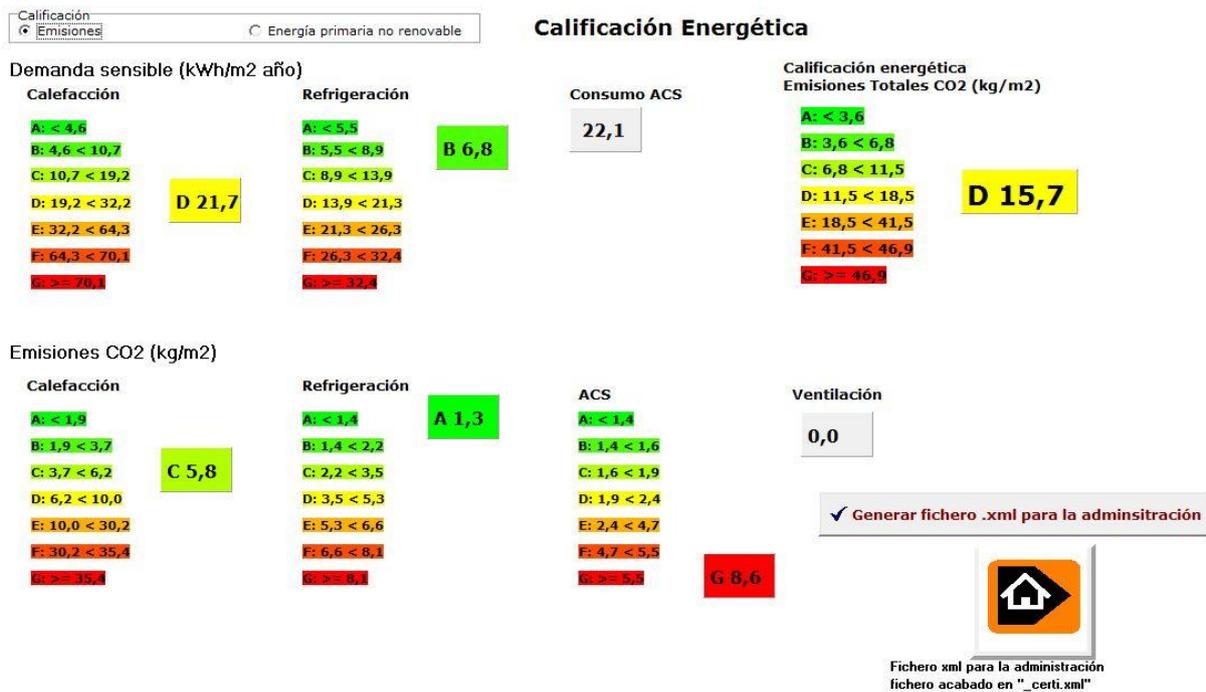


Figura 55. Ficha de emisiones de CO₂ del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

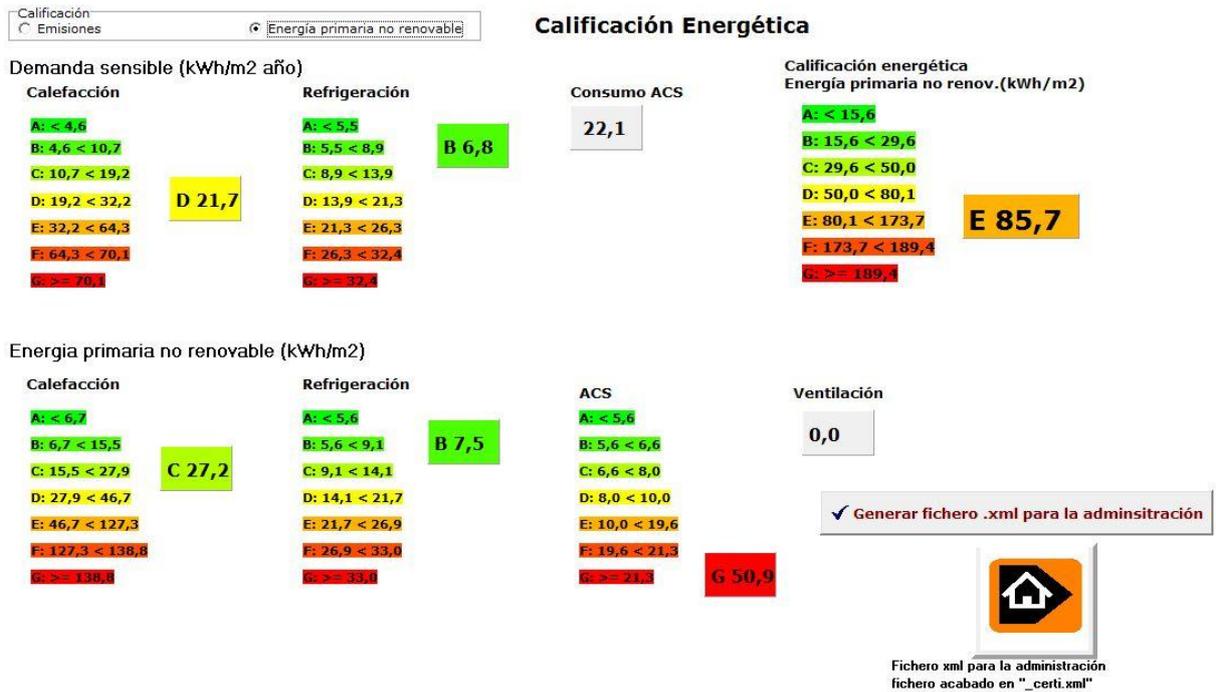


Figura 56. Ficha de demanda energética del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

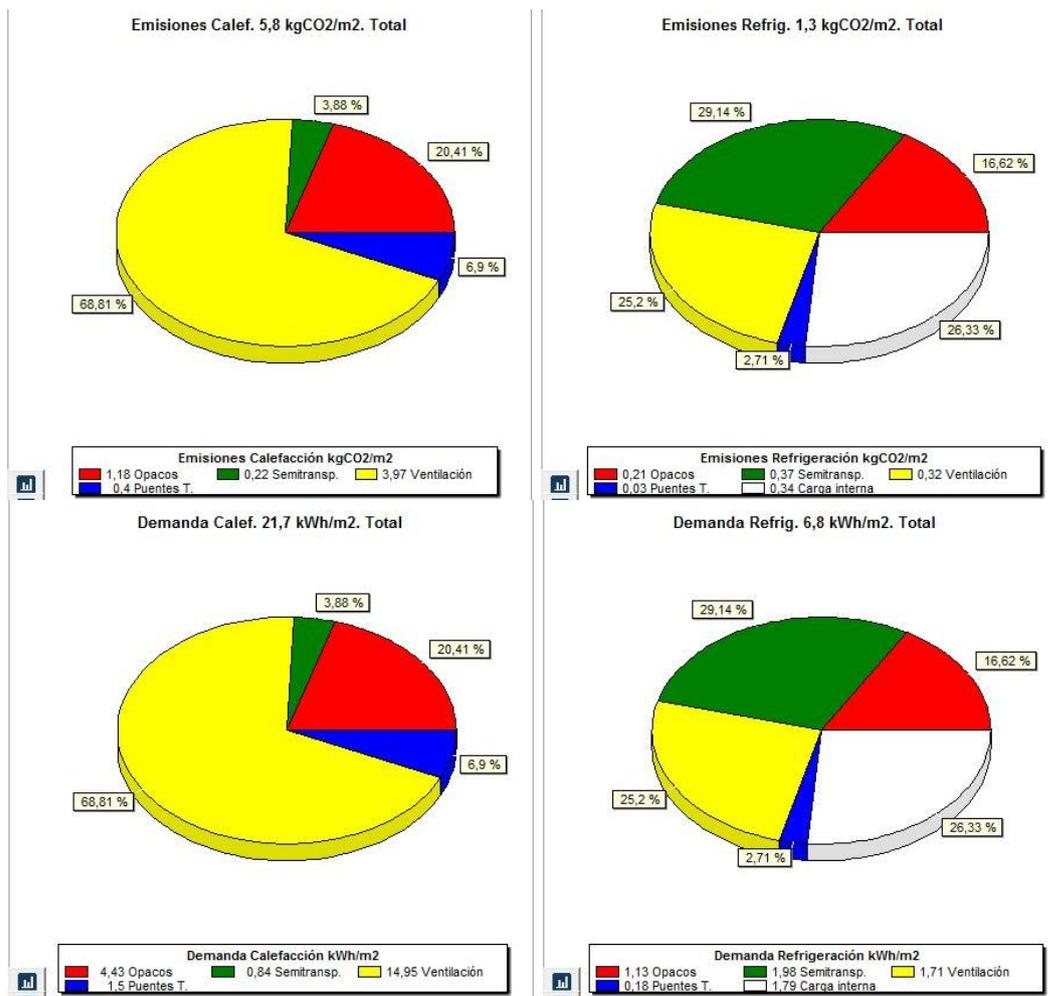


Figura 57. Ficha de detalle demanda energética y emisiones del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

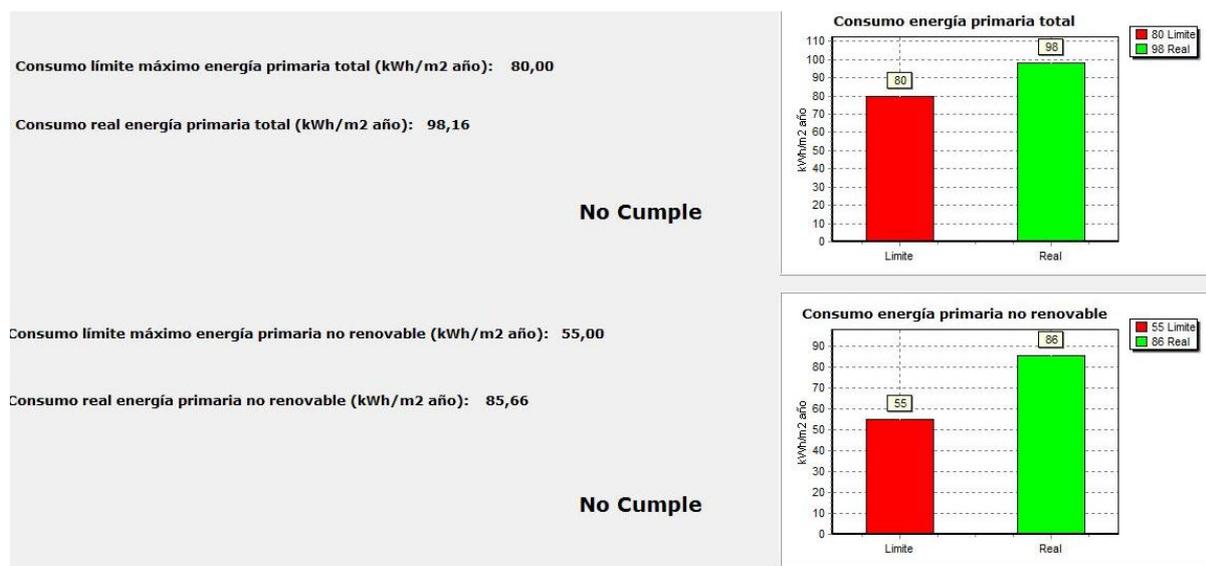


Figura 58. Ficha de cumplimiento del CTE DB HE0 del edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

<i>ELEMENTO CONSTRUCTIVO</i>	<i>ENVOLVENTE REHABILITADA</i>	<i>CTE DB-HE 1 (2019)</i>
Cubierta	0,30	0,44
Fachada	0,31	0,56
Huecos ventanas	1,91 - 1,88 - 1,86	2,30
Huecos puertas	1,83 - 1,85 - 1,82	5,70
Suelo en contacto terreno	0,59	0,75
Suelo a no habitable	0,31	0,75
Particiones interiores que delimitan unidades distinto USO	1,84	1,10

Tabla 12. Cumplimiento del CTE DB HE1 del edificio rehabilitado. Fuente: Elaboración propia

Vistos los resultados obtenidos realizada la mejora de la envolvente térmica del edificio, se observa que la rehabilitación de la envolvente térmica es significativa. La calificación energética obtenida es una letra D y se cumple el CTE DB HE 1 (a excepción de las particiones interiores que delimitan unidades distinto uso que no se intervienen).

En cuanto al cumplimiento del CTE DB HE 0, la mejora de la envolvente térmica significa una clara mejora en cuanto a la demanda energética. El consumo real de energía primaria total desciende en un 43,81% y el consumo real de energía primaria no renovable se reduce en un 47,23%. A pesar de estos resultados, no se cumple con el CTE DB HE 0.

12. COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se procede a realizar una comparación y análisis de los datos más significativos del antes y después de la mejora de la envolvente térmica.

Para ser consciente del cambio que produce la rehabilitación, se expone en la Tabla 13 una comparación de las transmitancias de los elementos constructivos.

<i>ELEMENTO CONSTRUCTIVO</i>	<i>ENVOLVENTE EXISTENTE</i>	<i>ENVOLVENTE REHABILITADA</i>	<i>CTE DB-HE 1 (2019)</i>
Cubierta	1,52	0,30	0,44
Fachada	1,70 - 1,72	0,31	0,56
Huecos ventanas	5,70	1,91 - 1,88 - 1,86	2,30
Huecos puertas	5,70	1,83 - 1,85 - 1,82	5,70
Suelo en contacto terreno	2,95	0,59	0,75
Suelo a no habitable	1,63	0,31	0,75
Particiones interiores que delimitan unidades distinto uso	1,84	1,84	1,10

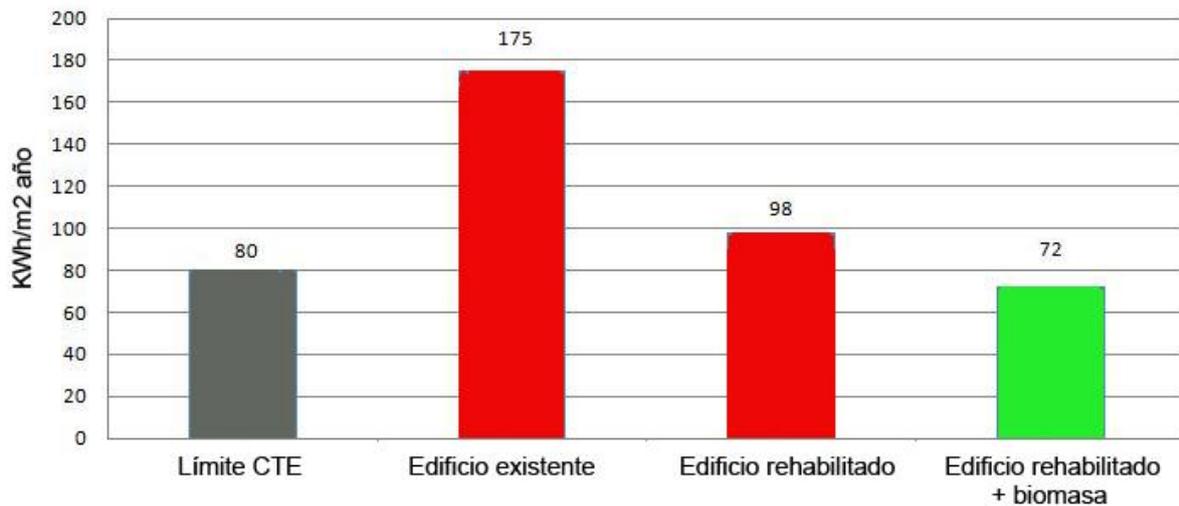
Tabla 13.Comparación de valores de la transmitancia y cumplimiento del CTE DB HE1 . Fuente: Elaboración propia

Viendo la tabla, se puede apreciar que antes de la rehabilitación que prácticamente ningún elemento constructivo cumplía con el CTE DB HE 1. En el caso de la cubierta, se puede ver que el valor triplicaba el valor permitido. El resto de elementos constructivos siguen en la línea teniendo valores de 2, 3 o incluso 4 veces superiores a las exigencias que establece el CTE.

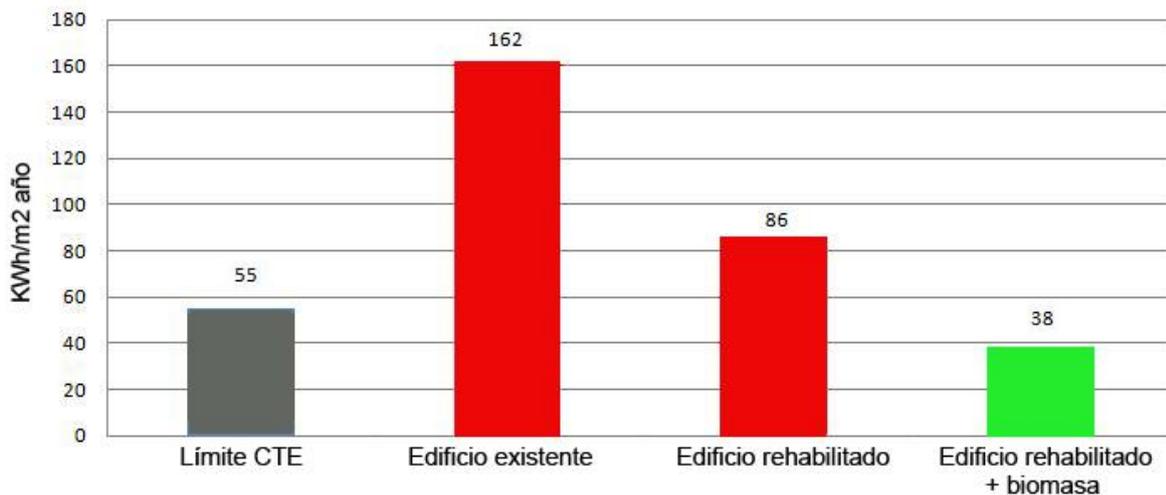
Después de la rehabilitación, se observa que la mayor parte de los elementos cumplen lo establecido. La excepción serán las particiones interiores que delimitan unidades de distinto uso ya que se mantienen iguales debido a la ubicación de los baños en las viviendas. Una mejora en estos paramentos supondría un coste añadido debido a la reforma que se debería realizar para poder trasdosar el aislamiento térmico.

En cuanto a lo que se refiere al consumo de energía del edificio, tras la rehabilitación se consigue reducir éste a casi la mitad. Aún así, no es suficiente para cumplir con las exigencias establecidas en el CTE DB HE 0.

Para poder cumplir con los límites marcados en el Código Técnico, se debe realizar una mejora en la demanda de Agua Caliente Sanitaria (ACS). Se presupone que la instalación existente en el edificio es un termo eléctrico. Con el simple hecho de colocar una caldera de biomasa la mejora obtenida es significativa y cumple con las exigencias del CTE DB HE0.



Gráfica 6. Comparación consumo energía primaria total. Fuente: Elaboración propia



Gráfica 7. Comparación consumo energía primaria no renovable. Fuente: Elaboración propia

El último dato a comparar es la calificación energética. "Mediante una etiqueta de eficiencia energética, se asigna a cada edificio una Clase Energética de eficiencia, que variará desde la clase A, para los energéticamente más eficientes, a la clase G, para los menos eficientes". (IDAE,2020)

La calificación energética del edificio existente es de una letra E. Después de la mejora de la envolvente térmica pasa a ser una letra D, subiendo un escalón en el calificación energética.

Realizando el cambio nombrado anteriormente de la demanda de Agua Caliente Sanitaria, pasando de un termo eléctrico a una caldera de biomasa, la calificación energética mejoraría a una letra C.

Con estas comparativas se pretende demostrar que realizando una mejora de la envolvente térmica se puede reducir el consumo de energía y las emisiones de CO₂ hasta casi un 50 % respecto a edificaciones con elementos constructivos obsoletos debido al paso del tiempo y/o a las bajas calidades. Añadiendo un cambio en las ACS, el porcentaje desciende un 60%.

13. COSTE DE LA MEJORA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y AMORTIZACIÓN

Se procede a cuantificar el coste que ocasiona realizar la rehabilitación de la envolvente térmica. Para ello, se hace uso de la Base de precios del Instituto Valenciano de Edificación.

13.1 Cubierta

1. Aislamiento térmico sobre falso techo decorativo, con lana mineral (MW) de 80mm de espesor, con un velo de vidrio negro por una de sus caras, con una conductividad térmica de 0.031 W/mK y resistencia térmica 2.58m²K/W, reacción al fuego Euroclase A2-s1, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante.

$$18,78 \text{ €/m}^2 \times 171,4\text{m}^2 = 3.218,89 \text{ €}$$

2. Falso techo continuo formado con placa de yeso de 12.5mm, de borde afinado, sobre estructura longitudinal de maestra 60x27x4mm y piezas transversales del mismo perfil y al mismo nivel, de 1,14m, anclaje con varilla de cuelgue, incluso parte proporcional de piezas de cuelgue, nivelación y tratamiento de juntas.

$$26,65 \text{ €/m}^2 \times 171,4\text{m}^2 = 4.567,81\text{€}$$

Total Cubierta = 3.218,89€ + 4.567,81€ = 7.786,70€

13.2 Fachada

1. Trasdosado autoportante libre sencillo 102.5/600 (90 + 12.5) de altura máxima 3,15m, compuesto por una placa de yeso laminado estándar (A según UNE-EN 520+A1) de 12.5mm de espesor, sobre estructura de perfiles de acero galvanizado de 90mm de ancho, con canales como elemento horizontal y montantes como elemento vertical en disposición normal (N), con una separación entre montantes de 600mm y lana mineral de 80mm de espesor y conductividad de 0.031W/mK en su interior. Listo para pintar, incluso replanteo, preparación, corte y colocación de las placas y estructura soporte, banda acústica bajo los perfiles perimetrales, nivelación y aplomado, formación de premarcos, ejecución de ángulos y paso de instalaciones, acabado de juntas, parte proporcional de mermas, roturas, accesorios de fijación y limpieza.

$$29,14€/m^2 \times 461,5m^2 = 13.448,11€$$

Total fachada = 13.448,11€

13.3 Huecos

Se opta por hacer una estimación del coste siguiendo la base de precios del IVE, debido a la falta de presupuestos públicos en las casas comerciales de carpinterías. El coste será una aproximación al precio real que marque la marca comercial de ventanas por la que se opte. (Base de precios IVE,2020)

Respecto al coste de las puertas de acceso al zaguán, se realiza una estimación aproximada siguiendo la base de precios de CYPE Ingenieros. (Generador de precios, CYPE, 2020)

1. Ventana de dos hojas abatibles de eje vertical, de 100 x 110cm, doble junta de caucho sintético alrededor del marco, perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manilla y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble incoloro 4-12-6, incluso conjunto persiana, compuesto de capialzado 158/180mm, lamas, guías, recogedor y

cinta de accionamiento, montaje y regulación, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, clasificación a la estanquidad al agua según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210.

$$403,10 \text{ €/u} \times 32 \text{ u} = 12.899,20 \text{ €}$$

2. Ventana de dos hojas abatibles de eje vertical, de 120 x 140cm, doble junta de caucho sintético alrededor del marco, perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manilla y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble incoloro 4-12-6, incluso conjunto persiana, compuesto de capialzado 158/180mm, lamas, guías, recogedor y cinta de accionamiento, montaje y regulación, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, clasificación a la estanquidad al agua según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210.

$$478,03 \text{ €/u} \times 2 \text{ u} = 956,06 \text{ €}$$

3. Ventana de dos hojas abatibles de eje vertical, de 100 x 140cm, doble junta de caucho sintético alrededor del marco, perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manilla y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble incoloro 4-12-6, incluso conjunto persiana, compuesto de capialzado 158/180mm, lamas, guías, recogedor y cinta de accionamiento, montaje y regulación, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, clasificación a la estanquidad al agua según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210.

$$446,06 \text{ €/u} \times 4 \text{ u} = 1.784,24 \text{ €}$$

4. Ventana con una hoja abatible de eje vertical, de 70 x 100cm, doble junta de caucho sintético alrededor del marco, perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manilla y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble incoloro 4-12-6, incluso montaje y regulación, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, clasificación a la estanquidad al agua según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210.

$$150,57 \text{ €/u} \times 5 \text{ u} = 752,85 \text{ €}$$

5. Puerta balconera, doble junta de caucho sintético alrededor del marco, con dos hojas abatibles de eje vertical, de 120 x 200cm, perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero

galvanizado, manilla y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble incoloro 4-12-6, incluso montaje y regulación, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, clasificación a la estanquidad al agua según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210.

$$626,96 \text{ €/u} \times 16 \text{ u} = 10.031,36 \text{ €}$$

6. Puerta de entrada de panel macizo decorado, realizado a base de espuma de PVC rígido y estructura celular uniforme, de una hoja abatible con vidrieras, dimensiones 1000x2200 mm, color blanco. Incluso premarco de acero galvanizado con garras de anclaje a obra, cerradura de seguridad, herrajes, espuma de poliuretano para relleno de la holgura entre marco y muro, sellado perimetral de juntas por medio de un cordón de silicona neutra y ajuste final en obra. Elaborada en taller, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, a la estanquidad al agua según UNE-EN 12208 y a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210. Totalmente montada y probada.

$$1.096,78 \text{ €/u} \times 1 \text{ u} = 1.096,78\text{€}$$

7. Puerta de entrada de panel macizo decorado, realizado a base de espuma de PVC rígido y estructura celular uniforme, de una hoja abatible con vidrieras, dimensiones 1200x2200 mm, color blanco. Incluso premarco de acero galvanizado con garras de anclaje a obra, cerradura de seguridad, herrajes, espuma de poliuretano para relleno de la holgura entre marco y muro, sellado perimetral de juntas por medio de un cordón de silicona neutra y ajuste final en obra. Elaborada en taller, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, a la estanquidad al agua según UNE-EN 12208 y a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210. Totalmente montada y probada.

$$1.118,30 \text{ €/u} \times 1 \text{ u} = 1.118,30 \text{ €}$$

Total huecos = 12.899,20 € + 956,06 € + 1.784,24 € + 752,85 € + 10.031,36 € + 1.096,78€ + 1.118,30 € = **28.638,79 €**

13.4 Suelos

En este apartado, se va a reflejar el coste tanto del suelo en contacto con el terreno como el suelo de la vivienda que delimita con el local comercial.

Suelo en contacto con el terreno:

1. Demolición de pavimento de baldosa cerámica incluida la retirada de escombros a contenedor o acopio intermedio y sin incluir la carga y el transporte a vertedero.

$$5,31 \text{ €/m}^2 \times 99,1 \text{ m}^2 = 526,22 \text{ €}$$

2. Demolición de elemento de hormigón en masa mediante martillo neumático, incluida la retirada de escombros a contenedor o acopio intermedio y sin incluir la carga y el transporte a vertedero.

$$142,23 \text{ €/m}^3 \times 9,91 \text{ m}^3 = 1.409,50 \text{ €}$$

3. Excavación en tierras para ejecución de nueva solera realizada con medios manuales, incluida la carga de material y su acopio intermedio o su transporte a vertedero a una distancia menor de 10 km.

$$22,87 \text{ €/m}^3 \times 14,17 \text{ m}^3 = 324,07 \text{ €}$$

4. Relleno realizado a base de capas de grava de distintas granulometrías, todo ello compactado mediante bandeja vibratoria en tongadas de 20 cm.

$$28,20 \text{ €/m}^3 \times 9,91 \text{ m}^3 = 279,46 \text{ €}$$

5. Solera de 15 cm de espesor, e hormigón HM-25/P/20/I fabricado en central, vertido directamente desde camión, extendido sobre lámina aislante de polietileno; realizada sobre capa base existente. Incluido curado y vibrado del hormigón con regla vibrante, formación de juntas de hormigonado y plancha de poliestireno expandido para la ejecución de juntas de contorno, colocada alrededor de cualquier elemento que interrumpa la solera, como pilares y muros, terminación mediante reglado, según EHE-08.

$$16,66 \text{ €/m}^2 \times 99,1 \text{ m}^2 = 1.651,01 \text{ €}$$

6. Impermeabilización de losas con mezcla en caliente de mastic-betún -caucho aplicado a llana con un espesor de 1 mm, incluido limpieza mediante chorreado ligero de la superficie de hormigón y capa de imprimación al agua.

$$16,20 \text{ €/m}^2 \times 99,10 \text{ m}^2 = 1.605,42 \text{ €}$$

7. Aislamiento termoacústico en suelos bajo pavimento, con lana mineral (MW) de 40 mm de espesor, sin revestimiento, con una conductividad térmica de 0,031 W/mK y resistencia térmica 1,3 m²K/K, reacción al fuego Euroclase A2-s1, cubierto por un film plástico de polietileno, incluso limpieza del soporte y corte.

$$7,05 \text{ €/m}^2 \times 99,10 \text{ m}^2 = 698,66 \text{ €}$$

8. Formación de base para pavimento interior, con mortero de cemento autonivelante tipo CT C20 F6 según UNE-EN 13813, de 40 mm de espesor, vertido sobre lámina de aislamiento para formación de suelo flotante, mediante aplicación mecánica (con mezcladora-bombeadora). Incluso p/p de replanteo y marcado de los niveles de acabado mediante la utilización de indicadores de nivel, colocación de banda de panel rígido de poliestireno expandido de 10 mm de espesor en el perímetro, rodeando los elementos verticales y en las juntas estructurales, reglado del mortero después del vertido para lograr el asentamiento del mismo y la eliminación de las burbujas de aire que pudiera haber, formación de juntas de retracción y curado.

$$8,57 \text{ €/m}^2 \times 99,10 \text{ m}^2 = 849,29 \text{ €}$$

9. Pavimento cerámico con junta mínima(1.5-3mm) realizado con baldosín catalán de 13x13cm, colocado con mortero de cemento y rejuntado con mortero de juntas cementoso normal (CG1), incluso cortes y limpieza, según Guía de la Baldosa Cerámica.

$$22,47 \text{ €/m}^2 \times 99,10 \text{ m}^2 = 2.226,78 \text{ €}$$

Total suelo en contacto con terreno = 526,22 € + 1.409,50 € + 324,07 € + 279,46 € + 1.651,01 € + 1.605,42 € + 698,66 € + 849,29 € + 2.226,78 € = 9.570,41 €

Suelo vivienda/local :

1. Aislamiento térmico sobre falso techo decorativo, con lana mineral (MW) de 80mm de espesor, con un velo de vidrio negro por una de sus caras, con una conductividad térmica de

0.031 W/mK y resistencia térmica 2.58m²K/W, reacción al fuego Euroclase A2-s1, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante.

$$18,78 \text{ €/m}^2 \times 65,2 \text{ m}^2 = 1.224,46 \text{ €}$$

2. Falso techo continuo formado con placa de yeso de 12.5mm, de borde afinado, sobre estructura longitudinal de maestra 60x27x4mm y piezas transversales del mismo perfil y al mismo nivel, de 1,14m, anclaje con varilla de cuelgue, incluso parte proporcional de piezas de cuelgue, nivelación y tratamiento de juntas.

$$26,65 \text{ €/m}^2 \times 65,2 \text{ m}^2 = 1.737,58 \text{ €}$$

Total suelo vivienda/local = 1.224,46 € + 1.737,58 € = 2.962,04 €

Total suelos = 9.570,41 € + 2.962,04 € = **12.532,45 €**

13.5 Presupuesto total de la rehabilitación

El coste total de la mejora de la envolvente térmica consiste en la suma de todos los elementos constructivos rehabilitados.

Total rehabilitación = 7.786,70€ + 13.448,11€ + 28.638,79 € + 12.532,45 € = **62.406,05 €**

13.6 Amortización de la rehabilitación

Para calcular en cuanto tiempo la inversión en la rehabilitación ha sido rentable, hay que dividir el coste total de la rehabilitación entre el ahorro que se genera en relación con la envolvente anterior.

$$\text{Amortización (años)} = \text{Coste rehabilitación (€)} / \text{Ahorro anual (€/año)}$$

Para conocer el ahorro anual producido, se debe calcular primero el ahorro en kWh y en emisiones de CO₂.

El precio de la energía varía en función del tiempo, la compañía contratada y la tarifa que se contrate. Debido a esto se realiza una estimación del precio medio teniendo en cuenta el precio de las principales compañías eléctricas.

<i>COMPAÑÍA ELÉCTRICA</i>	<i>PRECIO (€/KWH)</i>
Endesa	0,1270
Iberdrola	0,1147
Naturgy	0,1134
EDP	0,1286
Hola Luz	0,1042
Repsol	0,1290
MEDIA	0,1195

Tabla 14.Comparación de precios de la energía. Fuente: TarifaLuzHora

Sabiendo los datos de de la superficie útil acondicionada (835,70 m²) y el consumo antes (177,67kWh/m² año) y después de la rehabilitación (98,16 kWh/m² año), se podrá calcular el ahorro anual del edificio.

Ahorro anual en la demanda = (Demanda energética edificio existente - Demanda energética edificio rehabilitado) x Precio kWh x Superficie útil acondicionada

$$\text{Ahorro anual en la demanda} = (177,67 - 98,16) \times 0,1195 \times 835,70 = \mathbf{7.940,36 \text{ €/año}}$$

La media anual del precio por tonelada de CO₂ en 2020 fue de 24,75€. (Sendeco,2020)

Para calcular el ahorro anual en emisiones se debe conocer el valor de las emisiones antes (32 kg/m²) y después (15,7 kg/m²) de la mejora térmica.

Ahorro anual en emisiones de CO₂ = (Emisiones edificio existente - Emisiones edificio rehabilitado) x Precio CO₂ / 1000 x Superficie útil acondicionada

$$\text{Ahorro anual en emisiones de CO}_2 = (32 - 15,7) \times 24,75/1000 \times 917 = \mathbf{369,94 \text{ €/año}}$$

$$\underline{\text{Ahorro total anual}} = 7.940,36 \text{ €/año} + 369,94 \text{ €/año} = \mathbf{8.310,30 \text{ €/año}}$$

Amortización (años) = Coste rehabilitación (€) / Ahorro anual (€/año)

Amortización (años) = 62.406,05 € / 8.310,30 €/año = **7,5 años**

14. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del presente trabajo, se ha podido comprobar la relevancia que puede tener realizar una mejora de la envolvente térmica de un edificio. La elección de realizar la mejora térmica por el interior es una solución adecuada y adaptada a los condicionantes del proyecto. Para tener una visión global de los resultados se deben analizar desde una visión económica, ambiental y social.

Desde el punto de vista ambiental, el edificio del grupo de viviendas Federico Mayo da un paso hacia una vivienda sostenible ya que las emisiones de CO₂ y la demanda energética para alcanzar el confort térmico del edificio se ven reducidas en prácticamente un 50%.

Desde el punto de vista económico, la solución adoptada favorece a la viabilidad de la rehabilitación ya que el tiempo que se tarda en amortizar la inversión es de 7,5 años y los beneficios económicos se dispondrán a medio plazo. Si se hubiera optado por una mejora de la envolvente térmica por el exterior, los costes hubieran sido más elevados y por consiguiente la amortización hubiese sido mayor.

El coste de la rehabilitación por vivienda asciende a 6.934€. Esta inversión puede suponer un desembolso importante para aquellas familias que se vean envueltas en problemas económicos.

Como se mencionó al principio de este trabajo, desde las instituciones públicas se ofrecen una serie de ayudas. El programa PREE ofrece ayudas económicas para actuaciones de rehabilitación energética en edificios existentes.

En el caso de que los propietarios de este edificio se acogieran a las ayudas ofrecidas, éstos obtendrían una ayuda del 35% del coste de la intervención. En estas condiciones, el desembolso por vivienda sería de 4.507,10 € y la amortización de la rehabilitación sería de 4,9 años.

Este programa de ayudas concede especial atención a las actuaciones de rehabilitación de edificios donde vivan afectados por Pobreza Energética. Si los solicitantes de esta ayuda cumplen con una serie de criterios sociales la ayuda asciende al 50% del presupuesto. De esta forma, en un corto-medio plazo (3,7 años) se podrán ver los beneficios económicos de la actuación.

Desde el punto de vista social, la realización de este tipo de rehabilitaciones en viviendas donde exista la pobreza energética cobran gran importancia. Una vivienda con una buena envolvente ofrece un confort térmico a los usuarios y un menor gasto en el consumo de energía y de esta forma pueden destinar este dinero a otras necesidades básicas.

Este trabajo pretende ser una demostración de lo que podría significar el inicio de un proyecto ambicioso a una mayor escala. Se podría intervenir en el parque inmobiliario del barrio de Ayora, de la provincia de Valencia y de todo el territorio nacional. Para que fuera viable, las instituciones públicas deberían volcar todos sus esfuerzos y recursos en ofrecer ayudas más trascendentales a los más necesitados y de este modo combatir la pobreza energética de una manera más eficiente.

Por último añadir que los arquitectos, desde la Arquitectura, tenemos la gran responsabilidad y el deber de mejorar la calidad de vida de todos los ciudadanos y reducir las desigualdades sociales existentes, dotando a las personas de una vivienda digna y sostenible con el medio ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ANDIMAT. Asociación Nacional de Industriales de Materiales Aislantes, 2008. **Soluciones de Aislamiento con Lana Mineral**, IDAE. Disponible en:
https://www.idae.es/sites/default/files/documentos/publicaciones_idae/documentos_10828_solucionesaislamientolanamineral_a2008_a_d7ce7714.pdf

Base de precios IVE. Instituto Valenciano de la Edificación, 2020. Disponible en :
<https://www.five.es/productos/herramientas-on-line/visualizador-2020/>

Baydal, V., 2016. **La ciudad ideal del arquitecto Goerlich**, Plaza. Disponible en:
<https://valenciaplaza.com/la-ciudad-ideal-del-arquitecto-goerlich>

Costa, M., Jové, E., Trujillo, E., 2020. Pobreza **energética en Europa. Un análisis comparativo**, Fundación Naturgy. Disponible en:
<https://www.fundacionnaturgy.org/publicacion/medidas-contrala-pobreza-energetica-en-europa/>

Fundación Goerlich, 2020. Disponible en:
<https://fundaciongoerlich.blogspot.com/>

Generador de precios CYPE, 2020. Disponible en:
http://generadorprecios.cype.es/#Obra_nueva_Rehabilitacion_Espacios_urbanos

IDAE. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2021. Disponible en:
<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/para-la-rehabilitacion-de-edificios/programa-pre-rehabilitacion-energetica-de>

INE. Instituto Nacional de Estadística, 2011. Disponible en:
<https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t20/e244/viviendas/p01/l0/&file=01011a.px&L=0>

IVE. Instituto Valenciano de la Edificación, 2020. Disponible en:
<https://www.five.es/tienda-ive/cerma/>

Llopis Alonso, A., 2008: "**Viviendas protegidas y de Renta Limitada en Valencia: los grupos Federico Mayo (1947) y Stella Maris (1958)**" en *Renta Limitada*. Disponible en :
https://issuu.com/jazka/docs/renta_limitada

Llopis Alonso, A. y VTiM arquitectes, 2016: "**Javier Goerlich y la vivienda social en Valencia. La singularidad del Grupo Federico Mayo**" en *Historias Vividas: Grupos de viviendas en Valencia*. Disponible en:
https://www.five.es/tienda-ive/historias-vividas/?attribute_pa_soporte=visor-de-documentos

Ministerio de Fomento, 2019. **CTE. Código Técnico de la Edificación**, Ed. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Madrid. Disponible en :
<https://www.codigotecnico.org/>

Ministerio de Fomento, 2019. **CTE. Código Técnico de la Edificación Documento Básico HE Ahorro de energía**, Ed. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Madrid. Disponible en :
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>

Ministerio de Fomento, 2019. **CTE. Código Técnico de la Edificación Documento de Apoyo al Documento Básico HE Ahorro de energía. Volumen 1**, Ed. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Madrid. Disponible en :
https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DA_DB-HE-1_Calculo_de_parametros_caracteristicos_de_la_envolvente.pdf

ODS. Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015. Disponible en :
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Sánchez, A., 2012. **Qué es la envolvente térmica de un edificio y qué elementos la componen**, eco-logicos. Disponible en:
<http://eco-logicos.es/2012/03/que-es-la-envolvente-termica-de-un-edificio-casa-o-vivienda-y-sus-elementos/#:~:text=El%20CTE%20dice%20que%20la,tambi%C3%A9n%20limiten%20con%20el%20exterior.>

Sánchez-Cascado, F., 2018. **Javier Goerlich, el arquitecto de Valencia**, Tiovivo Recreativo. Disponible en :

<https://www.tiovivocreativo.com/blog/arquitectura/javier-goerlich-el-arquitecto-de-valencia/#:~:text=Francisco%20Javier%20Goerlich%20Lle%C3%B3n%20naci%C3%B3n%20de%20objetos%20de%20importaci%C3%B3n%20centroeuropeos.>

Sendeco, 2020. Disponible en:

<https://www.sendeco2.com/es/precios-co2>

TarifaLuzHora, 2020. Disponible en:

<https://tarifaluzhora.es/info/precio-kwh#precio-mercado-regulado>

Tortosa, R., 2018. **Los grupos de viviendas sociales de Javier Goerlich**, La Valencia insólita. Disponible en:

<https://www.lavalenciainsolita.com/los-grupos-de-viviendas-sociales-de-javier-goerlich/>

VVAA, 2020. **Districte 12**, Ayuntamiento de Valencia. Disponible en :

https://www.valencia.es/estadistica/inf_dtba/2021/Districte_12_Barri_1.pdf

VVAA, 2020. **El origen y breve historia del nombre de los distritos de Valencia**, Valencia bonita. Disponible en:

<https://www.valenciabonita.es/2016/10/17/el-origen-y-breve-historia-del-nombre-de-los-districtos-de-valencia/>

VVAA, 2017. **Historia de Valencia: Principios del Siglo XX**, Reino de Valencia. Disponible en :

<http://www.regnedevalencia.es/historia-valencia-espana-principios-siglo-xx/>