



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería de
Edificación

Comparativa de modelos energéticos horarios frente a
simplificados en la Ciudad de Valencia. Consideraciones
sobre climas futuros

Trabajo Fin de Máster

Máster Universitario en Edificación

AUTOR/A: Jacquet Alvarez, Guido Ignacio

Tutor/a: Guillén Guillamón, Ignacio Enrique

Cotutor/a externo: Saez, Vanesa Celina

Director/a Experimental: Mendiguchia Fontes, Fernando Aitor

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

AGRADECIMIENTOS

Quisiera expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han sido parte fundamental en la realización de este trabajo final de máster.

En primer lugar, quiero agradecer a mis tutores Ignacio Guillén, Vanesa Sáez y Fernando Mendiguchia. Su paciencia y constante apoyo han sido invaluable a lo largo de este proceso. Sus conocimientos han enriquecido este trabajo de manera significativa, y sus consejos y sugerencias han sido cruciales para su desarrollo y finalización.

A mis padres, por creer en mí y brindarme su apoyo. A mis hermanos, a Benicio y Lupe, por estar siempre presentes ofreciendo palabras de ánimo que me han permitido mantener el equilibrio durante este intenso período de estudio.

Finalmente, extendiendo mi gratitud a todos aquellos que, de una u otra manera, han contribuido a la culminación de esta tesis. Su apoyo, aunque no mencionado individualmente, es altamente valorado y recordado.

Gracias a todos, Guido.

RESUMEN

En la Estrategia Mission 2030, la ciudad de Valencia participa en el programa de la UE "100 Climate-neutral Cities by 2030" como una de las 100 ciudades seleccionada climáticamente neutras en 2030. Entre otros, este objetivo supone reducir las emisiones de GEI un 40% para el año 2030 con relación a los niveles de 1990. En Europa el 25% de las emisiones de GEI están relacionadas con la edificación. Por lo que evaluar el estado actual y efecto de medidas de mitigación es fundamental de cara a la consecución de los objetivos políticos establecidos. Bajo este contexto, las emisiones de CO₂ en edificación en fase de uso están relacionadas con el consumo de energía de calefacción, refrigeración y agua caliente. Al pasar de escala edificio (procesos de certificación energética) a una escala mayor (barrio, distrito y ciudad) los modelos de simulación detallados suponen una carga de trabajo importante y de difícil acometida por lo que para estos estudios se emplean modelos simplificados basados en datos climáticos mensuales y no horarios. Además, se centran en la demanda de calefacción, dejando de lado la refrigeración. Dada la evolución de los efectos del Cambio Climático y el aumento de la temperatura ambiente parece adecuado estudiar la convergencia entre modelos considerando climas futuros y no únicamente los de los últimos años. Este trabajo pretende establecer el margen de error asumido en esta simplificación estudiando las tipologías edificatorias de la Ciudad de Valencia. La metodología de trabajo se centra en la simulación energética completa del edificio con datos horarios de clima actual y escenarios futuros. Los datos obtenidos se contrastan con las aproximaciones realizadas por el ERESEE (Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España) el cual emplea modelos simplificados. Los resultados más relevantes demuestran desviaciones que son realmente significativas a nivel ciudad. Como conclusión, la tendencia de la demanda de refrigeración se perfila a aumentar levemente a medida que los edificios son más modernos y la demanda de calefacción se perfila a disminuir a medida que los edificios son más modernos dejando en evidencia el poco aislamiento en los edificios más antiguos.

Palabras Clave:

Gases Efecto Invernadero, demanda energética, eficiencia energética, modelos de simulación, cambio climático.

Abstract

In the Mission 2030 Strategy, the city of Valencia participates in the EU program “100 Climate-neutral Cities by 2030” as one of the 100 cities selected to be climate neutral in 2030. Among others, this objective involves reducing GHG emissions by 40% by 2030 compared to 1990 levels. In Europe, 25% of GHG emissions are related to buildings. Therefore, evaluating the current status and effect of mitigation measures is essential to achieve the established political objectives. In this context, CO₂ emissions in buildings in the use phase are related to the energy consumption of heating, cooling and hot water. When moving from the building scale (energy certification processes) to a larger scale (neighborhood, district and city), the detailed simulation models represent a significant workload and are difficult to undertake, which is why simplified models based on data are used for these studies. monthly and not hourly climatic conditions. Furthermore, they focus on heating demand, leaving aside cooling. Given the evolution of the effects of Climate Change and the increase in ambient temperature, it seems appropriate to study the convergence between models considering future climates and not only those of recent years. This work aims to establish the margin of error assumed in this simplification by studying the building typologies of the City of Valencia. The work methodology focuses on the complete energy simulation of the building with hourly data on current climate and future scenarios. The data obtained is contrasted with the approaches made by the ERESEE (Long-term strategy for energy rehabilitation in the building sector in Spain), which uses simplified models. The most relevant results demonstrate deviations that are truly significant at the city level. In conclusion, the trend in cooling demand is likely to increase slightly as buildings become more modern, and heating demand is likely to decrease as buildings become more modern, revealing the lack of insulation in the most modern buildings. ancient.

Key Words:

Greenhouse Gas Emissions, Energy demand, Energy efficiency, Simulation models, climate change.

Resumen (en valenciano)

En l'Estratègia Mission 2030, la ciutat de València participa en el programa de la UE "100 Climate-neutral Cities by 2030" com una de les 100 ciutats seleccionada climàticament neutres en 2030. Entre altres, este objectiu suposa reduir les emissions de GEI un 40% per a l'any 2030 en relació amb els nivells de 1990. A Europa el 25% de les emissions de GEI estàs relacionades amb l'edificació. Pel que avaluar l'estat actual i efecte de mesures de mitigació és fonamental de cara a la consecució dels objectius polítics establits. Sota este context, les emissions de CO₂ en edificació en fase d'ús estan relacionades amb el consum d'energia de calefacció, refrigeració i aigua calenta. En passar d'escala edifici (processos de certificació energètica) a una escala major (barri, districte i ciutat) els models de simulació detallats suposen una càrrega de treball important i de difícil escomesa pel que per a estos estudis s'empren models simplificats basat en dades climàtiques mensuals i no horaris. A més, se centren en la demanda de calefacció, deixant de costat la refrigeració. Donada l'evolució dels efectes del Canvi Climàtic i l'augment de la temperatura ambient sembla adequat estudiar la convergència entre models considerant climes futurs i no únicament els dels últims anys. Este treball pretén establir el marge d'error assumit en esta simplificació estudiant les tipologies edificatòries de la Ciutat de València. La metodologia de treball se centra en la simulació energètica completa de l'edifici amb dades horàries de clima actual i escenaris futurs. Les dades obtingudes es contrasten amb les aproximacions realitzades pel ERESEE (Estratègia a llarg termini per a la rehabilitació energètica en el sector de l'edificació a Espanya) el qual empra models simplificats. Els resultats més rellevants demostren desviacions que són realment significatives a nivell ciutat. Com a conclusió, la tendència de la demanda de refrigeració es perfila a augmentar lleument a mesura que els edificis són més moderns i la demanda de calefacció es perfila a disminuir a mesura que els edificis són més moderns deixant en evidència el poc asilamiento en els edificis més antics.

Paraules Clau:

Gasos Efecte d'hivernacle, Demanda d'energia, eficiència energètica, models de simulació, canvi climàtic.

INDICE

INDICE	6
INDICE DE FIGURAS.....	9
INDICE DE TABLAS	12
1-INTRODUCCION.....	14
2-ESTADO DEL ARTE.....	17
2.01 Misión climática de la comunidad europea.....	17
2.02 Metas y objetivos asumidos por España y Valencia	18
2.03 Escenario de cambio climático	19
2.04 Adaptación y resiliencia al cambio climático en el parque edilicio existente.....	20
2.05 Comportamiento energético	21
2.06 Modelos energéticos simplificados.....	21
2.07 Modelos energéticos dinámicos.....	22
3-OBJETIVOS.....	23
3.01 Objetivo general	23
3.02 Objetivos Específicos.....	23
4-METODOLOGÍA.....	24
4.01 Enfoque Metodológico.....	24
4.01.01 Elección del caso de estudio	25
4.01.02 Simulación energética completa del Edificio	26
4.01.03 Modelo geométrico.....	26
4.01.04 Modelo térmico	27
4.01.05 Simulación Energética régimen dinámico	31
4.01.06 Análisis de los resultados.....	31
4.02 Metodología aplicada	31
4.02.01 Determinación del caso de estudio	31
.....	33
4.03 IFC Builder – Modelado geométrico.....	34
4.03.01 Clúster Bb <40	34
4.03.02 Clúster Bb 41-60	35
4.03.03 Clúster Bb 61-80	36
4.03.04 Clúster Bb 81-07	37

4.03.05 Clúster Bb 08-19	38
4.04 CYPETHERM – Modelado Térmico	39
4.04.01 Datos térmicos y materiales.....	40
5-RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
5.01 Demanda energética por clúster – Clima actual	43
5.01.01 Demanda refrigeración	43
5.01.02 Demanda calefacción	44
5.01.03 Demanda total de energía	45
5.02 Demanda energética por Clúster - Clima futuro	46
5.02.01 Demanda refrigeración	46
5.02.02 Demanda calefacción	47
5.02.03 Demanda total de energía	48
5.03 Ajuste y análisis de resultados y desviaciones.....	50
5.03.01 Refrigeración SVPT.....	50
5.03.02 Calefacción SVPT	51
5.04 Demanda energética de la ciudad de Valencia - Clima actual	55
5.04.01 Demanda refrigeración	55
5.04.02 Demanda calefacción	56
5.04.03 Demanda total de energía	57
5.05 Demanda energética de la ciudad de Valencia - Clima futuro	58
5.05.01 Demanda refrigeración	58
5.05.02 Demanda calefacción	59
5.05.03 Demanda total de energía	60
6-CONCLUSIONES	61
7-BIBLIOGRAFIA	63
ANEJOS	65
Anejo 1 – Detalles constructivos de los modelos.....	65
Clúster Bb <40.....	65
Clúster Bb 41-60	71
Clúster Bb 61-80	76
Clúster Bb 81-07	82
Clúster Bb 08-19	87

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-Diagrama de metodología.....	24
Figura 2-Zonas climáticas de España	28
Figura 3-Comparativa de unidades de viviendas construidas para los clústeres Uu, Cc,y Bb.....	33
Figura 4-Clúster Bb<40.....	34
Figura 5-Clúster Bb 41-60	35
Figura 6-Clúster Bb 61-80	36
Figura 7-Clúster Bb 81-07	37
Figura 8-Clúster Bb 08-19	38
Figura 9-Datos de emplazamiento	40
Figura 10-Solución constructiva.....	41
Figura 11-Clima actual verano demanda refrigeración.....	43
Figura 12-Clima actual invierno demanda calefacción	44
Figura 13-Clima actual demanda total de energía por clúster	45
Figura 14-Clima futuro verano demanda refrigeración.....	46
Figura 15-Clima futuro verano demanda calefacción	47
Figura 16-Clima futuro demanda total de energía por clúster	48
Figura 17-Clima actual verano demanda refrigeración sin ventilación ni puentes térmicos	50
Figura 18-Clima actual invierno demanda calefacción sin ventilación ni puentes térmicos	51
Figura 19-Clima actual verano demanda refrigeración para la ciudad de Valencia	55
Figura 20-Clima actual invierno demanda calefacción para la ciudad de Valencia	56
Figura 21-Clima actual demanda total de energía para la ciudad de Valencia..	57
Figura 22-Clima futuro verano demanda refrigeración para la ciudad de Valencia	58
Figura 23-Clima futuro invierno demanda calefacción para la ciudad de Valencia	59
Figura 24-Clima futuro demanda total de energía para la ciudad de Valencia .	60
Figura 25-Clúster Bb <40.....	65
Figura 26-Clúster Bb <40 Muro de fachada	66
Figura 27-Clúster Bb <40 Muro de medianera	66
Figura 28-Clúster Bb <40 Soleras	67
Figura 29-Clúster Bb <40 Forjados de entrepisos	67
Figura 30-Clúster Bb <40 Cubierta	68
Figura 31-Clúster Bb <40 Huecos acristalados.....	68
Figura 32-Clúster Bb <40 Puentes térmicos	70
Figura 33-Clúster Bb 41-60	71
Figura 34-Clúster Bb 41-60 Muro de fachada.....	72
Figura 35-Clúster Bb 41-60 Muro de medianera.....	72

Figura 36-Clúster Bb 41-60 Soleras.....	73
Figura 37-Clúster Bb 41-60 Forjados de entrepisos.....	73
Figura 38-Clúster Bb 41-60 Cubierta	74
Figura 39-Clúster Bb 41-60 Huecos acristalados	74
Figura 40-Clúster Bb 41-60 Puentes térmicos	75
Figura 41-Clúster Bb 61-80	76
Figura 42-Clúster Bb 61-80 Muro de fachada.....	77
Figura 43-Clúster Bb 61-80 Muro de medianera.....	77
Figura 44-Clúster Bb 61-80 Soleras.....	78
Figura 45-Clúster Bb 61-80 Forjados de entrepiso	78
Figura 46-Clúster Bb 61-80 Cubierta	79
Figura 47-Clúster Bb 61-80 huecos acristalados.....	79
Figura 48-Clúster Bb 61-80 Puentes térmicos	81
Figura 49-Clúster Bb 81-07	82
Figura 50-Clúster Bb 81-07 Muro de fachada.....	83
Figura 51-Clúster Bb 81-07 Muro de medianera.....	83
Figura 52-Clúster Bb 81-07 Soleras.....	84
Figura 53-Clúster Bb 81-07 Forjados de entrepisos.....	84
Figura 54-Clúster Bb 81-07 Cubiertas	85
Figura 55-Clúster Bb 81-07 Huecos acristalados	85
Figura 56-Clúster Bb 81-07 Puentes térmicos	86
Figura 57-Clúster Bb 08-19	87
Figura 58-Clúster Bb 08-19 Muro de fachada.....	88
Figura 59-Clúster Bb 08-19 Muro de medianera.....	88
Figura 60-Clúster Bb 08-19 Soleras.....	89
Figura 61-Clúster Bb 08-19 Forjados de entrepisos.....	89
Figura 62-Clúster Bb 08-19 Cubierta	90
Figura 63-Clúster Bb 08-19 Huecos acristalados	90
Figura 64-Clúster Bb 08-19 Puentes térmicos	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-Condiciones operacionales	29
Tabla 2-Solicitaciones interiores y niveles de ventilación	29
Tabla 3- Matriz de definición de los clústeres de vivienda.....	32
Tabla 4-Número total de viviendas por clúster.....	32
Tabla 5- Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).....	34
Tabla 6- Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).....	35
<i>Tabla 7- Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).....</i>	<i>36</i>
<i>Tabla 8 Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla 9- Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).....</i>	<i>38</i>
Tabla 10-Transmitancias térmicas (U).....	41
Tabla 11 - Porcentaje de diferencia entre modelos por clúster.....	43
Tabla 12 - Porcentaje de diferencia entre modelos por clúster.....	44
Tabla 13 - Porcentaje de diferencia entre modelos por clúster.....	46
Tabla 14 - Porcentaje de diferencia entre modelos por clúster.....	47
Tabla 15- Tabla resumen con los resultados de totales de las demandas de refrigeración y calefacción de los modelos detallados y los simplificados.	52
Tabla 16- Tabla resumen con los resultados sumados de refrigeración y calefacción de los modelos simplificados y detallados.	52
Tabla 17- Comparativa de superficies construidas y sus porcentajes para los clústeres Bb	53
Tabla 18- Comparativa de demandas para refrigeración y calefacción de los modelos simplificados y detallados para cada clúster Bb a nivel ciudad	53
Tabla 19- Demandas según superficie construida para clima actual de la ciudad de Valencia	54
Tabla 20-Demandas según superficie construida para clima futuro de la ciudad de Valencia	54

1-INTRODUCCION

La participación de la Ciudad de Valencia en la Estrategia Mission 2030, y su inclusión en el programa de la [Unión Europea \(UE\)](#) "100 Climate-neutral Cities by 2030" (Europea, Comision Europea, 2021), establece un desafío técnico de reducir el 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEIs) para el año 2030 tomando como referencia los niveles de 1990. En este contexto, el sector edilicio, responsable del 25% de las emisiones de GEI en Europa, adquiere especial relevancia.

El marco normativo de la Unión Europea (UE) en relación con el cambio climático incluye medidas específicas para mejorar la eficiencia energética de los edificios y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero del sector de la construcción. La Directiva de Eficiencia Energética de los Edificios (EPBD, 2023) es una de las herramientas legislativas clave, estableciendo requisitos para edificios nuevos y existentes y normas para la certificación energética de los mismos.

En 2012, la UE lanzó el Programa de Renovación Energética de Edificios, orientado a mejorar la eficiencia energética de los edificios existentes mediante su renovación y modernización. Este programa se complementa con estándares de eficiencia energética para productos de construcción y sistemas de calefacción y refrigeración.

La UE fijó un objetivo ambicioso de alcanzar la neutralidad de carbono para 2050, lo que requiere una reducción significativa de emisiones en todos los sectores económicos, incluido el de la construcción. Para ello, se propuso reducir en un 55% las emisiones de gases de efecto invernadero para 2030 y lograr que todos los edificios sean de cero emisiones para 2050. Desde 2030, todos los edificios nuevos deberán ser de cero emisiones (con una fecha límite de 2027 para los

edificios públicos nuevos), y se implementarán renovaciones obligatorias para mejorar la eficiencia energética de los edificios menos eficientes.

El Consejo de la UE y el Parlamento Europeo presentaron sus posiciones, proponiendo plazos y requisitos ligeramente diferentes, pero ambos enfocándose en normas más estrictas para la eficiencia energética y la eliminación de combustibles fósiles en los sistemas de calefacción para 2035. Estas medidas legislativas y normativas reflejan el compromiso de la UE con la construcción sostenible y la lucha contra el cambio climático, centrando sus esfuerzos en la eficiencia energética y la reducción de emisiones en el sector de la construcción.

Bajo este contexto España elaboró una Estrategia a largo plazo para la Rehabilitación Energética en el Sector de la Edificación en España, de aquí en más denominado ERESEE, con el objetivo de convertir el parque inmobiliario existente en eficientes desde el punto de vista energético y descarbonizadas antes de 2050 (ERESEE, 2020). Este caracteriza la tipología edilicia en España y determina los valores de demanda energética para calefacción para las diferentes zonas bioambientales. El método de evaluación utilizado es la simulación en régimen estacionario o lo que se denomina también como método simplificado con datos climáticos mensuales. Si bien este método permite alcanzar rápidamente datos de demanda energética a escala macro podrían introducir un margen de error significativo en contra posición a la carga computacional asociada a modelos de simulación detallados, con datos climáticos horarios, impracticable en estudios a mayor escala como barrios o ciudades, justifica la adopción de modelos simplificados. Es por eso que, este trabajo se enfoca en comprender y cuantificar la magnitud de la simplificación, especialmente en el contexto de las tipologías edificatorias en Valencia. En tal sentido, se intenta dar respuesta al siguiente interrogante ¿Cuál es el porcentaje de diferencia entre los valores de demanda calculados con modelos simplificados con datos mensuales frente a modelos detallados con datos horarios? En tal sentido, este estudio analiza si simulación en régimen estacionario y en régimen dinámico convergen

en resultados similares o no. Asimismo, a diferencia de estudios previos, que se cuantifican solo en la demanda de calefacción, esta investigación aborda de manera integral tanto la demanda de calefacción como la de refrigeración. Para los datos de refrigeración, se toma como referencia investigaciones previas (I+D+i, 2021) que evalúan la demanda mediante el método simplificado según la metodología (Serra Florensa & Coch Roura, 2019), la cual es también utilizada en el cálculo del ERESEE. Además, dada la proyección de cambios climáticos y el consiguiente aumento de la temperatura ambiente, se plantea una evaluación considerando escenarios climas futuros, divergiendo de las limitaciones de investigaciones anteriores centradas en condiciones climáticas pasadas.

Las disparidades entre las simulaciones de régimen estacionario y las de régimen dinámico podrían tener un impacto significativo a escala macro, especialmente cuando se analiza la gran cantidad de viviendas en el parque residencial inmobiliario. Estas diferencias podrían afectar en la eficiencia energética, el confort térmico y el impacto ambiental de toda una ciudad. De manera que, si las simulaciones de régimen estacionario no se ajustan a la demanda energética real de los edificios, esto resulta desfavorable en el dimensionado del consumo de energía en toda una comunidad. Es decir, se omitirían oportunidades relevantes para implementar estrategias de diseño que minimicen el consumo de energía y las emisiones de dióxido de carbono a nivel urbano. Bajo este escenario, se considera que la presente investigación ofrece una base sólida para futuros estudios en el área.

2-ESTADO DEL ARTE

2.01 Misión climática de la comunidad europea

La problemática actual del cambio climático contempla grandes desafíos como el aumento de las temperaturas, el cambio en los patrones climáticos y el aumento del nivel del mar. Esto genera el desequilibrio en los ecosistemas y la agricultura y, por lo tanto, afecta a la seguridad alimentaria y la salud humana. Afrontar estos desafíos requiere acciones pactadas a nivel global para minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero, adaptarse a los impactos inminentes del cambio climático y fomentar un desarrollo sostenible que ofrezca resistencia frente a los cambios climáticos del futuro. El sexto informe de evaluación del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC, <https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/>, 2023) es una selección rigurosa de documentaciones del cambio climático, sus impactos y posibles soluciones a la problemática. Este informe subraya la necesidad de reaccionar y tomar medidas para minimizar los GEIs y adaptarse a los impactos inminentes del cambio climático. Además, ofrece información relevante para los grandes responsables diplomáticos y la sociedad sobre los retos y oportunidades que encaramos en la lucha contra el cambio climático. Desde la década de 1990 hasta la proyección de 2050, Europa, España y la Comunidad Valenciana experimentaron una evolución significativa en su óptica hacia la reducción de las emisiones de dióxido de carbono equivalentes (CO_{2eq}) y a la adaptación del cambio climático particularmente en correspondencia con el sector de la construcción (MITECO, 2021).

En el contexto europeo, la Unión Europea (UE) estableció ambiciosos objetivos para abordar el cambio climático. Desde 1990, se trabajó en la implementación de políticas y regulaciones destinadas a minimizar las emisiones de gases de efecto invernadero. Estos esfuerzos se agigantaron con el tiempo, culminando en la promulgación de la Ley del Clima Europea en 2021, que establece como finalidad lograr la neutralidad climática para 2050 (Objetivo55, 2014). Este

enfoque legal solicita una transformación profunda en varios sectores, incluido el de la construcción, para reducir las emisiones de CO_{2eq} asociadas con los edificios.

2.02 Metas y objetivos asumidos por España y Valencia

En el ámbito español, se observa un desarrollo similar en la reducción de emisiones de CO_{2eq} y la metamorfosis hacia un modelo energético más sostenible. A partir de 1990, se ejecutaron varias medidas para mitigar el impacto ambiental, con un enfoque transformado en las últimas décadas en el aumento de la participación de las energías renovables (GBCe, 2020). La Ley 7/2021, de cambio climático y transición energética, establece objetivos claros para minimizar las emisiones de GEI en un 23% para 2030 y lograr la neutralidad climática en 2050 (BOE, 2019). Esta ley también resalta lo clave de modernizar los edificios existentes para mejorar su eficiencia energética y reducir sus emisiones de CO_{2eq}.

En tal sentido, a nivel país, se redactó la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España, de aquí en más ERESEE (ERESEE, 2020). Este se enfoca en la elaboración de una estrategia para la rehabilitación energética de edificios, tanto residenciales como no residenciales, con el objetivo de convertirlos en estructuras altamente eficientes desde el punto de vista energético y descarbonizadas antes de 2050. Esta iniciativa se enmarca en el cumplimiento de la Directiva 2010/31/UE de la Unión Europea sobre eficiencia energética de los edificios. Esta estrategia publicó su primera versión en 2014 y fue revisada y actualizada en varias ocasiones, siendo la última actualización en 2023 (Europea, 2021). Es de suma importancia destacar que, si bien el ERESEE proporciona una comprensión global de la demanda energética en condiciones estacionarias, no se utiliza para certificar normativas ni calcula emisiones de CO_{2eq}, lo que limita su aplicación en ciertos contextos de sostenibilidad ambiental.

En el caso puntual de la Comunidad Valenciana, confronta desafíos complejos relacionados con el cambio climático y las emisiones de CO_{2eq}. Considerando un

crecimiento económico y poblacional significativo desde 1990, la comunidad experimentó un aumento del 31% en las emisiones de CO₂, en relación con la tendencia nacional de reducción del 5% durante el mismo período. Esta diferencia resalta la necesidad de confrontar de manera más efectiva las emisiones de CO_{2eq} en la región. La modernización de los edificios residenciales y comerciales son claves en este sentido, ya que el sector de la construcción representa una parte significativa de las emisiones de CO_{2eq} de la Comunidad Valenciana. Se necesita una mayor inversión en la mejora de la eficiencia energética de los edificios y la aceptación de tecnologías sostenibles para minimizar las emisiones de CO_{2eq} y fortalecer la resiliencia ante los castigos del cambio climático, como el aumento de las temperaturas y la disminución de las lluvias.

2.03 Escenario de cambio climático

El cambio climático a nivel mundial continúa mostrando tendencias inquietantes. El año 2023 fue el más caluroso registrado hasta la actualidad. Dicho aumento trajo consigo situaciones climáticas extremas como olas de calor, sequías, inundaciones, que han causado enormes pérdidas económicas y daños sociales (IPCC, 2023). A pesar de los compromisos globales para disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, las políticas y tendencias actuales no generan buenas esperanzas para alcanzar los objetivos que son necesarios para reducir el calentamiento global a 1.5°C a menos que se realicen cambios radicales.

En Europa, se proyecta que las temperaturas sigan aumentando, lo que generará cambios que agraven la agricultura, los ecosistemas y la salud. Las políticas europeas están inclinadas hacia las energías renovables y en poner en marcha medidas de mitigación más rígidas para enfrentar estos desafíos.

España, como otros países de Europa, está viviendo estos cambios climáticos de una manera muy marcada sobre todo con la disponibilidad de agua. Las medidas consideradas para enfrentar esta situación contemplan disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero, multiplicar la eficiencia energética y fomentar la

aplicación de energías renovables. En Valencia, los impactos del cambio climático se manifiestan en tormentas intensas y sequías acentuadas en el tiempo. En esta batalla contra el cambio climático, es crucial implementar de manera efectiva políticas estrictas de mitigación y adaptación para reducir los impactos negativos y construir una sociedad más adaptable frente a los desafíos climáticos futuros.

2.04 Adaptación y resiliencia al cambio climático en el parque edilicio existente

Bajo este contexto, resulta necesario considerar el cambio de clima como factor condicionante para alcanzar las metas sobre eficiencia energética. Existe antecedentes sobre investigaciones que incluyen escenarios de cambios climáticos futuros en el cálculo de la demanda energética del edificio. En tal sentido, (Sleiman Farah, 2019), proporcionan un enfoque detallado sobre la integración de características de cambio climático en datos meteorológicos y su consiguiente impacto en el rendimiento energético de un espacio acondicionado. Denota tres características principales de cambio climático que se relacionan en los datos meteorológicos: el cambio de las temperaturas diarias máximas y mínimas, la modificación de la irradiación solar y el estudio del rendimiento energético de calefacción y refrigeración. El texto destaca la importancia de utilizar modelos estadísticos para ajustar los datos climáticos y reflejar el cambio climático proyectado. También resalta cómo estos cambios afectan el rendimiento energético de calefacción y refrigeración de los edificios, señalando la necesidad de considerar estas proyecciones en políticas energéticas y de construcción para mitigar los impactos negativos del cambio climático en el futuro cercano.

En adición, (Celina Filippín, 2017) proporcionan un análisis exhaustivo que contempla la eficiencia energética en edificaciones y su adaptación al cambio climático. Lleva a cabo un estudio retrospectivo del consumo energético, resaltando la importancia del gas y la electricidad en el total de consumo. Examina una alta variabilidad en los hábitos de los usuarios y su influencia en el consumo de energía. Además, estudian simulaciones térmicas para evaluar el

funcionamiento de las estructuras sujetas a distintas condiciones climáticas. El reporte también analiza estrategias de modernización para mejorar la resistencia térmica de las edificaciones.

Se observan diferentes opciones como el aumento de la ganancia solar directa y la conservación de energía mediante aislamiento térmico. Se realza la importancia de una visión integral en el diseño de edificios, que contemple la consideración de datos climáticos futuros y la simulación térmica para estudiar el rendimiento de las estrategias de diseño propuestas. En tal sentido, la rehabilitación de edificios es una temática crucial para abordar la escasez de energía y adaptarse al cambio climático. Se subraya la necesidad de políticas que promuevan el uso de tecnologías más eficientes y la consideración del diseño sostenible.

2.05 Comportamiento energético

Los modelos energéticos simplificados y los modelos energéticos dinámicos del edificio son herramientas clave en la evaluación del rendimiento energético y la eficiencia de los edificios. Mientras que los modelos simplificados ofrecen rapidez y facilidad de uso con resultados aproximados, los modelos dinámicos brindan un análisis detallado y preciso para una gestión energética más eficaz y optimizada de los edificios. Estos modelos están diseñados y son esenciales para una gestión energética nítida enfocados en la planificación estratégica de políticas a nivel urbano.

2.06 Modelos energéticos simplificados

Las simulaciones de régimen estacionario analizan el funcionamiento de la demanda energética en condiciones estables, lo que significa que contemplan un estado constante de las variables como la temperatura interior y exterior, la ocupación de la edificación y el funcionamiento de los sistemas de climatización e iluminación (IDAE, 2008). Esta visión proporciona un enfoque general de cómo

se distribuye y se utiliza la energía en un edificio bajo condiciones estáticas, lo que es útil para diseñar sistemas de climatización eficientes y resolver estándares de consumo energético.

2.07 Modelos energéticos dinámicos

Por otra parte, las simulaciones de régimen dinámico facilitan evaluar la variación de la demanda energética a lo largo del tiempo y en respuesta a cambios en las condiciones ambientales, de ocupación y operativas (CYPETHERM, 2018). Cabe destacar que en este estudio se utilizó como motor de cálculo el Energy Plus (ENERGY PLUS, 2024) y que Cypetherm es un GUI (Gráfico User Interface). Esta última herramienta tiene en cuenta agentes dinámicos como la variación de la temperatura exterior, la radiación del sol, la utilización de equipos eléctricos, la apertura de ventanas y puertas, entre otros. Esto ofrece una comprensión más detallada y realista del consumo de energía a lo largo de las 24 horas del día y a lo largo de las diferentes estaciones, lo que puede ayudar a registrar oportunidades para optimizar la eficiencia energética y mejorar el diseño de sistemas de climatización e iluminación (REE-INDEL, 1998).

Bajo este escenario, se observa que mientras que las simulaciones de régimen estacionario son útiles para concluir en un enfoque general del consumo de energía en condiciones estables, las simulaciones de régimen dinámico ofrecen una evaluación más precisa y detallada del funcionamiento energético en situaciones variables y en tiempo real. Ambas son herramientas importantes para el diseño y la optimización de edificaciones desde una perspectiva energética.

3-OBJETIVOS

3.01 Objetivo general

Analizar la convergencia de los modelos simplificados con los modelos detallados en la tipología edificatoria más relevante de la Ciudad de Valencia, considerando clima actual y escenarios de clima futuros.

3.02 Objetivos Específicos

1. Seleccionar el caso de estudio para la ciudad de Valencia considerando el más relevante de acuerdo con la cantidad construida respecto del total.
2. Determinar la demanda para refrigeración y calefacción de la tipología edilicia más relevante de la ciudad de Valencia mediante simulación energética en régimen dinámico, tanto para clima actual como futuro.
3. Analizar las diferencias entre los valores de demanda para la climatización determinados por los modelos simplificados y los obtenidos en la simulación energética dinámica.
4. Establecer un análisis de sensibilización de los datos en la simulación dinámica con el fin de calibrar o de aproximarse a las condiciones establecidas en la simulación simplificada.

4-METODOLOGÍA

4.01 Enfoque Metodológico

Esta propuesta de trabajo de investigación surge dentro del marco de la evaluación del estado actual y la necesidad de tomar medidas de mitigación de las emisiones de CO_{2eq} en edificación que están íntimamente relacionadas con el consumo de energía de calefacción, refrigeración y agua caliente. El enfoque metodológico combina la metodología Estudio de Caso (YIN, 2018) con la de Simulación Completa del Edificio en régimen dinámico (IDAE, 2008). Estas permiten determinar un proceso metodológico lógico y cronológico en diferentes etapas que se describen a continuación en la figura 1.

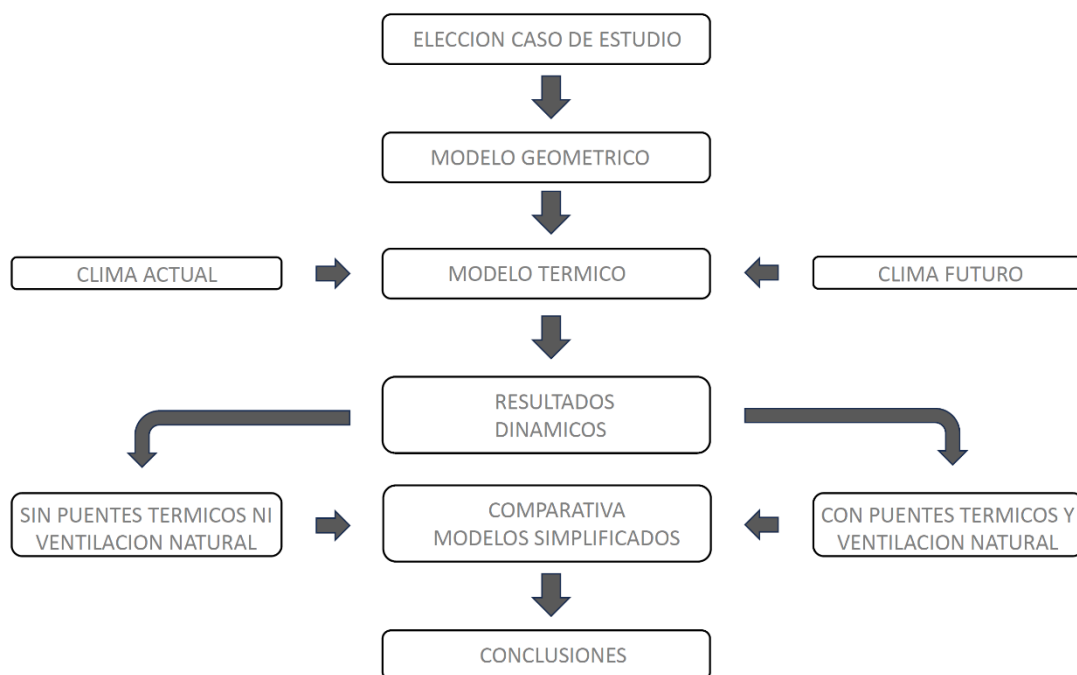


Figura 1-Diagrama de metodología

4.01.01 Elección del caso de estudio

En primera medida, se seleccionó el caso de estudio para la ciudad de Valencia considerando cuál de todos era el más significativo de acuerdo con su influencia porcentual respecto al total, los datos fueron obtenidos de catastro. Esta perspectiva permitió identificar los casos más representativos y descartar aquellos que no tenían relevancia significativa, asegurando así que el análisis se centrara en los elementos que realmente impactan el rendimiento energético global de Valencia.

Una vez seleccionado el caso de estudio más representativo, se continuo a la etapa de modelado. Para obtener una mayor precisión en la simulación energética, se optó por utilizar datos climáticos horarios en lugar de mensuales, como es común en los modelos simplificados. Estos datos climáticos horarios generan una resolución temporal más nítida, permitiendo capturar variaciones diarias y eventos climáticos extremos que influyen significativamente en el comportamiento energético del edificio. Esta metodología detallada asegura que el modelo simule con minuciosidad las condiciones reales a las que el edificio está sometido.

El uso de datos climáticos horarios implica un análisis más intensivo y una mayor cantidad de datos, pero los beneficios en términos de confiabilidad del modelo ratifican este enfoque. Esta precisión es crucial para el desarrollo de estrategias de eficiencia energética y para la implementación de políticas que buscan optimizar el uso de energía a nivel urbano. Al basar los modelos en datos horarios, se puede obtener una visión más realista del consumo energético para planificar diversas estrategias de mitigación y adaptación climática.

4.01.02 Simulación energética completa del Edificio

Los modelos detallados se componen de dos etapas previas a la simulación. La primera consiste en el modelo geométrico y la segunda al modelo térmico y se explican a continuación. Ambas etapas son necesarias para el desarrollo de modelos energéticos detallados, ya que posibilitan simular exhaustivamente el desempeño energético del edificio bajo condiciones diversas.

4.01.03 Modelo geométrico

La primera es la generación del modelo geométrico que contempla todo lo relacionado al entorno tridimensional del caso de estudio. Los datos necesarios por introducir son: a) el área útil, b) altura útil, c) superficie de ventanas y puertas en la envolvente exterior, además, d) zonas térmicas. En la presente investigación se utiliza IFC BUILDER. El modelado geométrico en IFC Builder (BUILDER, 2024) es un proceso de creación y gestión de modelos de información de construcción. Consiste en la representación digital de elementos arquitectónicos y constructivos utilizando geometría en tres dimensiones. Este proceso abarca la creación de objetos tridimensionales que representan elementos como muros, forjados, alturas interiores, huecos en fachadas, patios internos, cubiertas e incluso medianeras. Los modelos IFC contienen información no solo sobre la geometría de los elementos, sino también sobre sus propiedades, relaciones y funciones. Además, el modelado geométrico en IFC Builder es compatible con la integración de datos de otros softwares, como por ejemplo CYPETHERM, lo que colabora a una gestión eficiente y coherente del proyecto en todas sus etapas.

Una vez modelado nuestro caso de estudio, se referenció cada vivienda como un recinto con su respectiva clasificación por número de piso (1, 2, 3, 4, 5, 6) y tipología de vivienda por piso (A, B, C, D).

4.01.04 Modelo térmico

El modelo térmico contempla la información sobre el comportamiento higrotérmico del caso de estudio influenciado durante el clima actual y futuro. En la presente investigación se utiliza CYPETHERM. En tal sentido, es necesario introducir como datos:

- a) año meteorólogo típico (EPW) en clima actual y clima con escenario futuro de cambio climático.
- b) propiedades físicas de los materiales constructivos.
- c) puentes térmicos.
- d) cargas térmicas – iluminación y otros electrodomésticos, cantidad de personas renovaciones de aire por hora.
- e) calendarios de uso de la vivienda.
- f) temperatura de consignas para calefacción y refrigeración.

Asimismo, se edita este archivo EPW (Energy Plus Weather) según la predicción del escenario del cambio climático basado en el IPPC para 2050, aumentando la temperatura global aproximadamente 1,5 grados Celsius. Este proceso de creación de escenarios climáticos futuros es complejo y para conseguirlo se necesita la recopilación histórica y contemporánea de datos como temperaturas, precipitaciones, vientos y otros parámetros climáticos relevantes para desarrollar modelos climáticos avanzados que simulan interacciones entre la atmósfera, los océanos, la superficie terrestre y la biosfera. Estos modelos se utilizan para intentar predecir como el clima podría cambiar. El IPPC presenta diversos escenarios futuros posibles de acuerdo con las políticas y decisiones que se tomen a nivel global de las emisiones de gases invernadero. Con los modelos climáticos y los escenarios de emisiones, el IPPC desarrolla proyecciones climáticas que incluyen cambios esperados en periodos futuros. Los archivos EPW con datos climáticos actuales se ajustan utilizando estas proyecciones climáticas futuras del IPPC para reflejar los cambios proyectados en las condiciones climáticas necesarias.

Datos de localización y clima

En el Código Técnico de la Edificación (CTE) se establece en su documento básico de Ahorro de Energía las condiciones para el control de la demanda energética, las zonas climáticas en las que se divide España reconociéndolas con una letra para el clima de invierno y un número para el clima de verano como muestra la siguiente figura 2.

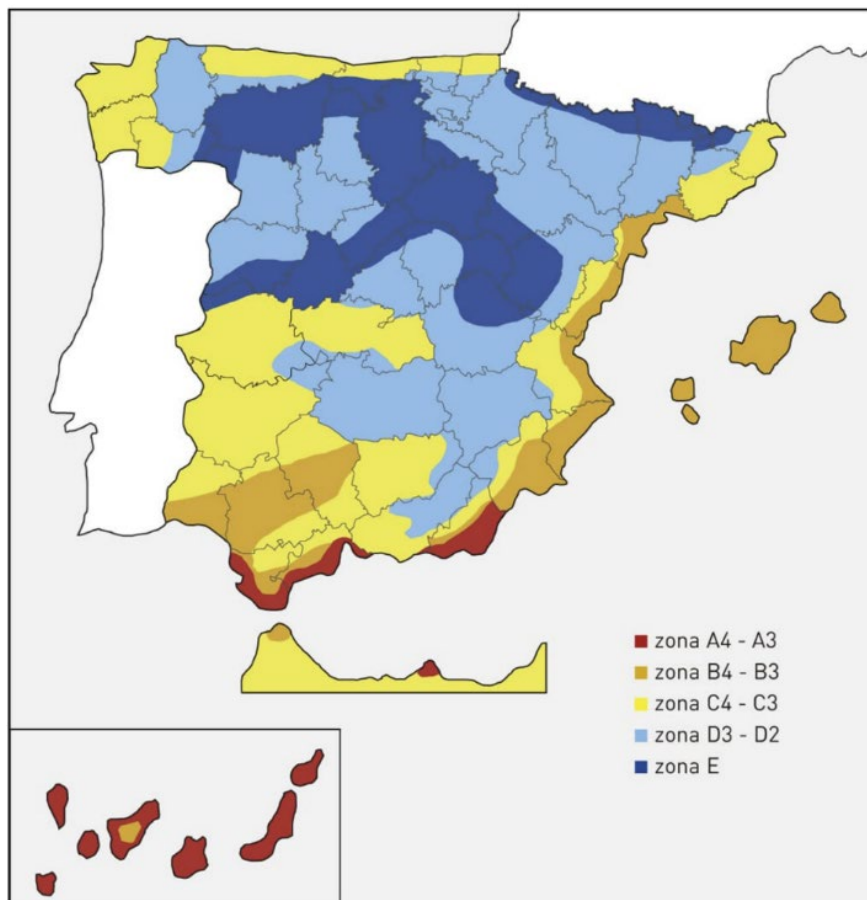


Figura 2-Zonas climáticas de España

Saber la zona climática es fundamental para definir las condiciones exteriores de un edificio y poder así conocer el comportamiento energético del mismo. En Valencia, nuestro caso de estudio se identifica con la zona B3 en términos de temperatura y radiación solar.

Definición de cargas internas y condiciones operacionales

La configuración de la asimilación se fundamenta en una estricta metodología que combina referencias normativas y directrices técnicas. En particular, se basa en el Anejo D del CTE DB HE (HE, 2022), "Condiciones operacionales y perfiles de uso", así como en las "Condiciones técnicas de los procedimientos para la evaluación de la eficiencia energética" elaboradas por el IDAE (IDAE-, 2020) y el MITMA, del gobierno de España. A continuación, vemos la tabla 1 con las condiciones operacionales y la tabla 2 con las cargas internas y los niveles de ventilación con sus respectivas distribuciones horarias.

Condiciones operacionales

		Distribución horaria																								
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h	
Perfil: Residencial (Uso residencial)																										
Temp. Consigna Alta (°C)																										
Enero a Mayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre		27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre a Diciembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temp. Consigna Baja (°C)																										
Enero a Mayo		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17

Tabla 1-Condiciones operacionales

Solicitaciones interiores y niveles de ventilación

		Distribución horaria																								
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h	
Perfil: Residencial (Uso residencial)																										
Ocupación sensible (W/m²)																										
Laboral		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado y Festivo		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
Ocupación latente (W/m²)																										
Laboral		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado y Festivo		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
Iluminación (W/m²)																										
Laboral, Sábado y Festivo		0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.2
Equipos (W/m²)																										
Laboral, Sábado y Festivo		0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	0.44	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.2
Ventilación (ren/h)																										
Laboral, Sábado y Festivo		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Ventilación verano (junio a septiembre) (ren/h)																										
Laboral, Sábado y Festivo		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

donde:

*: Número de renovaciones por hora del aire de la zona.

Ventilación: En las zonas en las que se ha seleccionado la opción de ventilación natural en verano, se aplica el perfil "Ventilación verano" entre los meses de junio y septiembre. El resto del año, se aplica el perfil "Ventilación".

Tabla 2-Solicitaciones interiores y niveles de ventilación

Procedimiento de cálculo de la demanda energética

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar la demanda de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía renovables y no renovables. Para ello, se ha empleado el documento reconocido CYPETHERM HE Plus. Mediante dicho programa, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo térmico zonal del edificio con el motor de cálculo de referencia Energy Plus versión 23.1, en la que hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico para mantener las condiciones operacionales definidas, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada y la energía final consumida, desglosando el consumo energético por equipo, servicio técnico y vector energético utilizado.

El cálculo de la energía primaria que corresponde a la energía final consumida por los servicios técnicos del edificio, teniendo en cuenta la contribución de la energía producida in situ, se realiza mediante el programa CteEPBD integrado en CYPETHERM HE Plus, desarrollado por IETcc-CSIC en el marco del convenio con el Ministerio de Fomento, que implementa la metodología de cálculo de la eficiencia energética de los edificios descrita en la norma EN ISO 52000-1:2017.

4.01.05 Simulación Energética régimen dinámico

Todos los datos antes mencionados en el modelo geométrico y térmico son introducidos en la herramienta informática que se utiliza para la simulación, los cuales permiten obtener los valores de demanda energética por climatización del edificio. En la presente investigación se utiliza CYPETHERM mediante el motor de cálculo ENERGY PLUS (ENERGY PLUS, 2024). Cabe destacar que se evalúan dos alternativas: a) el caso de estudio considerando la totalidad de los parámetros incluyendo ventilación natural nocturna en verano de 4 renovaciones/hora y todos los puentes térmicos como parte del modelo detallado y b) sin considerar estos parámetros.

4.01.06 Análisis de los resultados

En esta etapa se logra comparar los resultados obtenidos con los proporcionados por el ERESEE para calefacción y los datos obtenidos para refrigeración desde (I+D+i, 2021) Valencia para el clima actual. Además, se obtiene el valor de demanda por climatización tanto por vivienda y por la cantidad de propósitos del clúster estudiado para Valencia. Asimismo, se analizan las posibles causas de las divergencias entre modelos simplificados con los dinámicos. Y, por último, se pone de manifiesto los valores obtenidos aplicando escenario futuro de cambio climático. Esta etapa permite responder al interrogante de investigación y arribar a las conclusiones.

4.02 Metodología aplicada

4.02.01 Determinación del caso de estudio

Para la elección del caso de estudio se analizó el número total de viviendas por clúster a partir de la tabla 4 obtenido del documento (ERESEE, 2020). Cabe resaltar, que el ERRESE no presenta valores de demanda por refrigeración, por lo que a los fines de esta investigación se toma como referencia el método de cálculo simplificado (Serra Florensa & Coch Roura, 2019) para calcularlo siendo

este el que utiliza el ERESEE para la obtención de los valores de calefacción. Recordemos que los modelos del ERESEE no se utilizan para certificar normativa ni tampoco calculan emisiones de CO_{2eq}. Cabe mencionar que la nomenclatura de cada clúster, de la tabla 3 hace referencia a: U (viviendas unifamiliares), C (viviendas en edificios plurifamiliares con 2 o más viviendas y 3 o menos plantas), B (viviendas en edificios plurifamiliares con 2 o más viviendas y más de 3 plantas). La letra mayúscula o minúscula de cada clúster hace referencia a: Mayúscula (situación urbana - ciudades mayores de 20.000 habitantes), Minúscula (situación rural - ciudades menores de 20.000 habitantes). Cuando se usan las 2 letras, indica un clúster completo, situaciones urbana y rural vinculadas. Los números hacen referencia a la edad de construcción del edificio.

	Uu Vivienda Unifamiliar	Cc Vivienda en edificios plurifamiliares con 2 o mas viviendas y 3 o menos plantas	Bb Vivienda en edificios plurifamiliares con 2 o mas viviendas y mas de 3 plantas
Antes de 1940	Uu <40	Cc <40	Bb <40
1941-1960	Uu 41-60	Cc 41-60	Bb 41-60
1961-1980	Uu 61-80	Cc 61-80	Bb 61-80
1981-2007	Uu 81-07	Cc 81-07	Bb 81-07
2008-2011	Uu 08-11	Cc 08-11	Bb 08-11

Tabla 3- Matriz de definición de los clústeres de vivienda

Con base en lo antes expresado, se define como la tipología más significativa la Bb para Valencia porque contempla el 51,4% (12.623.600 viviendas) del total de las viviendas según el ERESSE en su documento "Segmentación del parque residencial de viviendas en España en clústeres tipológicos" (Fomento, 2019).

	Viviendas unifamiliares (U)	Viviendas colectivas 1 a 3 plantas (C)	Viviendas colectivas en bloque (B)	Totales
< 40	1.313.189	423.780	650.418	2.387.387
1941-1960	1.044.667	492.944	1.127.383	2.664.994
1961-1980	1.819.781	1.121.936	5.642.801	8.584.518
1981-2007	3.149.511	1.913.055	4.498.101	9.560.667
2008-2011	382.124	235.117	704.897	1.322.138
Totales	7.709.272	4.186.832	12.623.600	24.519.704

Tabla 4-Número total de viviendas por clúster.

Dentro del clúster Bb el más relevante es el Bb-61-80 ya que contempla el 44,7 % (5.642.801) del clúster Bb.

En la figura 3 se puede ver la cantidad de unidades construidas para el total de los clústeres y la relevancia de cada uno. El clúster Bb 61-80 es el elegido como referencia para el ajuste metodológico, análisis de resultados y desviaciones sin puentes térmicos ni ventilaciones por tener la máxima cantidad de viviendas construidas con más de 5 millones de unidades.

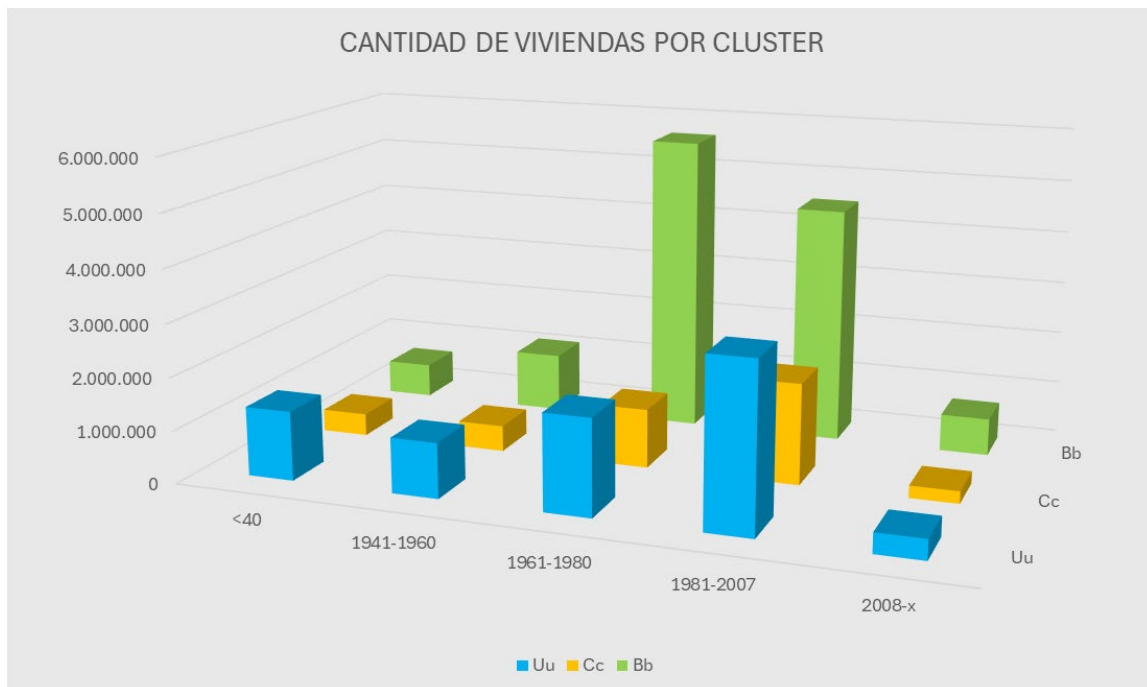


Figura 3-Comparativa de unidades de viviendas construidas para los clústeres Uu, Cc,y Bb

4.03 IFC Builder – Modelado geométrico

4.03.01 Clúster Bb <40

En este clúster, figura 4, se modelaron los 6 niveles de 2,9 metros de altura cada uno con sus 4 tipologías por nivel, dando un total de 24 viviendas. También los 5 patios internos que iluminan y ventilan las viviendas en altura y sus 2 medianeras laterales, una que acompaña la totalidad de la altura del edificio y la otra hasta su tercer nivel incluido. El total de altura del edificio es 17,4 metros.

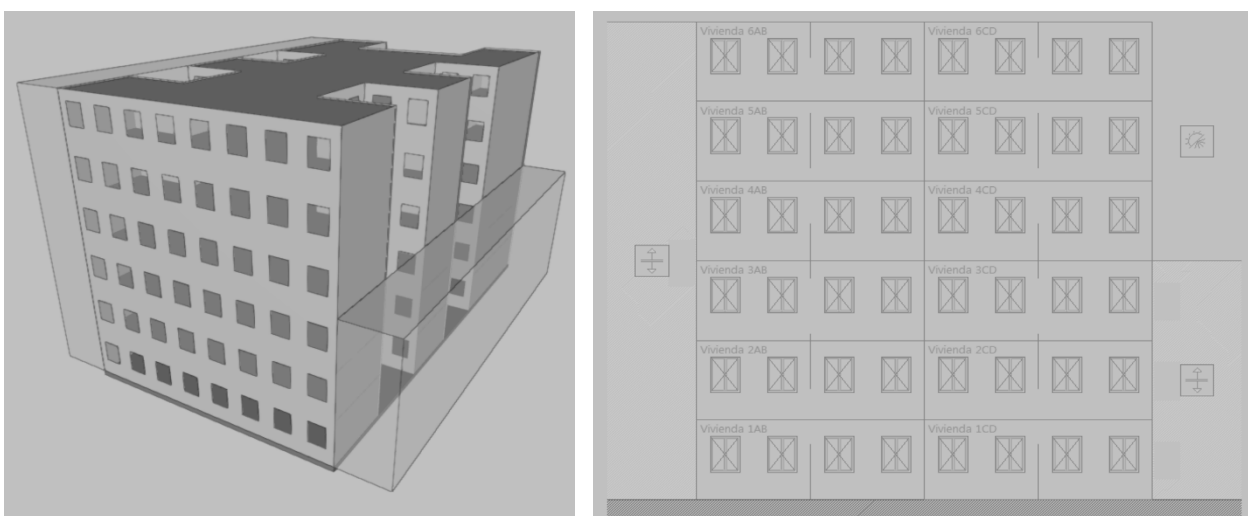


Figura 4-Clúster Bb<40

La superficie media de las viviendas es de 94,23 m², con 41,31 m² de fachada opaca y 12,72 m² de superficie de huecos en fachada. En la tabla 5 se puede ver toda la información de este clúster en particular.

Bb <40				
Superficie media vivienda tipo (m ²)	94,23	Superficies de envolventes	por vivienda	por 100 m ²
Número de plantas de edificio	6	m ² fachada	81,46	86,44
Número de viviendas por planta	4	m ² fachada OPACA	41,31	43,84
Relación frente/fondo (edificio tipo)	0,56	m ² fachada HUECOS	12,72	13,5
Relación frente/fondo (f) vivienda (vivienda tipo)	0,56	m ² medianera adiabática	27,43	29,1
Frente (edificio tipo) (m)	15,36	m ² cubierta	15,71	16,67
% medianeras en contacto con el exterior	25	m ² solera	15,71	16,67

Tabla 5- Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).

4.03.02 Clúster Bb 41-60

En este clúster, figura 5, se modelaron los 6 niveles de 2,9 metros de altura cada uno con sus 2 tipologías por nivel, dando un total de 12 viviendas, sin patios internos y con 2 medianeras laterales, ambas acompañando la totalidad de la altura del edificio. El total de altura del edificio es 17,4 metros.

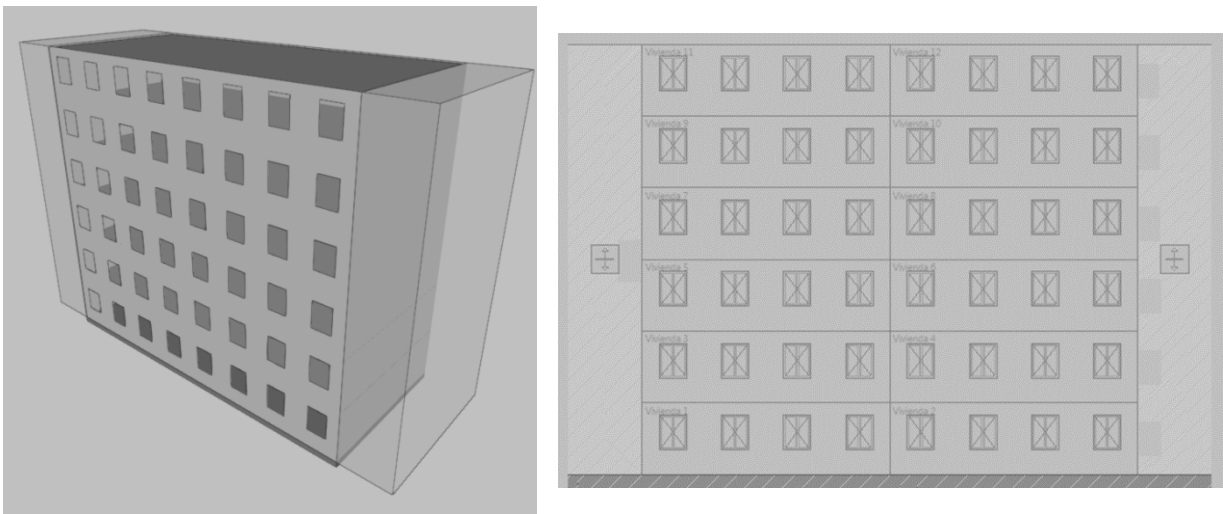


Figura 5-Clúster Bb 41-60

La superficie media de las viviendas es de 90,75 m², con 45,92 m² de fachada opaca y 12,25 m² de superficie de huecos en fachada. En la tabla 6 se puede ver toda la información de este clúster en particular.

Bb 41-60				
Superficie media vivienda tipo (m ²)	90,75	Superficies de envolventes	por vivienda	por 100 m ²
Número de plantas de edificio	6	m ² fachada	84,41	93,01
Número de viviendas por planta	2	m ² fachada OPACA	45,92	50,6
Relación frente/fondo (edificio tipo)	2,22	m ² fachada HUECOS	12,25	13,5
Relación frente/fondo (f) vivienda (vivienda tipo)	1,11	m ² medianera adiabática	26,24	28,92
Frente (edificio tipo) (m)	20,06	m ² cubierta	15,13	16,67
% medianeras en contacto con el exterior	-	m ² solera	15,13	16,67

Tabla 6- Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).

4.03.03 Clúster Bb 61-80

En este clúster, figura 6, se modelaron los 7 niveles de 2,9 metros de altura cada uno con sus 4 tipologías por nivel, dando un total de 28 viviendas. También los 2 patios internos que iluminan y ventilan las viviendas en altura y sus 2 medianeras laterales, ambas acompañando la totalidad de la altura del edificio. El total de altura del edificio es 20,3 metros.

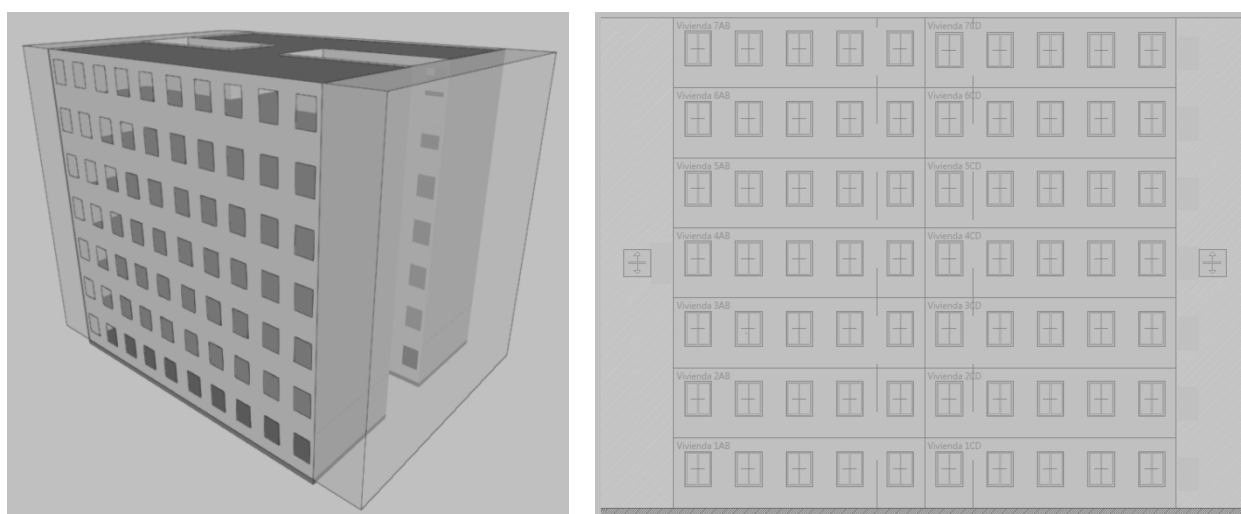


Figura 6-Clúster Bb 61-80

La superficie media de las viviendas es de 93,66 m², con 47,74 m² de fachada opaca y 12,64 m² de superficie de huecos en fachada. En la tabla 7 se puede ver toda la información de este clúster en particular.

Bb 61-80				
Superficie media vivienda tipo (m ²)	93,66	Superficies de envolventes	por vivienda	por 100 m ²
Número de plantas de edificio	7	m ² fachada	86,47	92,33
Número de viviendas por planta	4	m ² fachada OPACA	47,74	50,98
Relación frente/fondo (edificio tipo)	1,16	m ² fachada HUECOS	12,64	13,5
Relación frente/fondo (f) vivienda (vivienda tipo)	1,16	m ² medianera adiabática	26,09	27,85
Frente (edificio tipo) (m)	20,82	m ² cubierta	13,38	14,29
% medianeras en contacto con el exterior	-	m ² solera	13,38	14,29

Tabla 7- Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).

4.03.04 Clúster Bb 81-07

En este clúster, figura 7, se modelaron los 6 niveles de 2,9 metros de altura cada uno con sus 2 tipologías por nivel, dando un total de 12 viviendas, sin patios internos y con 2 medianeras laterales, ambas acompañando la totalidad de la altura del edificio. El total de altura del edificio es 17,4 metros.

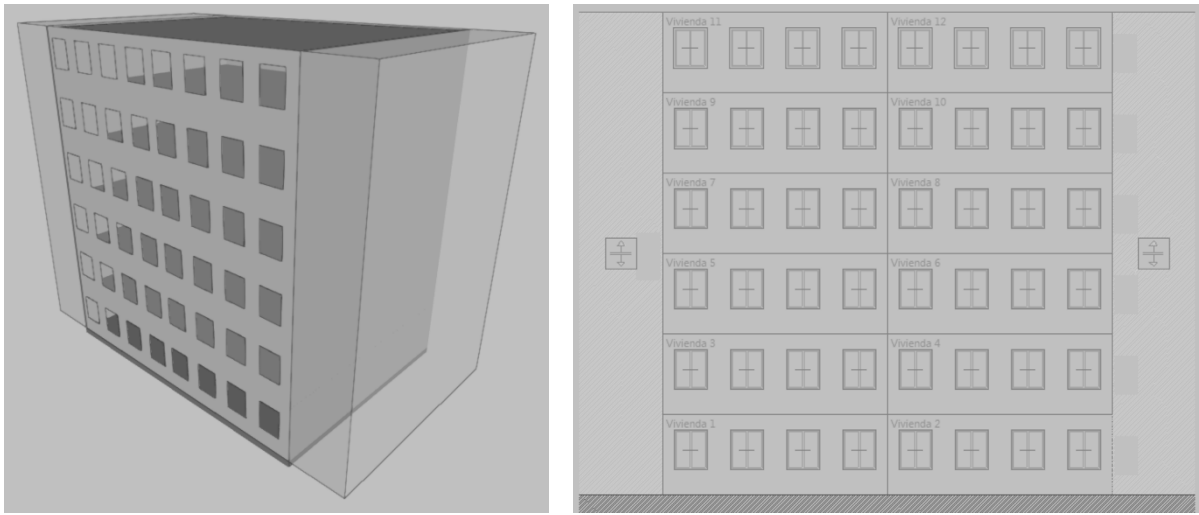


Figura 7-Clúster Bb 81-07

La superficie media de las viviendas es de 99,5 m², con 33,95 m² de fachada opaca y 13,91 m² de superficie de huecos en fachada. En la tabla 8 se puede ver toda la información de este clúster en particular.

Bb 81-07			
Superficie media vivienda tipo (m ²)	99,5	Superficies de envolventes	por vivienda por 100 m ²
Número de plantas de edificio	6	m ² fachada	84,06 83,03
Número de viviendas por planta	2	m ² fachada OPACA	33,95 33,77
Relación frente/fondo (edificio tipo)	1,32	m ² fachada HUECOS	13,91 13,5
Relación frente/fondo (f) vivienda (vivienda tipo)	0,66	m ² medianera adiabática	36,2 35,76
Frente (edificio tipo) (m)	16,22	m ² cubierta	17,17 16,67
% medianeras en contacto con el exterior	-	m ² solera	17,17 16,67

Tabla 8 Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).

4.03.05 Clúster Bb 08-19

En este clúster, figura 8, se modelaron los 6 niveles de 2,9 metros de altura cada uno con sus 2 tipologías por nivel, dando un total de 12 viviendas, sin patios internos y con 2 medianeras laterales, ambas acompañando la totalidad de la altura del edificio. El total de altura del edificio es 17,4 metros.

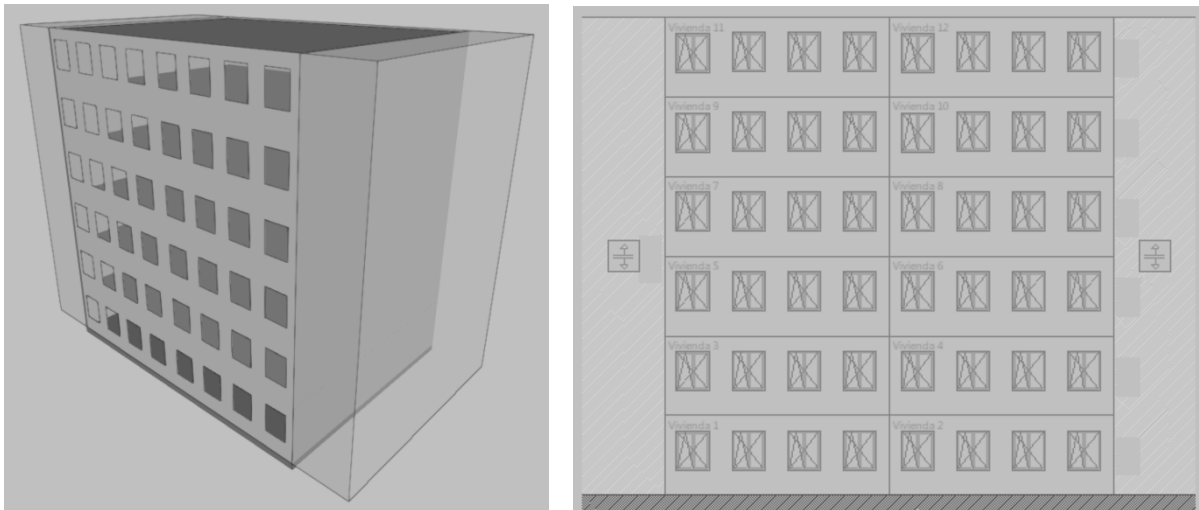


Figura 8-Clúster Bb 08-19

La superficie media de las viviendas es de 101,5 m², con 33,8 m² de fachada opaca y 13,7 m² de superficie de huecos en fachada. En la tabla 9 se puede ver toda la información de este clúster en particular.

Bb 08-19				
Superficie media vivienda tipo (m ²)	101,5	Superficies de envolventes	por vivienda	por 100 m ²
Número de plantas de edificio	6	m ² fachada	83,45	82,2
Número de viviendas por planta	2	m ² fachada OPACA	33,8	33,3
Relación frente/fondo (edificio tipo)	1,32	m ² fachada HUECOS	13,7	13,5
Relación frente/fondo (f) vivienda (vivienda tipo)	0,66	m ² medianera adiabática	35,94	35,41
Frente (edificio tipo) (m)	16,38	m ² cubierta	16,92	16,67
% medianeras en contacto con el exterior	-	m ² solera	16,92	16,67

Tabla 9- Valores de las características geométricas de los clústeres de vivienda plurifamiliar en edificios de más de 3 plantas (Bb).

4.04 CYPETHERM – Modelado Térmico

Una vez que todos los clústeres se modelaron, se hicieron los cálculos previos a exportar para confirmar la ausencia de errores. Seguidamente se compartió el modelo en la plataforma BIM server para poder comenzar con el modelado térmico en CYPETHERM. Este es un software de simulación térmica utilizado en el diseño y análisis de edificaciones que permite estudiar su comportamiento térmico (CYPETHERM, 2018). Este software puede vincularse con un servidor BIM (Building Information Modeling) para facilitar el intercambio de información entre ambos softwares y mejorar la eficiencia en el proceso de diseño y análisis de edificaciones.

Se importaron los modelos de IFC Builder a CYPETHERM a través de BIM server. Se consideraron dos variantes de cálculo. La primera, con todos los parámetros que ofrece CYPETHERM para el cálculo de las demandas y a la segunda variante se le anularon las opciones de ventilación natural nocturna en verano de 4 renovaciones/hora y todos los puentes térmicos. Se generaron dos archivos por cada clúster según dos orientaciones, norte-sur y este-oeste y se trabajó con los resultados medios de estos dos ficheros.

Los datos cargados para ambas variantes son los de emplazamiento, que se muestran en la figura 9, como la localización, la zona climática (fichero EPW de weather data con verano cálido y clima templado para el clima actual de Valencia y también para el clima futuro de 2050) y la orientación en grados (90° o 270° orientación norte-sur y 0° o 180° orientación este-oeste). Recordemos que en CYPETHERM también contempla las temperaturas, humedades y vientos, hora por hora durante los 365 días del año en contraste con la simplificación del ERESEE de la temperatura media del mes para los cálculos.

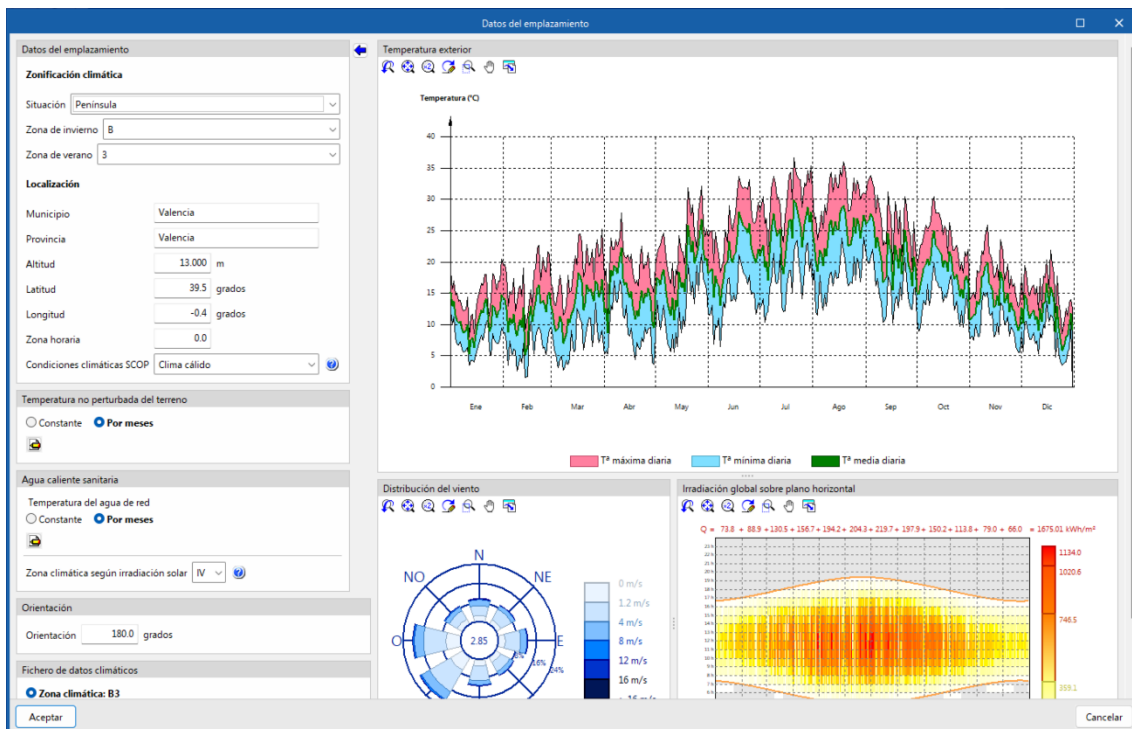


Figura 9-Datos de emplazamiento

Se cargan como referencia todas las unidades de uso correspondientes a cada uno de los clústeres y se les asignó la clasificación de la zona como habitable, con condiciones operacionales y confort interior con temperaturas de consigna CTE y de uso residencial, en nuestros casos de 3 habitaciones y 4 usuarios, 28 litros por persona y 60 °C de agua caliente. La ventilación e infiltraciones de acuerdo con el CTE y los tipos de recintos de uso residencial privado.

4.04.01 Datos térmicos y materiales

Se cargan los datos individualmente por cada clúster. Los datos térmicos cargados varían según la solución constructiva como muestra la figura 10 y podemos numerar, por ejemplo, la transmitancia térmica (U), capacidad térmica, calor específico, factor solar y puentes térmicos.

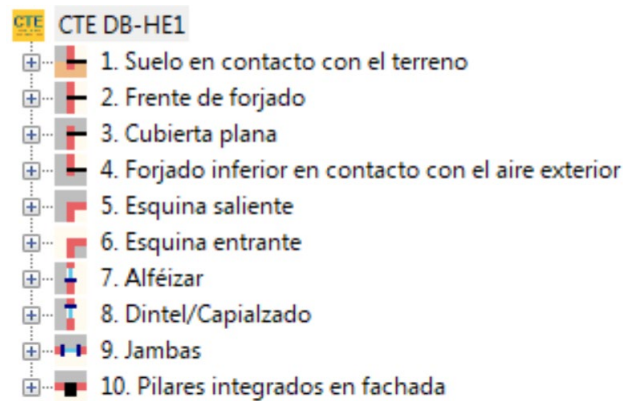


Figura 10-Solución constructiva

Los datos cargados para los materiales son espesores y densidades. Varían según la solución constructiva ya sea para cerramientos de fachadas y medianeras, soleras, forjados de entrepisos, cubierta y huecos acristalados. A continuación, y a modo resumen, se muestran en la tabla 10 todos los datos aplicados por cada clúster.

TRANSMITANCIA TERMICA (U): W/(m ² *K)						
CLUSTER	MURO FACHADA	MURO MEDIANERA	SOLERA	FORJADO ENTREPISOS	CUBIERTA	HUECOS ACRISTALADOS
<40	1,94	1,65	1,15	1,62	1,8	4,24
1941-1960	1,81	1,56	1,14	1,62	1,55	4,24
1961-1980	1,68	2,22	1,14	1,62	1,55	4,24
1981-2007	1,5	1,95	1,06	1,62	1,28	4,69
2008-2019	1,07	0,98	0,64	1,62	0,57	5,7

Tabla 10-Transmitancias térmicas (U)

Los detalles constructivos y las descripciones de los cerramientos se detallan en el anejo 1 al final del documento. Las soluciones constructivas que podemos ver son cerramientos de fachada y de medianeras, forjados de entrepisos, soleras, cubiertas, huecos acristalados y puentes térmicos.

5-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El software CYPETHERM proporciona resultados de demanda en kWh/m² por vivienda y por mes, tanto para calefacción como para refrigeración. Además, presenta los resultados medios de todas las viviendas para cada mes del año en términos de calefacción y refrigeración. Estos valores medios se analizan en una tabla de Excel según la orientación de cada fichero, sumándolos para obtener totales que, junto con los datos de los modelos simplificados, se utilizan para elaborar tablas que permitan visualizar, comparar y extraer conclusiones de los resultados. Estos resultados se discuten posteriormente.

En las siguientes figuras podemos ver las comparativas del clúster Bb entre los modelos simplificados y los modelos detallados en todas sus fechas de construcción y también las desviaciones que ellos arrojan y que se intentará interpretar. Se considera oportuno aclarar que no se está ajustando ningún modelo, simplemente se están comparando resultados para intentar explicarlos.

5.01 Demanda energética por clúster – Clima actual

5.01.01 Demanda refrigeración

En la figura 11, se observa la demanda de refrigeración en verano para el clima actual en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster. Las columnas de color verde representan las demandas de refrigeración de los simplificados y las columnas de color azul representan las demandas de refrigeración de los detallados.

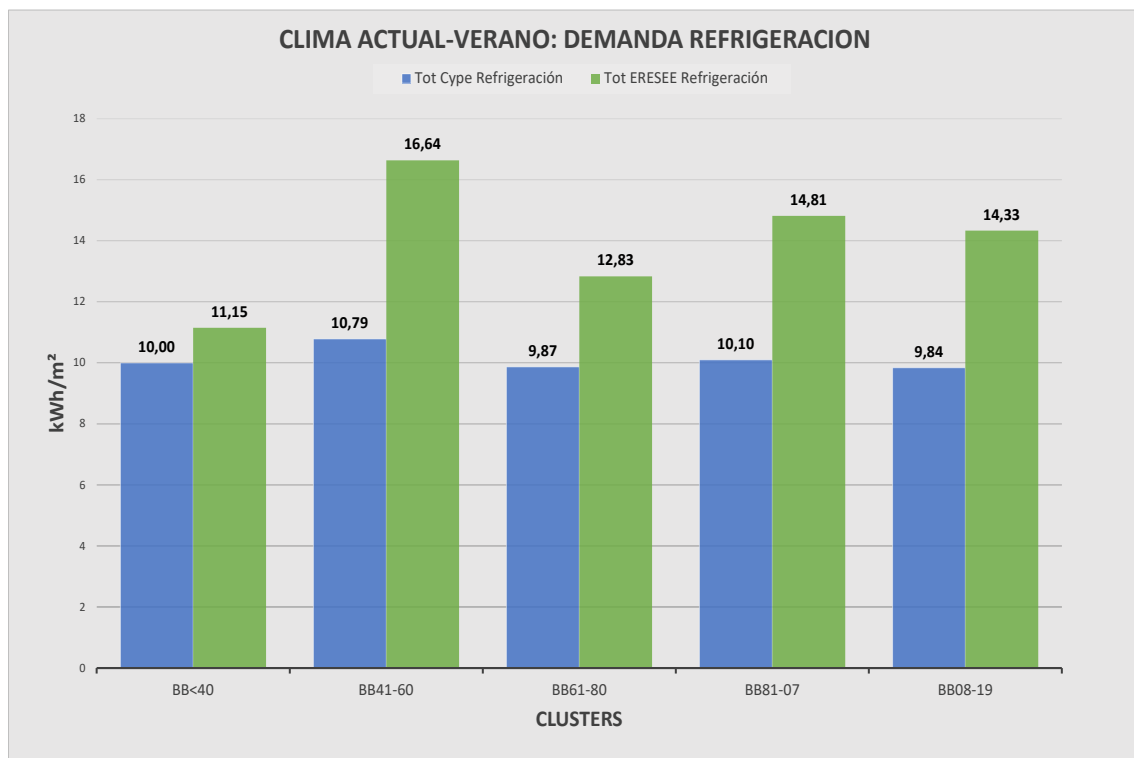


Figura 11-Clima actual verano demanda refrigeración

Las máximas demandas se dan en los clústeres Bb 41-60 con 16,64 kWh/m², en el Bb 81-07 con 14,81 kWh/m², y en el Bb 08-19 con 14,33 kWh/m², todos ellos de los simplificados. Para los detallados aproximadamente todos los clústeres se mantienen alrededor de los 10 kWh/m². La tabla 11 muestra la diferencia porcentual entre modelos por clúster.

5.01	< 40	1941-1960	1961-1980	1981-2007	2008-2019
diferencia porcentual entre modelos	10,32%	35,15%	23,07%	31,80%	31,33%

Tabla 11 - Porcentaje de diferencia entre modelos por clúster

5.01.02 Demanda calefacción

En la figura 12, se observa la demanda de calefacción en invierno para el clima actual en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster. Las columnas de color amarillo representan las demandas de calefacción del simplificado y las columnas de color rojo representan las demandas de calefacción del detallado.

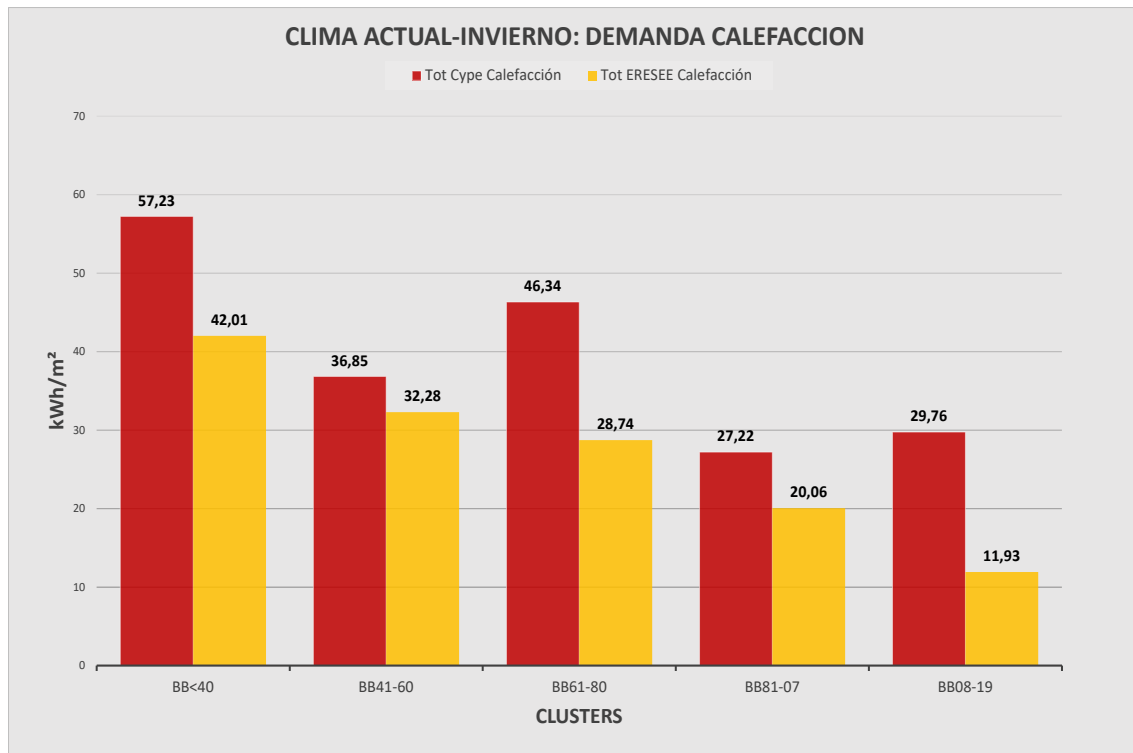


Figura 12-Clima actual invierno demanda calefacción

Se puede observar una marcada tendencia descendiente de la demanda hacia la actualidad. Las máximas demandas se dan en los clústeres Bb <40 con 57,27 kWh/m² y en el Bb 61-80 con 46,34 kWh/m², ambas de los detallados. La máxima para el simplificado es de 42,01 kWh/m² y el resultado mínimo es de 11,93 kWh/m². La tabla 12 muestra la diferencia porcentual entre modelos por clúster.

5.02	< 40	1941-1960	1961-1980	1981-2007	2008-2019
diferencia porcentual entre modelos	26,59%	12,40%	37,98%	26,30%	59,91%

Tabla 12 - Porcentaje de diferencia entre modelos por clúster

5.01.03 Demanda total de energía

En la figura 13 se observa la comparativa de demanda de calefacción y refrigeración para el clima actual en Valencia con los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado apilados para cotejar los totales. Las columnas apiladas de color azul y rojo representan las demandas de refrigeración y calefacción de los detallados respectivamente y las columnas apiladas de color verde y amarillo representan las demandas de refrigeración y calefacción de los simplificados respectivamente.

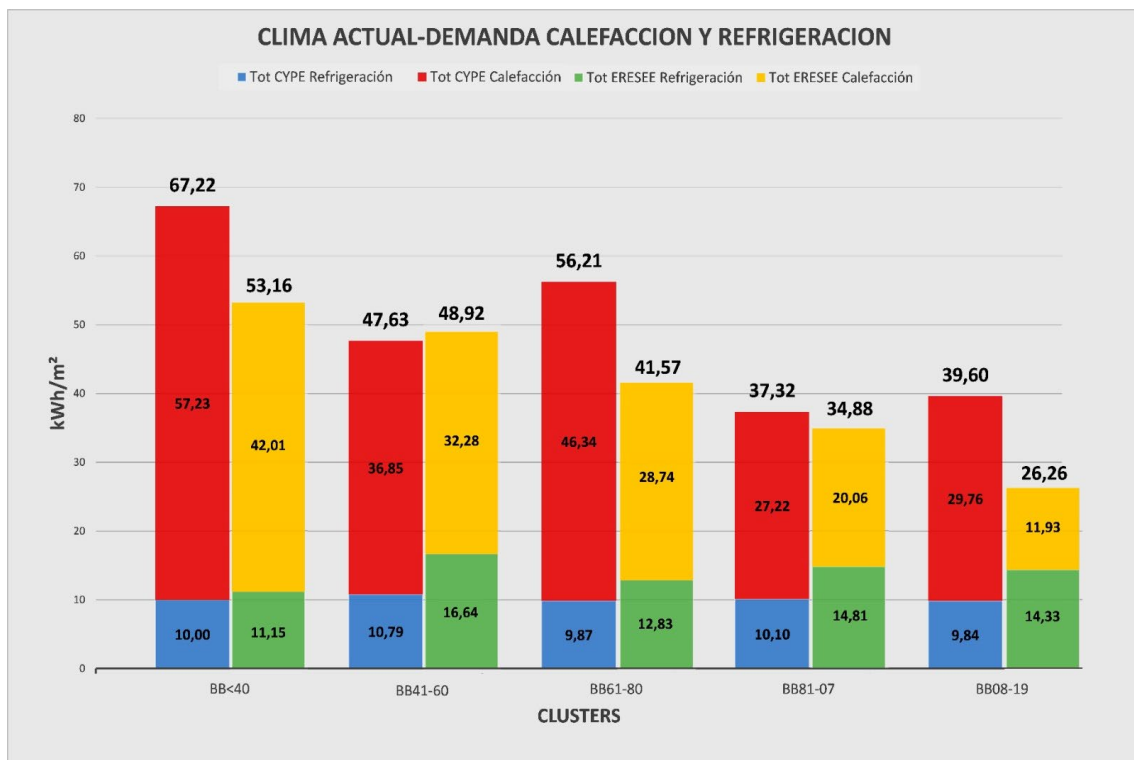


Figura 13-Clima actual demanda total de energía por clúster

Las máximas demandas apiladas se dan en los clústeres Bb <40 con 67,22 kWh/m² y en el Bb 61-80 con 56,21 kWh/m², ambas de los detallados. La máxima demanda apilada para el simplificado es de 53,16 kWh/m² y la demanda apilada mínima también es para el simplificado con 26,26 kWh/m² para el clúster Bb 08-19.

5.02 Demanda energética por Clúster - Clima futuro

5.02.01 Demanda refrigeración

En la figura 14 se observa la demanda de refrigeración en verano para el clima futuro en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster. Las columnas de color verde representan las demandas de refrigeración del simplificado y las columnas de color azul representan las demandas de refrigeración del detallado. Se aprecia notablemente el aumento de la demanda en relación con el clima actual.

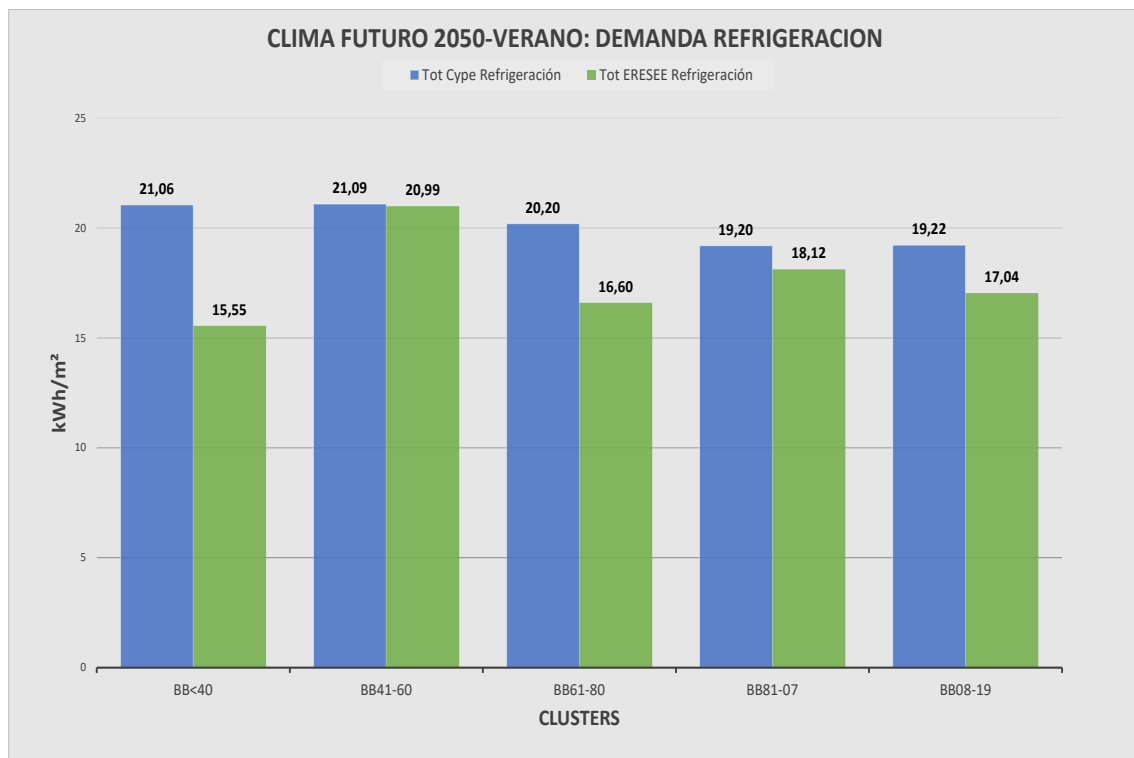


Figura 14-Clima futuro verano demanda refrigeración

Las máximas demandas se dan en los clústeres Bb 41-60 con 21,09 kWh/m², en el Bb <40 con 21,06 kWh/m², para los resultados del detallado. Para el simplificado la máxima se da en el clúster Bb 41-60 con 20,99 kWh/m², confirmando así el poco aislamiento en los edificios más antiguos. La tabla 13 muestra la diferencia porcentual entre modelos por clúster.

5.04	< 40	1941-1960	1961-1980	1981-2007	2008-2019
diferencia porcentual entre modelos	26,16%	0,47%	17,82%	5,62%	11,34%

Tabla 13 - Porcentaje de diferencia entre modelos por clúster

5.02.02 Demanda calefacción

En la figura 15 se observa la demanda de calefacción en invierno para el clima futuro en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster. Las columnas de color amarillo representan las demandas de calefacción del simplificado y las columnas de color rojo representan las demandas de calefacción del detallado. Se aprecia notablemente la disminución de la demanda en relación con el clima actual, inclusive aún más que en la refrigeración.

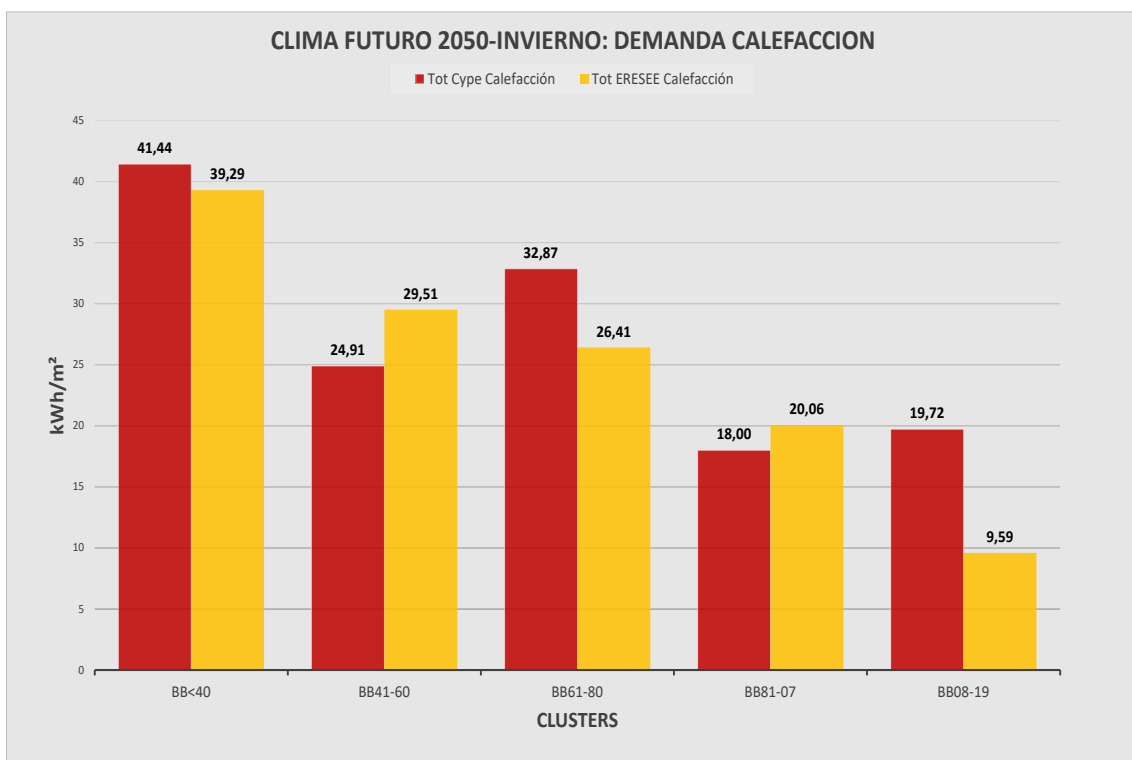


Figura 15-Clima futuro verano demanda calefacción

Se puede observar una marcada tendencia descendiente de la demanda hacia la actualidad. Las máximas demandas se dan con 41,44 kWh/m² y 39,29 kWh/m² en el mismo clúster Bb <40 para el detallado y simplificado respectivamente, confirmando así el poco aislamiento en los edificios más antiguos. La tabla 14 muestra la diferencia porcentual entre modelos por clúster.

5.05	< 40	1941-1960	1961-1980	1981-2007	2008-2019
diferencia porcentual entre modelos	5,18%	18,00%	19,65%	11,44%	51,36%

Tabla 14 - Porcentaje de diferencia entre modelos por clúster

5.02.03 Demanda total de energía

En la figura 16 se observa la comparativa de demanda de calefacción y refrigeración para el clima futuro en Valencia con los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado apilados para cotejar los totales. Las columnas apiladas de color azul y rojo representan las demandas de refrigeración y calefacción del detallado respectivamente y las columnas apiladas de color verde y amarillo representan las demandas de refrigeración y calefacción del simplificado respectivamente.

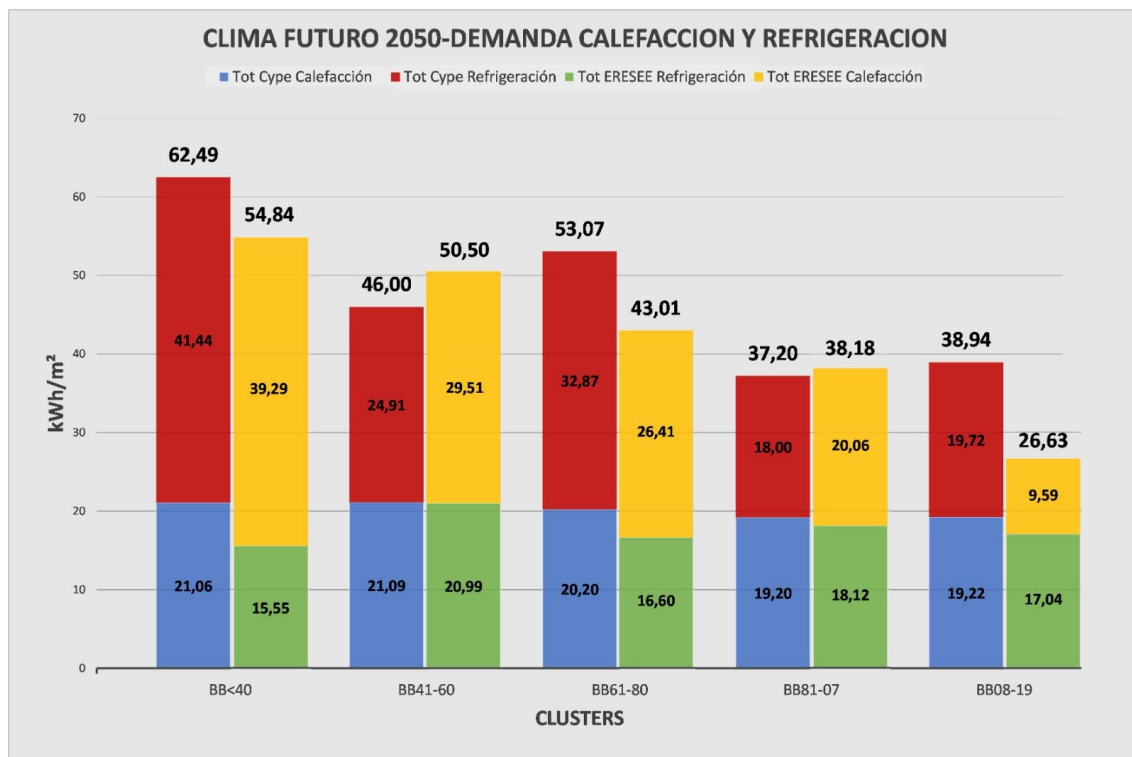


Figura 16-Clima futuro demanda total de energía por clúster

Las máximas demandas apiladas se dan en el clúster Bb <40 con 62,49 kWh/m² para el detallado y 56,84 kWh/m² para el simplificado. Las mínimas demandas apiladas continúan siendo para los edificios más jóvenes y actuales tanto para el simplificado como para el detallado en climas actuales y climas futuros.

Las implicaciones que tienen estas conclusiones en la práctica se podrán utilizar para planificar políticas públicas de intervención, rehabilitación y ahorro energético a nivel ciudad para poder ver el impacto que tienen esas diferencias entre la certificación y los modelos simplificados.

Parte de estas desviaciones entre los modelos simplificados (ERESEE) y los modelos detallados (CYPETHERM), se deben a que los simplificados no consideran los puentes térmicos ni tampoco las ventilaciones naturales nocturnas de cuatro renovaciones por hora en verano y los modelos detallados si consideran estas variables. No se puede hacer un modelo simplificado más ajustado porque trabajan con temperaturas medias mensuales.

Para comprobar esta teoría se realizó un cálculo en el modelo detallado sin las variables de puentes térmicos ni de ventilación natural nocturna, de ahora en más denominado SVPT, para cada clúster que analizaremos a continuación observando las figuras 17 y 18.

5.03 Ajuste y análisis de resultados y desviaciones

5.03.01 Refrigeración SVPT

En la figura 17 se observa la demanda de refrigeración en verano para el clima actual en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster y una columna nueva de color gris que representa los resultados de los modelos detallados sin los cálculos de ventilación natural ni tampoco los de puentes térmicos. Las columnas de color verde representan la demanda de refrigeración de los modelos simplificados y las columnas de color azul representan la demanda de refrigeración de los detallados.

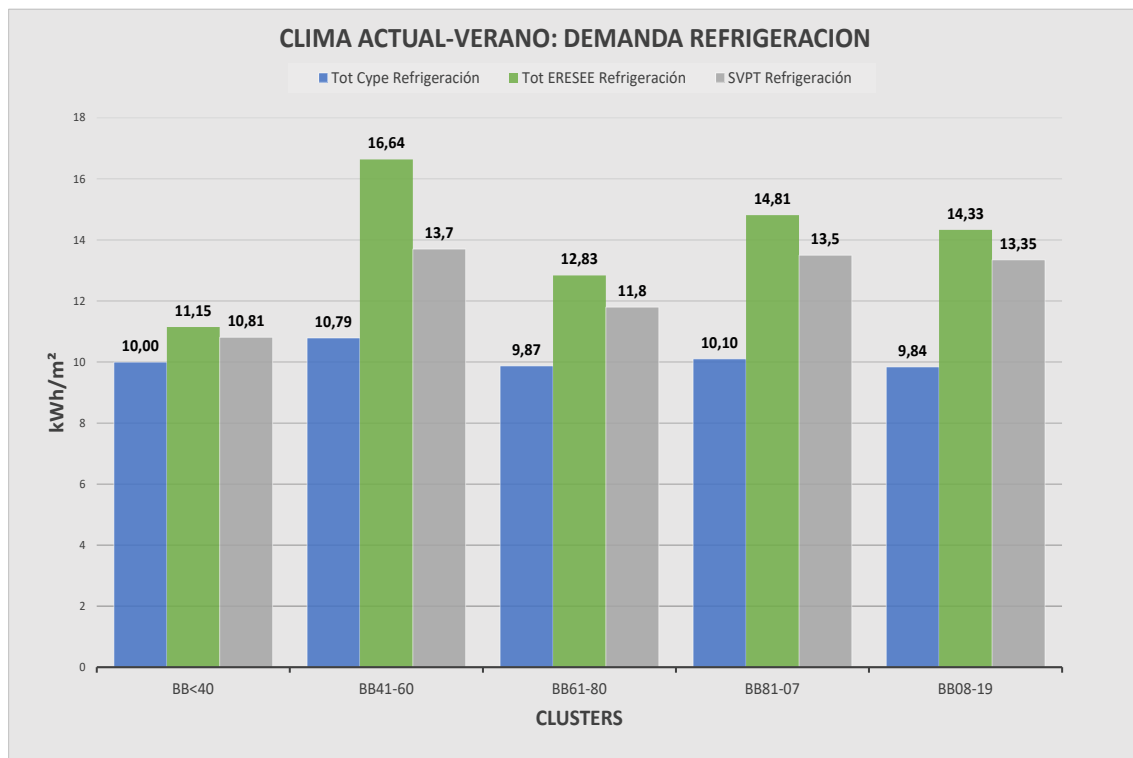


Figura 17-Clima actual verano demanda refrigeración sin ventilación ni puentes térmicos

Se aprecia que las máximas demandas se dan en el clúster Bb 41-60 con 16,64 kWh/m² para los simplificados, 10,79 kWh/m² para los detallados y con 13,7 kWh/m² para el modelo SVPT, detectando que los resultados representados en columnas de color gris se acercan a los simplificados, alejándose de los detallados, confirmando de esta manera la hipótesis planteada.

5.03.02 Calefacción SVPT

En la figura 18 se observa la demanda de calefacción en invierno para el clima actual en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster y una columna nueva de color gris que representa los resultados de los modelos detallados sin los cálculos de ventilación natural ni tampoco los de puentes térmicos. Las columnas de color amarillo representan la demanda de calefacción de los simplificados y las columnas de color rojo representan la demanda de calefacción de los detallados.

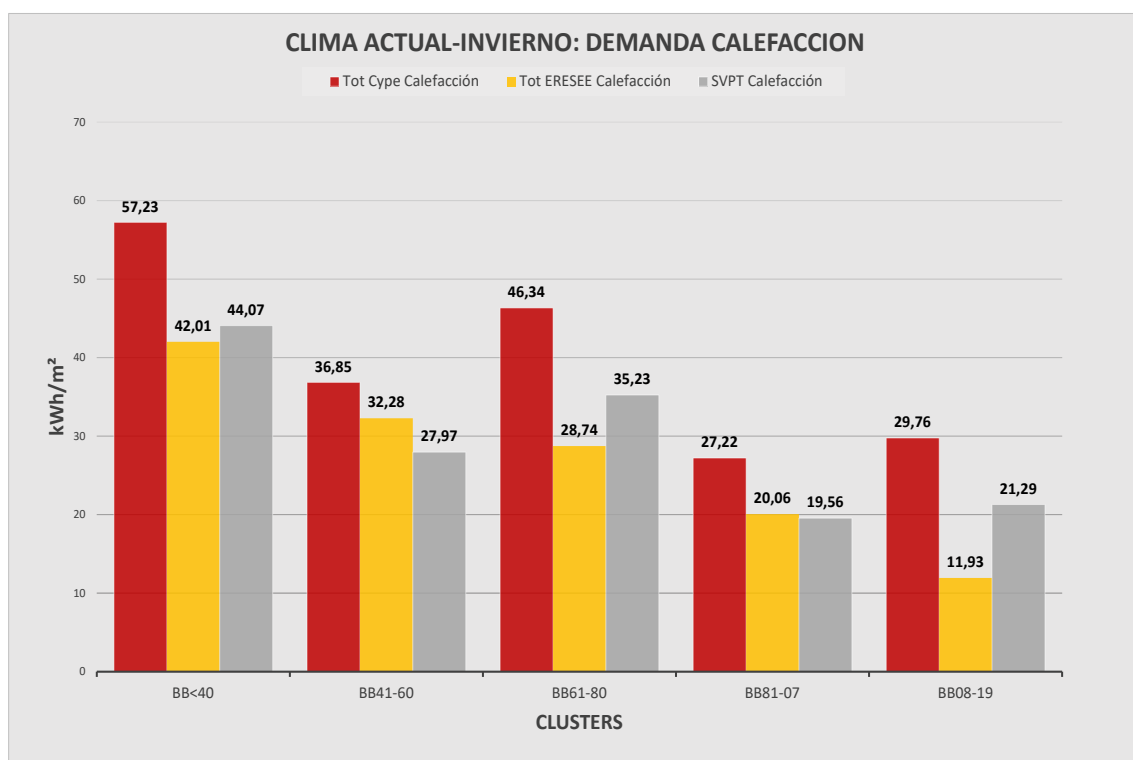


Figura 18-Clima actual invierno demanda calefacción sin ventilación ni puentes térmicos

Se aprecia que las máximas demandas se dan en el clúster Bb <40 con 42,01 kWh/m² para el modelo simplificado, 57,23 kWh/m² para el detallado y con 44,07 kWh/m² para el modelo SVPT, detectando que los resultados representados en columnas de color gris se acercan a los simplificados, alejándose de los detallados, confirmando de esta manera la teoría planteada.

En la siguiente tabla 15, se pueden ver todos los resultados para cada clúster para poder empezar a comprender toda la información y al mismo tiempo poder comparar cifras de demandas de refrigeración y/o calefacción entre el modelo simplificado y el modelo detallado.

Cluster	Total modelo detallado		Total modelo simplificado	
	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción
Bb<40	10,00	57,23	11,15	42,01
Bb41-60	10,79	36,85	16,64	32,28
Bb61-80	9,87	46,34	12,83	28,74
Bb81-07	10,10	27,22	14,81	20,06
Bb08-19	9,84	29,76	14,33	11,93

Tabla 15- Tabla resumen con los resultados de totales de las demandas de refrigeración y calefacción de los modelos detallados y los simplificados.

En la siguiente tabla 16 se pueden ver las cifras totales de refrigeración y calefacción sumadas para cada modelo, con las diferencias entre ambos modelos y sus respectivos porcentajes. De esta manera ya podemos ir teniendo una primera idea de las desviaciones entre los modelos que estamos estudiando y si son o no significativas en cada clúster.

CLUSTERS	TOTAL (kWh/m2)		DIFERENCIAS	PORCENTAJES	
	M. DETALLADO	M. SIMPLIFICADO			
Bb<40	67,22	53,16	14,07	26,46	%
Bb41-60	47,63	48,92	-1,29	-2,64	%
Bb61-80	56,21	41,57	14,63	35,20	%
Bb81-07	37,32	34,88	2,44	6,99	%
Bb08-19	39,60	26,26	13,33	50,76	%

Tabla 16- Tabla resumen con los resultados sumados de refrigeración y calefacción de los modelos simplificados y detallados.

En la siguiente tabla 17 vemos en detalle los datos únicamente de los clústeres Bb en todas las edades de construcción de los edificios. El clúster Bb 61-80 con sus 7.711 unidades (25% del total de todos los clústeres sin importar su nomenclatura) da un total de 19.231.668 m² construidos, liderando y convirtiéndose de esta manera en el clúster más relevante de todos.

Valencia Cluster	Unidades	%	Superficie construida m2	%
Bb<40	2.191	7%	2.395.335	5%
Bb41-60	2.629	9%	4.321.519	9%
Bb61-80	7.711	25%	19.231.668	42%
Bb81-07	3.431	11%	13.376.872	29%
Bb08-19	285	1%	1.858.514	2%

Tabla 17- Comparativa de superficies construidas y sus porcentajes para los clústeres Bb

Al multiplicar la superficie construida en m² de cada clúster por la demanda correspondiente en kWh/m², obtendremos la demanda correspondiente en kWh, a modo de facilitar la lectura de los resultados se convierten a GWh. En la siguiente tabla 18 se pueden ver todos los cálculos ya realizados por cada clúster para refrigeración y calefacción de los modelos simplificados y detallados a nivel ciudad.

CLUSTERS	TOTAL M.DETALLADO - GWh		TOTAL M.SIMPLIFICADO- GWh	
	Refrigeración	Calefacción	Refrigeración	Calefacción
Bb<40	2.394,14	13.707,90	2.669,78	10.062,89
Bb41-60	4.660,76	15.922,64	7.189,22	13.951,42
Bb61-80	18.981,66	89.109,93	24.682,12	55.266,55
Bb81-07	13.510,64	36.405,16	19.816,57	26.839,76
Bb08-19	1.828,78	5.530,01	2.663,23	2.217,93

Tabla 18- Comparativa de demandas para refrigeración y calefacción de los modelos simplificados y detallados para cada clúster Bb a nivel ciudad

Se observa que el clúster Bb 61-80 lidera las demandas de energía para refrigeración de los modelos detallados con 18.981 GWh y lo mismo sucede con las demandas de los modelos simplificados para el mismo clúster, liderando con 24.682 GWh. Para calefacción de los modelos detallados, también lidera el clúster Bb 61-80 con 89.109 GWh y con 55.266 GWh para el modelo simplificado.

En la tabla 19 se muestran las desviaciones a nivel ciudad para el clima actual, arrojando un 35% de diferencia en el clúster más influyente Bb-61-80 y un 22% para la totalidad de los clústeres Bb, considerando finalmente que estas desviaciones son realmente relevantes. Consecuentemente los modelos simplificados presentan un error significativo a nivel macro.

CLUSTERS	SUPERFICIE CONSTRUIDA M2	M.DETALLADOS-DEMANDA GWh			M.SIMPLIFICADO-DEMANDA GWh			DIFERENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE AL T. DIFERENCIA
		REFRIG.	CALEF.	TOTAL	REFRIG.	CALEF.	TOTAL			
Bb<40	2.395.335	2.394	13.708	16.102	2.670	10.063	12.733	3.369	26,46 %	9,18 %
Bb41-60	4.321.519	4.661	15.923	20.583	7.189	13.951	21.141	-557	-2,64 %	-1,52 %
Bb61-80	19.231.668	18.982	89.110	108.092	24.682	55.267	79.949	28.143	35,20 %	76,70 %
Bb81-07	13.376.872	13.511	36.405	49.916	19.817	26.840	46.656	3.259	6,99 %	8,88 %
Bb08-11	1.858.514	1.829	5.530	7.359	2.663	2.218	4.881	2.478	50,76 %	6,75 %
TOTALES	41.183.908	41.376	160.676	202.052	57.021	108.339	165.359	36.692	22,19 %	100,00 %

Tabla 19- Demandas según superficie construida para clima actual de la ciudad de Valencia

En la tabla 20 se muestran las desviaciones a nivel ciudad para el clima futuro, arrojando un 23% de diferencia en el clúster más influyente Bb-61-80 y un 11% para la totalidad de los clústeres Bb, considerando finalmente que estas desviaciones son realmente relevantes. Consecuentemente los modelos simplificados presentan un error significativo a nivel macro.

CLUSTERS	SUPERFICIE CONSTRUIDA M2	M.DETALLADOS-DEMANDA GWh			M.SIMPLIFICADO-DEMANDA GWh			DIFERENCIA	PORCENTAJE	PORCENTAJE AL T. DIFERENCIA
		REFRIG.	CALEF.	TOTAL	REFRIG.	CALEF.	TOTAL			
Bb<40	2.395.335	5.045	9.926	14.971	3.725	9.411	13.136	1.835	13,97 %	9,08 %
Bb41-60	4.321.519	9.114	10.765	19.879	9.071	12.753	21.824	-1.945	-8,91 %	-9,62 %
Bb61-80	19.231.668	38.848	63.214	102.062	31.925	50.791	82.715	19.347	23,39 %	95,71 %
Bb81-07	13.376.872	25.684	24.078	49.762	24.239	26.834	51.073	-1.311	-2,57 %	-6,49 %
Bb08-11	1.858.514	3.572	3.665	7.237	3.167	1.782	4.949	2.288	46,23 %	11,32 %
TOTALES	41.183.908	82.262	111.649	193.911	72.126	101.571	173.697	20.214	11,64 %	100,00 %

Tabla 20- Demandas según superficie construida para clima futuro de la ciudad de Valencia

De esta manera se confirma que los modelos detallados ofrecen un estudio más preciso al contemplar los puentes térmicos y la ventilación natural nocturna en verano con 4 renovaciones de aire por hora. Estos detalles destacan la versatilidad y la capacidad de mejora de los modelos detallados para resolver factores específicos del diseño y la eficiencia energética en edificaciones.

5.04 Demanda energética de la ciudad de Valencia - Clima actual

5.04.01 Demanda refrigeración

En la figura 19 se observa la demanda de refrigeración en verano para el clima actual en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster. Las columnas de color verde representan la demanda de refrigeración de los modelos simplificados y las columnas de color azul representan la demanda de refrigeración de los modelos detallados. Se aprecia notablemente y con diferencias abismales, las máximas demandas en relación con las mínimas para el clima actual.

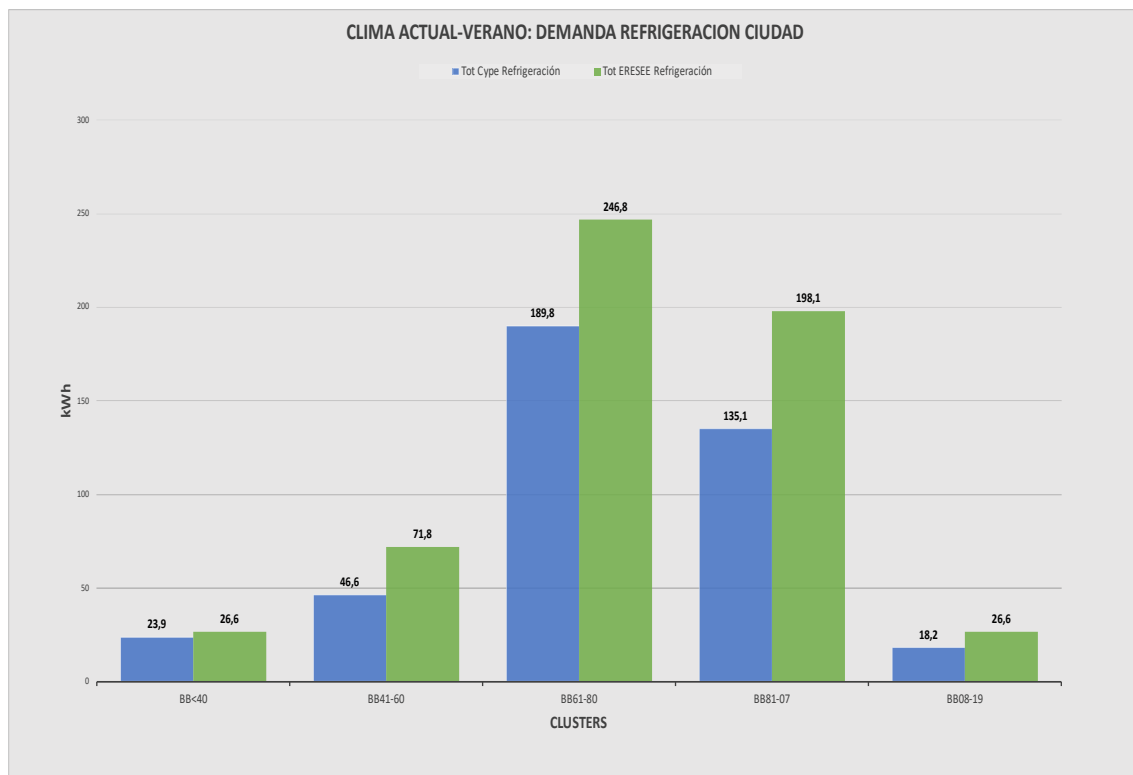


Figura 19-Clima actual verano demanda refrigeración para la ciudad de Valencia

Las máximas demandas se dan en el clúster Bb 61-80 con 246,8 kWh para los simplificados y 189,8 kWh para los detallados, seguidos por el clúster Bb 81-07 con 198,1 kWh y 135,1 kWh respectivamente. Con las nuevas exigencias del código técnico, el clúster Bb 08-19, disminuye notablemente las demandas anteriores, inclusive a valores similares del clúster Bb <40.

5.04.02 Demanda calefacción

En la figura 20 se observa la demanda de calefacción en invierno para el clima actual en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster. Las columnas de color amarillo representan la demanda de calefacción de los modelos simplificados y las columnas de color rojo representan la demanda de calefacción de los modelos detallados. Se aprecia notablemente las máximas demandas en relación con las mínimas para el clima actual.

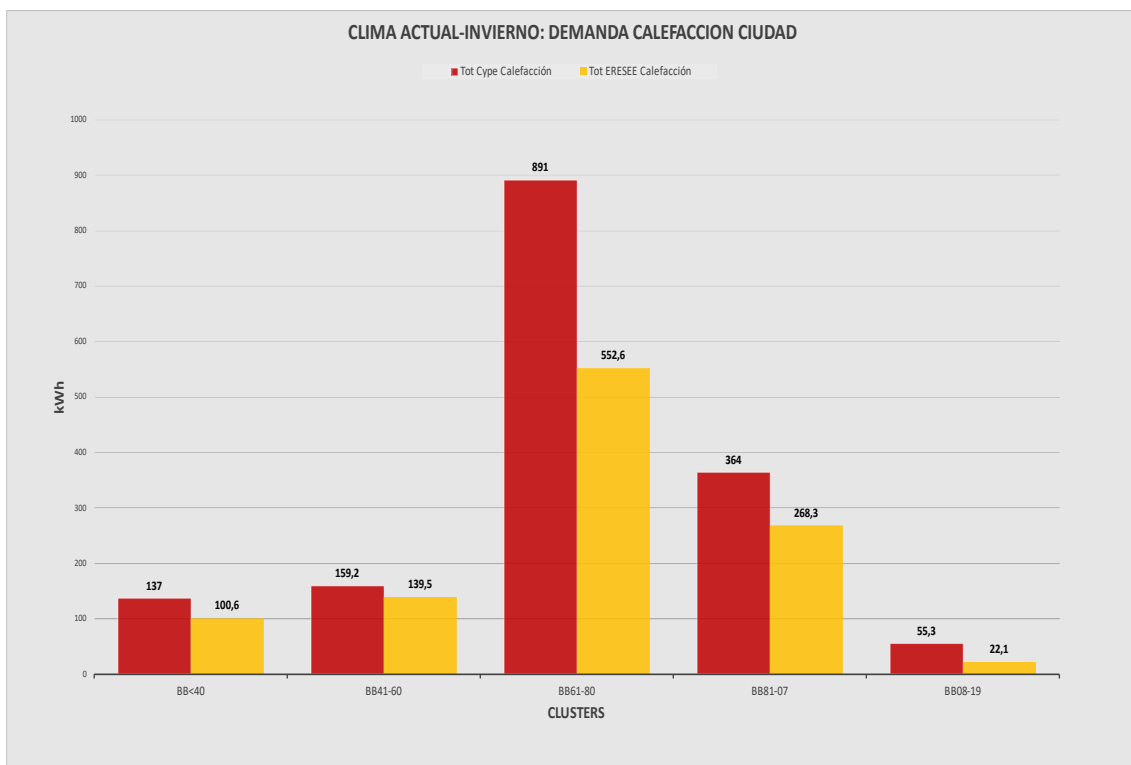


Figura 20-Clima actual invierno demanda calefacción para la ciudad de Valencia

Las máximas demandas se dan en el clúster Bb 61-80 con 552,6 kWh para los simplificados y 891 kWh para los detallados, seguidos por el clúster Bb 81-07 con 268,3 kWh y 364 kWh respectivamente. Con las nuevas exigencias del código técnico, el clúster Bb 08-19, disminuye notablemente las demandas anteriores, inclusive a valores inferiores que el clúster Bb <40.

5.04.03 Demanda total de energía

En la figura 21 se observa la comparativa de demandas de calefacción y refrigeración para el clima actual en Valencia con los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado apilados para cotejar los totales. Las columnas apiladas de color azul y rojo representan las demandas de refrigeración y calefacción de los modelos detallados respectivamente y las columnas apiladas de color verde y amarillo representan las demandas de refrigeración y calefacción de los modelos simplificados respectivamente.

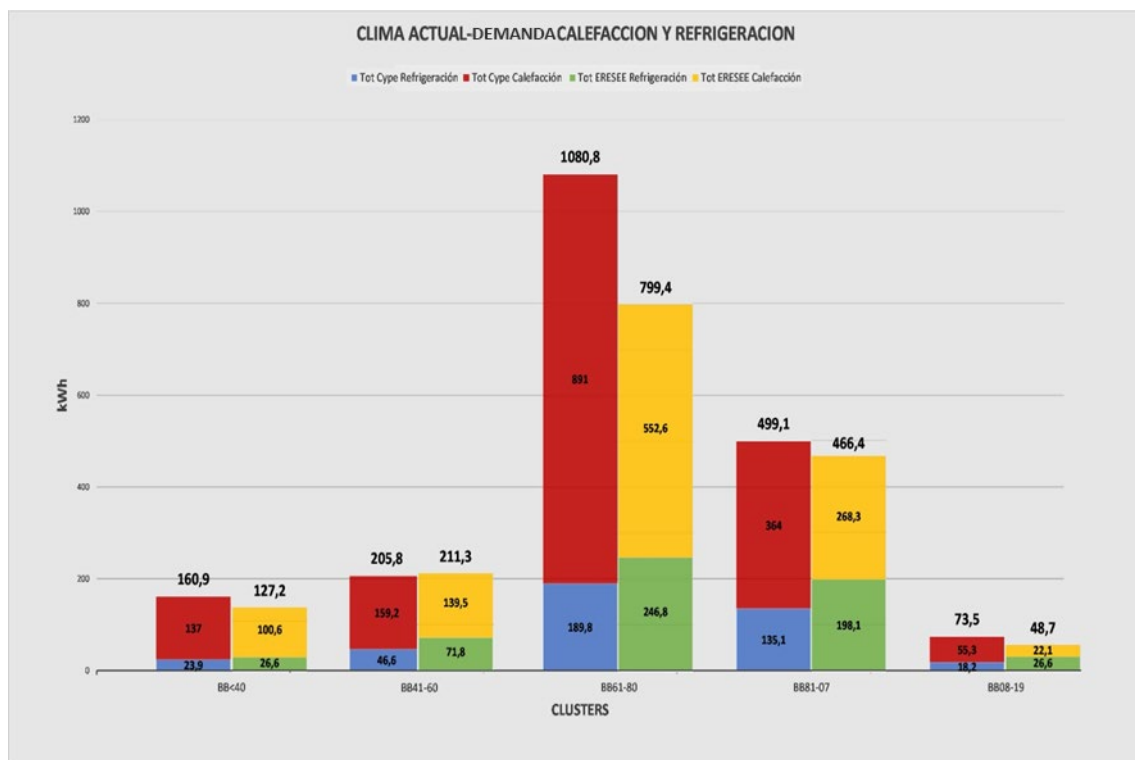


Figura 21-Clima actual demanda total de energía para la ciudad de Valencia

Las máximas demandas apiladas se dan en el clúster Bb 61-80 con 1080,8 kWh para los modelos detallados y 799,4 kWh para los simplificados. Las mínimas demandas apiladas continúan siendo para los edificios más jóvenes y actuales tanto para los simplificados con 48,7kWh, como para los detallados con 73,5 kWh para el clima actual.

5.05 Demanda energética de la ciudad de Valencia - Clima futuro

5.05.01 Demanda refrigeración

En la figura 22 se observa la demanda de refrigeración en verano para el clima futuro en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster. Las columnas de color verde representan la demanda de refrigeración de los modelos simplificados y las columnas de color azul representan la demanda de refrigeración de los modelos detallados. Se aprecia notablemente y con diferencias abismales, las máximas demandas en relación con los mínimos con el clima futuro.

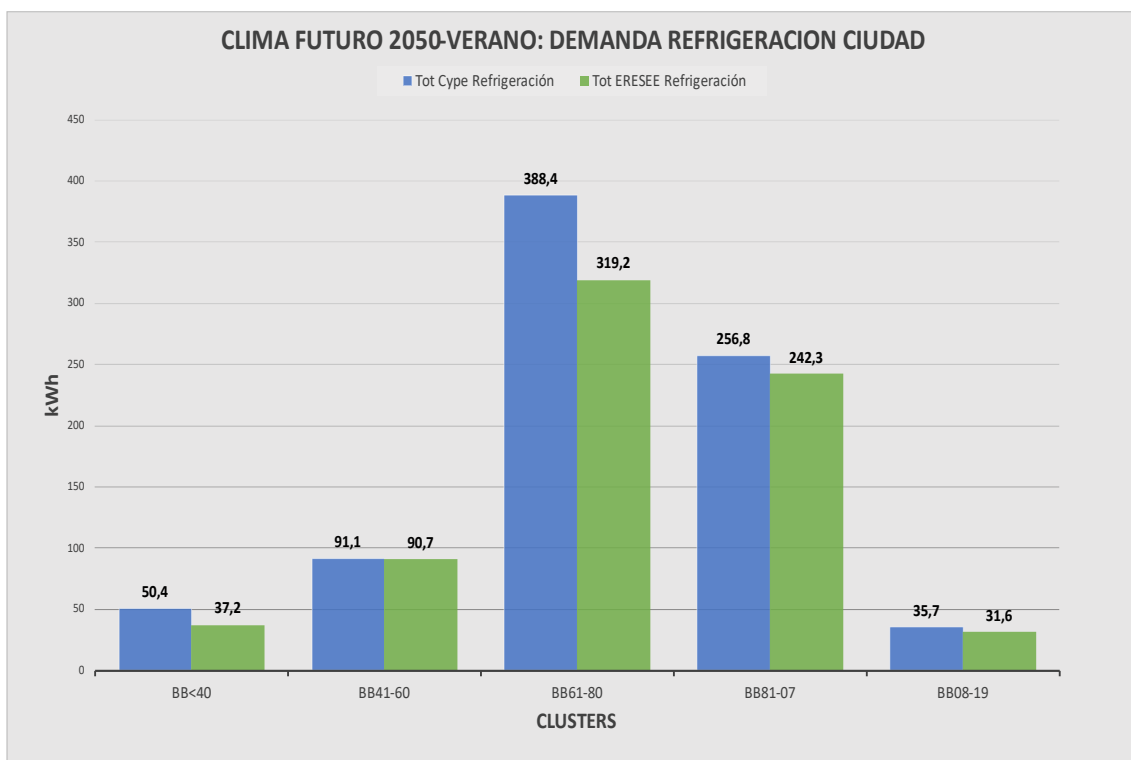


Figura 22-Clima futuro verano demanda refrigeración para la ciudad de Valencia

Las máximas demandas se dan en el clúster Bb 61-80 con 319,2 kWh para los modelos simplificados y 388,4 kWh para los modelos detallados, seguidos por el clúster Bb 81-07 con 242,3 kWh y 256,8 kWh respectivamente. Con las nuevas exigencias del código técnico, el clúster Bb 08-19, disminuye notablemente las demandas anteriores, inclusive a valores inferiores del clúster Bb <40.

5.05.02 Demanda calefacción

En la figura 23 se observa la demanda de calefacción en invierno para el clima futuro en Valencia comparando los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado de cada clúster. Las columnas de color amarillo representan la demanda de calefacción de los modelos simplificados y las columnas de color rojo representan la demanda de calefacción de los modelos detallados. Se aprecia notablemente y con diferencias abismales, las máximas demandas en relación con las mínimas para el clima futuro.

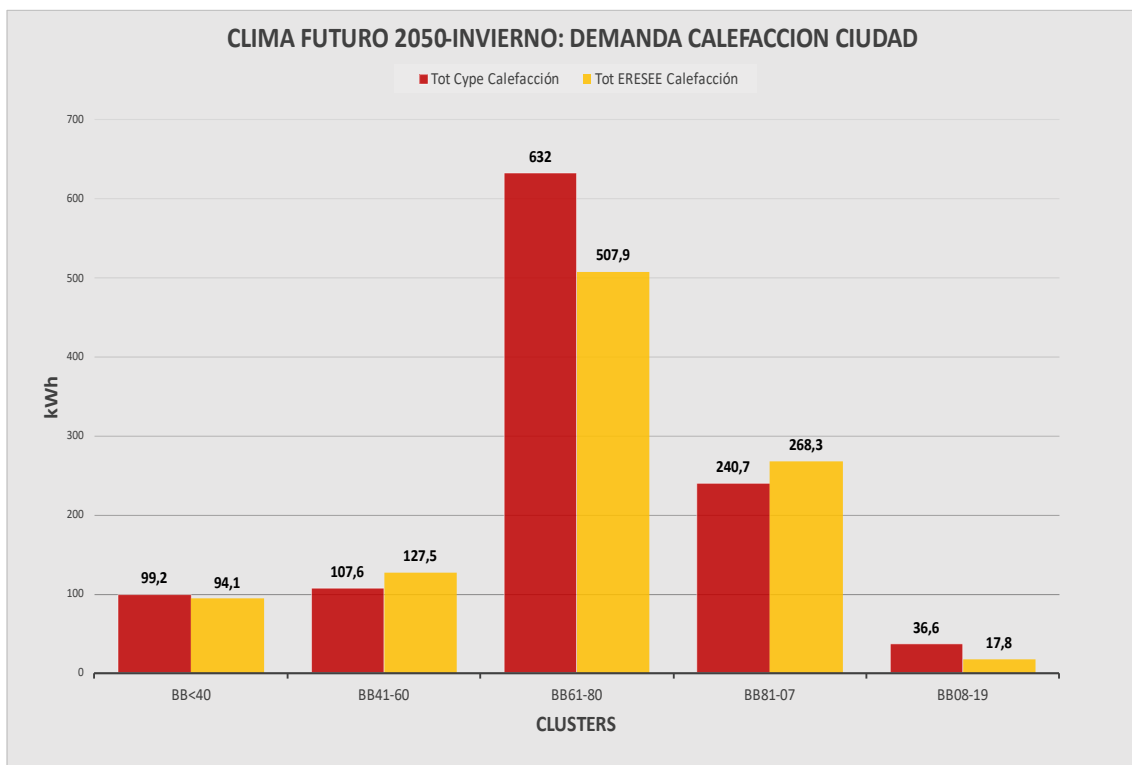


Figura 23-Clima futuro invierno demanda calefacción para la ciudad de Valencia

Las máximas demandas se dan en el clúster Bb 61-80 con 507,9 kWh para los simplificados y 632 kWh para los detallados, seguidos por el clúster Bb 81-07 con 268,3 kWh y 240,7 kWh respectivamente. Con las nuevas exigencias del código técnico, el clúster Bb 08-19, disminuye notablemente las demandas anteriores, inclusive a valores inferiores que el clúster Bb <40.

5.05.03 Demanda total de energía

En la figura 24 se observa la comparativa de demandas de calefacción y refrigeración para el clima futuro en Valencia con los resultados del modelo simplificado y del modelo detallado apilados para cotejar los totales. Las columnas apiladas de color azul y rojo representan las demandas de refrigeración y calefacción de los modelos detallados respectivamente y las columnas apiladas de color verde y amarillo representan las demandas de refrigeración y calefacción de los modelos simplificados respectivamente.

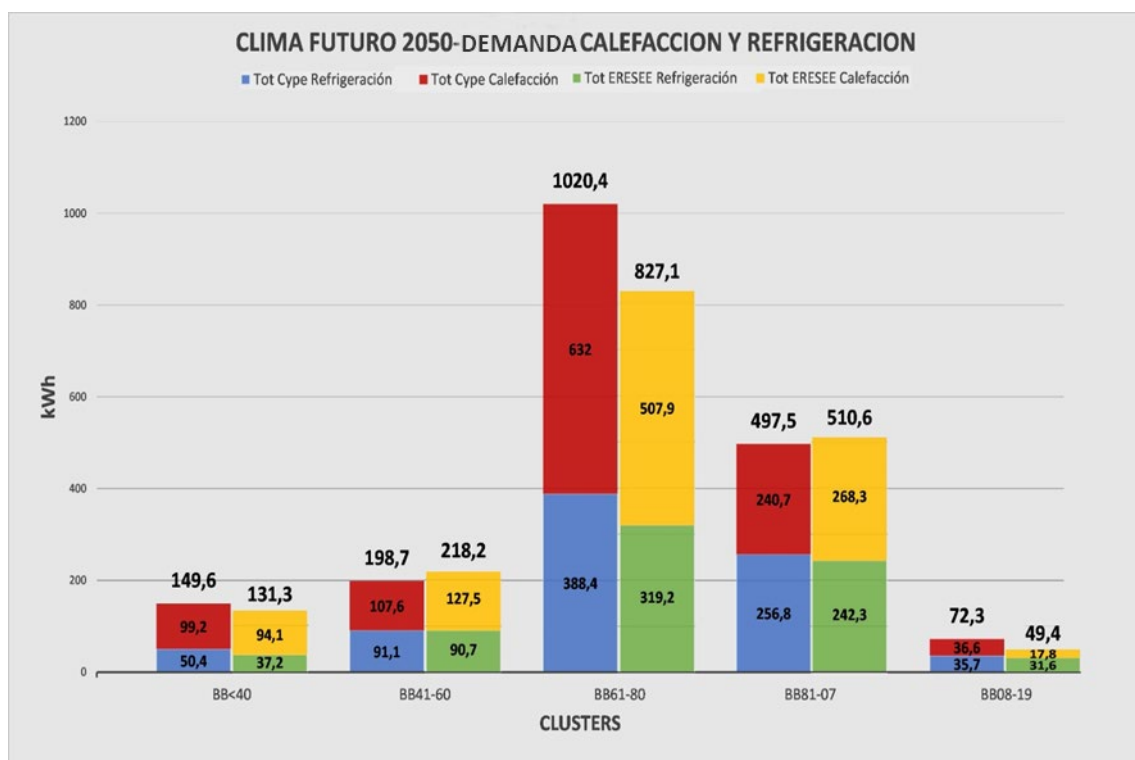


Figura 24-Clima futuro demanda total de energía para la ciudad de Valencia

Las máximas demandas apiladas se dan en el clúster Bb 61-80 con 1020,4 kWh para los detallados y 827,1 kWh para los simplificados. Las mínimas demandas apiladas continúan siendo para los edificios más jóvenes y actuales tanto para los simplificados con 49,4 kWh, como para los detallados con 72,3 kWh para el clima futuro.

6-CONCLUSIONES

1- La demanda de calefacción de los modelos detallados es superior para todos los clústeres con respecto a los simplificados en condiciones de clima actual, esto se debe a que en los cálculos de los modelos detallados se consideraron los puentes térmicos, lo que conlleva mayores pérdidas de calor, por lo tanto, mayor demanda.

2- La tendencia de la demanda de calefacción de los modelos simplificados y de los detallados para clima actual y futuro se perfila a disminuir a medida que los edificios son más modernos, esto se debe al mejor comportamiento térmico en las envolventes derivado de la actualización de las normativas. Se observa una tendencia a la reducción de la demanda de calefacción en los escenarios futuros debido al calentamiento global.

3- Anulando el cálculo de ventilación y puentes térmicos en los modelos detallados para calefacción en clima actual, se observa que los resultados se acercan a los de los modelos simplificados, con una diferencia del 18%. Sin embargo, considerando esas variables, esa diferencia crece al 38% confirmando que los modelos no convergen, dejando sin validar los simplificados.

4- La demanda de refrigeración de los modelos detallados arrojan resultados más bajos que los modelos simplificados para clima actual. Esto es debido a que se consideraron en los modelos detallados 4 renovaciones nocturnas por hora en verano que marca la normativa. Además, el modelo detallado tiene en cuenta el comportamiento inercial del edificio.

5- Se observa para ambos climas, que la tendencia de la demanda de refrigeración en los modelos detallados va disminuyendo levemente a medida que los edificios son más modernos. Esto se debe, en gran parte, al Código Técnico de la Edificación (CTE), que ha implementado normativas más estrictas y avanzadas en cuanto a eficiencia energética y aislamiento térmico en los edificios.

6- Anulando el cálculo de ventilación y puentes térmicos en los modelos detallados para refrigeración en clima actual, se observa que los resultados se acercan a los de los modelos simplificados, arrastrando una diferencia del 8%. Sin embargo, considerando esas variables, esa diferencia crece al 23% confirmando que los modelos no convergen, dejando sin validar los simplificados.

7- Los modelos simplificados son una aproximación razonable a nivel urbano, pero incluyen un error que para el caso de la ciudad de Valencia para el clima actual es del 22% y para el clima futuro 2050 es del 11%.

7-BIBLIOGRAFIA

- 2020, I. (2020). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/Eficiencia/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/documentos-reconocidos/normativamodelosutilizacion/1-Condicionestecnicas_procedim.
- BOE. (2019). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.boe.es/doue/2019/127/L00034-00079.pdf
- BUILDER, I. (2024). <https://info.cype.com/es/producto/ifc-builder/>.
- Celina Filippín, F. R. (2017). Obtenido de www.elsevier.com/locate/renene.
- CYPETHERM. (2018). Obtenido de <https://info.cype.com/es/software/cypetherm-he-plus/>.
- EPBD. (2023). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0068_EN.pdf
- ERESEE. (2020). *chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.transportes.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/eresee_2020.pdf*.
- Europea, C. (2021). Obtenido de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0802&from=EN>
- Europea, C. (2021). *Comision Europea*. Obtenido de https://commission.europa.eu/index_en
- Fomento, M. d. (2019). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdn.mitma.gob.es/portal-web-drupal/planes_estategicos/1_2020_segmentacion_parque_residencial_clusteres.pdf
- GBCe. (2020). Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://gbce.es/documentos/Agenda-de-la-UE-para-la-edificacion-sostenible.pdf
- HE, D. (2022). *chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.codigotecnic.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf*.

- I+D+i, V. C. (2021). Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.congresocreaandosingias.com/upload/files/VIII-CONGRESO_WEB.pdf
- IDAE. (2008). Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_13_Guia_tecnica_Procedimientos_y_aspectos_de_la_simulacion_termicas_en_edificios_72a7f4d6.pdf
- IDAE-. (2020). Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/Eficiencia/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/documentos-reconocidos/normativamodelosutilizacion/1-Condiciones_tecnicas_procedim.
- IPCC. (2023). Obtenido de https://www.ipcc.ch/languages-2/spanish/.
- IPCC. (2023). Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf
- MITECO. (2021). Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/objetivos.html
- Objetivo55, C. E. (2014). Obtenido de https://www.consilium.europa.eu/es/politicas/green-deal/fit-for-55/
- PLUS, E. (2024). *https://energyplus.net/quick-start.*
- REE-INDEL. (1998). Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/atlas_inde_ree.pdf
- Serra Florensa, R., & Coch Roura, H. (2019). *Arquitectura y Energía Natural.*
- Sleiman Farah, D. W. (2019). Obtenido de https://www.elsevier.com/locate/enbuild.
- UE. (2012). *https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/edificacion.html.*
- YIN. (2018). *Case Study - Research and Application - 6th edición.* Sage Publication.

ANEJOS

Anejo 1 – Detalles constructivos de los modelos

Clúster Bb <40

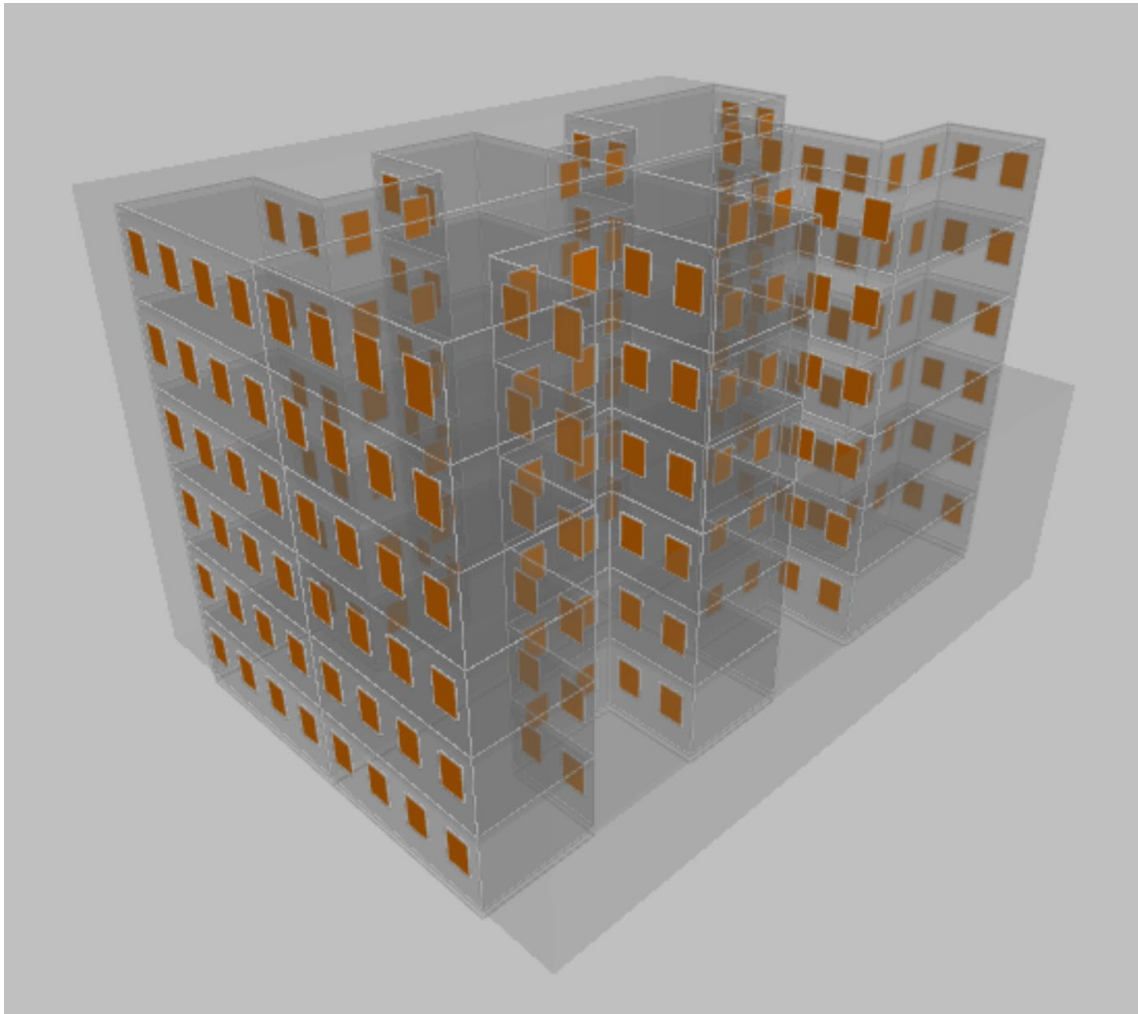


Figura 25-Clúster Bb <40

Cerramientos de fachada y de medianeras

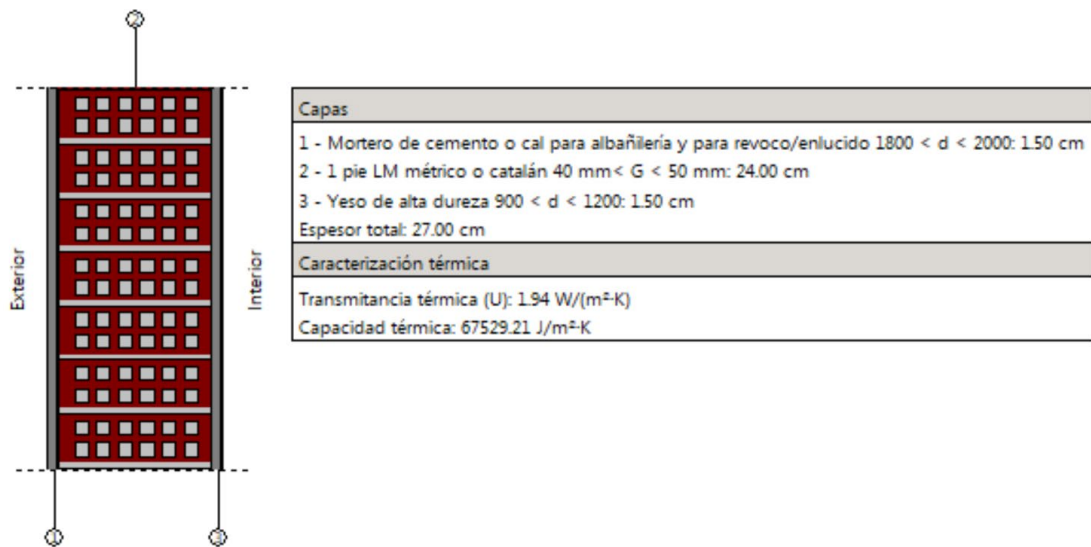


Figura 26-Clúster Bb <40 Muro de fachada

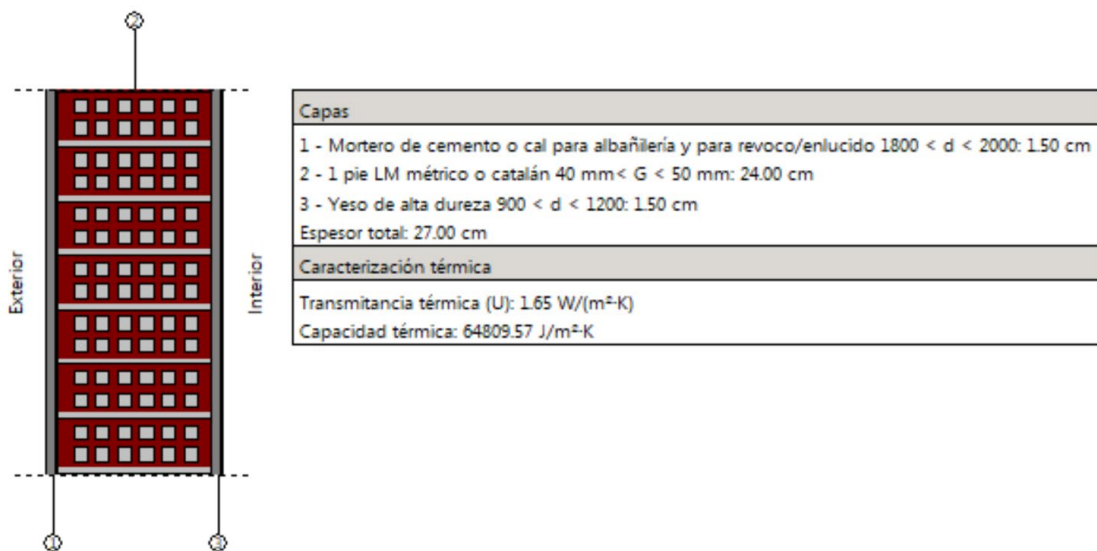


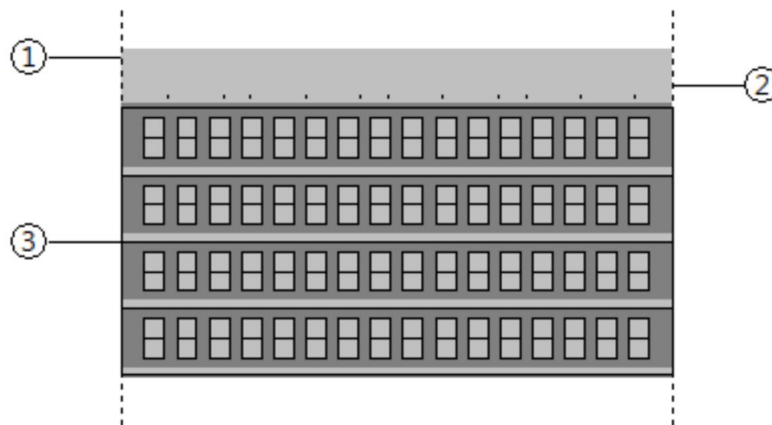
Figura 27-Clúster Bb <40 Muro de medianera

Soleras

Espesor	0.20 cm
Transmitancia térmica (U)	1.15 W/(m²·K)
Densidad	2000.00 kg/m³
Calor específico	900.00 J/(kg·K)

Figura 28-Clúster Bb <40 Soleras

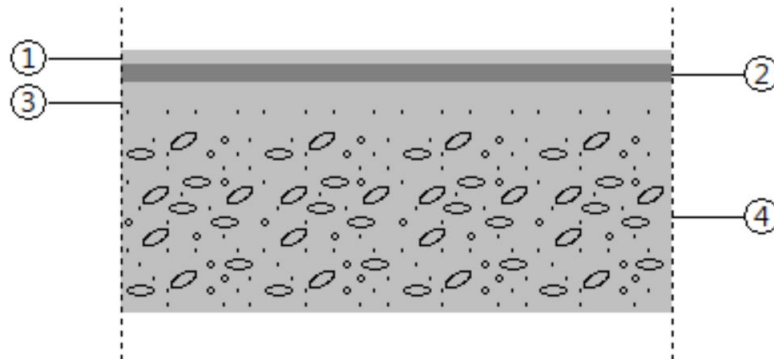
Forjados de entrepisos



Capas
1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450: 4.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 36.00 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.62 W/(m²·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.09 W/(m²·K)
Forjado inferior
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.09 W/(m²·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.62 W/(m²·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.40 W/(m²·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.05 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 126238.18 J/m²·K

Figura 29-Clúster Bb <40 Forjados de entrepisos

Cubierta



Capas
1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 1.50 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$: 2.00 cm
3 - Hormigón en masa $2000 < d < 2300$: 4.00 cm
4 - FU entrevigado cerámico con canto de 210 mm: 21.00 cm
Espesor total: 28.50 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): $1.80 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): $2.06 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Capacidad térmica: $137975.31 \text{ J}/\text{m}^2\cdot\text{K}$

Figura 30-Clúster Bb <40 Cubierta

Huecos acristalados (orientación norte-sur y este-oeste)

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="4.24"/>	$\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$
Factor solar	<input type="text" value="0.56"/>	

Figura 31-Clúster Bb <40 Huecos acristalados

Puentes térmicos

LFi [E]SOL13_Bb40-[B]FAC13_Bb40(90)	
Descripción	Suelos en contacto con el terreno sin continuidad entre el aislamiento de fachada y de solera
Psi	0.68 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con solera
LFs [G]CUB13_Bb40-[B]FAC13_Bb40(90)	
Descripción	Cubiertas planas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y el de cubierta
Psi	0.67 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con cubierta
TFmi [F]FOR-[B]FAC13_Bb40(90)-[B]FAC13_Bb40(180)	
Descripción	Frentes de forjado sin continuidad del aislamiento de fachada
Psi	0.61 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con forjado
TFms [F]FOR-[B]FAC13_Bb40(90)-[B]FAC13_Bb40(180)	
Descripción	Pilares integrados en fachada sin continuidad del aislamiento de fachada
Psi	1.03 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Pilar
LWo [B]FAC13_Bb40-[B]FAC13_Bb40(90)	
Descripción	Esquinas salientes (al exterior)
Psi	0.24 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Esquina saliente de fachadas

LWi [B]FAC13_Bb40-[B]FAC13_Bb40(90)	
Descripción	Esquinas entrantes (al interior)
Psi	-0.37 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Esquina entrante de fachadas

Wi [K]Bb40-[B]FAC13_Bb40	
Descripción	Alfeizares sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería, sin gran separación entre ar elementos, y alfeizares en fachadas de una hoja sin aislamiento
Psi	0.06 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Huevo de ventana

Wi [K]Bb40-[B]FAC13_Bb40	
Descripción	Jambas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.28 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Huevo de ventana

Ws [K]Bb40-[B]FAC13_Bb40	
Descripción	Dinteles sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.31 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Huevo de ventana

Figura 32-Clúster Bb <40 Puentes térmicos

Clúster Bb 41-60

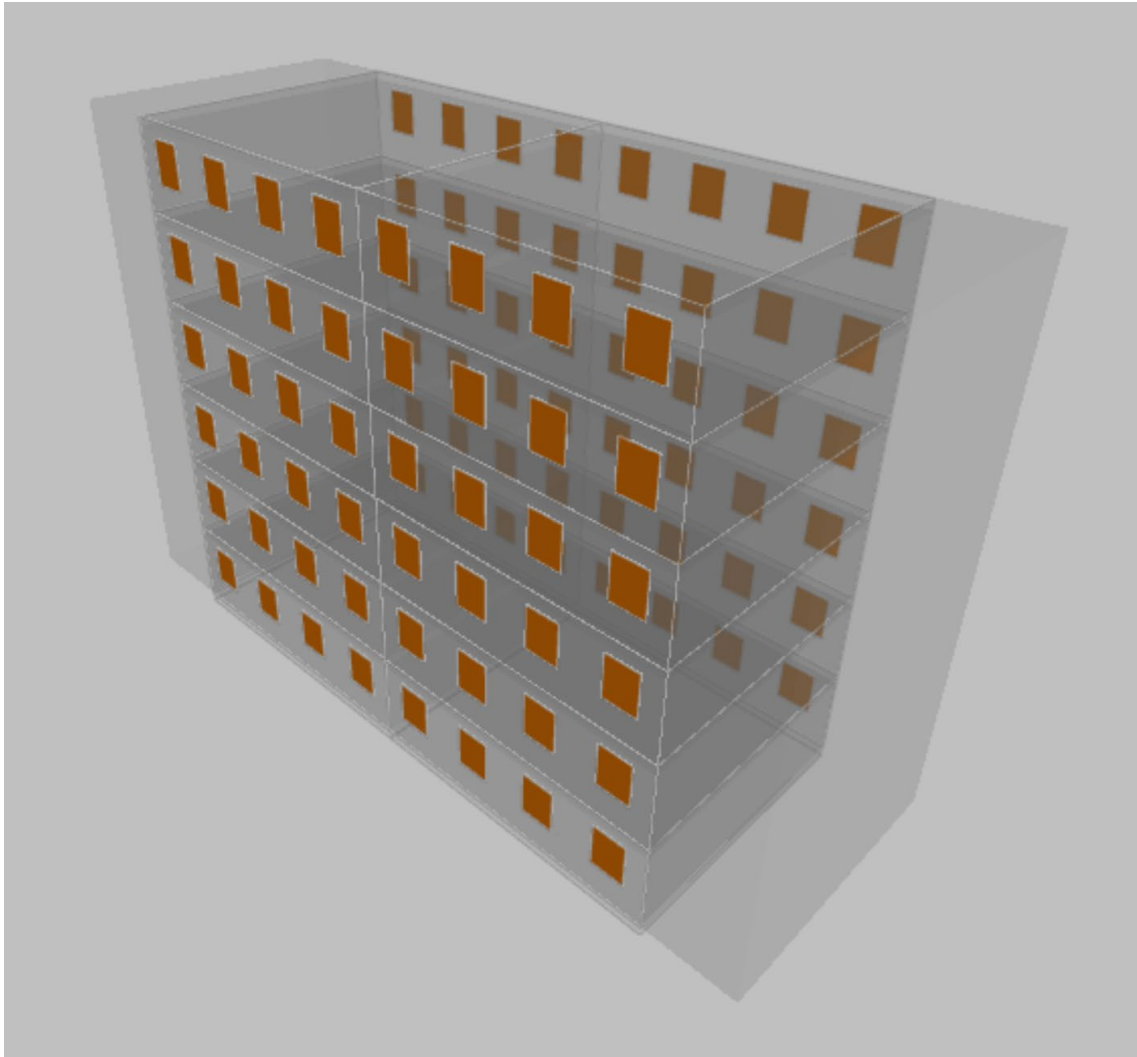


Figura 33-Clúster Bb 41-60

Cerramientos de fachada y de medianeras

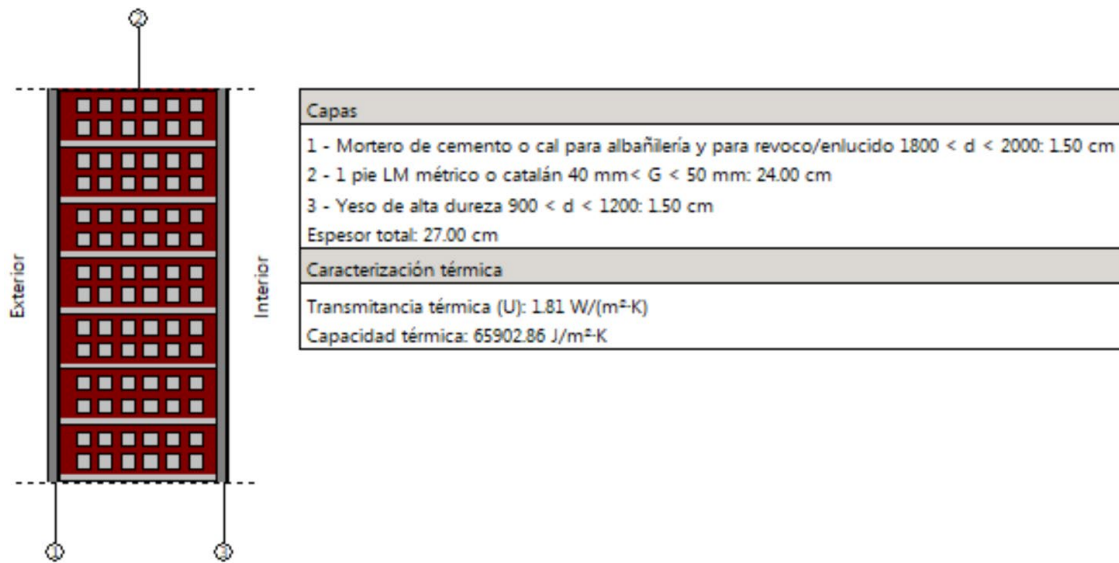


Figura 34-Clúster Bb 41-60 Muro de fachada

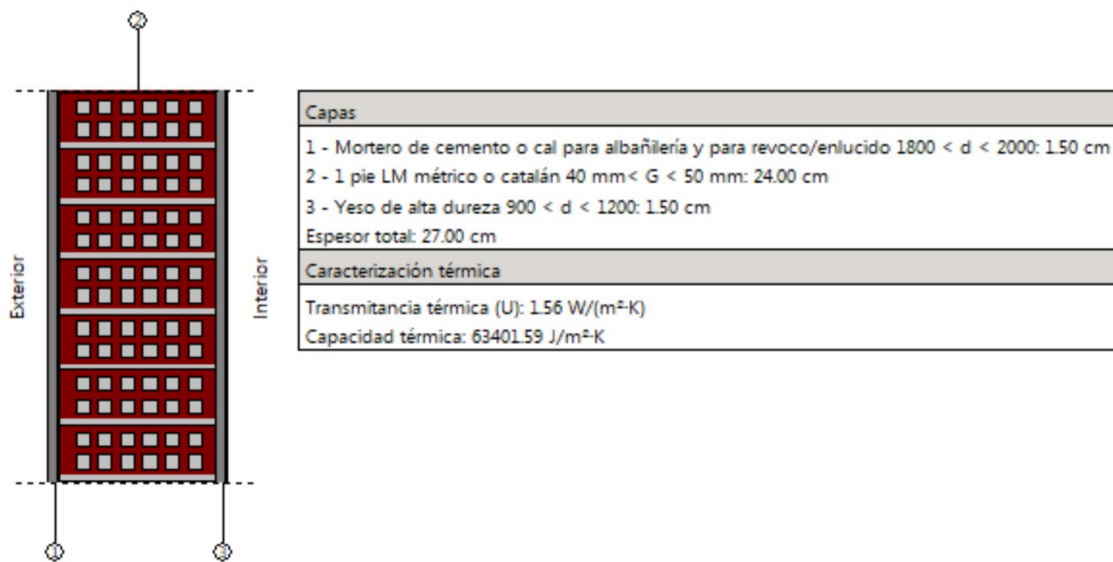


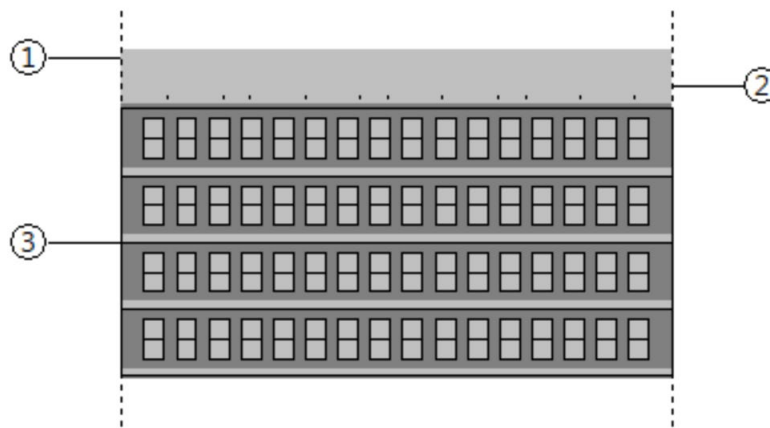
Figura 35-Clúster Bb 41-60 Muro de medianera

Soleras

Espesor	0.20 cm
Transmitancia térmica (U)	1.14 W/(m²·K)
Densidad	2000.00 kg/m³
Calor específico	900.00 J/(kg·K)

Figura 36-Clúster Bb 41-60 Soleras

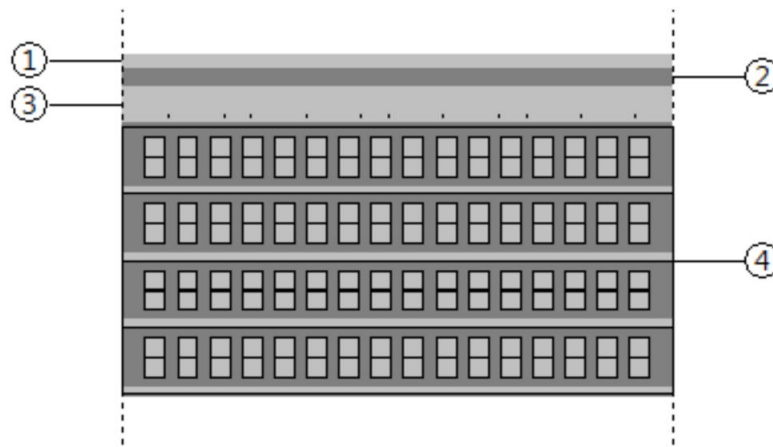
Forjados de entrepisos



Capas
1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450: 4.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 36.00 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.62 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.09 W/(m²·K)
Forjado inferior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.09 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.62 W/(m²·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.40 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.05 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 126238.18 J/m²·K

Figura 37-Clúster Bb 41-60 Forjados de entrepisos

Cubierta



Capas
1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 1.50 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$: 2.00 cm
3 - Hormigón en masa $2000 < d < 2300$: 4.00 cm
4 - FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 37.50 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.55 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.74 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 134192.22 J/m ² ·K

Figura 38-Clúster Bb 41-60 Cubierta

Huecos acristalados (orientación norte-sur y este-oeste)

Transmitancia térmica (U) W/(m²·K)

Factor solar

Figura 39-Clúster Bb 41-60 Huecos acristalados

Puentes térmicos

LFi [E]SOL14_Bb41-60-[B]FAC14_Bb41-60(90)	
Descripción	Suelos en contacto con el terreno sin continuidad entre el aislamiento de fachada y de solera
Psi	0.71 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con solera
LFs [G]CUB14_Bb41-60-[B]FAC14_Bb41-60(90)	
Descripción	Cubiertas planas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y el de cubierta
Psi	0.73 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con cubierta
TFmi [F]FOR-[B]FAC14_Bb41-60(90)-[B]FAC14_Bb41-60(180)	
Descripción	Frentes de forjado sin continuidad del aislamiento de fachada
Psi	0.60 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con forjado
Wi [K]Bb41-60-[B]FAC14_Bb41-60	
Descripción	Alfeizares sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería, sin gran separación entre ar elementos, y alfeizares en fachadas de una hoja sin aislamiento
Psi	0.07 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana
Ws [K]Bb41-60-[B]FAC14_Bb41-60	
Descripción	Dinteles sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.34 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana
Wl [K]Bb41-60-[B]FAC14_Bb41-60	
Descripción	Jambas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.29 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana

Figura 40–Clúster Bb 41-60 Puentes térmicos

Clúster Bb 61-80

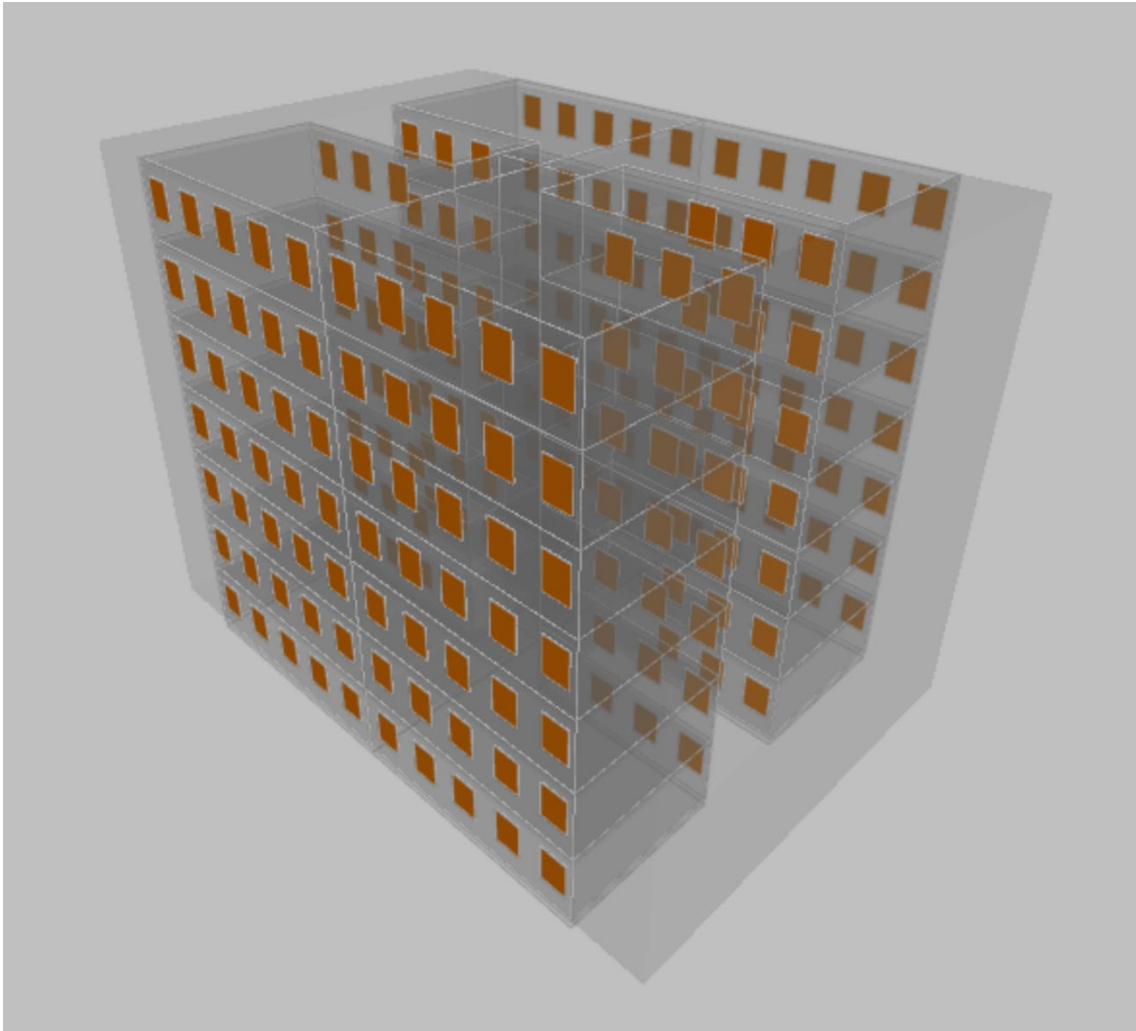


Figura 41-Clúster Bb 61-80

Cerramientos de fachada y de medianeras

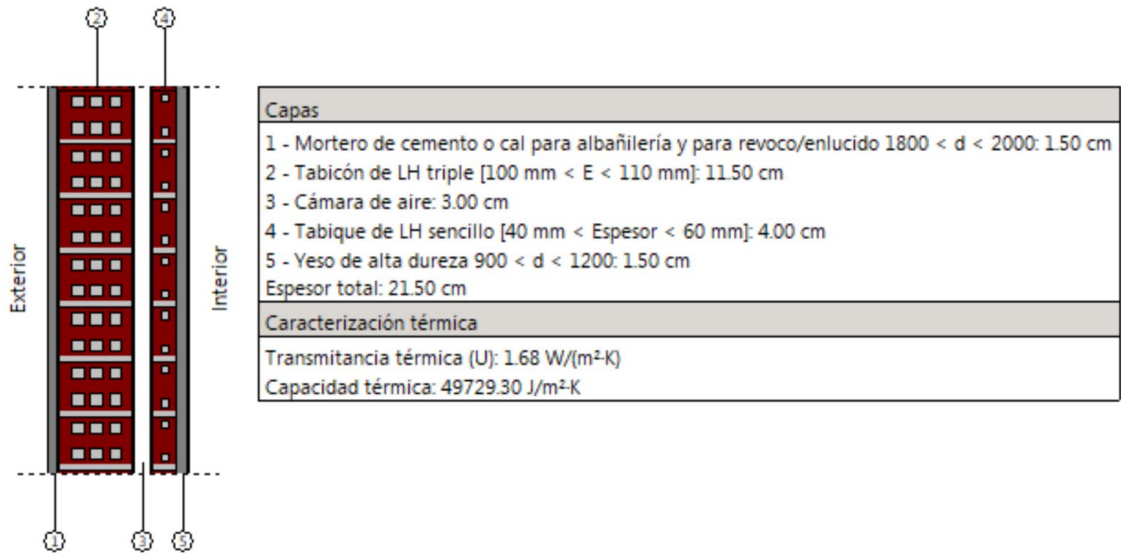


Figura 42-Clúster Bb 61-80 Muro de fachada

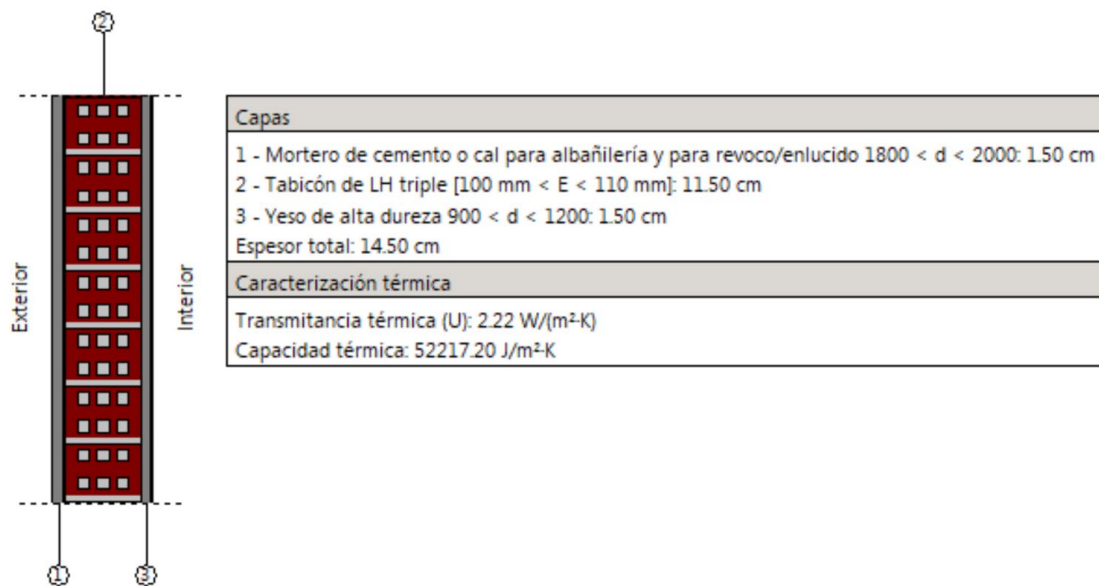


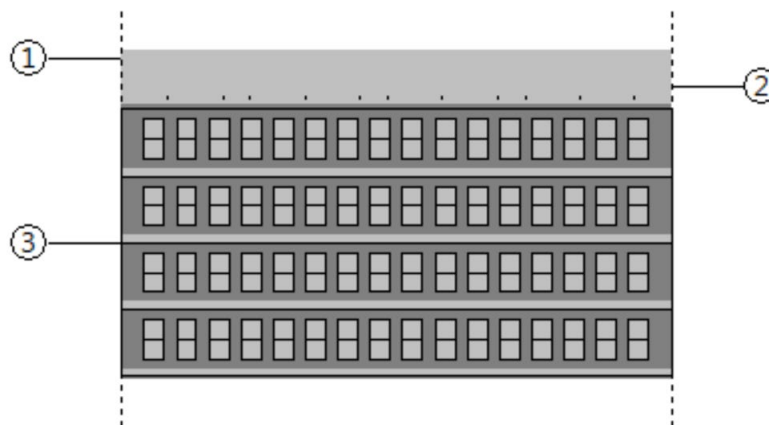
Figura 43-Clúster Bb 61-80 Muro de medianera

Soleras

Espesor	0.20 cm
Transmitancia térmica (U)	1.14 W/(m²·K)
Densidad	2000.00 kg/m³
Calor específico	900.00 J/(kg·K)

Figura 44-Clúster Bb 61-80 Soleras

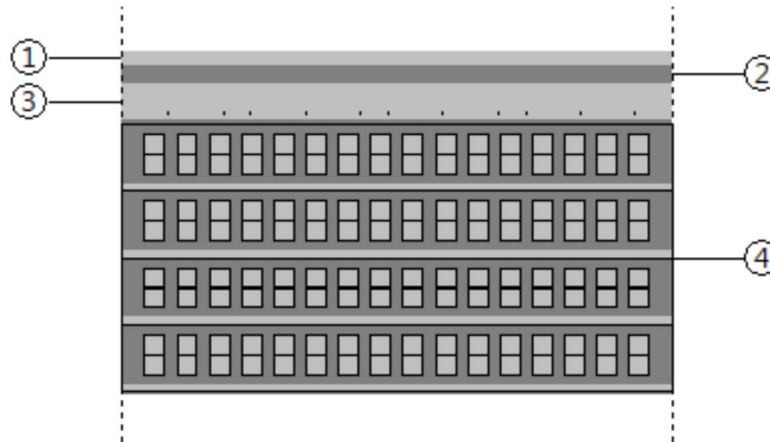
Forjados de entrepisos



Capas
1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450: 4.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 36.00 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.62 W/(m²·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.09 W/(m²·K)
Forjado inferior
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.09 W/(m²·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.62 W/(m²·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.40 W/(m²·K)
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.05 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 126238.18 J/m²·K

Figura 45-Clúster Bb 61-80 Forjados de entrepiso

Cubierta



Capas
1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 1.50 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 2.00 cm
3 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 4.00 cm
4 - FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 37.50 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.55 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.74 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 134192.22 J/m²·K

Figura 46-Clúster Bb 61-80 Cubierta

Huecos acristalados (orientación norte-sur y este-oeste)

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="4.24"/>	W/(m²·K)
Factor solar	<input type="text" value="0.56"/>	

Figura 47-Clúster Bb 61-80 huecos acristalados

Puentes térmicos

Lfi [E]SOL15_Bb61-80-[B]FAC15_Bb61-80(90)	
Descripción	Suelos en contacto con el terreno sin continuidad entre el aislamiento de fachada y de solera
Psi	0.76 W/(m-K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con solera

Lfs [G]CUB15_Bb61-80-[B]FAC15_Bb61-80(90)	
Descripción	Cubiertas planas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y el de cubierta
Psi	0.72 W/(m-K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con cubierta

TFmi [F]FOR-[B]FAC15_Bb61-80(90)-[B]FAC15_Bb61-80(180)	
Descripción	Frentes de forjado sin continuidad del aislamiento de fachada
Psi	0.58 W/(m-K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con forjado

LWi [B]FAC15_Bb61-80-[B]FAC15_Bb61-80(90)	
Descripción	Esquinas entrantes (al interior)
Psi	-0.32 W/(m-K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Esquina entrante de fachadas

Wi [K]Bb61-80-[B]FAC15_Bb61-80	
Descripción	Alfeizares sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería, sin gran separación entre arandelas, y alfeizares en fachadas de una hoja sin aislamiento
Psi	0.08 W/(m-K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana

Ws [K]Bb61-80-[B]FAC15_Bb61-80	
Descripción	Dinteles sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.37 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana

WI [K]Bb61-80-[B]FAC15_Bb61-80	
Descripción	Jambas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.31 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana

Figura 48-Clúster Bb 61-80 Puentes térmicos

Clúster Bb 81-07

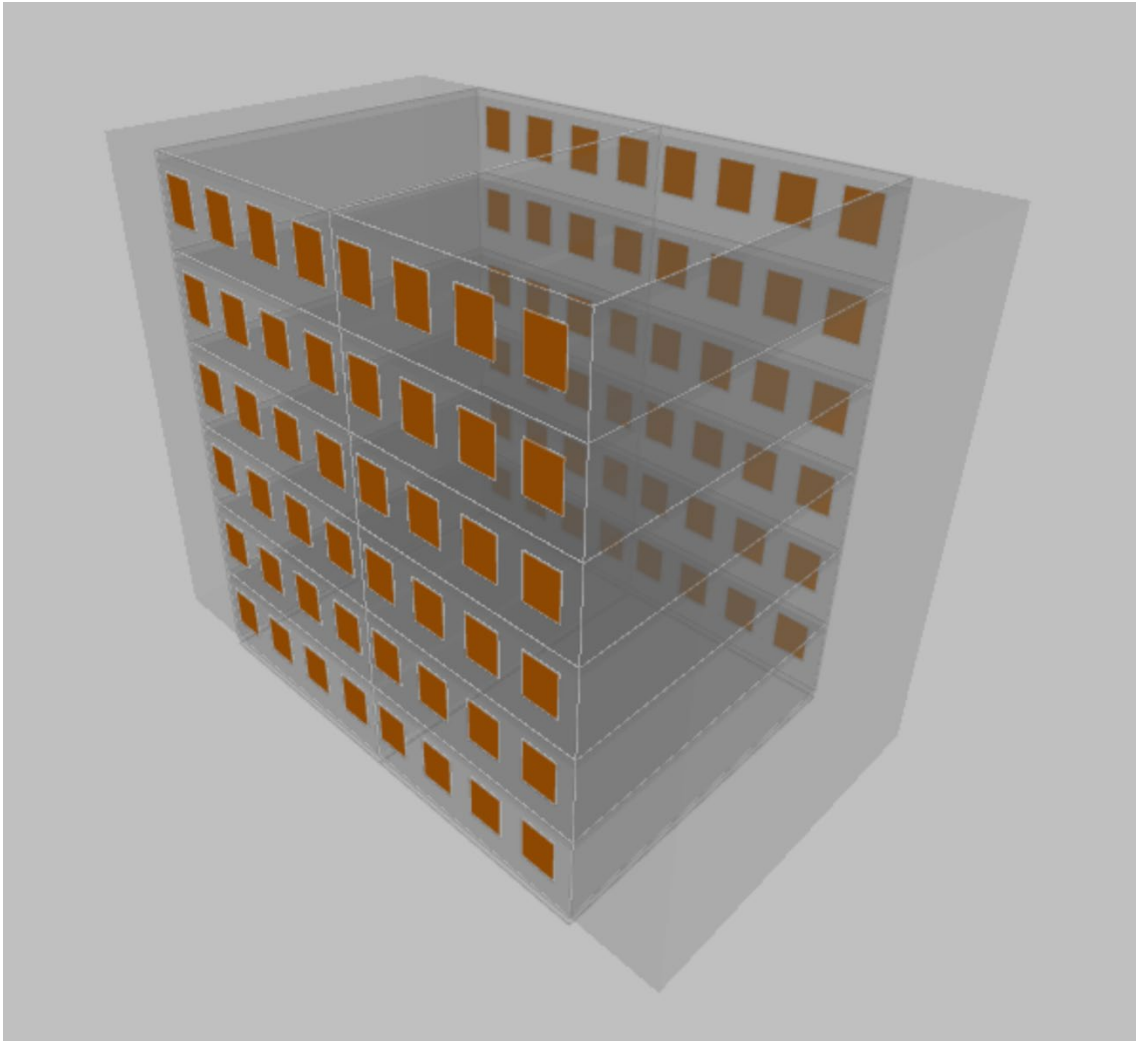


Figura 49-Clúster Bb 81-07

Cerramientos de fachada y de medianeras

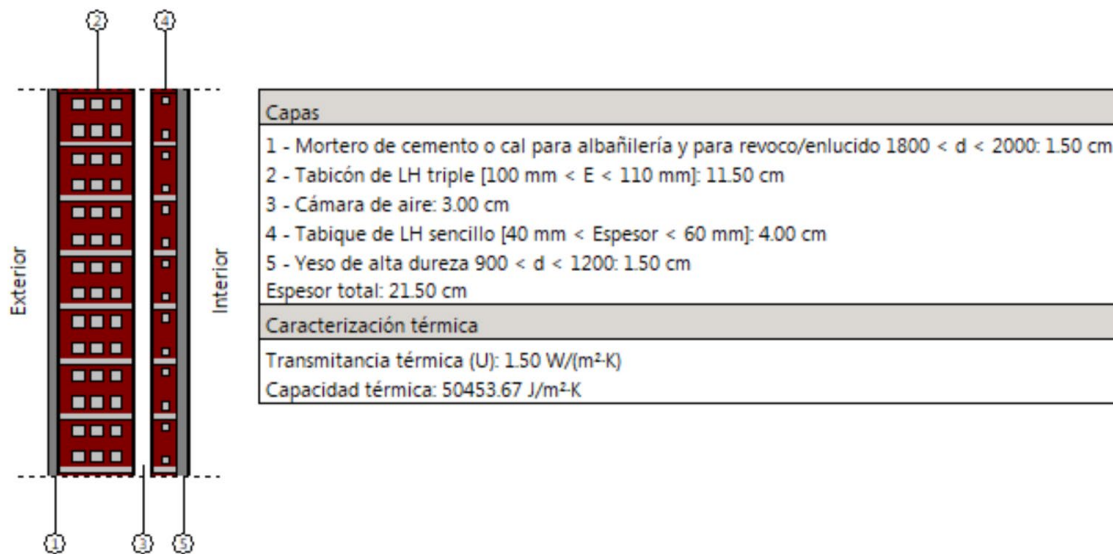


Figura 50-Clúster Bb 81-07 Muro de fachada

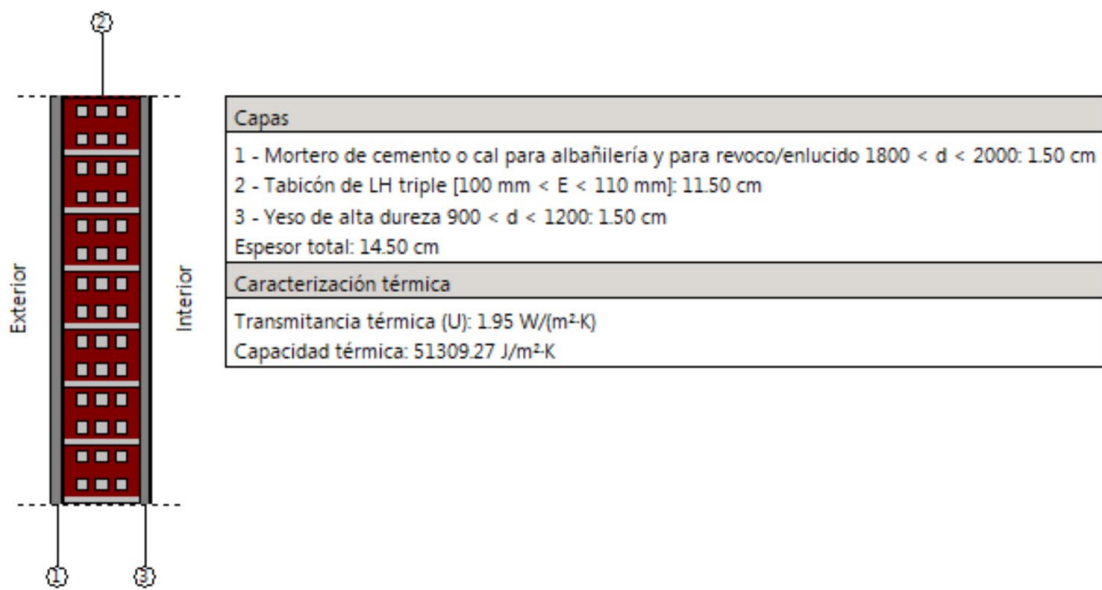


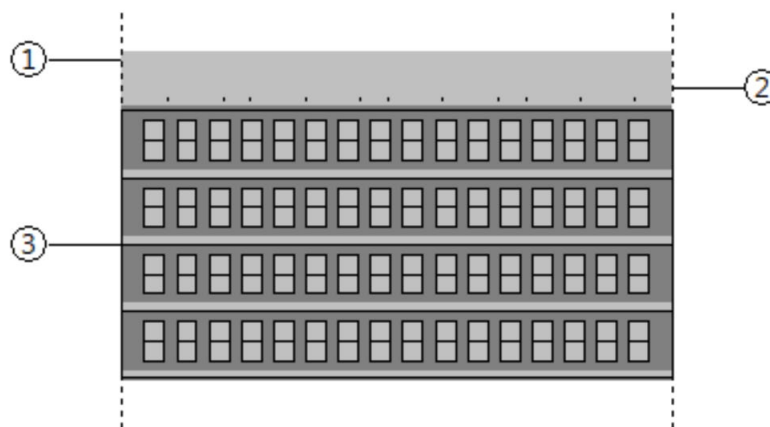
Figura 51-Clúster Bb 81-07 Muro de medianera

Soleras

Espesor	0.20 cm
Transmitancia térmica (U)	1.06 W/(m²·K)
Densidad	2000.00 kg/m³
Calor específico	900.00 J/(kg·K)

Figura 52-Clúster Bb 81-07 Soleras

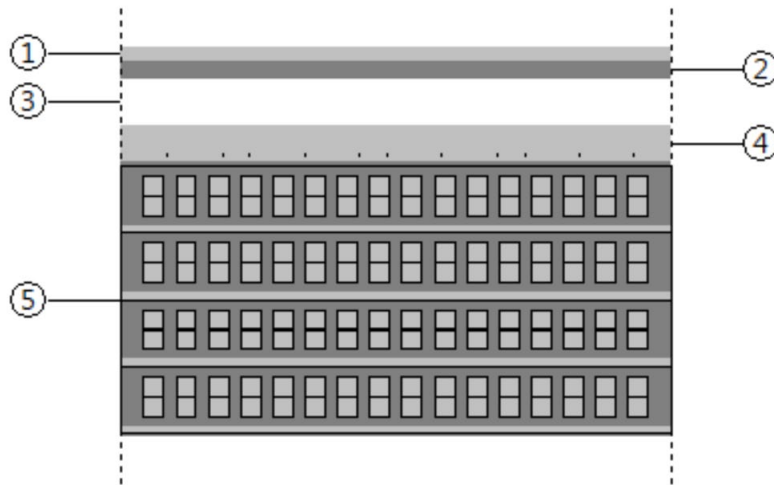
Forjados de entrepisos



Capas
1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450: 4.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 36.00 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.62 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.09 W/(m²·K)
Forjado inferior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.09 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.62 W/(m²·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.40 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.05 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 126238.18 J/m²·K

Figura 53-Clúster Bb 81-07 Forjados de entrepisos

Cubierta



Capas	
1 -	Plaqueta o baldosa cerámica: 1.50 cm
2 -	Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1800 < d < 2000$: 2.00 cm
3 -	Cámara de aire: 5.00 cm
4 -	Hormigón en masa $2000 < d < 2300$: 4.00 cm
5 -	FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 42.50 cm	
Caracterización térmica	
Coeficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.28 W/(m ² ·K)	
Coeficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.40 W/(m ² ·K)	
Capacidad térmica: 80436.16 J/m ² ·K	

Figura 54-Clúster Bb 81-07 Cubiertas

Huecos acristalados (orientación norte-sur y este-oeste)

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="4.69"/>	W/(m ² ·K)
Factor solar	<input type="text" value="0.49"/>	

Figura 55-Clúster Bb 81-07 Huecos acristalados

Puentes térmicos

Lfi [E]SOL16_Bb81-07-[B]FAC16_Bb81-07(90)	
Descripción	Suelos en contacto con el terreno sin continuidad entre el aislamiento de fachada y de solera
Psi	0.73 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con solera
Lfs [G]CUB16_Bb81-07-[B]FAC16_Bb81-07(90)	
Descripción	Cubiertas planas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y el de cubierta
Psi	0.78 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con cubierta
TFmi [F]FOR-[B]FAC16_Bb81-07(90)-[B]FAC16_Bb81-07(180)	
Descripción	Frentes de forjado sin continuidad del aislamiento de fachada
Psi	0.58 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con forjado
Wi [K]Bb81-07-[B]FAC16_Bb81-07	
Descripción	Alfeizares sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería, sin gran separación entre ar elementos, y alfeizares en fachadas de una hoja sin aislamiento
Psi	0.10 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana
Ws [K]Bb81-07-[B]FAC16_Bb81-07	
Descripción	Dinteles sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.42 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana
Wl [K]Bb81-07-[B]FAC16_Bb81-07	
Descripción	Jambas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.35 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana

Figura 56-Clúster Bb 81-07 Puentes térmicos

Clúster Bb 08-19

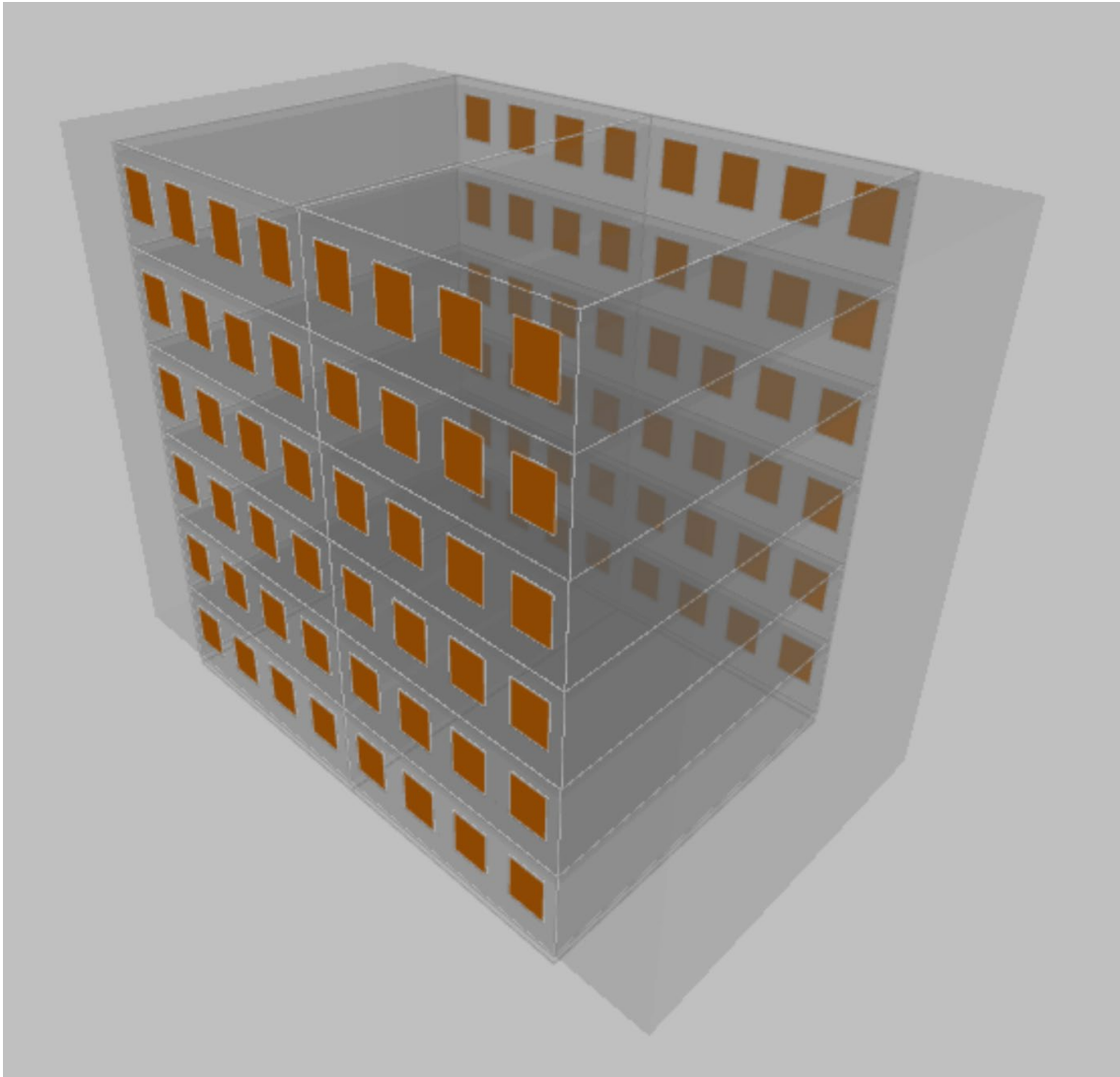


Figura 57-Clúster Bb 08-19

Cerramientos de fachada y de medianeras

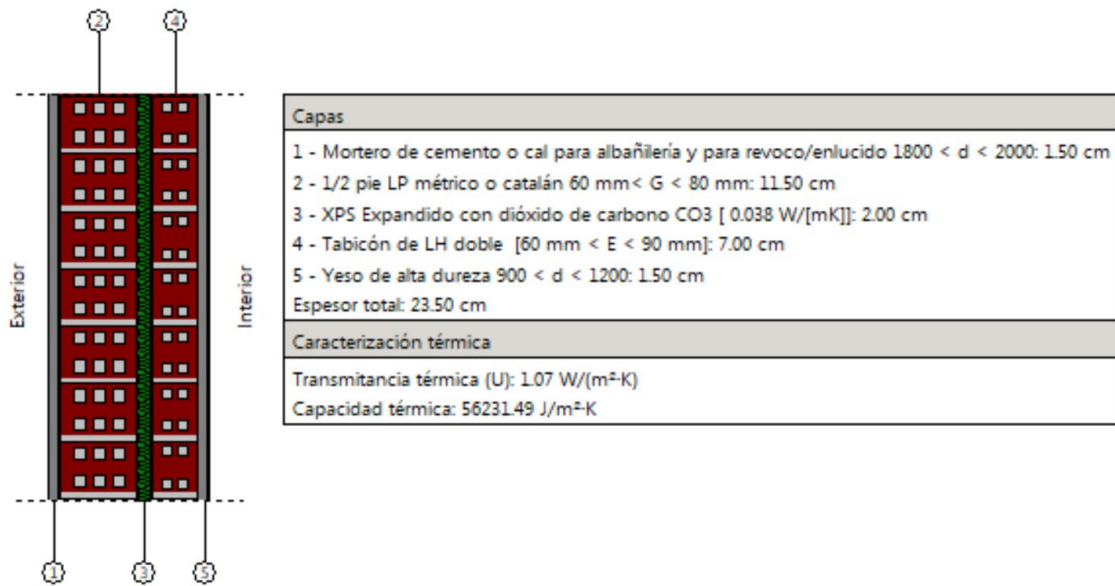


Figura 58-Clúster Bb 08-19 Muro de fachada

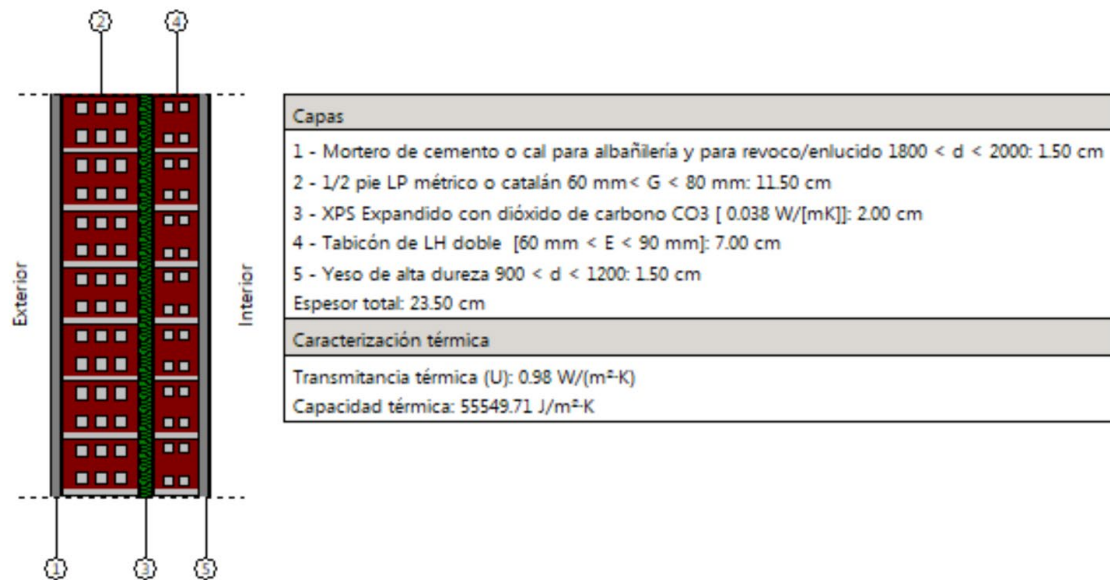


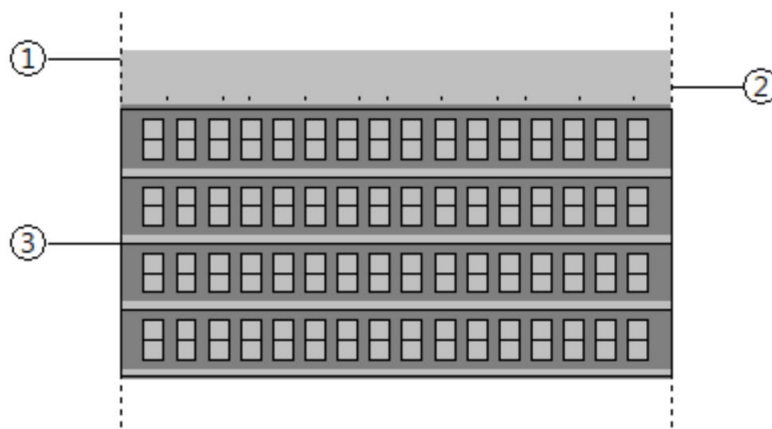
Figura 59-Clúster Bb 08-19 Muro de medianera

Soleras

Espesor	0.30 cm
Transmitancia térmica (U)	0.64 W/(m ² ·K)
Densidad	2000.00 kg/m ³
Calor específico	900.00 J/(kg·K)

Figura 60-Clúster Bb 08-19 Soleras

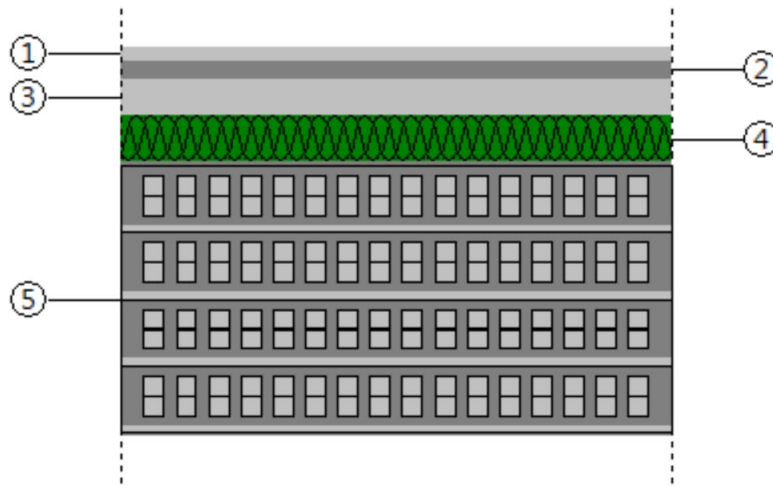
Forjados de entrepisos



Capas
1 - Gres calcáreo 2000 < d < 2700: 2.00 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1250 < d < 1450: 4.00 cm
3 - FU Entrevigado de hormigón -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 36.00 cm
Caracterización térmica
Forjado superior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 1.62 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.09 W/(m ² ·K)
Forjado inferior
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.09 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 1.62 W/(m ² ·K)
Forjado inferior expuesto a la intemperie
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 2.40 W/(m ² ·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 2.05 W/(m ² ·K)
Capacidad térmica: 126238.18 J/m ² ·K

Figura 61-Clúster Bb 08-19 Forjados de entrepisos

Cubierta



Capas
1 - Plaqueta o baldosa cerámica: 1.50 cm
2 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1800 < d < 2000: 2.00 cm
3 - Hormigón en masa 2000 < d < 2300: 4.00 cm
4 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO3 [0.038 W/[mK]]: 5.00 cm
5 - FU Entrevigado cerámico -Canto 300 mm: 30.00 cm
Espesor total: 42.50 cm
Caracterización térmica
Coefficiente de transmisión térmica (refrigeración): 0.57 W/(m²·K)
Coefficiente de transmisión térmica (calefacción): 0.59 W/(m²·K)
Capacidad térmica: 119500.86 J/m²·K

Figura 62-Clúster Bb 08-19 Cubierta

Huecos acristalados (orientación norte-sur y este-oeste)

Transmitancia térmica (U)	<input type="text" value="5.70"/>	W/(m²·K)
Factor solar	<input type="text" value="0.49"/>	

Figura 63-Clúster Bb 08-19 Huecos acristalados

Puentes térmicos

Lfi [E]SOL17_Bb08-19-[B]FAC17_Bb08-19(90)	
Descripción	Suelos en contacto con el terreno sin continuidad entre el aislamiento de fachada y de solera
Psi	0.48 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con solera

Lfs [G]CUB17_Bb08-19-[B]FAC17_Bb08-19(90)	
Descripción	Cubiertas planas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y el de cubierta
Psi	0.94 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con cubierta

Tfmi [F]FOR-[B]FAC17_Bb08-19(90)-[B]FAC17_Bb08-19(180)	
Descripción	Frentes de forjado sin continuidad del aislamiento de fachada
Psi	0.52 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Encuentro de fachada con forjado

Wi [K]Bb08-19-[B]FAC17_Bb08-19	
Descripción	Alfeizares sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería, sin gran separación entre ar elementos, y alfeizares en fachadas de una hoja sin aislamiento
Psi	0.16 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana

Ws [K]Bb08-19-[B]FAC17_Bb08-19	
Descripción	Dinteles sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.54 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana

Wl [K]Bb08-19-[B]FAC17_Bb08-19	
Descripción	Jambas sin continuidad entre el aislamiento de fachada y la carpintería
Psi	0.45 W/(m·K)
Valor	CTE DB-HE
Tipo de encuentro	Hueco de ventana

Figura 64-Clúster Bb 08-19 Puentes térmicos