



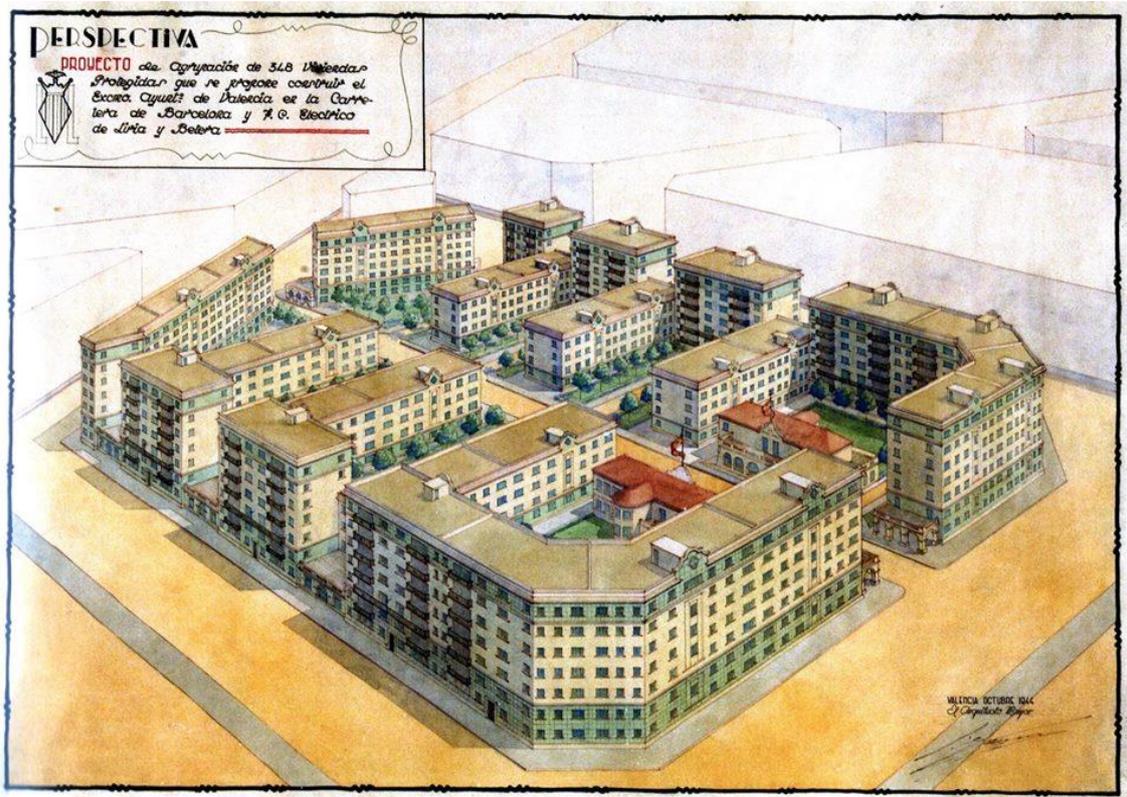
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

TRABAJO FIN DE GRADO

MEJORAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN EL GRUPO DE VIVIENDAS CARRETERA DE BARCELONA DE JAVIER GOERLICH



Nicolás Tomás Lafuente

Tutor: Francisco José Cubel Arjona

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

2019-2020

RESUMEN

En el camino hacia los edificios sostenibles, se analiza el comportamiento energético de un edificio de 1952 y se propone una rehabilitación de sus componentes que conforman la piel térmica. Una vez obtenidos los resultados, se compara el modelo rehabilitado con el original, cuantificando el ahorro energético y la viabilidad del proyecto de rehabilitación.

La meta consiste en alcanzar un desarrollo sostenible en las ciudades. Con la rehabilitación se consigue disminuir el consumo de energía y las emisiones de gases contaminantes en edificios antiguos, los cuales suponen un gran porcentaje del parque inmobiliario nacional.

PALABRAS CLAVE

Eficiencia energética - # Rehabilitación vivienda - # Arquitectura sostenible - # Envoltante térmica - # Sistemas pasivos

RESUM

En el camí cap als edificis sostenibles, s'analitza el comportament energètic d'un edifici de 1952 i es proposa una rehabilitació dels seus components que conformen la pell tèrmica. Una vegada obtinguts els resultats, es compara el model rehabilitat amb l'original, quantificant l'estalvi energètic i la viabilitat del projecte de rehabilitació.

La meta consisteix a aconseguir un desenvolupament sostenible a les ciutats. Amb la rehabilitació s'aconsegueix disminuir el consum d'energia i les emissions de gasos contaminants en edificis antics, els quals suposen un gran percentatge del parc immobiliari nacional.

PARAULES CLAU

Eficiència energètica - # Rehabilitació habitatge - # Arquitectura sostenible - # Envoltant tèrmica - # Sistemes passius

ABSTRACT

On the way to sustainable buildings, the energy behaviour of a 1952 building is analysed and a rehabilitation of its components that make up the thermal skin is proposed. Once the results are obtained, and rehabilitated model is compared with the original, both energy savings and the viability of the rehabilitation project are quantified.

The goal is to achieve sustainable development in cities. With the rehabilitation, it is possible to reduce energy consumption and polluting gas emissions in old buildings, the latter accounting for a large percentage of the national stock.

KEY WORDS

Energy efficiency - # Housing rehabilitation - # Sustainable architecture - # Thermal envelope- # Passive systems

ÍNDICE

RESUMEN.....	2
PALABRAS CLAVE.....	2
1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA.....	5
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. JAVIER GOERLICH LLEÓ Y EL CONTEXTO HISTÓRICO A MITAD DE S.XX.....	11
4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	15
5. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	18
5.1 DB-HE 0: Limitación del consumo energético.....	20
5.2 DB-HE 1: Limitación de la demanda energética.....	22
6. HERRAMIENTA DE CÁLCULO.....	25
7. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ACTUALES Y SUS TRANSMITANCIAS.....	26
7.1 Cubierta.....	26
7.2 Fachada.....	28
7.3 Huecos.....	31
7.4 Suelo en contacto con el terreno.....	33
7.5 Partición vertical interior.....	35
7.6 Puentes térmicos.....	36
8. DEFINICIÓN DE LOS NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y SUS TRANSMITANCIAS.....	37
8.1 Cubierta.....	37
8.2 Fachada.....	41
8.3 Huecos.....	43
8.4 Suelo en contacto con el terreno.....	47
8.5 Partición vertical interior.....	51
8.6 Puentes térmicos.....	51
9. RESULTADOS Y EXIGENCIAS EN EL EDIFICIO ACTUAL.....	52
10. RESULTADOS Y EXIGENCIAS EN EL EDIFICIO REHABILITADO.....	55
11. ESTUDIO COMPARATIVO.....	58
12. COSTE DE LA REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y AMORTIZACIÓN.....	61
12.1 Cubierta.....	61
12.2 Fachada.....	63
12.3 Huecos.....	64
12.4 Suelo en contacto con el terreno.....	65
12.5 Presupuesto total de la rehabilitación.....	66
12.6 Amortización de la rehabilitación.....	67
13. CONCLUSIONES.....	69

1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

El objetivo general de este proyecto es conseguir ahorro energético en un bloque de viviendas de los años 50. Esta mejora, se traduce de manera económica, consiguiendo un ahorro en el pago de luz y gas, y de manera sostenible, necesitando menos energía, reduciendo las emisiones de CO₂ y consumiendo de manera más responsable para alcanzar las condiciones de confort en la vivienda. Para alcanzar el objetivo se necesita una rehabilitación de la envolvente térmica:

- Cerramiento
- Huecos
- Cubierta
- Suelo en contacto con el terreno
- Particiones en contacto con zonas no acondicionadas

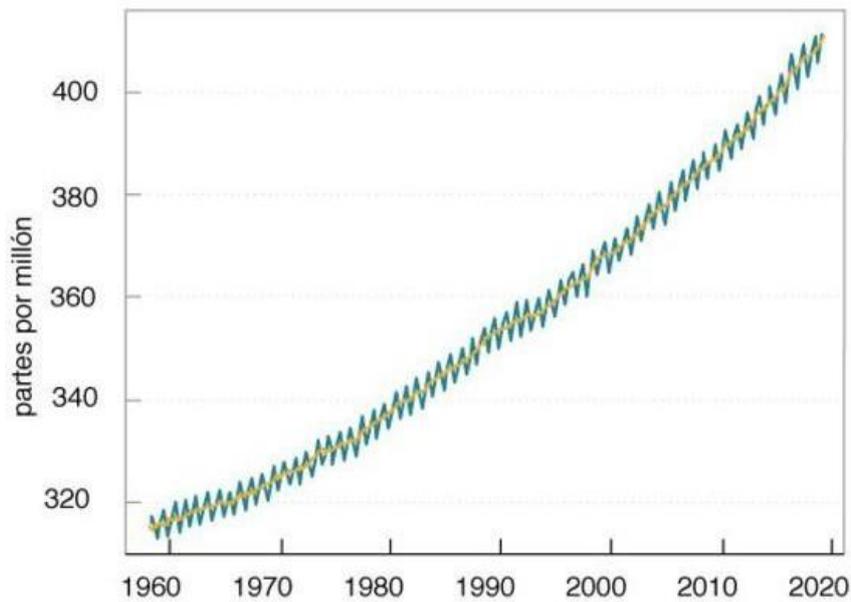
Partiendo de que el ahorro energético es el objetivo principal, se plantean un conjunto de objetivos parciales:

- Contextualización del edificio
- Análisis constructivo mediante los planos de detalle
- Propuesta de la rehabilitación
- Coste de la intervención
- Amortización de la intervención

A nivel medioambiental el ahorro energético conseguido mediante la rehabilitación del edificio supone dos grandes hechos:

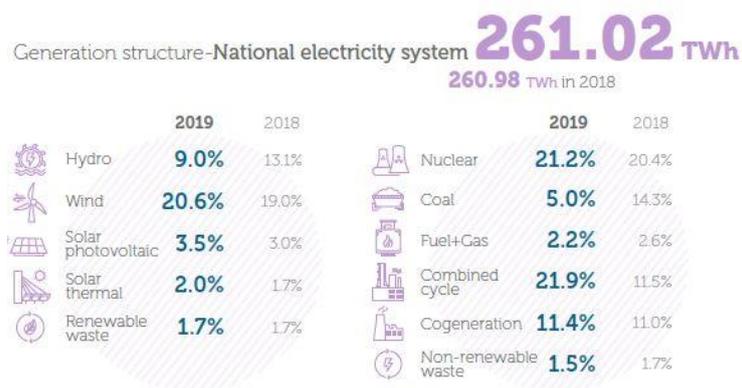
- Un descenso en las emisiones de CO₂, altamente nocivas para el planeta. La cantidad de estas partículas está creciendo de manera exponencial. Son las más influyentes en el efecto invernadero, principal causante del calentamiento global y todas sus consecuencias (deshielo de los glaciares, sequías, lluvias torrenciales, ecosistemas más extremos, etc.)

Figura 1. CO₂ atmosférico en el Observatorio de Mauna Loa. Fuente: NOAA



- Un consumo responsable de energía, que supone un descenso en la demanda de energía a las grandes compañías eléctricas. El 63 % de la energía que producen estas compañías es procedente de fuentes no renovables y contaminantes, como la nuclear, en primer puesto, carbón, petróleo y gas natural. (Red Eléctrica de España,2019)

Figura 2. Producción de las fuentes de energía en España. Fuente: Red Eléctrica de España



Respecto a la metodología, la estructura del trabajo comienza por un análisis geométrico y constructivo del edificio (4.Descripción del edificio) tomando fotografías y mediciones. Una vez realizado este estudio, se procede al levantamiento de planos. Acabados los detalles constructivos del edificio (7.Definición de elementos constructivos actuales y sus transmitancias) se proponen los nuevos detalles constructivos, previo estudio térmico de sus componentes (8.Definición de los nuevos

elementos constructivos y sus transmitancias). Se realiza la calificación energética del edificio antes y después de la rehabilitación mediante la herramienta informática CERMA (6.Herramienta de cálculo), donde se insertan los datos extraídos de la construcción y geometría del edificio. Ya cuantificados los ahorros energéticos, se calcula la repercusión económica de los mismos y los costes del proyecto de rehabilitación mediante la bases de precios del Instituto Valenciano de Edificación (IVE) (12.Coste de la rehabilitación de la envolvente térmica y amortización). Para finalizar, una apreciación personal de los cálculos aquí tomados (13.Conclusiones).

2. INTRODUCCIÓN

En España, a partir de 1950, las ciudades, sufrieron un cambio demográfico radical. Debido al éxodo rural y con la posguerra como telón de fondo, se necesitaba construir viviendas de una manera rápida y eficaz que alojaran a las familias que venían a buscar trabajo a la ciudad.

Por este motivo, durante la década de los 40 y 50 se construyeron grupos de vivienda social, con características que hoy en día se dan por supuesto en una vivienda estándar pero que en aquella época eran privilegiadas, como por ejemplo, ventilación pasante, cuarto de baño completo, estancias iluminadas naturalmente, etc.Estas edificaciones, suponen el 34,21% del parque de viviendas actual (INE. Instituto Nacional de Estadística, 2011).

Tabla 1. Viviendas construidas antes de 1970. Fuente: INE. Censos de población y viviendas. 2011.

Tipo de vivienda	Construcción anterior a 1970
Viviendas principales	6.011.420 (18.083.692)
Viviendas secundarias	1.163.606 (3.681.565)
Viviendas vacías	1.450.515 (3.443.365)
TOTAL	8.625.541 (25.208.622) 34,21%

Este modelo de viviendas en la actualidad se considera energéticamente insostenible por dos motivos: la antigüedad de sus elementos constructivos y las calidades de los mismos, considerada media-baja, debido al contexto histórico, marcado por una época de miseria como la posguerra o a la construcción precaria y descontrolada para garantizar el alojamiento de los trabajadores.

El objeto de este trabajo se basa en rehabilitar la envolvente térmica (fachadas, cubiertas, ventanas, medianeras, suelos, etc.) de un bloque de viviendas construido en la época anteriormente mencionada por el arquitecto Javier Goerlich Lleó. Tras la rehabilitación y actualización de los elementos constructivos se analizará la mejora energética y en consecuencia, el ahorro que ella conlleva.

Una vez cuantificado el ahorro energético, se define el tiempo de amortización de la reforma del edificio, el cual es uno de los principales componentes de la viabilidad del proyecto, junto con la inversión inicial.

Aunque el ámbito de actuación de este proyecto se concreta a un bloque de viviendas en particular, la idea a largo plazo se traduce a una mayor escala, abarcando calles, barrios o incluso distritos. Los datos anteriormente ofrecidos por INE justifican el enorme potencial de la propuesta, la cual puede llegar a afectar a más de un tercio de las viviendas de España.

Se opta por el proyecto de rehabilitación de los edificios porque es notablemente más sostenible desde el punto de vista ecológico que el proyecto de demolición y construcción de obra nueva. Desde el momento en que se decide derribar, aparte de los gastos de la nueva construcción, se asumen los gastos procedentes al derribo y transporte de escombros. Para que el nuevo edificio se ejecute de una manera sostenible los costes energéticos de la construcción más los de la demolición y transporte de escombros deben ser iguales o inferiores a los costes energéticos de la construcción anterior. De esta manera se garantiza que en el mismo suelo, se ha producido una mejora energética tanto en la construcción como en el mantenimiento del edificio. (De Luxán *et al*, 2010)

En el caso anterior, la obra nueva estaría justificada, pero hay una serie de factores que hacen imposible que un edificio de obra nueva sea más sostenible que la rehabilitación:

- La industria de la construcción española, igual que muchos sectores, evoluciona hacia la mecanización, lo que supone que los costes energéticos tienden a ser superiores y los costes físicos (mano de obra) inferiores.
- Se estima que un 50% del total del coste energético de construcción de un edificio no influye en la eficiencia térmica. Esto significa que en

la construcción de un nuevo edificio, la mitad de la energía empleada en su producción no garantiza ahorros energéticos durante la vida útil del mismo.

- El coste medioambiental del derribo no se lleva a cabo, o al menos no en su totalidad, en los proyectos de rehabilitación. En un derribo se tiene en cuenta la contaminación acústica, contaminación de materiales y su carga al medio de transporte, consumo de energía de la maquinaria de derribo y transporte, contaminación del carburante en el transporte, entre otros aspectos.
- Al anterior apartado hay que añadir el impacto medioambiental que supone la construcción de un edificio, desde la obtención de las materias primas y su transformación en elementos constructivos hasta la energía de las maquinarias de transporte y puesta en obra. En rehabilitación, no existen los costes energéticos de los elementos constructivos que se conservan, como la estructura o la fachada mediante el sistema empleado en este trabajo.

Por estos motivos, se puede afirmar que rehabilitar siempre va a ser más sostenible energéticamente que demoler y edificar nuevamente:

“Rehabilitar un edificio de viviendas, aunque se sustituyan todas las carpinterías, se le dote de aislamientos y se le cambien las instalaciones, supone un ahorro energético y de contaminación del 60% aproximadamente frente a la construcción de otro nuevo.” (De Luxán et al, 2010)

Este trabajo se ve íntimamente relacionado con 2 de los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) más ligados con nuestra profesión, el nº 11- Ciudades y comunidades sostenibles:

“El mundo cada vez está más urbanizado. Desde 2007, más de la mitad de la población mundial ha estado viviendo en ciudades, y se espera que dicha cantidad aumente hasta el 60 % para 2030.

Las ciudades y las áreas metropolitanas son centros neurálgicos del crecimiento económico, ya que contribuyen al 60 % aproximadamente del PIB mundial. Sin embargo, también representan alrededor del 70 % de las emisiones de carbono mundiales y más del 60 % del uso de recursos.

[...]

- *Las ciudades del mundo ocupan solo el 3% de la tierra, 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).*

Y con el objetivo nº 12- Producción y consumo responsables:

“ El consumo y la producción mundiales (fuerzas impulsoras de la economía mundial) dependen del uso del medio ambiente natural y de los recursos de una manera que continúa teniendo efectos destructivos sobre el planeta.

El progreso económico y social conseguido durante el último siglo ha estado acompañado de una degradación medioambiental que está poniendo en peligro los mismos sistemas de los que depende nuestro desarrollo futuro (y ciertamente, nuestra supervivencia).

[...]

El consumo y la producción sostenibles consisten en hacer más y mejor con menos. También se trata de desvincular el crecimiento económico de la degradación medioambiental, aumentar la eficiencia de recursos y promover estilos de vida sostenibles.

El consumo y la producción sostenibles también pueden contribuir de manera sustancial a la mitigación de la pobreza y a la transición hacia economías verdes y con bajas emisiones de carbono.

- *Los hogares consumen el 29% de la energía mundial y, en consecuencia, contribuyen al 21% de las emisiones de CO2 resultantes. ” (ODS. Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015).*

Cabe remarcar que en cada uno de los objetivos vienen asociadas unas metas, aprobadas por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) para la Agenda 2030. Estas metas van dirigidas a las distintas esferas de la sociedad, desde el ciudadano hasta los gobiernos, pasando por el sector privado.

Figura 3. Objetivos de desarrollo sostenible (ODS). Fuente: Naciones Unidas.



3. JAVIER GOERLICH LLEÓ Y EL CONTEXTO HISTÓRICO A MITAD DE S.XX

Javier Goerlich Lleó nace en la ciudad de Valencia en noviembre de 1886, en el seno de una familia burguesa. Su padre, Franz Görlich, procedente de Austria y cónsul del Imperio Austro-húngaro en Valencia, era propietario de un comercio, el Bazar de Viena, en el cual se exponía y comerciaban objetos de importación. Su madre, Asunción Lleó, natural de Valencia, era descendiente de Juan Bautista Romero, también conocido con el Marqués de San Juan, uno de los mayores terratenientes de la ciudad. (Sánchez-Cascado, 2018)

Figura 4. Foto de Javier Goerlich Lleó. Fuente: Fundación Goerlich



Goerlich comienza su etapa como universitario en el año 1905. Decide cursar los estudios de ingeniería mecánica en Valencia, aunque finalmente se traslada a Madrid, donde estudia ciencias exactas y arquitectura. No obstante, acaba la carrera en Barcelona, a principios de 1914. (Baydal, 2015)

Durante los periodos vacacionales, aprovecha para realizar prácticas con Lluís Ferreres, autor del Matadero municipal de La Petxina. Esta formación le permite empezar a dirigir obras nada más acabar los estudios, llegando a iniciar alrededor de 10 construcciones. (Baydal, 2015)

Es a partir de aquí cuando comienza la incesante actividad del arquitecto emblema de Valencia. Y es que en sus primeros 15 años como profesional, llega a realizar más de 400 proyectos de nueva planta y entorno a unas 450 reformas, suponiendo un ritmo de 50 actuaciones al año. La casa Niederleytner (1916) o el Palacete de Burgos (1919) son una ínfima muestra de todo el inventario de construcciones a nombre de Goerlich. (Llopis, Benito y Sánchez, 2014)

Figura 5. Palacete de Burgos. Fuente: Fundación Goerlich



En el mismo periodo, ejerce como arquitecto municipal de localidades cercanas a Valencia, como es el caso de Silla o Beniparrell. Esto le permite acceder al puesto de Arquitecto Mayor de Valencia en 1931, donde se define su vertiente más

pública, llegando a ser uno de los mayores artífices de la regeneración urbana en la ciudad. (Sánchez-Cascado, 2018)

Es en esta época donde baja el ritmo de la promoción privada, para dedicarse a una ciudad desorganizada, insalubre y precaria. En su fase como urbanista, un conjunto de intervenciones entre muchas otras son el Paseo de la Alameda (1932), la Plaza del Ayuntamiento (1933) y el Puente de Aragón (1933). (Fundación Goerlich, 2020)

Figura 6. Fotografía Plaza del Ayuntamiento. Mercado de las flores (1963).Fuente: Fundación Goerlich



En 1939, llega el final de la Guerra civil española y la ciudad se encuentra en una crisis total. La guerra causa supone un gasto económico a sufragar, además de todos los destrozos y edificios en ruinas que merman la ciudad. El arquitecto se encuentra con un ayuntamiento empobrecido, una ciudad devastada y sus ciudadanos viviendo en condiciones inhumanas, ya sea en edificios ruinosos o infraviviendas. Coetáneamente, la ciudad experimenta una expansión demográfica entre los años 40 y 50, producida por el éxodo rural, lo que genera colmatación y hacinamiento. (Tortosa, 2018)

Presentado el escenario histórico, social y económico de la ciudad, Goerlich, empieza a proyectar grupos de viviendas protegidas, austeros en construcción pero ricos espacialmente. Estos son los grupos promocionados por la Sociedad de Obras, Construcciones y Urbanizaciones SA (SOCUSA), promotor público:

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

Figura 7. Fotografía del grupo de viviendas Federico Mayo. 1953. Fuente: Fundación Goerlich



Una vez finaliza los grupos de vivienda social, Goerlich se jubila del Ayuntamiento de Valencia (1956) y se dedica a adquirir presencia en el sector cultural, con cargos como director del Centro de Cultura Valencia, presidente del Círculo de Bellas Artes, presidente de la Real Academia de Bellas Artes de San Carlos o mecenas del Museo San Pío V. (Sánchez-Cascado, 2018)

El arquitecto valenciano, se doctora en arquitectura en 1964, a los 78 de edad y en 1972 muere dejando un legado de más de 600 edificios en la ciudad de Valencia. (Sánchez-Cascado, 2018)

4. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El inmueble a analizar se ubica dentro del grupo de viviendas Carretera de Barcelona proyectado por Javier Goerlich, en el distrito de la Zaidía, Valencia. El proyecto se distribuye en la manzana delimitada por los viales Avenida de la Constitución, Calle Belchite, Avenida de Portugal y Calle Sarrión.

Figura 8. Fotografía aérea del grupo de viviendas Carretera de Barcelona. 1952. Fuente: Fundación Goerlich



El conjunto de viviendas alberga un total de 348 viviendas que se disponen en 18 bloques perimetrales de 6 plantas + planta baja y 12 bloques interiores de 3 plantas + baja. Además, en el interior de la manzana se encuentra el antiguo Colegio Padre Jofré, que actualmente es una dependencia municipal. Enfrente del colegio se ubica una comisaría de Policía Nacional. La mejora energética propuesta se realizará en el bloque de viviendas perimetral considerado más desfavorable del grupo, orientado a sur. La dirección de la rehabilitación será en la Calle Belchite, 2.

Figura 9. Planta de situación del grupo de viviendas Carretera de Barcelona.2020. Fuente: Google Maps



Figura 10. Fotografía del edificio Calle Belchite 2. Fuente: Elaboración propia



En la *figura 11* se puede observar la distribución del bloque. Consta de 7 plantas, incluida planta baja, que es residencial. Con dos viviendas simétricas por planta y 3 orientaciones por vivienda. A sur se ubica el salón con balcón exterior y dos habitaciones. En la fachada norte los núcleos húmedos y una tercera habitación.

Se estima una altura libre en planta tipo de 2,60m. La distribución de superficie se cuantifica en la *tabla 2*.

Figura 11. Planta tipo. Escala 1:200. Fuente: Elaboración propia

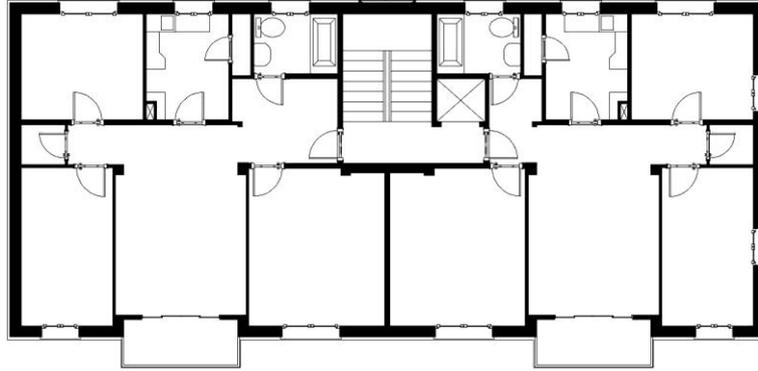


Figura 12. Alzado sur. Escala 1:200. Fuente: Elaboración propia



Figura 13. Testero este. Escala 1:200. Fuente: Elaboración propia

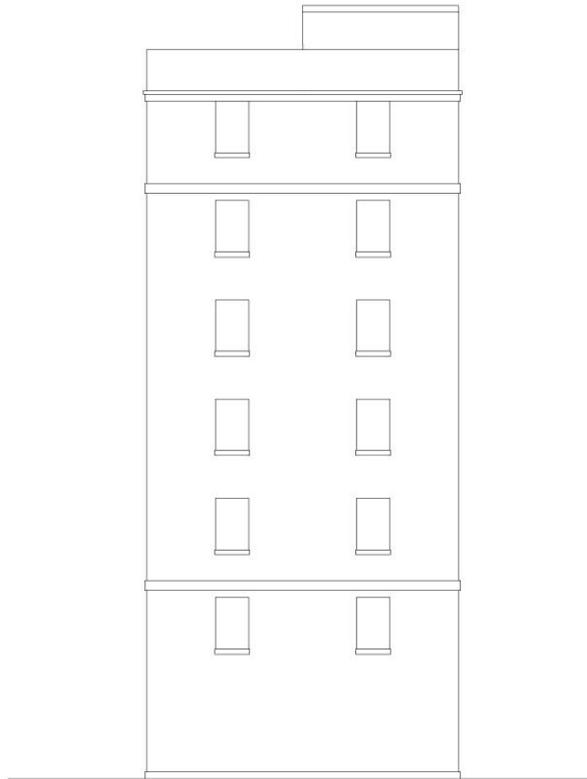


Tabla 2. Superficies útiles de la vivienda tipo. Fuente: Elaboración propia

Estancia	Superficie útil (m ²)
Salón	13,60
Cocina	5,90
Baño	3,50
Pasillo	8,80
Habitación 1	14,70
Habitación 2	10,00
Habitación 3	9,00
TOTAL	65,50

5. NORMATIVA DE APLICACIÓN

En el presente trabajo se hará uso del Código Técnico de la Edificación (CTE)

“Ante la creciente demanda de calidad por parte de la sociedad, la Ley establece los requisitos básicos que deben satisfacer los edificios de tal forma que la

garantía para proteger a los usuarios se asiente no sólo en los requisitos técnicos de lo construido sino también en el establecimiento de un seguro de daños o de caución. Estos requisitos abarcan tanto los aspectos de funcionalidad y de seguridad de los edificios como aquellos referentes a la habitabilidad.” (CTE. Código Técnico de la Edificación, 2015)

En referencia a 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, 2015)

Son 6 los documentos básicos:

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

El presente TFG aborda la eficiencia energética en un bloque de viviendas. Por este motivo se apoya en el DB HE Ahorro de energía, el cual se subdivide en 6 secciones:

- **Limitación del consumo energético (HE 0)**
- **Limitación de la demanda energética (HE 1)**
- Rendimiento de las instalaciones térmicas (HE 2)
- Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación (HE 3)
- Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria (HE 4)
- Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica (HE 5)

En este estudio, se analiza el ahorro energético que aporta el diseño pasivo, es decir, el producido por la piel térmica del edificio. Este ámbito se ve regulado en concreto por las secciones HE 0 y HE 1. Las secciones desde HE 2 hasta HE 5, las cuales no se abordan en este proyecto, regulan el ahorro de energía y la procedencia de la misma en elementos activos propios de las edificaciones, en otras palabras,

instalaciones higrotérmicas, eléctricas, hidráulicas y fotovoltaicas, cuyo papel es vital en la demanda total de energía y su sostenibilidad.

A modo de resumen de la sección HE 1, la exigencia básica dice:

“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 DB HE, 2019)

5.1 DB-HE 0: Limitación del consumo energético

Versión publicada en el BOE 27/12/2019. Cabe remarcar la existencia de una versión anterior, llamada BOE 23/07/2017, la cual deja de ser aplicable en obras de nueva construcción e intervenciones de edificios existentes cuyas licencias sean posteriores a 24/09/2020.

El ámbito de aplicación de esta sección se divide en dos tipos de actuación:

‘a) edificios de nueva construcción y ampliaciones de edificios existentes

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)

La intervención de la envolvente del proyecto quedaría fuera del ámbito de aplicación de la sección HE 0, ya que no es una ampliación de un edificio existente si no una rehabilitación del mismo. El apartado b.3 hace referencia a dos exigencias: renovación de las instalaciones térmicas y renovación superior al 25% de la envolvente térmica final del edificio. En este caso en concreto, se cumple con la segunda exigencia pero no la primera así que no sería necesario justificar el cumplimiento del DB-HE 0 ya que la actuación no está dentro del ámbito de aplicación. No obstante, en el presente trabajo se justificará el cumplimiento de la sección como si de un edificio de nueva planta se tratase.

Antes de cuantificar la exigencia, se debe detallar la zona climática de la localidad donde está situada la actuación y el uso de la misma. Para ello, es necesario hacer uso de la *Tabla a* del Anejo B dentro del DB HE

La localización del proyecto es Valencia y su altitud sobre el nivel del mar son 23m<50m. Por lo tanto la zona climática es B3.

Tabla a-Anejo B. Zonas climáticas. Fuente CTE DB-HE

Provincia	Altitud sobre el nivel del mar (h)																							
	≤ 50 m	51-100 m	101-150 m	151-200 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	1051-1100 m	≥ 1100 m	
Albacete																								
Alicante/Alicant																								
Almería	A4	B4					B3						C3											D3
Araba/Álava																								E1
Asturias	C1						D1																	E1
Ávila							D2																	E1
Badajoz							C4																	
Baleares, Illes							B3																	
Barcelona							C2																	E1
Bizkaia							C1																	
Burgos																								D1
Cáceres																								E1
Cádiz							A3																	D2
Cantabria							C1																	E1
Castellón/Castelló							B3																	E1
Ceuta																								
Ciudad Real																								D3
Córdoba							B4																	D3
Coruña, A							C1																	
Cuenca																								E1
Gipuzkoa																								D3
Girona							C2																	E1
Granada							A4																	E1
Guadalajara																								D2
Huelva							A4																	D3
Huesca							C3																	E1
Jalón																								E1
León																								E1
Lleida							C3																	E1
Lugo																								E1
Madrid																								E1
Málaga							A3																	D3
Melilla																								
Murcia							B3																	D3
Navarra							C2																	E1
Ourense							C3																	E1
Palencia																								E1
Palmas, Las							α3																	E1
Pontevedra							C1																	E1
Rioja, La							C2																	E1
Salamanca																								E1
Santa Cruz de Tenerife							α3																	E1
Segovia																								E1
Sevilla							B4																	E1
Soria																								E1
Tarragona							B3																	E1
Teruel																								E1
Toledo																								E1
Valencia/València							B3																	E1
Valladolid																								E1
Zamora																								E1
Zaragoza							C3																	E1

Una vez definida la zona climática y el uso, el cual es residencial, es posible cuantificar la limitación del consumo energético, empleando las ecuaciones y tablas pertinentes de la sección HE 0.

“ El consumo de energía primaria no renovable ($C_{ep,nren}$) 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 ($C_{ep,nren,lim}$) obtenido de la tabla 3.1.a-HE0 o la tabla 3.1.b-HE0 ” (CTE DB HE, 2019)

Tabla 3.1.a – HE 0. Valor límite $C_{ep,nren,lim}$ (kWh/m² año) para uso residencial privado

	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

En conclusión, para cumplir con las exigencias del CTE DB HE 0, la demanda energética del edificio en cuestión no debe ser superior a **28 kWh/ m² año**.

5.2 DB-HE 1: Limitación de la demanda energética

El ámbito de aplicación de la sección HE 1 es distinto al de la sección HE 0.

“a) Edificios de nueva construcción

b) Intervenciones en edificios existentes:

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

En esta sección, la rehabilitación del edificio de la Calle Belchite 2, estaría dentro del ámbito de aplicación. La cuantificación de la exigencia se realizará de manera similar a la sección anterior. Se hará uso de las fórmulas y tablas adjuntas en la sección correspondiente.

La primera exigencia hace referencia a los valores límites de las transmitancias de la envolvente térmica.

Tabla 3.1.1- HE 1. Valores límite de transmitancia térmica, U_{lim} (W/m²K)

Elemento	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior (U_s , U_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%.

Además de esta limitación, también aparecen limitaciones nuevas respecto a la normativa anterior, como son la del coeficiente global de transmisión de calor (K), el control solar ($q_{sol;jul}$), la permeabilidad al aire Q_{100} y las condensaciones en la envolvente térmica.

El Anejo E del DB-HE ofrece valores orientativos de transmitancias, los cuales no garantizan el cumplimiento de las exigencias pero son útiles para el predimensionamiento de elementos constructivos.

Tabla a-Anejo E. Transmitancia térmica del elemento, U (W/m²K)

	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

Es interesante mencionar que en la nueva versión de CTE ya no existe la exigencia de demanda límite de calefacción y refrigeración. Aun así, se adjunta la misma ya que la herramienta de cálculo CERMA la tiene en cuenta.

$$D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup} / S$$

donde,

$D_{cal,lim}$ es el valor límite de la demanda energética de calefacción, expresada en kWh/m² año, considerada la superficie útil de los espacios habitables;

$D_{cal,base}$ es el valor base de la demanda energética de calefacción, para cada zona climática de invierno correspondiente al edificio, que toma los valores de la tabla 2.1;

$F_{cal,sup}$ es el factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, que toma los valores de la tabla 2.1;

S es la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en m². ” (CTE DB HE, 2017)

Tabla 2.1 Valor base y factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción. Fuente CTE DB-HE 1

	Zona climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
$D_{cal,base}$ [kWh/m ² ·año]	15	15	15	20	27	40
$F_{cal,sup}$	0	0	0	1000	2000	3000

Empleando la tabla anterior obtenemos $D_{cal,lim} = 15 + 0 / 917 = 15$ kWh/ m² año.

El siguiente apartado de la sección regula la demanda energética de refrigeración.

“ La demanda energética de refrigeración del edificio o la parte ampliada, en su caso, no debe superar el valor límite $D_{ref, lim} = 15$ kWh/m² año para las zonas climáticas de verano 1, 2 y 3, o el valor límite $D_{ref, lim} = 20$ kWh/m² año para la zona climática de verano 4. ” (CTE DB HE, 2017)

Al ser la zona climática del edificio B3, significa que la $D_{ref, lim} = 15$ kWh/m² año, de acuerdo con lo anteriormente citado.

A grandes rasgos, en la situación en la que estamos la limitación de la demanda es igual tanto para calefacción en los meses de invierno como para refrigeración en los meses de verano.

6. HERRAMIENTA DE CÁLCULO

La herramienta de cálculo para la justificación del cumplimiento del DB-HE 0 y DB-HE 1 es el programa informático CERMA, disponible de manera gratuita en la página web del Instituto Valenciano de la Edificación.

Figura 14. Página web IVE. Fuente: IVE



“CERMA es una aplicación informática gratuita y ha sido promovida por la Conselleria de Vivienda, Obras Públicas y Vertebración del Territorio de la Generalitat Valenciana y desarrollada por el Instituto Valenciano de la Edificación (IVE) y la Asociación Técnica Española de Climatización y Refrigeración (ATECYR), con la colaboración técnica del grupo FREDOSOL del Departamento de Termodinámica Aplicada de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV).” (Instituto Valenciano de la Edificación, 2017)

7. DEFINICIÓN DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS ACTUALES Y SUS TRANSMITANCIAS

Antes de detallar el sistema usado en cada elemento constructivo, es necesario definir el concepto de envolvente térmica y las distintas partes que la componen.

“ Los edificios disponen de una envolvente térmica que separa los espacios acondicionados, tanto del exterior como de los interiores no acondicionados. Esta piel opone una resistencia térmica al flujo de calor, esta característica térmica limita la demanda energética necesaria para alcanzar en su interior el bienestar térmico en función del clima, uso del edificio y régimen estacional (verano o invierno). ” (De Vicente, Langa y Sequí, 2018)

El conjunto de viviendas posee como componentes de la envolvente térmica:

- Cubierta
- Fachada
- Huecos
- Suelo en contacto con el terreno
- Partición vertical interior (vivienda–zona común)

7.1 Cubierta

El sistema constructivo empleado en la cubierta plana es similar al de cubierta catalana. Consiste en apoyar sobre el forjado de hormigón una serie de tabiquillos que generan una cámara de aire ventilada por todo el perímetro. Sobre estos tabiquillos se apoya el tablero de bardos, que hace de soporte para el impermeabilizante, compuesto por un producto asfáltico. Sobre esta impermeabilización se distribuye el mortero de agarre y el pavimento cerámico de rasillas.

Figura 15. Detalle constructivo de la cubierta actual. Fuente: Elaboración propia



En la resistencia térmica de este sistema solo participa el forjado unidireccional de viguetas y bovedillas de 30 cm. Todas las capas por encima de la cámara de aire se desprecian, ya que esta posee la condición de ser muy ventilada.

Tabla 3. Parámetros característicos de la cubierta. Fuente: Elaboración propia

Material	Conductividad térmica λ (W/mK)	Espesor e (m)	Resistencia térmica R (m ² K/W)
Resistencia superficial exterior			0,040
Hormigón con áridos ligeros	1,350	0,050	0,037
Entrevigado cerámico	0,937	0,25	0,267
Enlucido de yeso	0,570	0,015	0,026
Resistencia superficial interior			0,100
TOTAL		0,315	0,47

La resistencia térmica total (R_t) es $R_t = 0,47$. La transmitancia térmica del elemento constructivo (U) es la inversa de R_t . Por lo tanto, $U=2,13 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Se insertan los datos en la herramienta de cálculo.

Figura 16. Ficha de Cubiertas. Fuente: CERMA

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompensaciones

Ext. Horiz Tipo 1

Area m2 total	Area m2 Sombra
142,4	0,0

U (W/m2K): 2,13

Ext. Incl. 1

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

Ayuda valores transmitancias

U (W/m2K)

Tipología

- Cubierta exterior
- Forjado interior
- Cubierta a terreno

Otras Cubiertas Tipo 1

	Local/Buhardilla	Buhardilla/Exterior	Nivel estanquidad	
A local no acondicionado (buhardillas, garajes,...)	Area (m2)	U (W/m2K)	Area (m2)	U (W/m2K)
No definido	0,0	0,00	No definido	0,00

Nivel estanquidad

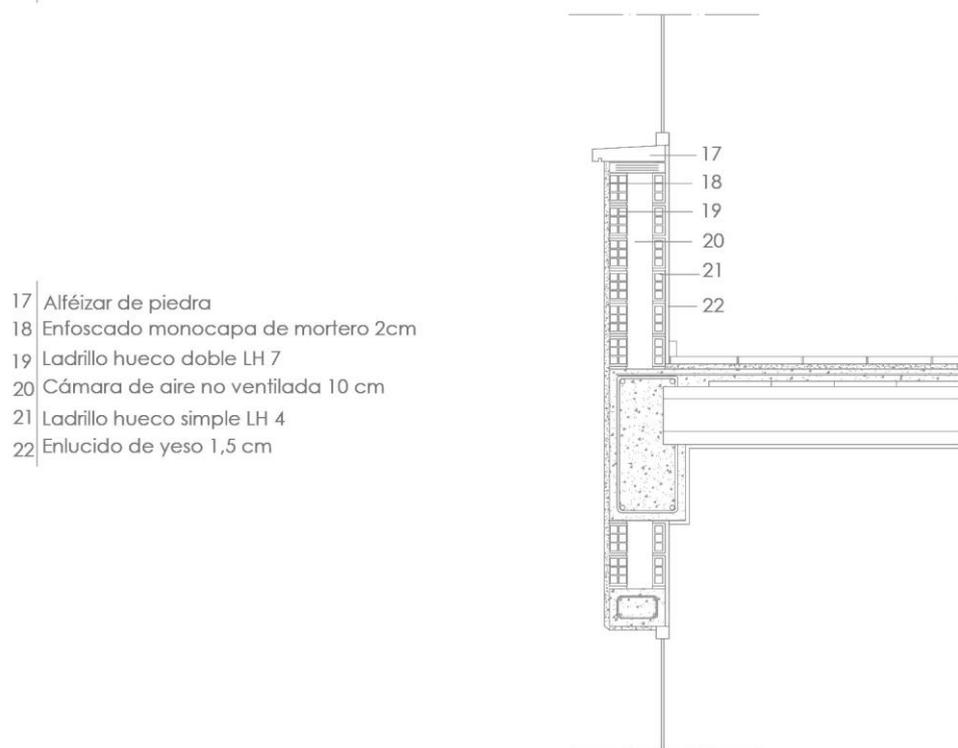
- 1 (renov/h=0)
- 2 (renov/h=0,5)
- 3 (renov/h=1)
- 4 (renov/h=5)
- 5 (renov/h=10)

	Area (m2)	U (W/m2K)
Cubierta enterrada.....	0,0	0,00
Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras	0,0	1,00
Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso	0,00	No definido

7.2 Fachada

El cerramiento es de obra de fábrica y está compuesto por un tabique interior de ladrillo hueco sencillo de 4 cm de grosor, el cual se enlucé con pasta de yeso de 1,5 cm, una cámara de aire de 10 cm de ancho no ventilada y una hoja exterior de ladrillo hueco de 7 cm. Sobre la hoja exterior se apoya un enfoscado de mortero de yeso de 2 cm pintado como revestimiento exterior.

Figura 17. Detalle constructivo de la fachada actual. Fuente: Elaboración propia

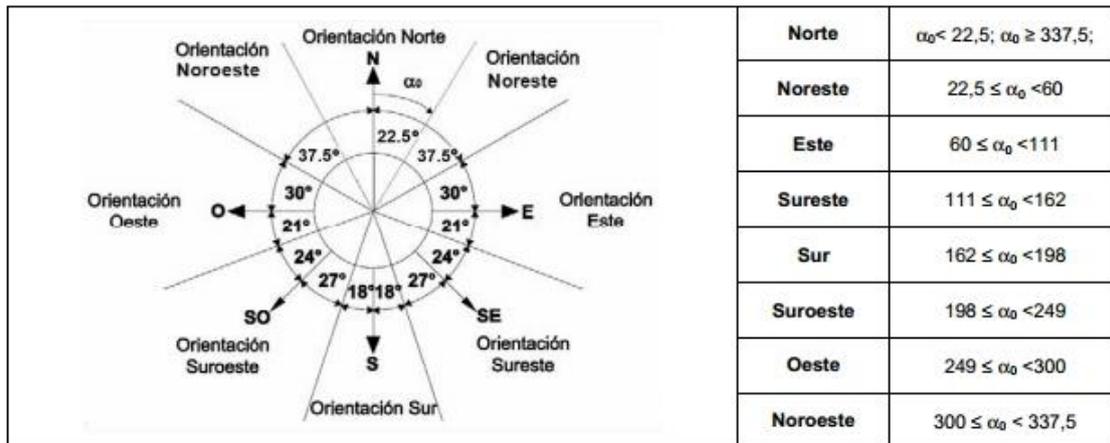


Antes de calcular la transmitancia de las distintas fachadas, se debe definir la orientación de las mismas. De acuerdo con la tabla proporcionada por el Código Técnico de la Edificación, se establece los grados de las distintas fachadas respecto del Norte: 6°, 96°, 186° y 276°. La orientación de las fachadas será Norte, Este, Sur y Oeste, respectivamente.

Figura 18. Orientación de las fachadas del edificio en la calle Belchite 2. Fuente: Google Maps



Figura 19. Orientaciones de las fachadas. Fuente: CTE DA-HE



Además deberemos definir la superficie de fachada que está retranqueada del primer plano, es decir, los ventanales que dan acceso al balcón.

Tabla 4. Parámetros característicos de la fachada. Fuente: Elaboración propia

Material	Conductividad térmica λ (W/mK)	Espesor e (m)	Resistencia térmica R (m ² K/W)
Resistencia superficial exterior			0,040
Enfoscado mortero de yeso	0,570	0,020	0,035
Ladrillo Hueco LH-7	0,432	0,070	0,162
Cámara de aire sin ventilar		0,100	0,170
Ladrillo Hueco LH-4	0,444	0,040	0,090
Enlucido de yeso	0,570	0,015	0,027
Resistencia superficial interior			0,130
TOTAL		0,245	0,654

Después de insertar las distintas capas del cerramiento en el programa de cálculo CERMA, se estima una transmitancia térmica del elemento $U = 1,53 \text{ W/m}^2 \text{ K}$.

Figura 20. Ficha de Muros. Fuente: CERMA

Titulo | Global | Entorno | **Muros** | Cubiertas | Suelos | Huecos | PT | Equipos | Resultados | Ts(t) Q(t) | HE

Valores máximos (CTE-HE1)
evitar descomposiciones

Cálculo U

Ext. Tipo 1 **1**

	Area total (m2)	Area fuera 1ºplano (m2)
N,NO,NE	401,2	
U (W/m2K)	1,53	
O...	180,5	0,0
S0	0,0	0,0
S...	401,2	86,4
SE	0,0	0,0
E...	180,5	0,0

F9.1 B(D)(D)

Ayuda valores transmitancias

U (W/m2K)

Tipología

Muro exterior

Muro interior

Muro a terreno

Otros muros Tipo 1 **1**

	Local/no hab. Area total (m2)	Local no hab./Ext. Area total (m2)	U (W/m2K)	U (W/m2K)
A local no acondicion. (buhardillas, garajes,..)	0,0	0,0	0,00	0,00

Nivel estanquidad

1 (renov/h=0)

2 (renov/h=0,5)

3 (renov/h=1)

4 (renov/h=5)

5 (renov/h=10)

En contacto terreno

Profundidad: 1,0 m

	Area (m2)	U (W/m2K)
	0,0	0,00

Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras

	Area (m2)	U (W/m2K)
	12,2	1,69

Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso

	Area (m2)	U (W/m2K)
	0,00	No definido

7.3 Huecos

Cada vivienda dispone de 3 tipos de hueco en fachada. Los dos primeros son ventanas de 1,00 y 1,50 m de ancho por 1,50 de alto. El tercer hueco corresponde con el ventanal del salón, que mide 2,05 x 2,20 m.

Debido a la antigüedad del edificio, se puede presuponer que la ventana es un vidrio monolítico con carpintería de madera. Pero lo cierto es que cada vecino se ha ido cambiando los huecos a su gusto. Se supone que la ventana sigue siendo monolítica pero el marco es metálico sin rotura de puente térmico.

Insertando la geometría de las distintas ventanas y la composición de ellas, CERMA nos proporciona su transmitancia $U = 5,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ y un factor solar modificado $F_s = 0,78$

Figura 21. Ficha de Huecos. Ventana pequeña. Fuente: CERMA

Nombre: Ventana pequeña

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones

Dimensiones: Ancho 1,00 m, Alto 1,50 m, Retranqueo 0,20 m

Vidrio: Monolíticos, U vidrio (W/m2K) 5,70, Factor solar (tanto por uno) 0,85

Marco: Metálico sin rotura puente térmico, U marco (W/m2K) 5,70, Fracc.marco (%) 10

Global Huevo: U huevo (W/m2K) 5,70, Factor solar huevo 0,78, Valores máximos (CTE-HE1) Copiar propiedades

Permeabilidad: (m3/hm2) con $\Delta P=100Pa$ Corredera, Ajuste Malo

Sombras elementos fijos: Sin elementos fijos

Modificador general: Caja persianas Existe

Nº Huecos Grupo:

Ventana N...	19	
Ventana O...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana SO...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana S...	19	✓ Asignar/Sombra
Ventana SE...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana E...	12	✓ Asignar/Sombra

árbol: Orientación-Grupo

- Edificio (86)
 - Norte (31)
 - Ventana Grande (12)
 - Ventana pequeña (19)
 - Sur (43)
 - Ventana Grande (12)
 - Ventana pequeña (19)
 - Ventanal Salón (12)
 - Este (12)
 - Ventana pequeña (12)

Figura 22. Ficha de Huecos. Ventana grande. Fuente: CERMA

Nombre: Ventana Grande

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones

Dimensiones: Ancho 1,50 m, Alto 1,50 m, Retranqueo 0,20 m

Vidrio: Monolíticos, U vidrio (W/m2K) 5,70, Factor solar (tanto por uno) 0,85

Marco: Metálico sin rotura puente térmico, U marco (W/m2K) 5,70, Fracc.marco (%) 10

Global Huevo: U huevo (W/m2K) 5,70, Factor solar huevo 0,78, Valores máximos (CTE-HE1) Copiar propiedades

Permeabilidad: (m3/hm2) con $\Delta P=100Pa$ Corredera, Ajuste Malo

Sombras elementos fijos: Sin elementos fijos

Modificador general: Caja persianas Existe

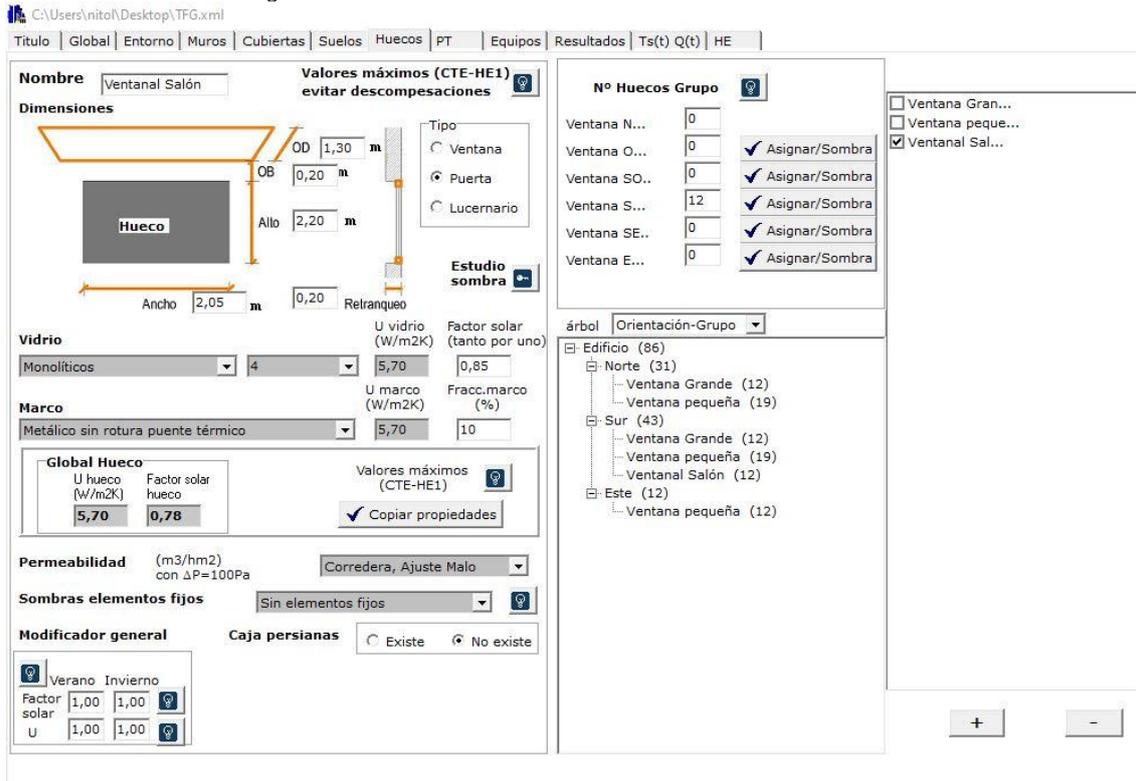
Nº Huecos Grupo:

Ventana N...	12	
Ventana O...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana SO...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana S...	12	✓ Asignar/Sombra
Ventana SE...	0	✓ Asignar/Sombra
Ventana E...	0	✓ Asignar/Sombra

árbol: Orientación-Grupo

- Edificio (86)
 - Norte (31)
 - Ventana Grande (12)
 - Ventana pequeña (19)
 - Sur (43)
 - Ventana Grande (12)
 - Ventana pequeña (19)
 - Ventanal Salón (12)
 - Este (12)
 - Ventana pequeña (12)

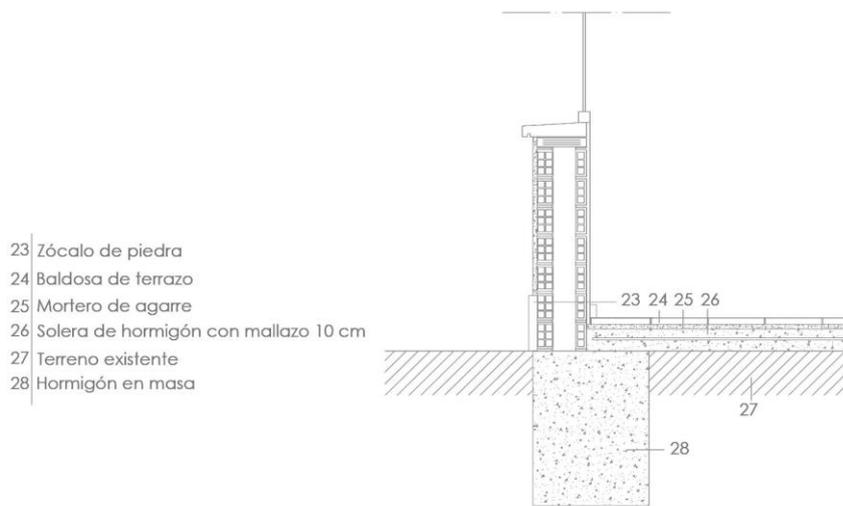
Figura 23. Ficha de Huecos. Ventanal salón. Fuente: CERMA



7.4 Suelo en contacto con el terreno

El suelo de la planta baja se compone de una solera de 10 cm apoyada sobre el terreno, una capa de mortero y pavimento de terrazo. El documento de apoyo al DB HE ofrece la tabla 3, la cual nos proporciona la transmitancia de los suelos en contacto con el terreno.

Figura 24. Detalle constructivo del suelo en contacto con el terreno actual. Fuente: Elaboración propia



Para hacer uso de la tabla se necesita conocer B' y R_a . "Se define la longitud característica B' como el cociente entre la superficie del suelo y la longitud de su semiperímetro expuesto, según la expresión:

$$B' = A / 0,5P$$

siendo,

P la longitud del perímetro expuesto de la solera [m];

A el área de la solera [m^2]. " (CTE DA DB HE, 2020)

$$B' = 5,77$$

"Para soleras o losas sin aislamiento térmico, la transmitancia térmica U_s se toma de la columna $R_a = 0 \text{ m}^2 \text{ K/W}$ en función de su longitud característica B' . " (CTE DA DB HE, 2020)

Empleando la tabla y mediante interpolación lineal se obtiene una transmitancia térmica $U_s = 0,76 \text{ W/m}^2 \text{ K}$

Tabla 3. Transmitancia térmica U_s ($\text{W/m}^2 \text{ K}$). Fuente: CTE DA-HE

B'	R_a	$D = 0.5 \text{ m}$					$D = 1.0 \text{ m}$					$D \geq 1.5 \text{ m}$				
		$R_a \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$					$R_a \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$					$R_a \text{ [m}^2 \cdot \text{K/W]}$				
	0,00	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50	0,50	1,00	1,50	2,00	2,50
1	2,35	1,57	1,30	1,16	1,07	1,01	1,39	1,01	0,80	0,66	0,57	-	-	-	-	-
2	1,56	1,17	1,04	0,97	0,92	0,89	1,08	0,89	0,79	0,72	0,67	1,04	0,83	0,70	0,61	0,55
3	1,20	0,94	0,85	0,80	0,78	0,76	0,88	0,76	0,69	0,64	0,61	0,85	0,71	0,63	0,57	0,53
4	0,99	0,79	0,73	0,69	0,67	0,65	0,75	0,65	0,60	0,57	0,54	0,73	0,62	0,56	0,51	0,48
5	0,85	0,69	0,64	0,61	0,59	0,58	0,65	0,58	0,54	0,51	0,49	0,64	0,55	0,50	0,47	0,44
6	0,74	0,61	0,57	0,54	0,53	0,52	0,58	0,52	0,48	0,46	0,44	0,57	0,50	0,45	0,43	0,41
7	0,66	0,55	0,51	0,49	0,48	0,47	0,53	0,47	0,44	0,42	0,41	0,51	0,45	0,42	0,39	0,37
8	0,60	0,50	0,47	0,45	0,44	0,43	0,48	0,43	0,41	0,39	0,38	0,47	0,42	0,38	0,36	0,35
9	0,55	0,46	0,43	0,42	0,41	0,40	0,44	0,40	0,38	0,36	0,35	0,43	0,39	0,36	0,34	0,33
10	0,51	0,43	0,40	0,39	0,38	0,37	0,41	0,37	0,35	0,34	0,33	0,40	0,36	0,34	0,32	0,31
12	0,44	0,38	0,36	0,34	0,34	0,33	0,36	0,33	0,31	0,30	0,29	0,36	0,32	0,30	0,28	0,27
14	0,39	0,34	0,32	0,31	0,30	0,30	0,32	0,30	0,28	0,27	0,27	0,32	0,29	0,27	0,26	0,25
16	0,35	0,31	0,29	0,28	0,27	0,27	0,29	0,27	0,26	0,25	0,24	0,29	0,26	0,25	0,24	0,23
18	0,32	0,28	0,27	0,26	0,25	0,25	0,27	0,25	0,24	0,23	0,22	0,27	0,24	0,23	0,22	0,21
≥ 20	0,30	0,26	0,25	0,24	0,23	0,23	0,25	0,23	0,22	0,21	0,21	0,25	0,22	0,21	0,20	0,20

Figura 25. Ficha de suelos. Fuente: CERMA

Titulo | Global | Entorno | Muros | Cubiertas | Suelos | Huecos | PT | Equipos | Resultados | Ts(t) Q(t) | HE

Valores máximos (CTE-HE1)
evitar descompesaciones

Cálculo U

Suelos Terreno Tipo 1

Dimensiones

Area..... 175,2 m²

Profundidad.. 0,0 m

Perímetro ext 60,7 m

Aislamiento

Periférico

Continuo

Sin aislam.

U (W/m²K)

0,76 No definido

Ayuda valores transmitancias

U(W/m²K)

Tipología

Suelo exterior

Frojado interior

Suelo a terreno

Otros Suelos Tipo 1

	Local acond/no hab.	Local no hab./Exterior	Nivel estanquidad		
A local no acondicionado (buhardillas, garajes,...)	Area total (m ²)	U (W/m ² K)	Area total (m ²)	U (W/m ² K)	
	0,0	0,00	0,0	0,00	<input checked="" type="radio"/> 1 (renov/h=0)
					<input type="radio"/> 2 (renov/h=0,5)
					<input type="radio"/> 3 (renov/h=1)
					<input type="radio"/> 4 (renov/h=5)
					<input type="radio"/> 5 (renov/h=10)

Vacio sanitario..... Area (m²) U (W/m²K)

Perímetro ext 0,0 m

0,0 0,00 No definido

Exterior..... 0,0 0,00 No definido

Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras 0,0 1,00 No definido

Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso 0,00 No definido

7.5 Partición vertical interior

La división entre los espacios acondicionados (viviendas) y los no acondicionados (ascensor, escaleras, garaje, zaguán, etc.) se resuelve con un tabique de una hoja de ladrillo hueco doble LH7 aparejado a soga y enlucido por sus dos caras.

Los metros lineales de partición en contacto con un espacio no acondicionado son 13,40 m por planta. Al haber 7 plantas idénticas, se calcula una longitud de 93,8 metros lineales que multiplicada por su altura (2,60m) se obtiene una superficie igual a 243,90 m².

Tabla 5. Parámetros característicos de la partición interior. Fuente: Elaboración propia

Material	Conductividad térmica λ (W/mK)	Espesor e (m)	Resistencia térmica R (m ² K/W)
Resistencia superficial interior			0,130
Enlucido de yeso LH-7 a soga	0,570	0,015	0,026
Enlucido de yeso	0,432	0,120	0,278
Enlucido de yeso	0,570	0,015	0,026
Resistencia superficial interior			0,130
TOTAL		0,15	0,59

$$U = 1,69 \text{ W/m}^2 \text{ K}$$

Los datos introducidos en CERMA se encuentran en el apartado de Muros, concretamente en Otros Muros Tipo 1.

7.6 Puentes térmicos

En construcciones sin aislante como es la actual, los puentes térmicos pueden suponer entre el 10 y el 20% de las pérdidas de calor. Sin embargo, estos puentes térmicos, adquieren más relevancia en envolventes con aislamiento térmico, llegando a suponer un entre un 30 y un 40% más de consumo energético.

Además, los puentes térmicos generan condensaciones superficiales en los materiales debido a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior (más acusada en invierno). Estas condensaciones pueden suponer la pérdida de facultades de ciertos materiales de construcción, así como insalubridad, moho, malos olores, bacterias, etc.

Ubicación de puentes térmicos:

- Pilares integrados en fachadas
- Contorno de huecos
- Cajas de persianas
- Frentes de forjado en fachadas
- Uniones de cubierta-fachada
- Uniones de fachadas con soleras
- Esquinas o encuentros con voladizos

Una vez introducidos los puentes térmicos, se define en CERMA que los frentes de forjados, pilares y las jambas de ventanas no están aislados y por lo tanto suponen una gran cantidad de metros lineales de puente térmico para el edificio.

Figura 26. Ficha de puentes térmicos. Fuente: CERMA

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 determinar la pérdida lineal de un puentes térmicos en:
http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-3_Puentes_termincos.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	SO	S	SE	E		N	SO	S	SE	E	
237	48	0	83	496	53	73	33	0	73	0	33

Forjados no aislados

Encuentros horizontales fachada		
Forjados	Cubierta	Suelo exterior
$\Psi_f = 0,42$ W/mK $f = 0,72$	$\Psi_c = 0,38$ W/mK $f = 0,69$	$\Psi_{se} = 0,33$ W/mK $f = 0,61$

Puentes verticales fachada

Esquina saliente	
$\Psi_{s-ee} = 0$ W/mK $\Psi_s = 0,08$ W/mK $f = 0,81$	

Ventana aislamiento no continuo hasta el marco

$\Psi_v = 0,41$ W/mK $f = 0,7$

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 (Rsi) 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), a 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)

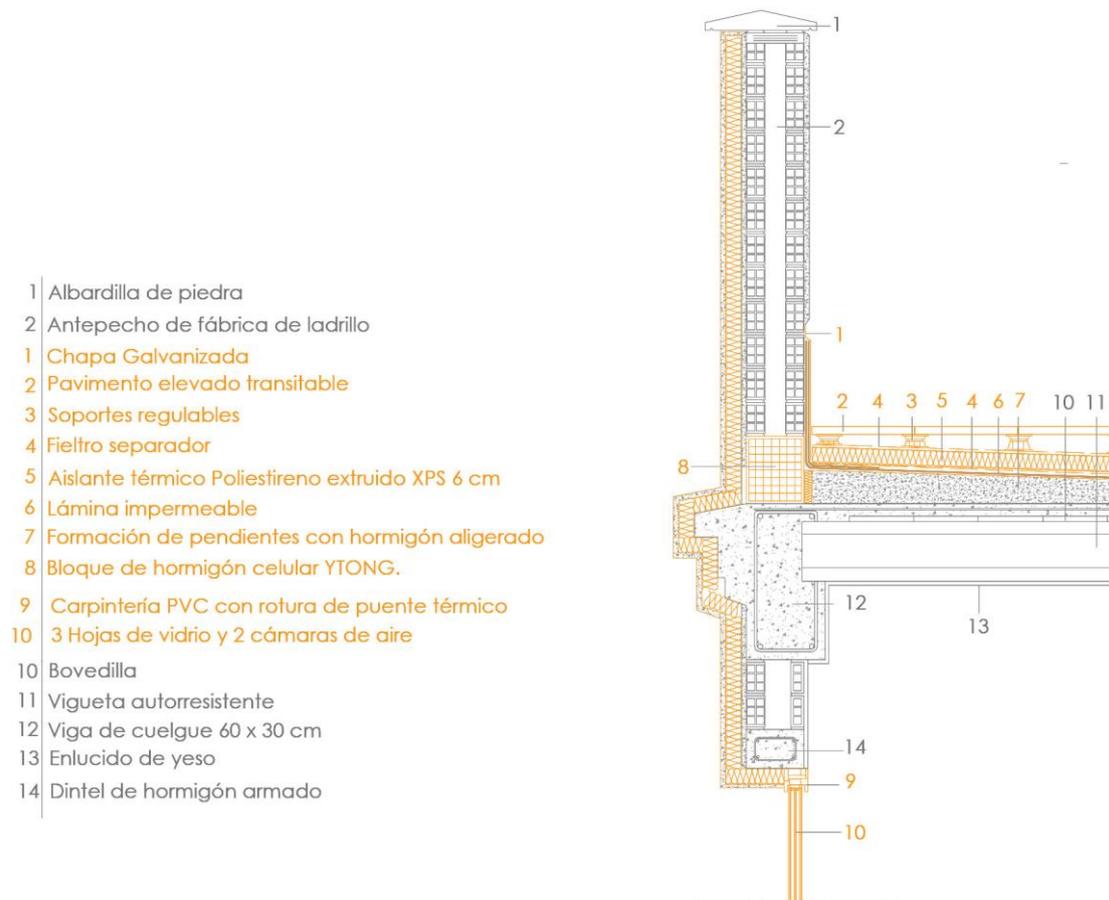
8. DEFINICIÓN DE LOS NUEVOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS Y SUS TRANSMITANCIAS

8.1 Cubierta

El sistema constructivo empleado es una cubierta invertida con pavimento flotante. Sobre el forjado unidireccional de vigueta y bovedilla cerámica se forman las pendientes con hormigón aligerado. Sobre esta capa se aplica la lámina impermeable que va protegida con una capa separadora de fieltro. Sobre esta capa se dispone el aislante térmico, que será Poliestireno extruido XPS de 6 cm de grosor. Se añade otra capa de fieltro donde se apoyan los soportes regulables, también llamados plots. Estos soportes son los encargados de nivelar el pavimento elevado, el cual tiene una pendiente del 0%.

Para evitar el puente térmico que se puede generar en el antepecho de la cubierta, se demuele el muro anterior y se dispone una fila de bloques de hormigón celular YTONG, de baja conductividad térmica. Sobre esta fila aislante se levanta el antepecho de características similares al anterior. De esta manera se crea una envolvente hermética que conecta el aislante exterior de la fachada con el de la cubierta. (YTONG, 2016)

Figura 27. Detalle constructivo de la cubierta rehabilitada. Fuente: Elaboración propia



A nivel térmico, los elementos que contribuyen son todos menos los soportes y el pavimento, ya que se encuentran dispuestos en una cámara de aire muy ventilada (juntas abiertas).

Tabla 6. Parámetros característicos de la cubierta rehabilitada. Fuente: Elaboración propia

Material	Conductividad térmica λ (W/mK)	Espesor e (m)	Resistencia térmica R (m ² K/W)
Resistencia superficial exterior			0,100
Poliestireno extruido XPS	0,034	0,060	1,765
Impermeabilizante Cloruro de polivinilo PVC	0,170	0,001	0,006
Hormigón aligerado	0,39	0,050	0,128
Capa de compresión	1,35	0,050	0,037
Entrevigado cerámico	0,937	0,25	0,267
Enlucido de yeso	0,570	0,015	0,027
Resistencia superficial interior			0,100
TOTAL		0,426	2,43

Figura 28. Ficha de cubierta rehabilitada. Fuente: CERMA

Título Global Entorno Muros Cubiertas Suelos Huecos PT Equipos Resultados Ts(t) Q(t) HE

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descomposiciones **Cálculo U**

Ext. Horiz Tipo 1 1

Area m2 total	Area m2 Sombra
Hz 142,4	0,0
U (W/m2K)	
0,42	

C4.1 Forjado unidireccion

Ayuda valores transmitancias

U (W/m2K)

Tipología

Cubierta exterior

Forjado interior

Cubierta a terreno

Ext.Incl.1 1

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

Otras Cubiertas Tipo 1 1

A local no acondicionado (buhardillas, garajes,...)	Local/Buhardilla Area (m2)	U (W/m2K)	Buhardilla/Exterior Area (m2)	U (W/m2K)	Nivel estanquidad
	0,0	0,00	0,0	0,00	<input checked="" type="radio"/> 1 (renov./h=0)
					<input type="radio"/> 2 (renov./h=0,5)
					<input type="radio"/> 3 (renov./h=1)
					<input type="radio"/> 4 (renov./h=5)
					<input type="radio"/> 5 (renov./h=10)

No definido

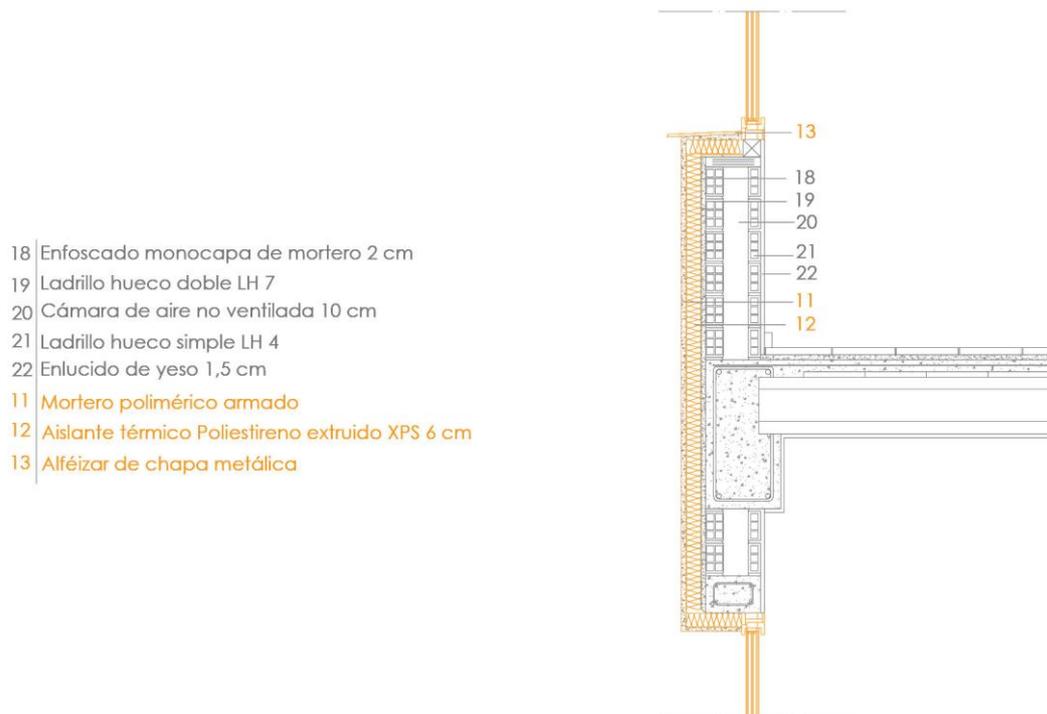
	Area (m2)	U (W/m2K)
Cubierta enterrada.....	0,0	0,00
Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras	0,0	0,00
Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso		0,00

Después de haber insertado los materiales en el programa, el resultado de la nueva transmitancia es $U = 0,42 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Tras haber rehabilitado la cubierta la transmitancia ha disminuido un 80% respecto a la cubierta original.

8.2 Fachada

Sobre el cerramiento original multicapa de fábrica de ladrillo se propone una rehabilitación por el exterior con el sistema SATE. La rehabilitación consiste en limpiar y regularizar la fachada original, que servirá de apoyo a las placas de Poliéstireno extruido XPS, las cuales van fijadas mediante espigas. Una vez fijado el aislante se aplica una capa de mortero armado con malla y sobre este un enlucido de acabado exterior.

Figura 29. Detalle constructivo de la fachada rehabilitada. Fuente: Elaboración propia



Este sistema aporta dos ventajas: la eliminación de puentes térmicos en frentes de forjado y pilares, y por lo tanto, las condensaciones producidas a raíz de los mismos. La segunda ventaja es el incremento de inercia térmica y acústica en la fachada.

Tabla 7. Parámetros característicos de la fachada rehabilitada. Fuente: Elaboración propia

Material	Conductividad térmica λ (W/mK)	Espesor e (m)	Resistencia térmica R (m ² K/W)
Resistencia superficial exterior			0,040
Revoco de mortero de cemento	1,800	0,020	0,006
Aislante térmico Poliestireno Extruido XPS	0,034	0,060	1,765
Enfoscado mortero de yeso	0,570	0,020	0,035
Ladrillo Hueco LH- 7	0,432	0,070	0,162
Cámara de aire sin ventilar		0,100	0,170
Ladrillo Hueco LH- 4	0,444	0,040	0,090
Enlucido de yeso	0,570	0,015	0,027
Resistencia superficial interior			0,130
TOTAL		0,325	2,425

Tras rehabilitar la fachada mediante el Sistema SATE, se puede observar que la transmitancia se reduce de 1,53 W/m² K a 0,41 W/m² K, casi ¼ de la transmitancia original.

Figura 30. Ficha de muros rehabilitados. Fuente: CERMA

Titulo	Global	Entorno	Muros	Cubiertas	Suelos	Huecos	PT	Equipos	Resultados	Ts(t) Q(t)	HE																																																																																																																																																																																				
Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones																																																																																																																																																																																															
Cálculo U																																																																																																																																																																																															
<table border="1"> <tr> <td colspan="12">Ext. Tipo 1 1</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Area total (m2)</td> <td>Area fuera 1ºplano (m2)</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td>N,NO,NE</td> <td>U</td> <td>401,2</td> <td>0,0</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>0...</td> <td>180,0</td> <td>0,0</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>S0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>S...</td> <td>401,2</td> <td>86,4</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>SE</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td></td> <td>E...</td> <td>180,5</td> <td>0,0</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">fachada rehabilitada</td> </tr> </table>												Ext. Tipo 1 1														Area total (m2)	Area fuera 1ºplano (m2)									N,NO,NE	U	401,2	0,0										0...	180,0	0,0										S0	0,0	0,0										S...	401,2	86,4										SE	0,0	0,0										E...	180,5	0,0									fachada rehabilitada																																																																																			
Ext. Tipo 1 1																																																																																																																																																																																															
		Area total (m2)	Area fuera 1ºplano (m2)																																																																																																																																																																																												
N,NO,NE	U	401,2	0,0																																																																																																																																																																																												
	0...	180,0	0,0																																																																																																																																																																																												
	S0	0,0	0,0																																																																																																																																																																																												
	S...	401,2	86,4																																																																																																																																																																																												
	SE	0,0	0,0																																																																																																																																																																																												
	E...	180,5	0,0																																																																																																																																																																																												
fachada rehabilitada																																																																																																																																																																																															
<table border="1"> <tr> <td colspan="12">Otros muros Tipo 1 1</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Local/no hab.</td> <td>Local no hab./Ext.</td> <td colspan="8">Nivel estanquidad</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Area</td> <td>U</td> <td>Area</td> <td>U</td> <td colspan="6"> <input checked="" type="radio"/> 1 (renov/h=0) <input type="radio"/> 2 (renov/h=0,5) <input type="radio"/> 3 (renov/h=1) <input type="radio"/> 4 (renov/h=5) <input type="radio"/> 5 (renov/h=10) </td> </tr> <tr> <td colspan="2">A local no acondicion. (buhardillas, garajes,...)</td> <td>total (m2)</td> <td>(W/m2K)</td> <td>total (m2)</td> <td>(W/m2K)</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">No definido</td> </tr> <tr> <td colspan="12">En contacto terreno</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Area (m2)</td> <td>U (W/m2K)</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Profundidad</td> <td>1,0 m</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>No definido</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Area (m2)</td> <td>U (W/m2K)</td> <td colspan="8">P1.1 B(D)(D)(D)</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>243,9</td> <td>1,69</td> <td colspan="8"></td> </tr> <tr> <td colspan="12">Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>Area (m2)</td> <td>U (W/m2K)</td> <td colspan="8">No definido</td> </tr> <tr> <td colspan="2"></td> <td>0,00</td> <td>No definido</td> <td colspan="8"></td> </tr> </table>												Otros muros Tipo 1 1														Local/no hab.	Local no hab./Ext.	Nivel estanquidad										Area	U	Area	U	<input checked="" type="radio"/> 1 (renov/h=0) <input type="radio"/> 2 (renov/h=0,5) <input type="radio"/> 3 (renov/h=1) <input type="radio"/> 4 (renov/h=5) <input type="radio"/> 5 (renov/h=10)						A local no acondicion. (buhardillas, garajes,...)		total (m2)	(W/m2K)	total (m2)	(W/m2K)									0,0	0,00	0,0	0,00							No definido												En contacto terreno														Area (m2)	U (W/m2K)									Profundidad		1,0 m	0,0	0,00	No definido							Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras														Area (m2)	U (W/m2K)	P1.1 B(D)(D)(D)										243,9	1,69									Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso														Area (m2)	U (W/m2K)	No definido										0,00	No definido								
Otros muros Tipo 1 1																																																																																																																																																																																															
		Local/no hab.	Local no hab./Ext.	Nivel estanquidad																																																																																																																																																																																											
		Area	U	Area	U	<input checked="" type="radio"/> 1 (renov/h=0) <input type="radio"/> 2 (renov/h=0,5) <input type="radio"/> 3 (renov/h=1) <input type="radio"/> 4 (renov/h=5) <input type="radio"/> 5 (renov/h=10)																																																																																																																																																																																									
A local no acondicion. (buhardillas, garajes,...)		total (m2)	(W/m2K)	total (m2)	(W/m2K)																																																																																																																																																																																										
		0,0	0,00	0,0	0,00																																																																																																																																																																																										
No definido																																																																																																																																																																																															
En contacto terreno																																																																																																																																																																																															
		Area (m2)	U (W/m2K)																																																																																																																																																																																												
Profundidad		1,0 m	0,0	0,00	No definido																																																																																																																																																																																										
Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras																																																																																																																																																																																															
		Area (m2)	U (W/m2K)	P1.1 B(D)(D)(D)																																																																																																																																																																																											
		243,9	1,69																																																																																																																																																																																												
Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso																																																																																																																																																																																															
		Area (m2)	U (W/m2K)	No definido																																																																																																																																																																																											
		0,00	No definido																																																																																																																																																																																												

8.3 Huecos

Para las carpinterías hemos escogido la casa FINSTRAL. En concreto se ha hecho uso del modelo Slim-line 77 con marco de PVC. En la siguiente figura se encuentran los datos de la ficha técnica. (FINSTRAL, 2019)

Figura 31. Ficha técnica de la ventana Slim-line 77 PVC. Fuente: FINSTRAL



Exterior

La parte de la fachada de su ventana.



Centro

El corazón de su ventana

Siempre un diseño personalizado.

Siempre una protección fiable.

Siempre un óptimo aislamiento.

Siempre la conexión a obra adecuada.

<p>Material</p> <ul style="list-style-type: none"> - PVC <hr/> <p>Color/superficie</p> <p>Color del marco</p> <ul style="list-style-type: none"> - liso fino (superficie compactada con menos microporos, de fácil limpieza): blanco - satinado (superficie satinada impresa directamente sobre el perfil sin láminas adhesivas, perfil coloreado en masa): blanco, gris, gris seda - grabado (superficie grabada impresa directamente sobre el perfil sin láminas adhesivas, perfil coloreado en masa): blanco, blanco antiguo, blanco perla - estructura madera (lámina acrílica termofusionada al perfil grabado, perfil coloreado en masa de color marrón): castaño, roble y nogal claro <p>Color junta del vidrio</p> <ul style="list-style-type: none"> - gris claro para colores de perfil blanco, blanco antiguo, blanco perla, gris seda - negro para colores de perfil gris, nogal - personalizado para colores de perfil castaño, roble - opcional negro <hr/> <p>Forma del marco</p> <p>Profundidad marco</p> <ul style="list-style-type: none"> - 77 mm <p>Hoja - vista exterior</p> <ul style="list-style-type: none"> - Slim-line - ancho visual de la hoja: 26 mm <p>Batiente central</p> <ul style="list-style-type: none"> - clásico, con montante móvil visto <hr/> <p>Elementos estilísticos</p> <p>Cuarterones</p> <ul style="list-style-type: none"> - cuarterón pegado Classic (con varilla distancial) del mismo color que el perfil - cuarterón pegado Stilo (con varilla distancial) del mismo color que el perfil - barrotillos interiores (9, 18 o 26 mm) <p>Paneles (para elementos fijos)</p> <ul style="list-style-type: none"> - paneles lisos, ranurados y con moldura (disponibles en todos los colores del marco) - paneles de vidrio esmaltado (10 colores) - paneles de resina sintética (5 colores) - paneles de cerámica (9 colores) <p>Elementos decorativos</p> <ul style="list-style-type: none"> - perfil y elemento decorativo adaptado al color de la ventana 	<p>Robo</p> <p>Protección antirrobo estándar</p> <ul style="list-style-type: none"> - 4 puntos de cierre anti-palanca de seguridad mediante bulones tipo champiñón de óptima calidad <p>Seguridad adicional</p> <ul style="list-style-type: none"> - herraje de seguridad a lo largo de todo el perímetro, con una distancia máxima de 85 cm entre los puntos de cierre - vidrio laminado de seguridad hasta clase P5A - manilla con llave, manilla con botón o manilla de seguridad a presión - placa de acero endurecido a modo de protección contra la perforación con taladro en la manilla - sensor de ventana para sistema de alarma <hr/> <p>Sol/calor</p> <p>Vidrios de protección solar</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mediterrán 2: U_g 1,1 W/m²K, g 0,48, LT 0,74 - Mediterrán 3: U_g 0,6 W/m²K, g 0,44, LT 0,67 - Sun-Block 2: U_g 1,1 W/m²K, g 0,28, LT 0,60 - Sun-Block 3: U_g 0,6 W/m²K, g 0,26, LT 0,54 <p>Dispositivos de protección solar adicionales</p> <ul style="list-style-type: none"> - Twin: hoja combinada con veneciana integrada - persiana - sistema de oscurecimiento textil - Raffstore - mallorquina - persiana corredera - persiana corredera y plegable <hr/> <p>Miradas indiscretas</p> <ul style="list-style-type: none"> - vidrios impresos (12 variantes) <hr/> <p>Insectos</p> <ul style="list-style-type: none"> - mosquitera fija - mosquitera practicable - mosquitera enrollable vertical u horizontal - mosquitera plisada para puertas balconeras 	<p>Calor/frío</p> <p>Marco</p> <ul style="list-style-type: none"> - perfiles multicámara de PVC - valor U_f 1,1 W/m²K <p>Vidrio aislante</p> <ul style="list-style-type: none"> - con gas argón - canto del vidrio pulido - control de calidad trámite un escáner láser de cada vidrio - certificación RAL y CEKAL <p>Vidrio doble</p> <ul style="list-style-type: none"> - nuestro vidrio estándar Plus-Valor: U_g 1,1 W/m²K, g 0,65, LT 0,82 - varilla distancial térmicamente optimizada soldada en los ángulos, de color negro, blanco o marrón <p>Vidrio triple</p> <ul style="list-style-type: none"> - vidrio Innovador de altas prestaciones Max-Valor: U_g 0,6 W/m²K, g 0,60, LT 0,77 - el mejor vidrio en Europa: máximo aislamiento térmico, excelentes valores de transmisión de energía, máxima transparencia y tonalidad casi neutra - varilla distancial térmicamente optimizada soldada en los ángulos, de color negro - grado de reflexión bajo (menos del 15%) <p>Valores de aislamiento térmico</p> <p>Medida de la ventana de una hoja según la normativa de cálculo U_w 1,23 x 1,48 m:</p> <ul style="list-style-type: none"> - valor U_w vidrio doble: U_w 1,2 W/m²K - valor U_w max. vidrio triple: U_w 0,76 W/m²K <p>Medida de la ventana de dos hojas con montante móvil según la normativa de cálculo U_w 1,23 x 1,48 m:</p> <ul style="list-style-type: none"> - valor U_w vidrio doble: U_w 1,3 W/m²K - valor U_w max. vidrio triple: U_w 0,91 W/m²K <hr/> <p>Ruido</p> <p>Componentes aislantes acústicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - perfiles perfectamente adherentes - juntas coextrusionadas - vidrio adherido al perfil en vez de calzarlo - certificados ift disponibles <p>Aislamiento acústico</p> <p>Valores R_w para ventanas/puertas de una hoja con una superficie de hasta 2,7 m²:</p> <ul style="list-style-type: none"> - R_w estándar: 32 (-2;-6) dB - valor R_w 46 (-2;-5) dB <hr/> <p>Estanqueidad</p> <p>Hermeticidad</p> <ul style="list-style-type: none"> - esquinas soldadas - juntas coextrusionadas adherentes - la junta central de PVC protege el herraje <p>Estanqueidad al agua</p> <ul style="list-style-type: none"> - clase 9A para ventanas de una hoja y de dos hojas según UNE EN 12208 para dimensiones estándar 1,23 x 1,48 m <p>Permeabilidad al aire</p> <ul style="list-style-type: none"> - clase 4 para ventanas de una hoja y de dos hojas según UNE EN 12207 para dimensiones estándar 1,23 x 1,48 m <p>Resistencia a la carga del viento</p> <ul style="list-style-type: none"> - clase C5 / B5 para ventanas de una hoja - clase C3 / B3 para ventanas de dos hojas con montante móvil - dimensiones estándar 1,23 x 1,48 m según UNE EN 12210 	<p>Tipo de montaje</p> <p>Obra nueva/Reestructuración</p> <ul style="list-style-type: none"> - montaje en dos fases: primero se instala el premarco aislante FIN-Fix de Finstral en el muro y se enlucce y una vez terminados los trabajos en obra, la ventana se coloca fácilmente en el premarco (recomendado por Finstral) - montaje en una fase: la ventana se coloca directamente al muro sin el uso del premarco <p>Renovación de ventanas</p> <ul style="list-style-type: none"> - montaje con marco de renovación: no es necesario quitar los marcos ya existentes, es suficiente con adaptarlos y revestirlos por completo con el nuevo marco de renovación; duración: en solo 2 horas por ventana (montaje recomendado por Finstral) - retirar completamente la ventana antigua del premarco e instalar la nueva - retirar completamente el viejo marco e instalar el nuevo directamente en el muro <hr/> <p>Calidad de aislamiento</p> <p>Conexiones a obras</p> <ul style="list-style-type: none"> - disponemos de una biblioteca de más de 700 diseños de conexiones a obra para toda Europa de los cuales más de 300 están certificados por el Institut für Fenstertechnik Rosenheim (ift) (disponibles en el apartado „Conexiones a obra“ del área técnica de nuestra página Web) <p>Estándar de montaje actual</p> <ul style="list-style-type: none"> - formación obligatoria de productos Finstral para todos los montadores donde explicamos el uso de materiales aislantes más actuales para el montaje - todos nuestros distribuidores reciben estas formaciones; los distribuidores Partner con montaje certificado emitido por el Instituto ift se identifican con el siguiente logo: <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 10px;">  <p>FINSTRAL</p> <p>Institut für Fenstertechnik Rosenheim</p> <p>Montaje profesional Certificado</p> </div>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

 © 05/2019

FIN-Window
Slim-line 77
PVC-PVC

2/7

A modo de resumen, las prestaciones térmicas de la carpintería son:

- Marco de PVC con $U_{\text{marco}} = 1,1 \text{ W/m}^2 \text{ K}$
- Vidrio Sun-Block 3 con $U_{\text{vidrio}} = 0,6 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y Factor solar (g) $g = 0,26$
- Los porcentajes de marco son 30% para la ventana pequeña, 24% para la ventana grande y 18% para el ventanal del salón.

Se insertan los datos en la herramienta de cálculo.

Ventana pequeña $U = 0,75 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ y $F_s = 0,19$

Figura 32. Ficha de Huecos. Ventana pequeña rehabilitada. Fuente: CERMA

The screenshot shows the CERMA software interface for configuring a window. The main window is titled 'Ventana Pequeña'. The dimensions are set to Ancho 1,00 m and Alto 1,50 m. The frame U-value is 1,10 W/m²K and the glass U-value is 0,60 W/m²K. The solar factor is 0,26. The global window U-value is 0,75 W/m²K and the solar factor is 0,19. The interface also shows a tree view of the building's facade elements and a list of window types with their counts and shading assignments.

Nº Huecos Grupo	Asignar/Sombra	
Ventana N...	19	<input type="checkbox"/>
Ventana O...	0	<input checked="" type="checkbox"/>
Ventana SO...	0	<input checked="" type="checkbox"/>
Ventana S...	19	<input checked="" type="checkbox"/>
Ventana SE...	0	<input checked="" type="checkbox"/>
Ventana E...	12	<input checked="" type="checkbox"/>

Ventana grande $U = 0,72 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $F_s = 0,20$

Figura 33. Ficha de Huecos. Ventana grande rehabilitada. Fuente: CERMA

Nombre: Ventana Grande

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompensaciones

Dimensiones: OD 0,00 m, OB 0,00 m, Alto 1,50 m, Ancho 1,50 m, Relranqueo 0,20 m

Tipo: Ventana, Puerta, Lucernario

Vidrio: Otros, U vidrio (W/m2K) 0,60, Factor solar (tanto por uno) 0,26

Marco: Otros, U marco (W/m2K) 1,10, Fracc.marco (%) 24

Global Huevo: U huevo (W/m2K) 0,72, Factor solar huevo 0,20

Permeabilidad: (m3/hm2) con $\Delta P = 100\text{Pa}$ 50

Sombras elementos fijos: Sin elementos fijos

Modificador general: Caja persianas Existe, No existe

Verano Invierno: Factor solar 1,00 1,00, U 1,00 1,00

Altura caja persianas (m): 0,25

U (W/m2K): 4 cm aislamiento 0,80

Infiltración (m3/hm) $\Delta P = 10\text{Pa}$: Estanco 0,00

Nº Huecos Grupo: Ventana N... 12, Ventana O... 0, Ventana SO... 0, Ventana S... 12, Ventana SE... 0, Ventana E... 0

árbol: Orientación-Grupo, Edificio (74), Norte (31), Sur (31), Este (12)

Ventanal salón $U = 0,69 \text{ W/m}^2\text{K}$ y $F_s = 0,22$

Figura 34. Ficha de Huecos. Ventanal salón rehabilitado. Fuente: CERMA

Nombre: Ventanal

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompensaciones

Dimensiones: OD 1,30 m, OB 0,20 m, Alto 2,20 m, Ancho 2,05 m, Relranqueo 0,20 m

Tipo: Ventana, Puerta, Lucernario

Vidrio: Otros, U vidrio (W/m2K) 0,60, Factor solar (tanto por uno) 0,26

Marco: Otros, U marco (W/m2K) 1,10, Fracc.marco (%) 18

Global Huevo: U huevo (W/m2K) 0,69, Factor solar huevo 0,22

Permeabilidad: (m3/hm2) con $\Delta P = 100\text{Pa}$ 50

Sombras elementos fijos: Sin elementos fijos

Modificador general: Caja persianas Existe, No existe

Verano Invierno: Factor solar 1,00 1,00, U 1,00 1,00

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

árbol: Orientación-Grupo, Edificio (74), Norte (31), Sur (31), Este (12)

8.4 Suelo en contacto con el terreno

El reacondicionamiento del suelo en contacto con el terreno se efectuará con el sistema CAVITI. En primer lugar, hay que demoler la actual solera y excavar 30 cm del terreno existente.

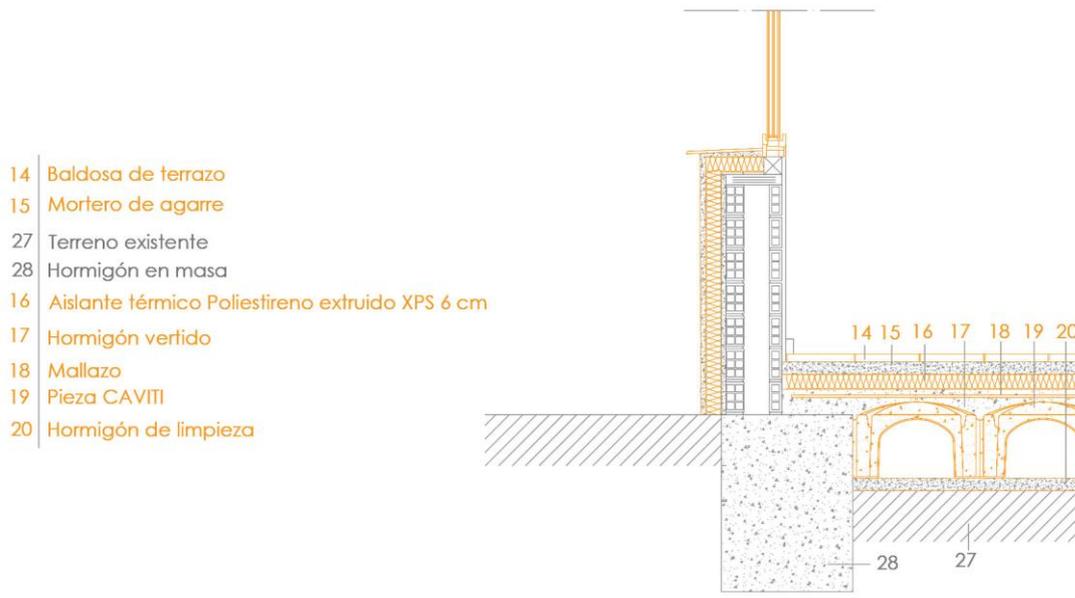
“El sistema constructivo Cáviti se compone a partir de la unión de piezas de encofrado perdido de alturas variables en función de las características de obra y de proyecto, los módulos están fabricados con polipropileno reciclado termoinyectado de color negro.

Los encofrados perdidos Cáviti presentan una geometría senoidal ligeramente plana en la parte superior, presentando una pluralidad de nervios ortogonales entre sí y equidistantes que parten desde la parte central de la pieza descendiendo a través de su geometría hasta derivar a los pilares estructurales del encofrado que se encuentran en los vértices de la misma.

El pilar estructural formado por la unión de cuatro módulos Cáviti es totalmente estanco.” (CAVITI, 2016)

El sistema CAVITI se asemeja más a un forjado sanitario que a un suelo en contacto con el terreno, ya que el encofrado perdido salva en este caso una distancia de 30 cm con el terreno. Sobre este encofrado se vierte el hormigón, que forma la solera con mallazo de 10 cm. Cuando la solera esté fraguada y apta para su trabajo, se dispone las planchas de Poliestireno Extruido (XPS) de 6 cm. Sobre el aislante se aplicará el mortero de agarre para el pavimento de terrazo.

Figura 35. Detalle constructivo del suelo en contacto con el terreno rehabilitado. Fuente: Elaboración propia



Para hacer uso de la tabla para el cálculo de forjados sanitarios (Tabla 9 Transmitancia térmica U_s) en $W/m^2 K$ del DA DB-HE-1 se necesitan dos condiciones:

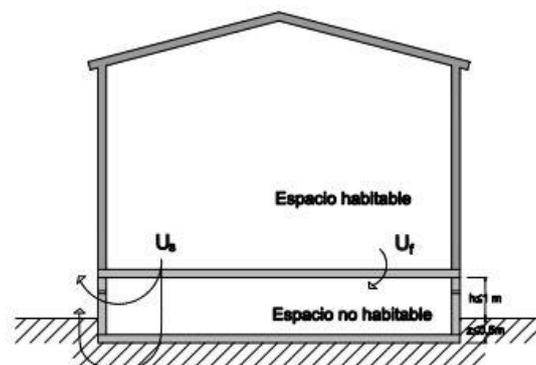
“Este apartado es aplicable para cámaras de aire ventiladas por el exterior que cumplan simultáneamente las siguientes condiciones:

a) que tengan una altura h inferior o igual a 1 m

b) que tengan una profundidad z respecto al nivel del terreno inferior o igual a 0,5 m.

” (CTE DA DB HE, 2020)

Figura 7. Cámaras sanitarias. Fuente: CTE DA DB-HE



En el caso de la solera rehabilitada, la altura h es 0 puesto que la cara inferior de la solera coincide con la cota de calle. La profundidad z respecto del terreno es 0,30 m, es decir la altura de las piezas CAVITI, y por lo tanto cumple la condición b).

Finalmente, para conocer la transmitancia térmica del elemento constructivo se debe conocer la longitud característica (B') y la resistencia térmica del elemento (R_i), igual a la Resistencia total (R_t), pero despreciando las resistencias superficiales.

$$B' = A/0,5P$$

Siendo A el área de la solera (m^2) y P el perímetro de la misma (m).

$$B' = 5,77$$

Tabla 8. Parámetros característicos del suelo en contacto con el terreno rehabilitado. Fuente: Elaboración propia

Material	Conductividad térmica λ (W/mK)	Espesor e (m)	Resistencia térmica R (m^2 K/W)
Hormigón armado	2,300	0,100	0,043
Aislante térmico Poliestireno Extruido XPS	0,034	0,060	1,765
Mortero de cemento	1,800	0,050	0,028
Baldosa de terrazo	1,000	0,040	0,040
TOTAL		0,25	1,876

Tabla 9. Transmitancia térmica U_s en $W/m^2 K$. Fuente: CTE DA DB-HE

B'	R_i (m^2K/W)						
	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
1	9,38	1,65	0,90	0,62	0,47	0,38	0,29
2	5,35	1,46	0,84	0,59	0,46	0,37	0,28
3	3,88	1,32	0,80	0,57	0,44	0,36	0,28
4	3,11	1,22	0,76	0,55	0,43	0,35	0,27
5	2,63	1,14	0,72	0,53	0,42	0,35	0,27
6	2,30	1,07	0,70	0,52	0,41	0,34	0,27
7	2,06	1,01	0,67	0,50	0,40	0,33	0,26
8	1,87	0,97	0,65	0,49	0,39	0,33	0,26
9	1,73	0,93	0,63	0,48	0,39	0,32	0,26
10	1,61	0,89	0,62	0,47	0,38	0,32	0,26
12	1,43	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,25
14	1,30	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,25
16	1,20	0,75	0,55	0,43	0,35	0,30	0,25
18	1,12	0,72	0,53	0,42	0,35	0,29	0,25
20	1,06	0,69	0,51	0,41	0,34	0,29	0,25
22	1,00	0,67	0,50	0,40	0,33	0,29	0,25
24	0,96	0,65	0,49	0,39	0,33	0,28	0,24
26	0,92	0,63	0,48	0,39	0,32	0,28	0,24
28	0,89	0,61	0,47	0,38	0,32	0,28	0,24
30	0,86	0,60	0,46	0,38	0,32	0,27	0,24
32	0,83	0,59	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23
34	0,81	0,58	0,45	0,37	0,31	0,27	0,23
≥36	0,79	0,57	0,44	0,36	0,31	0,27	0,23

Se redondea de manera más desfavorable $B'=5$ y $R_i= 1,5$. Con estos valores se entra en la *tabla 9*. Transmitancia térmica U_s y el resultado es $U= 0,53 W/m^2 K$.

Figura 36. Ficha del suelo rehabilitado en contacto con el terreno. Fuente: CERMA

Titulo | Global | Entorno | Muros | Cubiertas | Suelos | Huecos | PT | Equipos | Resultados | Ts(t) Q(t) | HE

Valores máximos (CTE-HE1) evitar descompesaciones

Cálculo U

Suelos Terreno Tipo 1 **1**

Dimensiones

Area.....175,2 m2

Profundidad..0,3 m

Perímetro ext 54,9 m

Aislamiento

Periférico

Continuo Res.térm. Ra m2K/W

Sin aislam. 1,76

U (W/m2K)

0,53 No definido

Otros Suelos Tipo 1 **1**

A local no acondicionado (buhardillas, garajes,..)

Local acond./no hab. Area U total (m2) (W/m2K) 0,0 0,00

Local no hab./Exterior Area U total (m2) (W/m2K) 0,0 0,00

Nivel estanquidad

1 (renov/h=0)

2 (renov/h=0,5)

3 (renov/h=1)

4 (renov/h=5)

5 (renov/h=10)

Vacio sanitario..... Área (m2) U (W/m2K) 0,0 0,00 No definido

Perímetro ext 0,0 m

Exterior..... 0,0 0,00 No definido

Particiones interiores con unid. distinto uso, zonas comunes y medianeras 0,0 1,00 No definido

Particiones interiores cuando delimiten unidades mismo uso 0,00 No definido

8.5 Partición vertical interior

En este caso, se opta por no rehabilitar la partición vertical interior en contacto con las zonas comunes (escalera, ascensor, etc.) ya que son pocos los m^2 de superficie y sería una reforma excesivamente cara y costosa de amortizar para tan poca repercusión sobre el resultado final (demolición de sanitarios, trasdosado de tabiques con instalaciones e instalación de nuevos sanitarios).

Así pues, la partición vertical interior tendrá la misma transmitancia térmica que la original, $U=1,69 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Este dato se ve reflejado en la ficha de muros rehabilitados, en Otros Muros tipo 1.

8.6 Puentes térmicos

Ya presentados los puentes térmicos (*7.6 Puentes térmicos*), solo queda remarcar cuantos y que tipos de puentes térmicos quedan después de haber rehabilitado la envolvente.

En el caso de la fachada, al usar el sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE) se garantiza la hermeticidad del paramento, evitando pérdidas en los frentes de forjado, pilares, esquinas y puntos singulares.

En el caso de la cubierta, el aislante de la misma está en contacto con el aislante exterior de la fachada, mediante la pieza de baja conductividad térmica YTONG, como se puede apreciar en los detalles. Esta unión de aislantes detiene todo flujo de calor en las uniones entre la fachada y la cubierta.

En conclusión, se forra el edificio con aislante continuo en toda su envolvente, formando una "caja estanca" en el interior. El único sitio donde se podría producir puente térmico sería en la unión del suelo en contacto con el terreno y la fachada. En este caso, constructivamente es imposible unir los dos aislantes sin demoler la fachada en planta baja, lo cual encarecería notablemente el proyecto sin conseguir una mejora importante para el total del ahorro energético.

La carpintería es uno de los puntos más conflictivos y relevantes en relación a los puentes térmicos. La rehabilitación de los huecos consiste en dos hechos:

- Girar el aislante una vez llegue al alfeizar y dintel de la ventana, así se evita el puente térmico por estos elementos, y se une el aislante exterior con la carpintería.
- Las calidades de los marcos y cristales que conforman el hueco, son notoriamente superiores a las de los anteriores. Los marcos de PVC son con rotura de puente térmico. Esto garantiza que, mediante la interposición de varias cámaras de aire en el interior del marco, la hoja exterior del mismo nunca entra en contacto con la interior, rompiendo así el posible puente térmico.

Figura 37. Ficha de puentes térmicos en el edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

Titulo	Global	Entorno	Muros	Cubiertas	Suelos	Huecos	PT	Equipos	Resultados	Ts(t) Q(t)	HE									
Caracterización de los puentes térmicos																				
<input checked="" type="radio"/> Puentes térmicos del edificio - características constructivas																				
Tipo de encuentro con frente de forjado <input type="radio"/> Frente de forjado no aislado <input checked="" type="radio"/> Frente de forjado aislado <input type="radio"/> Aislamiento continuo			Puentes térmicos pilares <input type="radio"/> Pilar no aislado <input checked="" type="radio"/> Pilar aislado por el exterior <input type="radio"/> Pilar aislado por el interior <input type="radio"/> Sin pilares			Tipo de encuentro con jambas de ventanas <input type="radio"/> Sin aislamiento en fachada (Termoarcilla) <input checked="" type="radio"/> Cerramiento cte. hasta la línea de jamba <input type="radio"/> Cerr. conforma la jamba al doblar la hoja exterior														
<input type="radio"/> Puentes térmicos del edificio - fijar valores <input type="radio"/> Puentes térmicos del edificio - valores por defecto de LIDER																				
Espesor de cada forjado (entre 0,1 m y 0,5 m) <input type="text" value="0,30"/>						Anchura pilar <input type="text" value="0,30 (m)"/>														
Puede determinar la pérdida lineal de un puentes térmicos en: http://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-3_Puentes_termicos.pdf																				
Longitud de los puentes térmicos (m lineales)																				
<input checked="" type="radio"/> Estimados <input type="radio"/> Facilitados																				
Forjados			Cubiertas			Suelo ext.			Esq salientes - entrantes			Ventanas			Suelo terreno			Pilares (no en esquinas)		
237			48			0			69			394			53			N 0 S0 S SE SE E		
<input type="radio"/> N <input type="radio"/> S <input type="radio"/> SE <input type="radio"/> E																				
Frente de forjados aislados																				
Encuentros horizontales fachada				Puentes verticales fachada				Ventana		Terreno		Pilar aisl. ext.								
Forjados		Cubierta		Suelo exterior		Esquina saliente		aislamiento continuo hasta el marco		Terreno		Pilar aisl. ext.								
																				
$\Psi_f = 0,14$ W/mK		$\Psi_c = 0,34$ W/mK		$\Psi_{se} = 0,33$ W/mK		$\Psi_{es} = 0$ W/mK		$\Psi_v = 0,02$ W/mK		$\Psi_T = 0,12$ W/mK		$\Psi_D = 0,04$ W/mK								
$f = 0,79$		$f = 0,61$		$f = 0,61$		$f = 0,81$		$f = 0,83$		$f = 0,68$		$f = 0,86$								
El valor f (fRs) 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), a 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)																				
T _{pi} - Temp. interior superficial mas baja T _e - Temp. exterior media mes enero U = Coef. transf. calor puente térmico																				

9. RESULTADOS Y EXIGENCIAS EN EL EDIFICIO ACTUAL

A continuación, se muestra un conjunto de figuras con los resultados de demanda energética, calificación, emisiones y cumplimiento del CTE del edificio antes de ser rehabilitado

Figura 38. Ficha de demanda energética actual. Fuente: CERMA

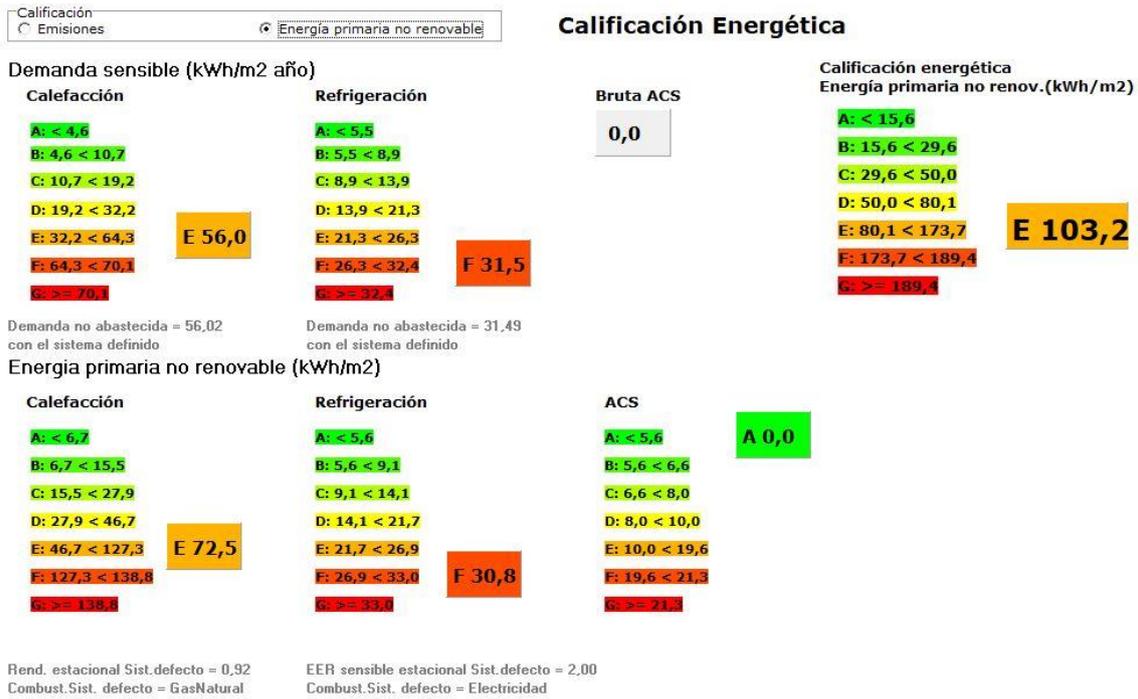


Figura 39. Ficha de emisiones CO2 actuales. Fuente: CERMA

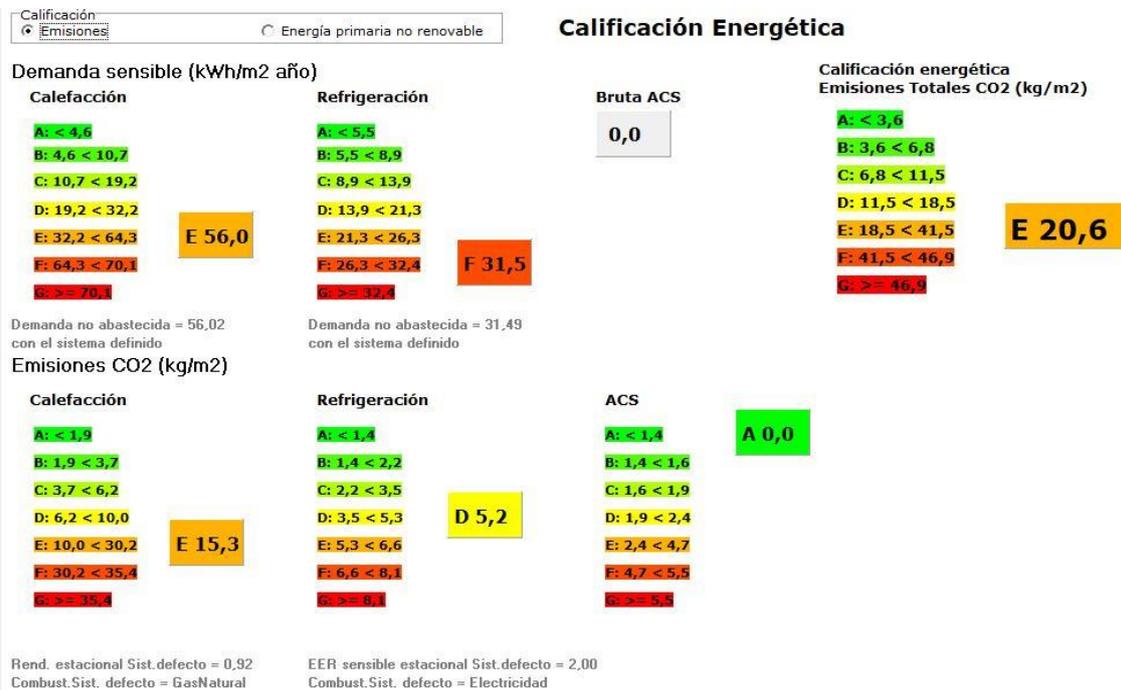


Figura 40. Ficha de detalle de demanda energética actual. Fuente: CERMA

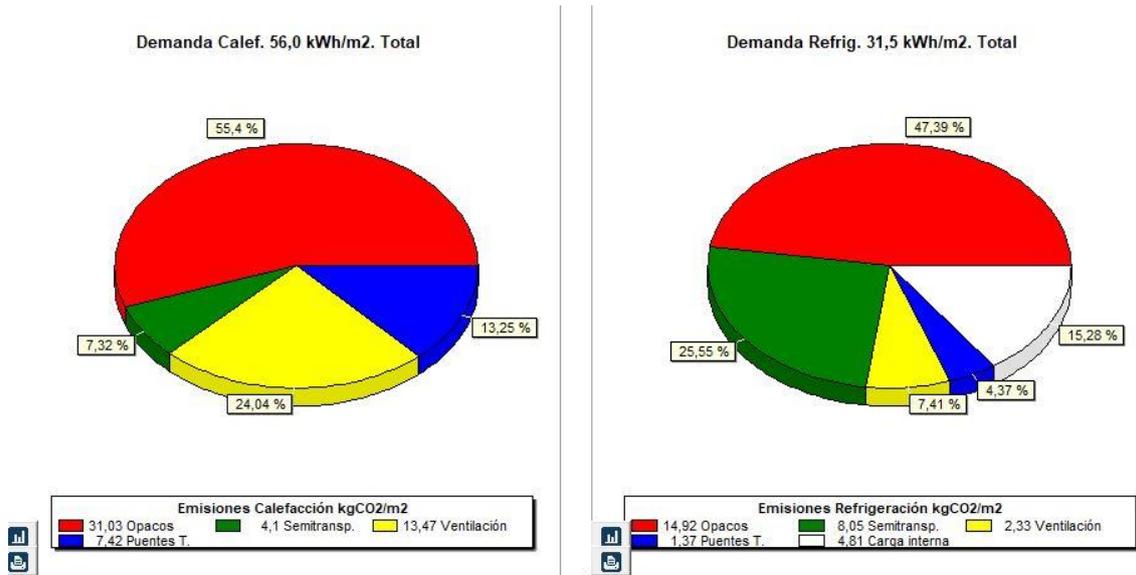


Figura 41. Ficha de cumplimiento de CTE DB-HE 0. Fuente: CERMA

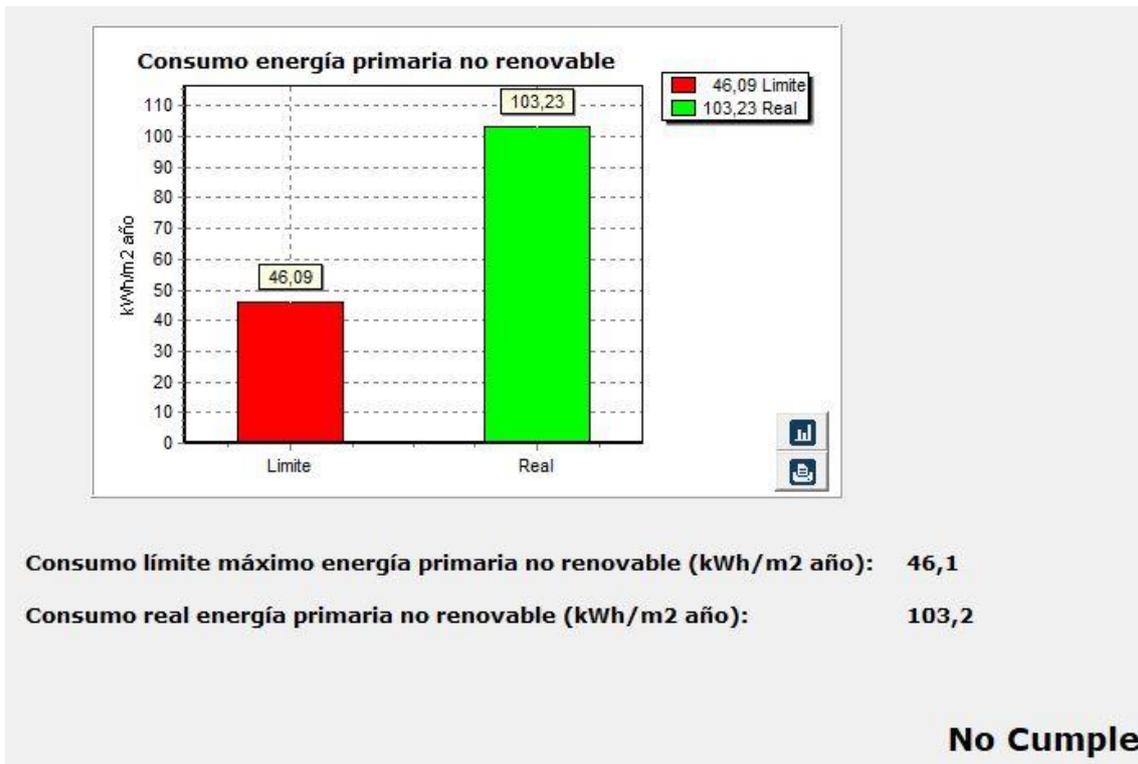
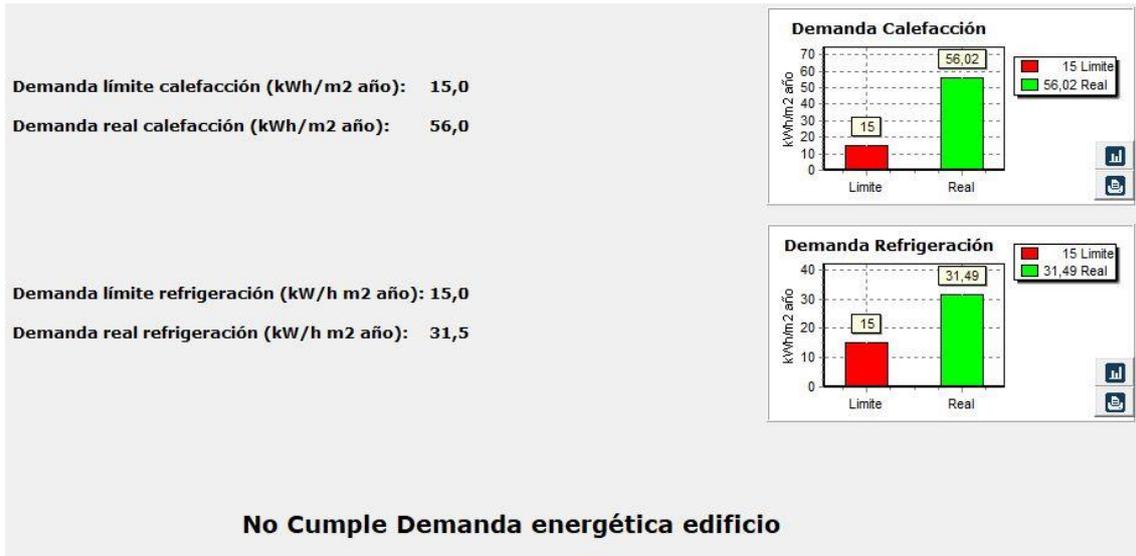


Figura 42. Ficha de cumplimiento de CTE DB-HE 1. Fuente: CERMA



10. RESULTADOS Y EXIGENCIAS EN EL EDIFICIO REHABILITADO

Figura 43. Ficha de demanda energética en el edificio rehabilitado. Fuente: CERMA



Figura 44. Ficha de emisiones CO₂ en el edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

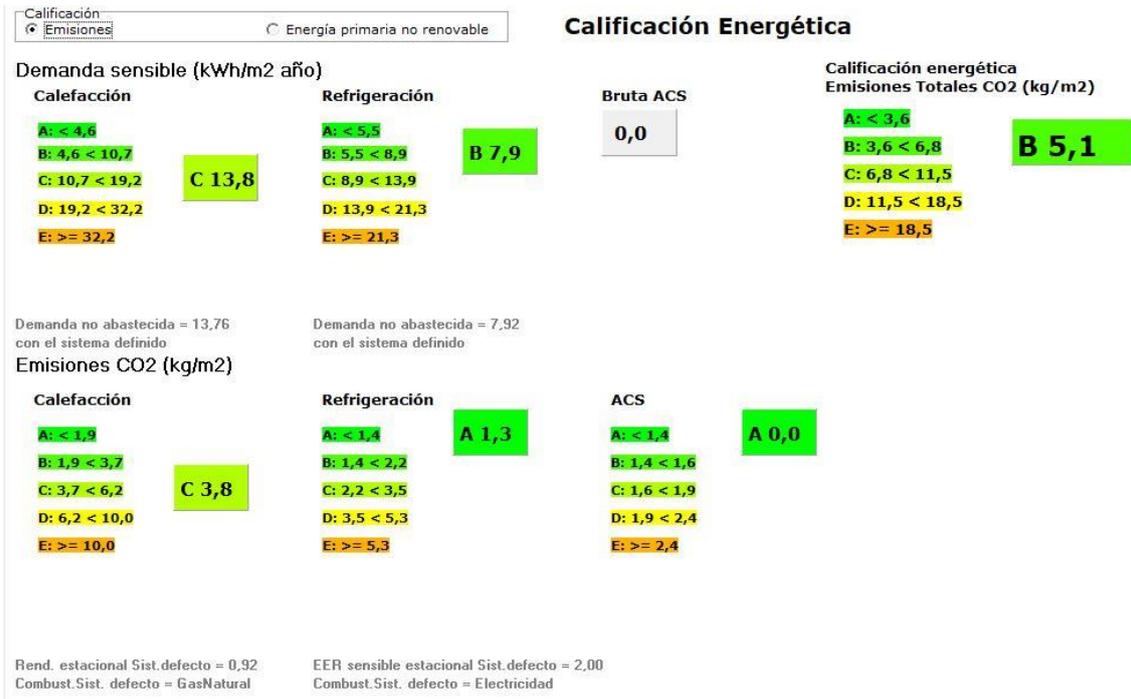


Figura 45. Ficha de detalle de demanda energética en el edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

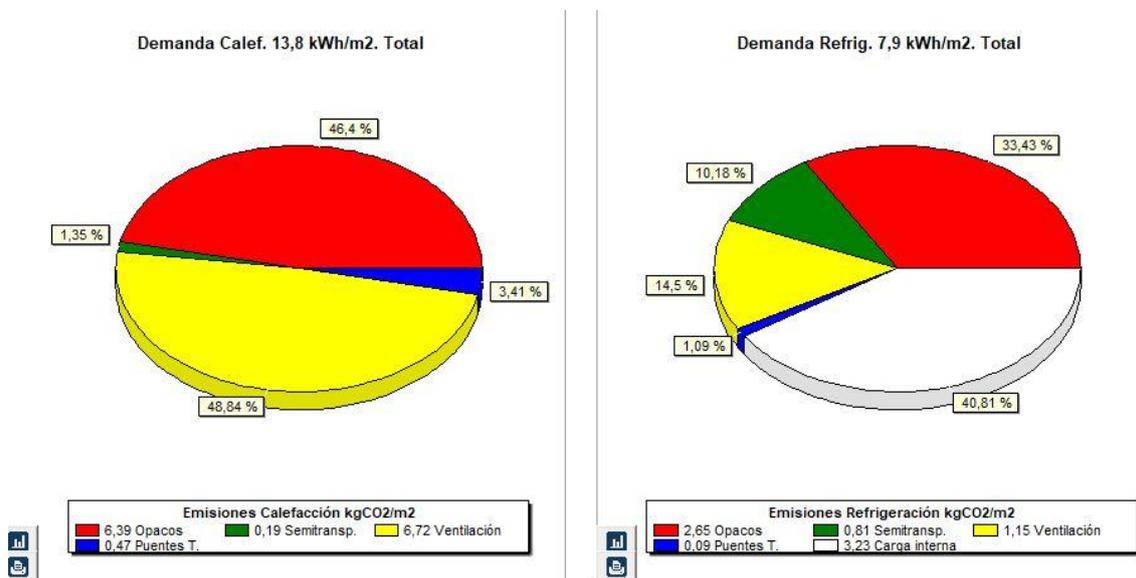


Figura 46. Ficha de cumplimiento de CTE DB-HE 0 en el edificio rehabilitado. Fuente: CERMA

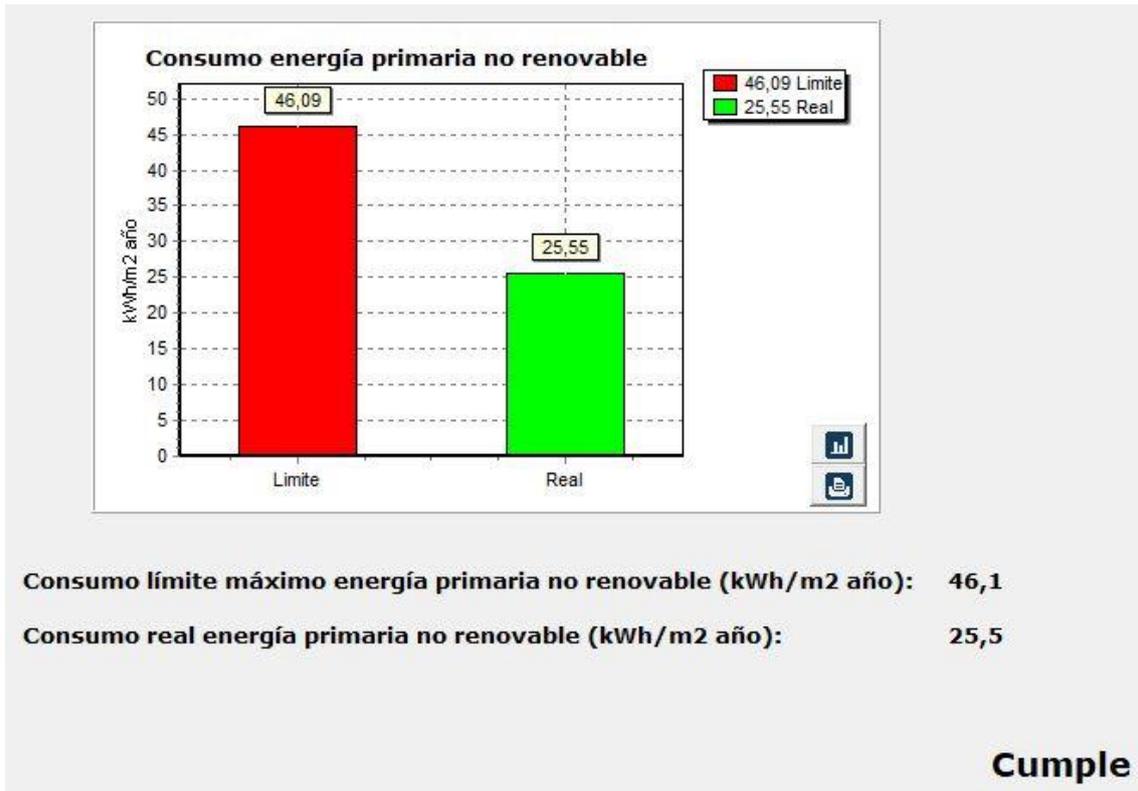
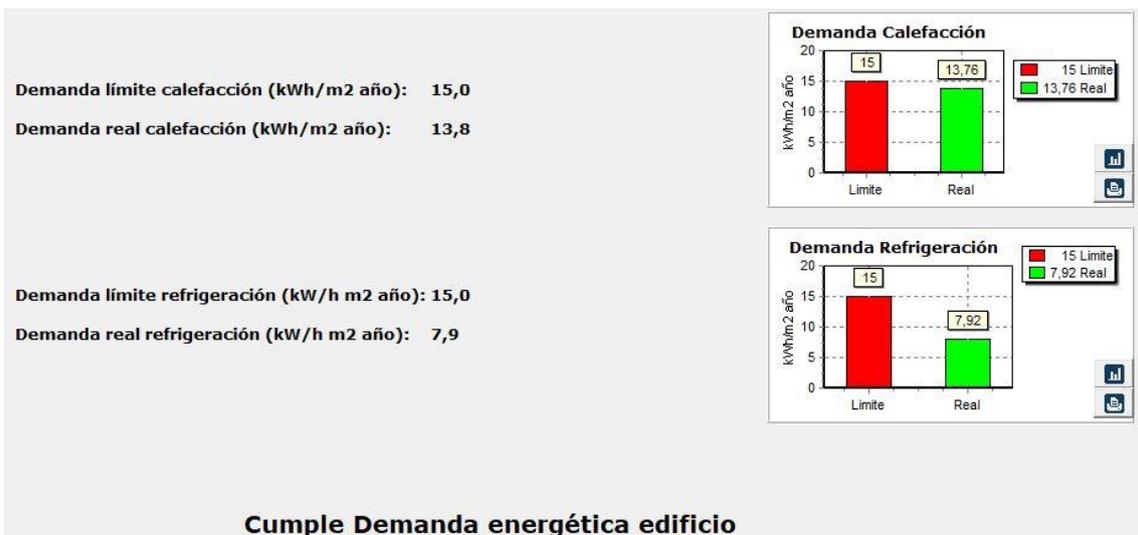


Figura 47. Ficha de cumplimiento de CTE DB-HE 1 en el edificio rehabilitado. Fuente: CERMA



11. ESTUDIO COMPARATIVO

En este apartado se analiza el ahorro energético de la envolvente renovada respecto de la envolvente original y del CTE. Para ello se hará hincapié tanto en la transmitancia de los elementos constructivos como en la demanda que se necesita para alcanzar condiciones de confort.

Las celdas marcadas en verde son los elementos constructivos que cumplen con la normativa vigente, mientras que las que están marcadas de rojo, no cumplirían actualmente la normativa.

Tabla 9. Comparativa de valores de la transmitancia térmica. Fuente: Elaboración propia

Elemento constructivo	TRANSMITANCIA U (W/m ² K)		
	Envolvente original	Envolvente rehabilitada	CTE DB-HE 1 (2019)
Cubierta	2,13	0,42	0,44
Fachada	1,53	0,41	0,56
Ventana pequeña	5,70	0,75	2,30
Ventana grande	5,70	0,72	2,30
Ventanal	5,70	0,69	2,30
Suelo en contacto con el terreno	0,76	0,53	0,75
Partición vertical en contacto con espacios no habitables	1,69	1,69	0,75

Como se puede apreciar, antes de la rehabilitación, ningún elemento constructivo cumplía con el CTE DB-HE 1. En algunos casos, como en el de la cubierta, se llega a quintuplicar la transmitancia máxima permitida. En fachadas, huecos y particiones verticales los valores llegan a duplicar o triplicar la exigencia establecida por el CTE.

Tras la rehabilitación, la mayoría de los elementos cumplen, excepto la partición vertical en contacto con espacios no habitables, que se ha mantenido igual que antes por la imposibilidad de trasdosar aislamiento térmico debido a la ubicación

de los sanitarios. Al tratarse de una rehabilitación, es aceptable que los elementos como la cubierta o la fachada cumplan sin mucho margen la exigencia. Cabe destacar las ventanas, de alta calidad, las cuales cumplen holgadamente las transmitancias máximas exigidas por el CTE, suponiendo un tercio de la exigencia.

Respecto a la demanda energética, es necesario aclarar que las exigencias en los apartados *9.Resultados y exigencias en el edificio actual* y *10.Resultados y exigencias en el edificio rehabilitado* son en relación a la versión anterior del CTE (CTE DB-HE, 2017). A modo de resumen, las exigencias:

- DB-HE 0 exige un consumo de energía primaria no renovable inferior a 46,1 kWh/ m² año.
- DB-HE 1 exige una demanda límite de calefacción y refrigeración inferior a 15,0 kWh/ m² año

Tabla 10. Comparativa de valores de la demanda energética. Fuente: Elaboración propia

Tipo de demanda	DEMANDA ENERGÉTICA (kWh/m ² año)			
	Envolvente original	Envolvente rehabilitada	CTE DB-HE 0 (2017)	CTE DB-HE 1 (2017)
Anual no renovable	103,2	25,5	46,1	-
Calefacción	56,0	13,8	-	15
Refrigeración	31,5	7,9	-	15

Respecto a la normativa vigente (CTE DB-HE, 2019), se ha restringido la demanda anual no renovable de la sección HE 0, pasando de 46,1 a 28 kWh/m² año. Aun así, tras la rehabilitación del edificio se cumple con la exigencia.

En relación a la sección HE 1, en la versión actual se ha eliminado la exigencia de demanda estacional (calefacción y refrigeración) pero se han añadido nuevas limitaciones como son el coeficiente global de transmisión de calor (K), el control solar ($q_{sol;ju}$), y la permeabilidad al aire (Q_{100}).

Como último dato a comparar queda la calificación energética, que no es otra cosa que la etiqueta que define el consumo energético junto a las emisiones de los

edificios y los diferencia en distintos grados: desde la A, que es la etiqueta más sostenible, hasta la G.

Figura 48. Etiqueta de calificación energética. Fuente: Certificados Energéticos

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EXISTENTE ETIQUETA

DATOS DEL EDIFICIO

Normativa vigente construcción / rehabilitación: Inserte aquí la normativa vigente	Tipo de edificio: Dirección: Municipio: C.P. Inserte aquí la referencia catastral	Inserte aquí el tipo de edificio Inserte aquí la dirección Inserte aquí el municipio Inserte aquí el código postal Inserte aquí la C. Autónoma
---------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA

	Consumo de energía kWh / m ² año	Emisiones kg CO ₂ / m ² año
A más eficiente		
B		
C	XX	
D		XX
E		
F		
G menos eficiente		

REGISTRO

Inserte aquí el número de registro	Inserte aquí la fecha como dd/mm/aaaa Válido hasta dd/mm/aaaa
------------------------------------	------------------------------------------------------------------

ESPAÑA
Directiva 2010 / 31 / UE

La calificación energética del edificio pasa de ser una E en consumo y emisiones a ser una B, subiendo 3 escalones en el rango de la calificación energética.

En conclusión, tras haber efectuado la rehabilitación, se garantiza el cumplimiento de las dos secciones del CTE. El consumo es 4 veces menor comparado con el edificio original en verano y en invierno. En consecuencia, las emisiones de CO₂ también se ven reducidas en la misma proporción que la demanda.

Con estas tablas comparativas lo que se pretende demostrar es que con el diseño y la ejecución de una buena piel térmica se puede conseguir disminuir el consumo de energía hasta un 75% respecto de edificios tradicionales o con elementos de baja calidad.

12. COSTE DE LA REHABILITACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y AMORTIZACIÓN

En este apartado se cuantifica la inversión económica que supone la rehabilitación de la envolvente térmica. Para ello se ha hecho uso de la Base de precios del Instituto Valenciano de Edificación. Además, se define el tiempo en el que tardaría en amortizarse la inversión, debido al ahorro en el consumo de energía. (Base de precios IVE, 2019)

12.1 Cubierta

1. Demolición de la cubierta catalana, con tabiquillos conejeros y tablero de dos roscas de rasilla, manualmente, con retirada de escombros y carga sobre contenedor o acopio intermedio, sin incluir su posterior carga y transporte al vertedero.

$$14,70 \text{ €/m}^2 \times 142,4 \text{ m}^2 = 2.093,28 \text{ €}$$

2. Demolición del antepecho de fábrica de ladrillo hueco mediante martillo neumático, incluida la retirada de escombros a contenedor o acopio intermedio y sin incluir la carga y el transporte a vertedero.

$$26,07 \text{ €/m}^3 \times 14,11 \text{ m}^3 = 367,85 \text{ €}$$

3. Levantamiento de nuevo antepecho, realizado sobre primera hilada de bloque de hormigón YTONG, compuesto por un muro de dos hojas de fábrica para revestir, de 7 cm de espesor, realizado con ladrillos cerámicos huecos de 24 x 11,5 x 7 cm, aparejados de canto y recibidos con mortero de cemento M-5, con juntas de 1 cm de espesor, incluso replanteo, nivelación y aplomado, parte proporcional de enjarjes, mermas y roturas, humedecido de las piezas y limpieza, considerando un 3% de pérdidas y un 30% de mermas de mortero, según DB SE-F del CTE y NTE-FFL.

$$55,70 \text{ €/m}^2 \times 100,80 \text{ m}^2 = 5.614,56 \text{ €}$$

4. Formación de pendiente de azotea con 11 cm de espesor medio de hormigón aligerado celular, a base de cemento y productos aligerantes, terminado con capa de 1,5 cm de mortero de cemento para regularización de pendientes, incluso replanteo, parte proporcional de tabiquillos-guía y limas, maestrado de los mismos, mermas, roturas, fratasado del mortero y limpieza.

$$18,14 \text{ €/m}^2 \times 142,4 \text{ m}^2 = 2.583,14 \text{ €}$$

5. Impermeabilización de cubierta plana transitable con protección (solado fijo, aislante o flotante) para tráfico peatonal privado o público, mediante membrana impermeabilizante no adherida, compuesta por lámina de policloruro de vinilo (PVC), no apta para intemperie, de 1,2 mm de espesor, con armadura de malla de fibra de vidrio, colocada sin adherir al soporte y con los solapos unidos mediante calor, en faldones comprendidas entre 1 y 10 %.

$$15,31 \text{ €/m}^2 \times 142,4 \text{ m}^2 = 2.180,14 \text{ €}$$

6. Aislamiento térmico en cubiertas planas invertidas, con poliestireno extruido (XPS) de 60 mm de espesor, mecanizado lateralmente y de superficie lisa con una conductividad térmica de 0,034 W/ m K y resistencia térmica 1,76 m²K/W, reacción al fuego Euroclase E, incluso parte proporcional de elementos de sujeción y corte del aislante.

$$11,87 \text{ €/m}^2 \times 142,4 \text{ m}^2 = 1.690,29 \text{ €}$$

7. Pavimento flotante en azoteas transitables, realizado con soportes de material termoplástico, de base en pendiente y altura regulable entre 5-15 cm, colocados en seco o con pasta de cemento cola, baldosas de terrazo de 50 x 50 cm con acabado labrado y sin armadura, incluso limpieza previa del soporte, replanteo, parte proporcional de mortero, mermas y roturas.

$$23,24 \text{ €/m}^2 \times 142,4 \text{ m}^2 = 3.309,37 \text{ €}$$

Total cubierta= 2.093,28 + 367,85 + 5.614,56 + 2.583,14 + 2.180,14 + 1.690,29 +
3.309,37 = 17.838,63 €

12.2 Fachada

Sistema de Aislamiento Térmico Exterior (SATE-ETICS) suministrado e instalado conforme a su correspondiente Documento de Idoneidad Técnica Europeo (DITE), compuesto por:

Aislamiento térmico a base de paneles rígidos de poliestireno extruido (XPS) con una conductividad térmica de 0,034 W/m K, un espesor de 60 mm, una resistencia térmica de 1,76 m²K/W, una reacción al fuego Euroclase E, con marcado CE y según la UNE-EN 13164, fijados al soporte mediante mortero de cemento con resinas y aditivos y espigas de anclaje mecánico dispuestas en el perímetro, esquinas y centro de los paneles. Capa de refuerzo y base del acabado formada por una malla de fibra de vidrio convencional con tratamiento anti cal, con una abertura de malla de 4 x 4 mm, una resistencia a tracción (urdimbre) > 1500 N/ 50 mm y > 1000 N/ 50 mm tras el envejecimiento y un granaje entre 145 y 165 g/m², embebida en el centro de una capa de 5 cm de espesor de mortero industrial de albañilería M-10 aplicado con llana y con solapes de malla de 10 cm en las juntas, cantoneras, accesorios y perfiles de goteo. Capa de acabado impermeable al agua de lluvia y permeable al vapor de agua, formada por un revoco mineral de 1 mm de espesor acabado liso realizado con mortero mixto de cal, áridos de granulometría compensada, pigmentos y resinas hidrófugas con marcado CE según EN-UNE-998-1. Todo ello incluyendo la parte proporcional de la perfilería de arranque, cantoneras, formación de juntas, jambas y dinteles, remates y accesorios necesarios para la completa instalación del sistema conforme al DITE.

$$55,73 \text{ €/m}^2 \times 961,85 \text{ m}^2 = 53.603,90 \text{ €}$$

Total fachada= 53.603,90 €

12.3 Huecos

Debido a la dificultad de encontrar presupuestos públicos en las casas comerciales de carpinterías, se ha optado por hacer una estimación de presupuesto siguiendo la misma base de precios. Es necesario recordar que esto es una aproximación, y que el precio real que la marca comercial FINSTRAL adjudique a sus ventanas puede distar del precio aquí estimado.

1. Ventana de dos hojas deslizantes, de 100 x 150 cm de perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manillas y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble de control solar 4-12-6, incluso conjunto persiana, compuesto de capialzado 158/180 mm, lamas, guías, recogedor y cinta de accionamiento, montaje y regulación, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, clasificado a la estanquidad al agua según UNE-EN-122208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN-12210.

$$478,85 \text{ €/u} \times 50 \text{ u} = 23.942,50 \text{ €}$$

2. Ventana de dos hojas deslizantes, de 100 x 150 cm de perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manillas y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble de control solar 4-12-6, incluso conjunto persiana, compuesto de capialzado 158/180 mm, lamas, guías, recogedor y cinta de accionamiento, montaje y regulación, con clasificación a la permeabilidad al aire según UNE-EN 12207, clasificado a la estanquidad al agua según UNE-EN-122208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento según UNE-EN-12210.

$$589,02 \text{ €/u} \times 24 \text{ u} = 14.136,48 \text{ €}$$

3. Puerta balconera, sistema deslizante, formada por dos hojas deslizantes, de 200 x 220 cm de perfiles de PVC, con refuerzos interiores de acero galvanizado, manillas y herrajes bicromatados, acristalada con vidrio doble de control solar 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.

$$625,78 \text{ €/u} \times 12 \text{ u} = 7.509,36 \text{ €}$$

$$\text{Total huecos} = 23.942,50 + 14.136,48 + 7.509,36 = 45.588,34 \text{ €}$$

12.4 Suelo en contacto con el terreno

1. Demolición de losa maciza de hormigón armado mediante martillo neumático y equipo de oxicorte, incluida la retirada de escombros a contenedor o acopio intermedio y sin incluir la carga y el transporte a vertedero.

$$158,71 \text{ €/m}^3 \times 175,2 \text{ m}^2 \times 0,15 \text{ m} = 4.170,90 \text{ €}$$

2. 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.

$$22,87 \text{ €/m}^3 \times 175,2 \text{ m}^2 \times 0,30 \text{ m} = 1.202,05 \text{ €}$$

3. Suministro y vertido de capa de hormigón de limpieza HL-150/P/20, para formación de solera de asiento, con una dosificación mínima de cemento de 150 kg/m^3 , de consistencia plástica, tamaño máximo del árido 20 mm y 10 cm de espesor, en la base de la cimentación, vertido mediante bomba transportado y puesto en obra, según EHE-08, DB SE-C del CTE y NTE-CS.

$$11,14 \text{ €/m}^2 \times 175,2 \text{ m}^2 = 1.951,73 \text{ €}$$

4. Instalación del encofrado mediante sistema CAVITI, piezas c-30, incluido el transporte y montaje.

$$9,07 \text{ €/m}^2 \times 175,2 \text{ m}^2 = 1.589,07 \text{ €}$$

5. Solera de 10 cm de espesor, de hormigón HA-25/P/20/I fabricado en central, vertido mediante bomba, armada con malla electrosoldada de 15 x 15 cm y 5 mm de diámetro, de acero B 500 T, extendido sobre lámina aislante de polietileno, realizada sobre capa base existente,(no incluida en este precio).Incluso 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.

$$16,83 \text{ €/m}^2 \times 175,2 \text{ m}^2 = 2.948,62 \text{ €}$$

6. Aislamiento termoacústico en suelos bajo pavimento de uso doméstico, con poliestireno extruido (XPS) de 60 mm de espesor, mecanizado lateral recto y superficie lisa, con una conductividad térmica de 0,034 W/ m K y resistencia térmica de 1,76 m²K/W, reacción al fuego Euroclase E, código de designación XPS-EN 13164-t1-CS(10\Y)250-DLT(1)5-CC(2/1,5/50)60, cubierto por un film plástico de polietileno, incluso limpieza del soporte y corte.

$$22,68 \text{ €/m}^2 \times 175,2 \text{ m}^2 = 3.973,53 \text{ €}$$

7. Pavimento realizado con baldosas de terrazo para uso normal, grano medio, de 50 x 50 cm, tonos oscuros, colocado sobre capa de arena de 2 cm de espesor mínimo, tomadas con mortero de cemento M-5, incluso rejuntado con lechada de cemento coloreada de la misma tonalidad de las baldosas, eliminación de restos y limpieza, sin acabado según NTE/RSR-6.

$$23,81 \text{ €/m}^2 \times 175,2 \text{ m}^2 = 4.171,51 \text{ €}$$

Total solera = 4.170,90 + 1.202,05 + 1.951,73 + 1.589,07 + 2.948,62 + 3.973,53
+4.171,51 = **20.007,41 €**

12.5 Presupuesto total de la rehabilitación

El presupuesto total de la rehabilitación consiste en el sumatorio de todos los elementos constructivos a rehabilitar: cubierta, fachada, huecos y solera.

Presupuesto total de la rehabilitación = 17.838,63 + 53.603,90 + 45.588,34 + 20.007,41 = 137.038,28 €

12.6 Amortización de la rehabilitación

Para saber el periodo en el que la rehabilitación se ha amortizado, es decir, el momento en que los beneficios que ha producido son iguales a los costes, habrá que dividir el presupuesto de la actuación entre el ahorro que genera en comparación con la envolvente anterior. De esta manera:

Tiempo de amortización (años) = Presupuesto (€) / Ahorro anual (€/año)

Para detallar el ahorro anual en €, antes se debe calcular el ahorro en kWh y en emisiones de CO₂ y obtener el precio de estos en páginas web. (TarifaLuzHora, 2020) (Sendeco, 2020). Es necesario mencionar que el precio de la energía varía en función de la compañía contratada, la tarifa contratada (plana, fija o con discriminación horaria) y el tiempo (inflación, deflación, etc.)

Tabla 11. Comparativa de precios del kWh. Fuente: TarifaLuzHora

Compañía eléctrica	Precio (€/kWh)
Endesa	0,1199
Iberdrola	0,1147
Naturgy	0,1060
EDP	0,1146
Repsol	0,1290
Holaluz	0,1390
MEDIA	0,1205

Conociendo los datos de consumo antes de la rehabilitación (103,4 kWh/m² año) y después de esta (25,1 kWh/m² año), se procede a sacar el ahorro anual del

edificio multiplicando la diferencia de consumo por el valor medio del kWh (0,1205 €) y por los m² de superficie útil acondicionada (917 m²).

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

Ahorro anual en la demanda= (103,4 - 25,1) x 0,1205 x 917 = 8.652,03 €/año

El precio por tonelada de CO₂ en 2020 viene dado por la siguiente tabla:

Figura 49. Precio de la tonelada de CO₂ en 2020. Fuente: Sendeco

Precios CO2	EUA
Media anual	22,88 €
Enero	24,40 €
Febrero	24,12 €
Marzo	19,83 €
Abril	20,00 €
Mayo	19,96 €
Junio	23,33 €
Julio	27,45 €
Agosto	26,20 €

Haciendo uso de la tabla, se fija el precio del CO₂ en 22,88 €/tonelada, que es el valor que tiene la media anual desde Enero hasta Agosto.

Tabla 12. Emisiones de CO₂ en el edificio. Fuente: Elaboración propia

Emisión	EMISIONES CO ₂ (kg/m ² año)	
	Envolvente original	Envolvente rehabilitada
Calefacción	15,4	3,8
Refrigeración	5,2	1,2
TOTAL	20,6	5,0

Ahorro anual en emisiones = (Emisiones envolvente original – Emisiones envolvente rehabilitada) x Precio CO₂/1000 x Superficie útil acondicionada

Ahorro anual en emisiones = (20,6 - 5,0) x 22,88/1000 x 917 = **327,30 €/año**

Con la suma del ahorro anual en la demanda y en las emisiones, se obtiene el ahorro total a lo largo de un año.

Ahorro total anual = 8.652,03 + 327,30 = **8979,33 €/año**

Se aplica la fórmula de Tiempo de amortización.

Tiempo de amortización (años) = Presupuesto (€) / Ahorro anual (€/año)

Tiempo de amortización (años) = 137.038,28 / 8979,33 = **15,3 años**.

13. CONCLUSIONES

A lo largo del presente trabajo, se ha ofrecido los datos de la manera más objetiva posible, siempre intentando informar al lector sin opinar ni influir en su opinión. No obstante, para finalizar y a modo de conclusión, me gustaría expresar mi opinión en relación a los datos obtenidos.

La visión desde el punto de vista económico de los resultados en la rehabilitación del edificio en el Grupo de viviendas Carretera de Barcelona, sería una visión parcial y de menor importancia. Por tanto, debemos analizar los datos tanto a nivel económico como a nivel ambiental.

En lo relativo a lo económico, es cierto que la viabilidad de la rehabilitación se ve comprometida por el tiempo que se tarda en amortizar el coste de la rehabilitación (15,3 años). Esto significa que los beneficios económicos se disponen a medio-largo plazo. Un ejemplo es el de un propietario anciano al cual le preguntan si estaría dispuesto a abonar una cantidad aproximada de 10.000 € sabiendo que es posible que no consiga amortizarlos. El proyecto pierde fuerza en estos casos.

Pero como he dicho antes, ver el proyecto desde ese punto de vista sería un error. Pensando a nivel colectivo, como ciudadanos y habitantes de este planeta, hace que esta actuación tenga sentido, fuerza y relevancia. Dejando atrás los costes económicos, que son importantes pero de menor calado comparado con los

ambientales, se propone con un cambio de mentalidad, un camino hacia vivienda sostenible.

A nivel técnico la intervención de la propuesta supone:

- Mejora de la calificación energética, pasando de ser E a B.
- Una reducción de emisiones de CO₂ de 75%, pasa de emitir 20,6 Kg/m² año a 5,1 Kg/m² año.
- Una reducción de la demanda energética para alcanzar el confort térmico de 75%, el edificio pasa de consumir 103,2 kWh/m² año a 25,5 kWh/m² año.
- Un ahorro energético aproximado de un 60% comparado con un proyecto de demolición y obra nueva de superficies similares.
- Un ahorro energético en la cubierta de 5,17 kWh/m² año, la cual influye en un 9,75% con un coste de rehabilitación es de 17.838,63 €. El coste de la unidad de repercusión es de 1.829,60 €
- Un ahorro energético en la fachada de 31,65 kWh/m² año la cual influye en un 59,72% con un coste de rehabilitación es de 53.603,90 €. El coste de la unidad de repercusión es de 897,59 €.
- Un ahorro energético en las ventanas y ventanales de 7,84 kWh/m² año, los cuales influyen un 14,79% con un coste de rehabilitación de 45.588,34 €. El coste de la unidad de repercusión es de 3.082,37 €.
- Un ahorro energético en el suelo en contacto con el terreno de 0,1 kWh/ m² año, el cual influye un 0,18 % con un coste de 20.007,41 €. El coste de la unidad de repercusión es de 111.152,27 €
- Un ahorro energético en los puentes térmicos de 8,23 kWh/ m² año, los cuales influyen un 15,56 % con un coste integrado en las rehabilitaciones de los distintos elementos constructivos.

Para concluir, a lo largo del TFG se expone una metodología que no quiere ser anecdótica o demasiado particular, sino que busca ser aplicable de forma general en el parque inmobiliario existente, especialmente a los edificios de viviendas construidos anteriores a 1970, los cuales suponen un 34,31% del total de las viviendas del territorio nacional.

BIBLIOGRAFÍA

Base de precios IVE. Instituto Valenciano de la Edificación, 2019. Disponible en:

<https://www.five.es/productos/herramientas-on-line/visualizador-2019/>

Baydal, V., 2015. *La ciudad ideal del arquitecto Goerlich*, Plaza. Disponible en:

<https://valenciaplaza.com/la-ciudad-ideal-del-arquitecto-goerlich>

CAVITI, 2016. Disponible en:

<https://www.caviti.es/sistema-caviti/definicion>

De Luxán, M., Vázquez, M., Tendero, R., Gómez, G., Román, E. y Barbero, M., 2010. *Justificación de la necesidad de rehabilitación como prioridad*. Disponible en:

<http://www.coag.es/websantiago/pdf/rehabilitacion.pdf>

De Vicente, V., Langa, J. y Sequí, A., 2018. *Arquitectura y energía. Hacia los edificios de consumo nulo*. Valencia: Inter Técnica Ediciones

FINSTRAL, 2019. Disponible en:

<https://www.finstral.com/es/ventanas/la-gama-de-ventanas/siempre-una-panor%C3%A1mica-completa/63-0.html?bFilterSelected=false>

Fundación Goerlich, 2020. Disponible en:

<https://fundaciongoerlich.blogspot.com/>

INE. Instituto Nacional de Estadística, 2011. Disponible en:

<https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t20/e244/viviendas/p01/l0/&file=00012.px#!tabbs-tabla>

IVE. Instituto Valenciano de la Edificación, 2017. Disponible en:

<https://www.five.es/tienda-ive/cerma/>

Llopis, T., Benito, D., y Sánchez, D., 2014. **Javier Goerlich Lleó. Arquitecto valenciano [1886-1914-1972]**. Valencia: Ajuntament de València.

Ministerio de Fomento, 2015. **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, 2017. **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/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DccHE_201806.pdf

Ministerio de Fomento, 2019. **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/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

Ministerio de Fomento, 2020. **Código Técnico de la Edificación. Documento de Apoyo al Documento Básico DB-HE Ahorro de energía. Volumen 1.** . Ed. Dirección General de la Vivienda, la Arquitectura y el Urbanismo, Madrid. Disponible en:

https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA_DB-HE-1_Calculo_de_parametros_caracteristicos_de_la_envolvente.pdf

ODS. Objetivos de Desarrollo Sostenible, 2015. Disponible en:

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Red Eléctrica de España, 2019. Disponible en:

<https://www.ree.es/en/press-office/news/press-release/2019/12/spain-closes-2019-10-more-installed-renewable-power-capacity>

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%20Le%C3%B3n%20naci%C3%B3n%20de%20importaci%C3%B3n%20centroeurop%C3%A9a>

Sendeco, 2020. Disponible en:

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

TarifaLuzHora, 2020. Disponible en:

<https://tarifaluzhora.es/info/precio-kwh#que-es-kwh-luz>

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/>

YTONG, 2016. Disponible en:

<https://www.ytong.es/>