



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE
INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

**Análisis comparativo de diversas herramientas
para modelar los consumos térmicos en los hogares
españoles.**

Autor: María Pérez-Canal Iglesias

Director: Roberto Barrella

Co-Director: María Morán Camacho

Madrid

Junio de 2025

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Análisis comparativo de diversas herramientas para modelar los consumos térmicos en los
hogares españoles

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2024/2025 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: María Pérez-Canal Iglesias

Fecha: 23/ 06/ 2025



Autorizada la entrega del proyecto

EL CODIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: María Morán Camacho

Fecha: 23/ 06/ 2025

ANÁLISIS COMPARATIVO DE DIVERSAS HERRAMIENTAS PARA MODELAR LOS CONSUMOS TÉRMICOS EN LOS HOGARES ESPAÑOLES.

Autor: Pérez-Canal Iglesias, María.

Director: Barrella, Roberto. Codirector: Morán Camacho, María

Entidad Colaboradora: ICAI-Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

En este Trabajo de Fin de Grado se simularán dos tipologías de vivienda, se irán efectuando cambios en referencia a la zona climática, la orientación, las instalaciones y el año de construcción de las viviendas en tres softwares de simulación energética, HULC, CE3X y DIAGNOSTICO. Se pretende realizar una comparativa de los resultados obtenidos, en este caso estará centrado en el análisis de las demandas y el consumo energético obtenido con cada una de las herramientas.

Finalmente, una obtenidos todos los resultados, se analizarán tanto los casos en los que las tres herramientas presentan resultados equivalentes, como aquellos en los que se encuentran diferencias. En este último caso, se buscarán patrones que expliquen dichas diferencias, como la zona climática, el año de construcción, o las instalaciones empleadas, con el objetivo de identificar en qué condiciones los modelos presentan un comportamiento más divergente o coherente entre sí.

Palabras clave: Certificación, consumo, demanda, HULC, CE3X y DIAGNÓTICO.

1. Introducción

El análisis del comportamiento térmico en los hogares españoles se ha convertido en un aspecto clave dentro de las políticas de eficiencia energética, impulsado por la necesidad de reducir el consumo energético, mejorar el confort térmico y combatir la pobreza energética. En el caso de las viviendas españolas existe una amplia variabilidad en cuanto a tipología, antigüedad y calidad constructiva, y por ello el uso de herramientas capaces de modelar con precisión la demanda y el consumo energético del sector residencial es fundamental.

Desde el punto de vista tanto económico como social, según Romero Mora, Barrella y Centeno Hernández (2024), en el 2023 el 12,53% de los hogares españoles gastaron menos de la mitad de la media nacional en energía, lo que sugiere que no alcanzan un nivel mínimo necesario para mantener condiciones de vida adecuadas, un 10% de la población española sufrieron un retraso en el pago de sus facturas y aproximadamente un 28,57% de los hogares españoles se encuentran en situación de pobreza energética oculta. Evaluar la precisión, accesibilidad y aplicabilidad de estas herramientas contribuye a una mejor identificación de situaciones de ineficiencia térmica en el parque edificatorio español.

2. Definición del Proyecto

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo principal realizar una comparativa entre tres herramientas utilizadas para la modelización energética de edificios residenciales en España. Dos de ellas reconocidas como softwares oficiales en España por el Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Democrático, HULC (Herramienta Unificada LIDER-CALENER) y CE3X, empleadas para la emisión de los certificados energéticos en hogares

españoles. La tercera herramienta analizada, DIAGNÓSTICO, ha sido desarrollada por la Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad Pontificia de Comillas con el objetivo de facilitar la evaluación del gasto térmico teórico en viviendas, especialmente en contextos de vulnerabilidad energética.

La comparativa entre estos softwares de modelado de los consumos térmicos se centra en su capacidad para estimar la demanda térmica y el consumo energético en distintas tipologías de vivienda, bajo condiciones homogéneas, con el fin de evaluar su precisión, versatilidad y adecuación a distintos escenarios de uso. Este es un estudio necesario para conocer la variabilidad de los resultados en las distintas herramientas de simulación en los distintos casos.

3. Descripción del modelo

Se han modelado dos tipos de viviendas, una vivienda unifamiliar aislada, y otra vivienda en bloque. En el caso de la vivienda unifamiliar en esta se simularán los diferentes casos en las tres aplicaciones, realizando cambios en la zona climática, las instalaciones, y el año de construcción, (es decir la envolvente térmica). Por otro lado, la vivienda en bloque se simularán los tres tipos dentro de un bloque: una planta baja, una planta cubierta, y por último una planta intermedia. Cada una de las simulaciones que se realicen en la vivienda en bloque será representada en las cuatro orientaciones, y se realizará una media en el caso de que se esté trabajando con HULC o con CE3X. Finalmente se realizará una media entre la planta intermedia, baja y cubierta y esta será la que se comparará ya que DIAGNÓSTICO no permite introducir la orientación del edificio.

En la realización de estas simulaciones es necesario introducir con rigor los mismos datos en las tres aplicaciones, por ello, nos basamos en los datos que usa DIAGNÓSTICO ya que esta es la más simplificada y toma sus datos por defecto: los rendimientos, transmitancias térmicas, demanda de ACS etc. Estos datos están basados en unas tablas de referencia según el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (2011) desarrolladas por: Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc-CSIC), Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía (AICIA).

Las variables consideradas para la realización de las simulaciones se presentan en la siguiente tabla. Cada una de ellas ha sido combinada de forma sistemática con el resto, generando así distintos escenarios de estudio. Esta metodología ha permitido analizar de manera comparativa cómo afectan las distintas configuraciones: como la zona climática, el año de construcción, el tipo de instalación o la posición de la vivienda dentro del edificio a los resultados obtenidos por cada una de las herramientas de modelado energético.

Tipología	Zona climática	Envolvente	Refrigeración	Calefacción	ACS	Personas
Vivienda unifamiliar aislada	D3	Después del 2007	Bomba de calor	Bomba de calor	Gas natural	3
Vivienda en bloque (planta intermedia)	B4	Entre 1981 y 2007		Eléctrica	Eléctrica	
Vivienda en bloque (planta baja)	C1	Antes del 1981		Gas natural		
Vivienda en bloque (planta cubierta)						

Tabla Resumen 1 Variables casos de estudio

Esta será la metodología que se seguirá el proyecto:



Figura 1 Metodología del proyecto

4. Resultados

- 4.1 Vivienda Unifamiliar

En primer lugar, se observa la similitud en los resultados de HULC y CE3X, las diferencias de calefacción para viviendas unifamiliares aisladas se encuentran en el intervalo [1%, 15%]. En cuanto a refrigeración las diferencias de los resultados entre HULC y CE3X se encuentra dentro del intervalo del [8%,20%]. Los resultados obtenidos son coherentes entre sí, y por lo tanto se verifica que las demandas obtenidas con las herramientas HULC y CE3X, aprobadas por el ministerio son semejantes, pese a las simplificaciones que usa CE3X.

En cuanto a DIAGNÓSTICO se muestran en la siguiente tabla las diferencias en % de las demandas obtenidas con esta herramienta en comparación con HULC y C3EX.

CASO	% Diferencia de calefacción HULC y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de refrigeración HULC y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de calefacción CE3X y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de refrigeración CE3X y DIAGNÓSTICO
CASO 1. 1, CASO 1. 4 ZONA D3	-34% DIAGNÓSTICO	-54% DIAGNÓSTICO	-30% DIAGNÓSTICO	-59% DIAGNÓSTICO
CASO 1. 2 CASO 1. 5 ZONA B4	-5% DIAGNÓSTICO	-52% DIAGNÓSTICO	-4% DIAGNÓSTICO	-53% DIAGNÓSTICO
CASO 1. 3 CASO 1. 6 ZONA C1	-35% DIAGNÓSTICO	No influye	-32% DIAGNÓSTICO	No influye
CASO 1. 7 CASO 1. 10 ZONA D3	12% DIAGNÓSTICO	12% DIAGNÓSTICO	14% DIAGNÓSTICO	4% DIAGNÓSTICO
CASO 1. 8 CASO 1. 11 ZONA B4	41% DIAGNÓSTICO	9% DIAGNÓSTICO	26% DIAGNÓSTICO	1% DIAGNÓSTICO
CASO 1. 9 CASO 1. 12 ZONA C1	2% DIAGNÓSTICO	No influye	1% DIAGNÓSTICO	No influye
CASO 1. 13 CASO 1. 16 ZONA D3	32% DIAGNÓSTICO	54% DIAGNÓSTICO	30% DIAGNÓSTICO	34% DIAGNÓSTICO
CASO 1. 14 CASO 1. 17 ZONA B4	64% DIAGNÓSTICO	50% DIAGNÓSTICO	53% DIAGNÓSTICO	39% DIAGNÓSTICO
CASO 1. 15 CASO 1. 16 ZONA C1	32% DIAGNÓSTICO	No influye	30% DIAGNÓSTICO	No influye

Tabla Resumen 2 % de diferencia de las demandas obtenidas entre HULC y CE3X con DIAGNÓSTICO para Vivienda Unifamiliar

■ Viviendas construidas después del 2007. ■ Viviendas construidas entre 1981 y 2007

■ Viviendas construidas antes del 1981

Los resultados tanto de demanda como de consumo del ACS son prácticamente idénticos con los tres softwares, habiendo diferencias entre el 0% y el 3%.

En cuanto a los consumos, de las instalaciones de refrigeración y calefacción estos están íntegramente relacionados con los rendimientos de las instalaciones que se han seleccionado,

y se ha observado una gran diferencia, en CE3X y en DIAGNÓSTICO los rendimientos de las instalaciones se mantienen dependiendo del valor que sea asignado por el usuario, por lo que el % de diferencia en los consumos será igual que en las demandas. Sin embargo, en HULC cuando se selecciona bomba de calor como elemento activo de refrigeración y/o calefacción, el rendimiento no equivale al valor introducido como rendimiento del sistema. Esto es debido a que en HULC, los valores de rendimiento de instalación declarados (COP/EER) cuando se selecciona bomba de calor, se ajustan internamente mediante curvas de rendimiento que consideran la temperatura exterior y la parte de carga en cada hora del año, resultando un rendimiento estacional real diferente del nominal introducido, ya que una única instalación no trabaja en su punto de óptimo rendimiento a lo largo de todo el año. Esta es una diferencia verdaderamente importante ya que CE3X y DIAGNÓSTICO usan el COP nominal fijo sin ajuste dinámico.

- 4.2 Vivienda en Bloque

Por una parte, se observa la similitud en los resultados de HULC y CE3X, las diferencias de calefacción para vivienda en bloque se encuentran en el intervalo [1%, 6%]. En cuanto a la refrigeración, los resultados de la comparación entre los dos softwares oficiales de certificación en España se han encontrado entre el [1%,7%] en todos los casos. Estos resultados son similares y por lo tanto se verifica que las demandas obtenidas con herramientas aprobadas con el Ministerio son semejantes, teniendo en cuenta las simplificaciones que usa CE3X.

En cuanto a DIAGNÓSTICO se muestran en la siguiente tabla las diferencias en % de las demandas obtenidas con esta herramienta en comparación con HULC y C3EX.

<i>CASO</i>	% Diferencia de calefacción HULC y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de refrigeración HULC y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de calefacción CE3X y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de refrigeración CE3X y DIAGNÓSTICO
<i>CASO 2.1 CASO 2.4 ZONA D3</i>	-31% DIAGNÓSTICO	-37% DIAGNÓSTICO	-27% DIAGNÓSTICO	-26% DIAGNÓSTICO
<i>CASO 2.2, CASO 2.5 ZONA B4</i>	7% DIAGNÓSTICO	36% DIAGNÓSTICO	7% DIAGNÓSTICO	33% DIAGNÓSTICO
<i>CASO 2.3 CASO 2.6 ZONA C1</i>	33% DIAGNÓSTICO	No influye	30% DIAGNÓSTICO	No influye
<i>CASO 2.7 CASO 2.10</i>	34% DIAGNÓSTICO	33% DIAGNÓSTICO	39% DIAGNÓSTICO	40% DIAGNÓSTICO

<i>ZONA D3</i>				
<i>CASO 2.8 CASO 2.11</i>	43%	29%	47%	32%
<i>ZONA B4</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>CASO 2.9 CASO 2.12</i>	19%	No influye	25%	No influye
<i>ZONA C1</i>	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO	
<i>CASO 2.13 CASO 2.16</i>	50%	73%	55%	75%
<i>ZONA D3</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>CASO 2.14 CASO 2.17</i>	71%	68%	73%	71%
<i>ZONA B4</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>CASO 2.15 CASO 2.18</i>	50%	No influye	54%	No influye
<i>ZONA C1</i>	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO	

*Tabla Resumen 3 % de diferencia de las demandas obtenidas entre HULC y CE3X con
DIAGNÓSTICO para Vivienda en Bloque*

En cuanto al ACS, los resultados también para el caso de Vivienda en Bloque son prácticamente idénticos con los tres softwares.

Los resultados obtenidos de los consumos siguen la misma línea que los comentados en la parte de Vivienda Unifamiliar.

5. Conclusiones

Las conclusiones a las que se ha llegado en este Trabajo de Fin de Grado son las siguientes:

En primer lugar, se concluye que, pese a ser CE3X y HULC dos herramientas de simulación energética que presentan grandes diferencias, ya que CE3X emplea métodos simplificados basados en interpolación de bases de datos y HULC aplica un motor horario más detallado, los resultados obtenidos son verdaderamente similares y dentro de los márgenes aceptables de precisión. Esto no es un resultado inesperado debido a que ambos son reconocidos como procedimientos oficiales de certificación energética por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2023).

En segundo lugar, en cuanto a la comparación de la herramienta desarrollada por la Cátedra de Energía y Pobreza, DIAGNÓSTICO, está no puede considerarse actualmente una herramienta precisa para el modelado energético de las viviendas españolas, al menos no en el mismo nivel de fiabilidad y robustez que los softwares reconocidos oficialmente por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, como HULC o CE3X.

En cuanto a DIAGNÓSTICO, tras el análisis de los resultados se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- Para viviendas construidas antes del 1981 la demanda obtenida con DIAGNÓSTICO es mayor que la obtenida con HULC y CE3X, este resultado es coherente, debido a que DIAGNÓSTICO utiliza una temperatura de cálculo de referencia constante de 20 °C, mientras que otros programas, como el caso de HULC y CE3X usan horarios de temperaturas de confort que varían a lo largo del día con una mejor adaptación.
- La demanda se va reduciendo conforme mejora la envolvente de la vivienda. En los casos en los que la vivienda ha sido construida entre el 1981 y el 2007, sigue siendo mayor que la calculada con las herramientas oficiales, lo que continúa teniendo coherencia en los resultados, ya que al mejorar la envolvente y reducirse la demanda, los % de diferencia también se reducen.
- Para una vivienda construida posteriormente al 2007, la demanda de DIAGNÓSTICO disminuye en comparación con los programas oficiales. Pese a que no se ha llegado a ninguna conclusión robusta acerca de esta diferencia de cálculo de demanda con la mejora de la envolvente, una posible hipótesis ha sido que, en los edificios de envolvente mejorada la demanda de DIAGNÓSTICO es más baja por partir de un modelo más básico, ya que los detalles que añaden HULC y CE3X (como cargas internas, radiación solar, infiltraciones...) suponen que para edificios de nueva construcción gran porcentaje de la demanda venga de esas variables debido a que la envolvente está muy mejorada, y DIAGNÓSTICO no trabaja con estas componentes.

Respecto a los consumos, la diferencia entre los valores obtenidos con CE3X o DIAGNÓSTICO y los calculados con HULC se debe principalmente al tratamiento del rendimiento de la bomba de calor. Mientras que CE3X y DIAGNÓSTICO aplican un COP/EER nominal fijo, sin tener en cuenta variaciones por temperatura exterior o fracción de carga, trasladando linealmente el rendimiento a las demandas y manteniendo constante el porcentaje de diferencia entre demanda y consumo, HULC ajusta internamente ese rendimiento mediante curvas de funcionamiento que consideran la temperatura ambiente y la carga horaria, generando así un rendimiento estacional real variable a lo largo del año, lo que refleja de forma más precisa el comportamiento real de la bomba de calor.

6. Referencias

[1] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2011). Escala de calificación energética de edificios existentes. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnergEdifExistentes_2011_accesible_c762988d.pdf

[2] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2020). Consumo por usos residencial - Informes web. Recuperado de <https://informesweb.idae.es/consumo-usos-residencial/informe.phpinformesweb.idae.es>

[3] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2025). Procedimientos para la certificación de edificios. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/certificacion-energetica/documentos-reconocidos/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.html>

[4] Romero Mora, J. C., Barrella, R., & Centeno Hernández, E. (2024). *Informe de indicadores de pobreza energética en España 2023*. Universidad Pontificia Comillas. https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/95198https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

COMPARATIVE ANALYSIS OF VARIOUS TOOLS FOR THERMAL CONSUMPTION MODELLING IN SPANISH HOUSEHOLDS

Author: Pérez-Canal Iglesias, María.

Supervisor: Barrella, Roberto. Co-supervisor: Morán Camacho, María

Collaborating Entity: ICAI- Pontifical Comillas University

ABSTRACT

In this Final Degree Project, two types of dwellings will be simulated, applying variations in terms of climate zone, orientation, installations, and year of construction across three energy simulation software tools: HULC, CE3X, and DIAGNÓSTICO. The aim is to carry out a comparison of the results obtained, focusing specifically on the analysis of energy demand and consumption provided by each tool.

Finally, once all the results have been gathered, both the cases where the three tools produce equivalent results and those where differences arise will be analyzed. In the latter case, patterns will be sought to explain these discrepancies—such as climate zone, year of construction, or the systems used—with the goal of identifying under which conditions the models show greater divergence or consistency with each other.

Keywords: Certification, consumption, demand, HULC, CE3X, DIAGNÓSTICO

1. Introduction

The analysis of thermal performance in Spanish households has become a key aspect of energy efficiency policies, driven by the need to reduce energy consumption, improve thermal comfort, and combat energy poverty. In the case of Spanish dwellings, there is significant variability in terms of typology, age, and construction quality, making the use of tools capable of accurately modeling energy demand and consumption in the residential sector essential.

From both an economic and social perspective, according to Romero Mora, Barrella, and Centeno Hernández (2024), in 2023, 12.53% of Spanish households spent less than half the national average on energy, suggesting they do not reach the minimum level required to maintain adequate living conditions. Additionally, 10% of the Spanish population experienced delays in paying their energy bills, and approximately 28.57% of households are in a situation of hidden energy poverty. Evaluating the accuracy, accessibility, and applicability of these tools contributes to better identifying situations of thermal inefficiency within the Spanish building stock.

2. Project definition

The main objective of this Final Degree Project is to carry out a comparison between three tools used for the energy modeling of residential buildings in Spain. Two of them—HULC (Unified Tool LIDER-CALENER) and CE3X—are officially recognized software tools in Spain by the Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge, and are used for issuing energy performance certificates in Spanish homes. The third tool analyzed, DIAGNÓSTICO, was developed by the Chair of Energy and Poverty at the Comillas

Pontifical University, with the aim of facilitating the assessment of theoretical thermal expenditure in dwellings, particularly in contexts of energy vulnerability.

The comparison among these thermal consumption modeling tools focuses on their ability to estimate thermal demand and energy consumption in different housing typologies under uniform conditions, in order to evaluate their accuracy, versatility, and suitability for various usage scenarios. This study is essential to understand the variability in results produced by different simulation tools across diverse case studies.

3. Model Description

Two types of dwellings have been modeled: a detached single-family house and a multi-family apartment building. For the single-family house, various scenarios will be simulated using the three software tools, applying changes to the climate zone, building systems, and year of construction (i.e., thermal envelope). In the case of the apartment building, three different apartment types within the block will be simulated: a ground floor, a top floor, and a middle floor. Each of these simulations will be performed for all four orientations, and an average will be calculated when working with HULC or CE3X. Finally, an overall average of the ground, middle, and top floors will be taken for comparison purposes, as DIAGNÓSTICO does not allow the user to define the orientation of the building.

To ensure consistency across simulations, the same input data must be rigorously applied in all three tools. For this reason, the data used in DIAGNÓSTICO has been taken as the reference, as it is the most simplified tool and uses default values for parameters such as system efficiencies, thermal transmittances, and domestic hot water demand. These default values are based on reference tables from the Ministry of Industry, Tourism and Trade (2011), developed by the Institute for Energy Diversification and Saving (IDAE), the Eduardo Torroja Institute of Construction Science (IETcc-CSIC), and the Association for Research and Industrial Cooperation of Andalusia (AICIA).

The variables considered for the simulations are presented in the following table. Each of them has been systematically combined with the others to generate different study scenarios. This methodology has allowed for a comparative analysis of how various configuration: such as the climate zone, year of construction, type of installation, or the dwelling's position within the building affect the results obtained by each of the energy modeling tools.

Typology	Climate zone	Envelope	Cooling	Heating	ACS	People
Detached single-family home	D3	After 2007	Heat pump	Heat pump	Natural gas	3
Apartment in block (middle floor)	B4	Between 1981 and 2007		Electric	Electric	
Apartment in block (ground floor)	C1	Before 1981		Natural gas		
Apartment in block (top floor)						

Summary Table 1 case study variables

This is the methodology that the project will follow.

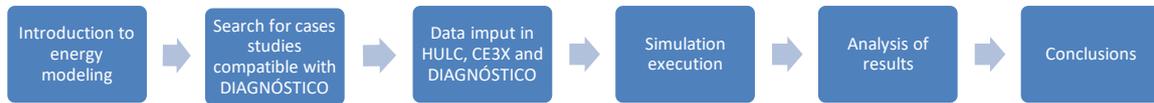


Figure 1 Project Methodology

4. Results

4.1 Single-Family House

Firstly, a similarity in the results from HULC and CE3X can be observed. The differences in heating demand for detached single-family houses fall within the range of [1%, 15%]. As for cooling, the differences between HULC and CE3X results lie within the range of [8%, 20%]. The results obtained are consistent with each other, thus confirming that the demands calculated by the tools HULC and CE3X—both approved by the ministry—are comparable, despite the simplifications used by CE3X.

Regarding DIAGNÓSTICO, the following table shows the percentage differences in demand calculated by this tool in comparison with HULC and CE3X.

CASE	% Difference in Heating between HULC and DIAGNÓSTICO	% Difference in cooling between HULC and DIAGNÓSTICO	% Difference in Heating between CE3X and DIAGNÓSTICO	% Difference in cooling between CE3X and DIAGNÓSTICO
CASE 1.1 CASE 1.4 ZONE D3	-34% DIAGNÓSTICO	-54% DIAGNÓSTICO	-30% DIAGNÓSTICO	-59% DIAGNÓSTICO
CASE 1.2 CASE 1.5 ZONE B4	-5% DIAGNÓSTICO	-52% DIAGNÓSTICO	-4% DIAGNÓSTICO	-53% DIAGNÓSTICO
CASE 1.3, CASE 1.6 ZONE C1	-35% DIAGNÓSTICO	It does not affect	-32% DIAGNÓSTICO	It does not affect
CASE 1.7 CASE 1.10 ZONE D3	12% DIAGNÓSTICO	12% DIAGNÓSTICO	14% DIAGNÓSTICO	4% DIAGNÓSTICO

CASE 1.8 CASE 1.11 ZONE B4	41% DIAGNÓSTICO	9% DIAGNÓSTICO	26% DIAGNÓSTICO	1% DIAGNÓSTICO
CASE 1.9 CASE 1.12 ZONE C1	2% DIAGNÓSTICO	It does not affect	1% DIAGNÓSTICO	It does not affect
CASE 1.13 CASE 1.16 ZONE D3	32% DIAGNÓSTICO	54% DIAGNÓSTICO	30% DIAGNÓSTICO	34% DIAGNÓSTICO
CASE 1.14 CASE 1.17 ZONE B4	64% DIAGNÓSTICO	50% DIAGNÓSTICO	53% DIAGNÓSTICO	39% DIAGNÓSTICO
CASE 1.15 CASE 1.18 ZONE C1	32% DIAGNÓSTICO	It does not affect	30% DIAGNÓSTICO	It does not affect

Summary Table 2 Percentage difference in demand results between HULC and CE3X compared to DIAGNÓSTICO for Single-Family Housing

■ **Dwellings built after 2007**

■ **Dwellings built between 1981 and 2007**

■ **Dwellings built before 1981**

The results for both demand and domestic hot water (DHW) consumption are practically identical across the three software tools, with differences ranging between 0% and 3%.

Regarding consumption, of the heating and cooling systems, it is entirely related to the performance of the selected systems. A significant difference has been observed: in CE3X and DIAGNÓSTICO, system efficiencies are maintained according to the value assigned by the user, so the percentage difference in consumption is equal to that of the demand. However, in HULC, when a heat pump is selected as the active system for heating and/or cooling, the performance does not correspond to the value entered as the system efficiency. This is because in HULC, the declared system efficiency values (COP/EER) for heat pumps are internally adjusted using performance curves that consider the outdoor temperature and the part-load ratio for each hour of the year. This results in a real seasonal efficiency that differs from the nominal value entered, since a single system does not operate at its optimal point throughout the entire year. This is a very important distinction, as CE3X and DIAGNÓSTICO use a fixed nominal COP without dynamic adjustment.

4.2 Apartment Building

On the one hand, a similarity is observed between the results from HULC and CE3X. The heating demand differences for apartment buildings fall within the range of [1%, 6%]. For cooling, the comparison results between the two official certification tools in Spain fall within the [1%, 7%] range in all cases. These results are similar, and therefore, it is confirmed that the demands obtained with ministry-approved tools are comparable, taking into account the simplifications used by CE3X.

Regarding DIAGNÓSTICO, the following table shows the percentage differences in the demands obtained with this tool in comparison with HULC and CE3X.

<i>CASE</i>	<i>% Difference in Heating between HULC and DIAGNÓSTICO</i>	<i>% Difference in cooling between HULC and DIAGNÓSTICO</i>	<i>% Difference in Heating between CE3X and DIAGNÓSTICO</i>	<i>% Difference in cooling between CE3X and DIAGNÓSTICO</i>
<i>CASE 2.1 CASE 2.4 ZONE D3</i>	-31% DIAGNÓSTICO	-37% DIAGNÓSTICO	-27% DIAGNÓSTICO	-26% DIAGNÓSTICO
<i>CASE 2.2 CASE 2.5 ZONE B4</i>	7% DIAGNÓSTICO	36% DIAGNÓSTICO	7% DIAGNÓSTICO	33% DIAGNÓSTICO
<i>CASE 2.3, CASE 2.6 ZONE C1</i>	33% DIAGNÓSTICO	It does not affect	30% DIAGNÓSTICO	It does not affect
<i>CASE 2.7 CASE 2.10 ZONE D3</i>	34% DIAGNÓSTICO	33% DIAGNÓSTICO-CO	39% DIAGNÓSTICO	40% DIAGNÓSTICO
<i>CASE 2.8 CASE 2.11 ZONE B4</i>	43% DIAGNÓSTICO	29% DIAGNÓSTICO	47% DIAGNÓSTICO	32% DIAGNÓSTICO
<i>CASE 2.9 CASE 2.12 ZONE C1</i>	19% DIAGNÓSTICO	No influye	25% DIAGNÓSTICO	It does not affect
<i>CASE 2.13 CASE 2.16 ZONE D3</i>	50% DIAGNÓSTICO	73% DIAGNÓSTICO	55% DIAGNÓSTICO	75% DIAGNÓSTICO
<i>CASE 2.14 CASE 2.17 ZONE B4</i>	71% DIAGNÓSTICO	68% DIAGNÓSTICO	73% DIAGNÓSTICO	71% DIAGNÓSTICO
<i>CASE 2.15 CASE 2.18 ZONE C1</i>	50% DIAGNÓSTICO	It does not affect	54% DIAGNÓSTICO	It does not affect

Summary Table 3 Percentage difference in demand results between HULC nad CE3X compared to DIAGNÓSTICO for Apartment Building

Regarding domestic hot water (DHW), the results for the apartment building case are also practically identical across the three software tools. The consumption results follow the same pattern as those discussed in the single-family house section.

5. Conclusions

The conclusions reached in this Final Degree Project are as follows:

First, it is concluded that although CE3X and HULC are two energy simulation tools with significant differences—CE3X uses simplified methods based on database interpolation, while HULC applies a more detailed hourly simulation engine—the results obtained are very similar and fall within acceptable accuracy margins. This outcome is not unexpected, given that both are recognized as official energy certification tools by the Ministry for the Ecological Transition and the Demographic Challenge (MITECO, 2023).

Second, in comparing the tool developed by the Energy and Poverty Chair, DIAGNÓSTICO, it cannot currently be considered a precise tool for the energy modeling of Spanish dwellings—not at the same level of reliability and robustness as officially recognized software like HULC or CE3X.

Regarding DIAGNÓSTICO, after analyzing the results, the following conclusions can be drawn:

- For dwellings built before 1981, the demand obtained with DIAGNÓSTICO is higher than that obtained with HULC and CE3X. This result is consistent, as DIAGNÓSTICO uses a fixed reference temperature of 20 °C, while other programs like HULC and CE3X use comfort temperature schedules that vary throughout the day and adapt more realistically.
- Demand decreases as the building envelope improves. For dwellings built between 1981 and 2007, demand remains higher than that calculated with the official tools, which is also coherent, since as the envelope improves and demand decreases, the percentage differences are reduced.
- For dwellings built after 2007, DIAGNÓSTICO shows lower demand compared to the official programs. Although no robust conclusion has been reached regarding this difference in demand calculation with improved envelopes, a possible hypothesis is that in buildings with high-performance envelopes, DIAGNÓSTICO produces lower demand because it is based on a simpler model. The additional details considered in HULC and CE3X—such as internal gains, solar radiation, and infiltration—account for a larger portion of the demand in newly built, well-insulated buildings, and DIAGNÓSTICO does not incorporate these components.

Regarding energy consumption, the difference between the values obtained with CE3X or DIAGNÓSTICO and those calculated with HULC is mainly due to how each tool treats heat pump performance. While CE3X and DIAGNÓSTICO apply a fixed nominal COP/EER without considering variations in outdoor temperature or part-load conditions—translating system efficiency directly to demand and keeping the percentage difference between demand and consumption constant—HULC internally adjusts performance using performance curves that consider ambient temperature and hourly load ratio. This results in a real seasonal performance that varies throughout the year, more accurately reflecting the actual behavior of the heat pump.

6. References

[1] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2011). Escala de calificación energética de edificios existentes. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía

(IDAE). https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnergEdifExistentes_2011_accesible_c762988d.pdf

[2] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2020). Consumo por usos residencial - Informes web. Recuperado de <https://informesweb.idae.es/consumo-usos-residencial/informe.phpinformesweb.idae.es>

[3] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2025). Procedimientos para la certificación de edificios. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/certificacion-energetica/documentos-reconocidos/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.html>

[4] Romero Mora, J. C., Barrella, R., & Centeno Hernández, E. (2024). *Informe de indicadores de pobreza energética en España 2023*. Universidad Pontificia Comillas. <https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/95198>https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	5
1.1 Descripción de las tecnologías.....	8
1.2 Justificación.....	9
1.3 Objetivos.....	10
Capítulo 2. Estado de la Cuestión.....	12
Capítulo 3. Definición del Trabajo.....	15
3.1 Metodología.....	15
3.2 Selección casos de estudio	16
3.2.1 Descripción de las viviendas de estudio.....	19
3.3 Recopilación y normalización datos de entrada	23
3.3.1 Provincia y altitud	23
3.3.2 Antigüedad	24
3.3.3 Calefacción, agua caliente sanitaria (ACS) y refrigeración	25
3.3.4 Superficie habitable y número de personas	26
3.3.5 Caudal de ventilación o renovaciones/hora	26
3.4 Simulación de los casos en las tres herramientas	28
Capítulo 4. Análisis de Resultados	35
4.1 Resultados de las simulaciones obtenidos en HULC, CE3X y DIAGNÓSTICO	35
4.2 Análisis de los resultados obtenidos en las simulaciones.....	36
4.2.1 Vivienda Unifamiliar	36
4.2.2 Vivienda en bloque.....	41
Capítulo 5. Conclusiones y Trabajos Futuros	46
5.1 Conclusiones	46

5.2	Trabajos futuros	48
Capítulo 6.	<i>Bibliografía</i>	49
	<i>ANEXO I – Clasificación zonas climáticas por provincia y altitud.....</i>	52
	<i>ANEXO II – Valores límite de transmitancia térmica según normativa vigente.....</i>	53
	<i>ANEXO III – Rendimientos diagnóstico.....</i>	56
	<i>ANEXO IV – Resultados simulaciones.....</i>	58
	<i>ANEXO V – Comparativa HULC, CE3X Y DIAGNÓSTICO</i>	104
	<i>ANEXO VI – Alineación con los objetivos de desarrollo sostenible (ODS).....</i>	125

Índice de figuras

Figura 1 Geometría Vivienda Unifamiliar Aislada	19
Figura 2 Geometría Vivienda en Bloque Cubierta	20
Figura 3 Geometría Vivienda en Bloque Planta Baja.....	21
Figura 4 Geometría Vivienda en Bloque Planta Intermedia.....	22
Figura 5 Configuración avanzada de equipo aire-aire solo frío en HULC. Fuente: Ministerio de Fomento (2015). Manual de usuario de HULC (Herramienta Unificada LIDER-CALENER)	38

Índice de tablas

Tabla 1 Tipologías de viviendas consideradas en el estudio	18
Tabla 2 Descripción Vivienda Unifamiliar Aislada	19
Tabla 3 Descripción Vivienda en Bloque Cubierta	20
Tabla 4 Descripción Vivienda en Bloque Planta Baja	21
Tabla 5 Descripción Vivienda en Bloque Planta Intermedia	22
Tabla 6 Caudales mínimos de ventilación en viviendas según el DB-HS 3 del CTE (valores en l/s). Fuente: CTE DB-HS 3, Documento Básico HS-Salubridad	27
Tabla 7 Casos de estudio Vivienda Unifamiliar Aislada.....	28
Tabla 8 Casos de estudio Vivienda en Bloque	31
Tabla 9 Porcentaje de diferencia entre HULC y CE3X con DIAGNÓSTICO para Vivienda Unifamiliar.....	39
Tabla 10 Porcentaje de diferencia entre HULC y CE3X con DIAGNÓSTICO para Vivienda en Bloque.....	43

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética en el sector residencial español constituye un componente esencial en la estrategia energética nacional desde distintos puntos de vista: técnico, económico y social. A nivel técnico, los edificios existentes en España presentan una notable variabilidad en su comportamiento térmico derivado de factores como la tipología constructiva, antigüedad, condiciones de uso o el nivel de aislamiento térmico en la envolvente.

Desde el punto de vista tanto económico como social, según Romero Mora, Barrella y Centeno Hernández (2024), en el 2023 el 12,53% de los hogares españoles gastaron menos de la mitad de la mediana nacional en energía, lo que sugiere que no alcanzan un nivel mínimo necesario para mantener condiciones de vida adecuadas, un 10% de la población española sufrieron un retraso en el pago de sus facturas y aproximadamente un 28,57% de los hogares españoles se encuentran en situación de pobreza energética oculta, es decir, consumen menos energía de la necesaria debido a sus limitaciones económicas. Estos datos suponen una falta de confort, baja calidad de vida y problemas de salud, especialmente en los grupos más vulnerables.

Los edificios construidos a partir del 2006, considerados de nueva construcción y sujetos al Código Técnico de la Edificación (CTE), presentan un comportamiento térmico más homogéneo respecto a las edificaciones. Pese a la uniformidad derivada del cumplimiento normativo del CTE, siguen existiendo diferencias atribuibles al diseño arquitectónico, la orientación o la zona climática.

En España no es hasta el año 2013 cuando entra en vigor el Real Decreto 235/2013 por el cual se aprueba el procedimiento básico de certificación energética de los edificios. Este establece la obligación de contar con un certificado de eficiencia energética en la mayoría de los edificios y viviendas españolas, especialmente en aquellas que se vendan o se alquilen y también en el caso de edificios de nueva construcción.

Ante esta situación nacional, contar con herramientas capaces de modelar con precisión el comportamiento térmico de los hogares españoles resulta un reto fundamental en referencia a la eficiencia energética. En España existen numerosas aplicaciones, que se diferencian entre sí por aspectos como complejidad, los valores predeterminados que emplean, su enfoque metodológico y los casos de uso para los que han sido diseñadas.

Según el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2023) desde el 14 de enero de 2016 sólo son admitidos por los registros de las Comunidades Autónomas los certificados de eficiencia energética realizados con la última versión actualizada de la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC), de CE3, del CE3X o del CERMA. Asimismo, a partir del 5 de julio de 2018 son admitidos por los Registros de las Comunidades Autónomas los certificados de eficiencia energética realizados con la última versión actualizada de CYPETHERM HE Plus, SG SAVE, y del complemento CE3X para edificios nuevos (MITECO,2023).

Este proyecto ha optado por analizar tres herramientas en concreto que permiten modelar y evaluar el comportamiento térmico en los edificios residenciales españoles: HULC, CE3X y DIAGNÓSTICO. Dos de ellas son reconocidas como softwares de certificación oficiales en España por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, en el caso de HULC y CE3X. Por otra parte, la herramienta conocida como DIAGNÓSTICO desarrollada por la Cátedra de Energía y Pobreza en la Universidad Pontificia de Comillas.

Son muchos los factores que influyen en el modelado energético de un edificio, podemos diferenciar entre dos grandes grupos, los que afectan a la demanda energética, y los que influyen en el consumo energético.

En primer lugar, en cuanto a la demanda energética existen: Factores climáticos externos no modificables, principalmente la situación geográfica en la que se encuentra el edificio, es decir, la zona climática (según CTE), temperatura exterior media, radiación solar y la humedad relativa, estos determinan las condiciones de contorno que afectan directamente a la necesidad de calefacción o refrigeración. Por otra parte, factores relacionados con la situación y forma del edificio, orientación de las fachadas y huecos, sombreadamientos y altura

sobre el nivel del suelo, estos afectan a cómo interactúa el edificio con el clima. Factores relacionados con la envolvente térmica, pueden ser modificados e incluyen las transmitancias térmicas de los cerramientos, tipo de espesor, puentes térmicos, estanqueidad del aire de la envolvente y calidad de las ventanas y puertas, son los que afectan directamente a la demanda térmica. Por último, factores de uso y ocupación, número de personas que habitan en la vivienda, horario de ocupación y tipo de ventilación, son los que dependen directamente del usuario.

En segundo lugar, los factores que afectan directamente al consumo energético, estos entran en vigor después de calcular la demanda energética y dependen de los sistemas técnicos instalados, es decir, del rendimiento de los sistemas de climatización, eficiencia de los sistemas de ACS, uso de energía renovables, y energía primaria consumida.

Son muchos los factores que influyen para modelar los consumos térmicos de las viviendas españolas y dependiendo del software utilizado se entra más en detalle en cada uno de ellos, como es el caso de los más complejos, en este caso HULC, o se tomarán más datos por defecto, como en CE3X y en DIAGNÓSTICO.

Este Trabajo de Fin de Grado surge de la necesidad de analizar y comparar las herramientas de simulación previamente citadas para el modelado de los consumos térmicos en los hogares españoles. En un contexto donde la eficiencia energética y el confort térmico son elementos cada vez más relevantes para valorar la calidad del entorno construido, disponer de herramientas fiables resulta clave tanto para el diseño técnico como para la toma de decisiones públicas. Desde esta perspectiva, la capacidad de garantizar unas condiciones térmicas adecuadas en la vivienda puede considerarse parte del cumplimiento del derecho a una vivienda digna, tal como establece el artículo 47 de la Constitución Española: *“Todos los españoles tienen derecho a disfrutar de una vivienda digna y adecuada”* (Constitución Española, 1978).

1.1 DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En este Trabajo de Fin de Grado se realizará la comparativa de diferentes herramientas de certificación energética, existen gran cantidad de softwares de certificación, se ha optado por realizar la comparación entre tres.

En primer lugar, la Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC) que incluye la unificación en una sola aplicación de los anteriores programas oficiales para la evaluación del consumo y la demanda de los edificios españoles. Este es uno de los softwares de simulación energético más precisos en el modelado de los consumos térmicos, basada principalmente en modelos matemáticos de simulación horaria anual. HULC permite verificar el cumplimiento del Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE) del Código Técnico de la Edificación y generar el correspondiente certificado de eficiencia energética. Ser una de las herramientas más precisas también la convierte en una de las más complejas para analizar cada caso, requiere un modelado en 3D de la geometría del edificio, definición exhaustiva sobre su envolvente térmica, orientación, puentes térmicos y características de las instalaciones térmicas. Por esto, este software está enfocado principalmente a edificios de nueva construcción o rehabilitación.

En segundo lugar, CE3X, una herramienta oficial simplificada que se usa principalmente en certificaciones de edificios ya existentes debido a que permite introducir gran cantidad de datos por defecto si se desconocen los valores. Su funcionamiento se basa en un algoritmo que utiliza una base de datos de casos predefinidos, en los que ya se ha calculado la energía demandada por el edificio. Este software identifica un conjunto de casos similares al edificio de estudio para posteriormente realizar una interpolación en las variables que influyen en el cálculo y estimar las demandas energéticas del edificio a calificar. Este método proporciona una calificación energética aproximada sin realizar simulaciones horarias detalladas, convirtiendo a CE3X en una herramienta especialmente ágil, fiable y sencilla.

Finalmente, la herramienta simplificada conocida como DIAGNÓSTICO desarrollada por la Cátedra de Energía y Pobreza de la Universidad Pontificia de Comillas. Este software permite evaluar el Gasto Energético Teórico (GET) en los hogares españoles. Respecto al

uso que se ha hecho en este trabajo, **DIAGNÓSTICO** calcula el Gasto Térmico Teórico (GTT), es decir, la energía necesaria para satisfacer las demandas de agua caliente sanitaria (ACS) y climatización (calefacción y refrigeración). Esta no se trata de una herramienta reconocida oficialmente por el MITECO para la certificación energética a diferencia de las dos nombradas anteriormente, HULC y CE3X, sin embargo, ha sido validada en diversas zonas climáticas y con distintos niveles de aislamiento, asegurando que su sencillez no limita su precisión y adaptabilidad a diferentes contextos. **DIAGNÓSTICO** es una herramienta que utiliza una gran cantidad de simplificaciones, especialmente en comparación con HULC, se suponen una gran cantidad de datos por defecto como, la transmitancia térmica del edificio en función del año de construcción, el porcentaje de huecos, el consumo diario de ACS, los rendimientos de los equipos etc.

1.2 JUSTIFICACIÓN

Este Trabajo de Fin de Grado surge de la necesidad de realizar un análisis comparativo entre tres herramientas distintas del modelado de los consumos térmicos, específicamente en España. Como se ha mencionado anteriormente dos de ellas son softwares oficiales, el caso de HULC y CE3X y otra ha sido desarrollada por la Universidad Pontificia de Comillas.

Ambos softwares, tanto HULC como CE3X son herramientas válidas para realizar una certificación oficial de una vivienda en España, sin embargo, no existen estudios que aborden de forma sistemática y comparativa y se puedan observar la variabilidad de las demandas y los consumos energéticos bajo distintas condiciones residenciales como la zona climática, el año de construcción (tipología de envolvente), los sistemas térmicos instalados etc.

Esta comparativa resulta especialmente interesante debido a que CE3X es una herramienta cuyo modo de operación es notablemente más sencillo que en HULC, tanto en términos de interfaz como en los datos de entrada requeridos.

Por otra parte, la comparación de **DIAGNÓSTICO** tanto con CE3X y HULC es un estudio necesario para validar esta herramienta desarrollada por la Cátedra de Energía y Pobreza. Este software ha sido diseñado siguiendo el Código Técnico de la Edificación dependiendo

del año de construcción, sin embargo, la mayoría de los datos para el cálculo de las demandas y consumos son generalizados y toman valores por defecto, por ejemplo, geometrías estándar.

1.3 OBJETIVOS

Este Trabajo de Fin de Grado tiene como objetivo principal realizar un análisis comparativo de tres herramientas, HULC CE3X y DIAGNÓSTICO para el modelado energético de los hogares españoles. Todos estos softwares pretenden evaluar el comportamiento térmico de los edificios, sin embargo, presentan grandes diferencias entre ellas en cuanto a su nivel de complejidad, grado de automatización, parámetros de entrada y enfoque metodológico.

Por ello, para poder llegar al objetivo principal, será necesario cumplir unos objetivos específicos.

- En primer lugar, se pretende evaluar en qué medida las diferentes herramientas ofrecen resultados similares al simular casos idénticos en términos de geometría, envolvente térmica, condiciones climáticas y perfil de uso.
- Se busca comprobar la fiabilidad de las demandas térmicas y consumos energéticos estimados por cada software, observando las diferencias entre las más complejas, como es el caso de HULC, y aquellas que simplifican el proceso con valores predeterminados.
- Se analizarán cuáles de estos parámetros por defecto no comprometen significativamente la precisión de los resultados obtenidos mediante cada una de las aplicaciones, con la finalidad de justificar su uso en contextos dónde la información detallada no está disponible, como puede ocurrir en viviendas afectadas por pobreza energética o en procesos de certificación rápida.
- Por último, se desarrollarán distintos casos de estudio aplicados a vivienda tipo, lo que permitirá validar los resultados en distintos escenarios y extraer conclusiones sobre la aplicación de cada herramienta en función del contexto técnico o social. Este proyecto pretende no solo abordar un análisis técnico, si no que aportar una visión crítica sobre la capacidad de las herramientas energéticas para adaptarse a escenarios

reales y socialmente relevantes. Aplicaciones como DIAGNÓSTICO, que simplifican el proceso, pueden convertirse en instrumentos útiles no solo para profesionales técnicos, si no también para administraciones públicas y entidades sociales que trabajan en la detección y mitigación de situaciones de vulnerabilidad energética.

Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

La normativa energética aplicada al ámbito residencial en España ha ido evolucionando de forma significativa en las últimas décadas, y este proceso ha influido directamente en el desarrollo y la utilización de herramientas destinadas a la evaluación del comportamiento térmico de los edificios. Desde la entrada en vigor del NBE-CT-79 hasta las revisiones más recientes de Código Técnico de la Edificación (CTE), los distintos marcos legales han ido incorporando mayores exigencias en cuanto a eficiencia energética. Del mismo modo las normativas relacionadas con la certificación energética, como el Real Decreto 235/2013 o su actualización mediante el RD 390/2021, han promovido el uso de aplicaciones específicas para la evaluación de la demanda y el consumo energético. A continuación, se detallan las principales regulaciones que han marcado esta evolución normativa en el contexto español en orden cronológico.

- En el año 1979 entra en vigor la primera normativa en España sobre exigencias mínimas para el aislamiento en viviendas, conocida como NBE-CT-79 (Norma Básica de Edificación sobre Condiciones Térmicas).
- Un año más tarde, en el año 1980 aparece la primera normativa que regula las instalaciones térmicas de los edificios, RICCA (Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y ACS).
- En 1993 se implementa la directiva 93/76/CEE (SAVE), la cual limita las emisiones de dióxido de carbono.
- En el año 1998 es derogado el Reglamento de Instalaciones de Calefacción, Climatización y ACS (RICCA) y entra en vigor el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE).
- Con el objetivo de fomentar la eficiencia energética y así contribuir a la reducción de las emisiones de carbono en España, en el año 2006 se aprueba el CTE (Código Técnico de la Edificación) dónde se establecen las condiciones mínimas actuales de ahorro de energía en los edificios de nueva construcción.

- Paralelamente al CTE 2006 entró en vigor el Real Decreto 1027/2007 Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios, el cual derogó al RITE.
- Finalmente, en el año 2013 se implementa el Real Decreto 235/2013 (Certificación energética de edificios), en el que se establece que, a partir del 1 de junio del 2013, es obligatorio tener el certificado de eficiencia energética para viviendas que serán alquiladas o vendidas, tanto para edificios de nueva construcción como existentes.

Este Trabajo de Fin de Grado busca analizar en profundidad el comportamiento de tres herramientas, HULC, CE3X y DIAGNÓSTICO, ante distintos escenarios residenciales, aportando criterios de análisis que pueden ser útiles tanto para profesionales como para administraciones públicas.

Aunque existen estudios que han comparado HULC y CE3X, por ser estos softwares reconocidos oficialmente para la certificación en España, dichos análisis suelen limitarse a casos específicos o aislados. Por ejemplo, Gayubar (2021) realizó una certificación energética de una vivienda unifamiliar utilizando ambas herramientas y analizando los resultados, sin embargo, el presente proyecto plantea obtener una amplia variabilidad de resultados mediante la simulación de múltiples configuraciones, incorporando variaciones en la zona climática, las características de la envolvente térmica, sistemas de climatización, con el objetivo de evaluar la consistencia de los resultados y detectar posibles desviaciones entre herramientas.

A continuación, se nombrarán algunos de los estudios en los que se comparan las herramientas HULC y CE3X que han sido realizados hasta el momento. Según García Rodríguez (2021), dónde se realizaron distintas simulaciones con ambos softwares, se observó que HULC tiende a ofrecer resultados más ajustados y detallados, especialmente en casos dónde la geometría del edificio, así como sus características son más complejas y están bien definidas. Se llegó a la conclusión de que siempre que fuese posible y se disponga de información suficiente la herramienta HULC es preferible debido a que proporciona resultados más precisos, aun así, CE3X continúa siendo válida y está reconocida oficialmente, por lo que su uso está justificado en numerosos casos prácticos.

Por otra parte, según García-Heras et al. (2019) dónde se realizó la comparación de las herramientas HULC y CE3X a un centro de salud ubicado en Andalucía, las conclusiones a las que se llegaron fueron similares a las anteriores, se mostraron diferencias notables entre ambos softwares y se concluyó que HULC es una herramienta más adecuada para proyectos de nueva construcción o rehabilitación debido a que presentó un mayor grado de precisión.

La herramienta DIAGNÓSTICO, desarrollada por la Cátedra de energía y Pobreza de la Universidad Pontificia Comillas, representa una aportación innovadora en este análisis, ya que hasta el momento no ha sido objeto de comparativas sistemáticas con herramientas oficiales, a pesar de su utilidad práctica en entornos con recursos limitados o en contextos de pobreza energética.

Capítulo 3. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

3.1 METODOLOGÍA

La metodología seguida en este Trabajo de Fin de Grado se estructura en cuatro fases principales, con el objetivo principal de comparar los resultados obtenidos por tres herramientas de modelado energético, HULC, CE3X y DIAGNÓSTICO, ante la simulación del mismo caso en las tres aplicaciones. El enfoque se basa en homogeneizar las condiciones de entrada para garantizar que las diferencias que se observen en estas herramientas provienen de su funcionamiento interno, y no de variaciones en los datos de entrada.

1. Selección de los casos compatibles en las tres herramientas

En primer lugar, se realiza una búsqueda de cuáles son los casos que pueden ser simulados de forma equivalente en las tres aplicaciones. Esta fase parte de las limitaciones de la herramienta más sencilla, DIAGNÓSTICO, la cual condiciona la complejidad del modelado y el número de variables a introducir.

2. Recopilación y normalización de datos de entrada

A continuación, se analizan en detalle los datos requeridos por la herramienta DIAGNÓSTICO: valores de transmitancia térmica asociadas al año de construcción o a la calificación energética, demanda de agua caliente sanitaria (ACS) en función del número de ocupantes, eficiencia de los equipos según el tipo de sistema instalado, etc. Estos datos en los que estarán basados los resultados de la herramienta DIAGNÓSTICO se utilizarán como bases para conocer los datos de entrada que se deben introducir tanto en HULC como en CE3X y así asegurarnos de estar replicando casos equitativos.

3. Simulaciones de casos en las tres herramientas.

Una vez definidos los casos de estudio de este Trabajo de Fin de Grado y los datos de entrada, se procede a la ejecución de las simulaciones en cada una de las herramientas de certificación

energética. En todas estas simulaciones obtendremos los valores de demanda energética (calefacción, refrigeración y ACS) para posteriormente obtener los valores de los consumos considerando el rendimiento de las instalaciones que se estén utilizando en cada caso.

4. Análisis comparativo de resultados.

Por último, se realiza un análisis crítico de los resultados obtenidos con cada herramienta. El objetivo de esta última fase es identificar los casos en los que las herramientas ofrecen resultados similares y aquellos en los que existen discrepancias significativas, analizando las posibles causas en función del algoritmo o enfoque metodológico utilizado por cada una de las aplicaciones.

3.2 SELECCIÓN CASOS DE ESTUDIO

En primer lugar, se deben definir claramente cuáles van a ser los casos de estudio que se van a realizar en este Trabajo de Fin de Grado. En cuanto a la definición de estos casos que se van a simular en las tres aplicaciones debemos de tener en cuenta que están limitados por la más sencilla, en este caso DIAGNÓSTICO, esto significa que para poder realizar un análisis crítico solo se realizarán simulaciones de viviendas que puedan ser modeladas en los tres softwares.

Por ello, el proyecto está centrado principalmente en dos tipos de viviendas, ambas existentes, una vivienda unifamiliar, y una vivienda en bloque, la elección de este tipo de viviendas es debido a que son las posibilidades que se pueden simular en DIAGNÓSTICO, y por lo tanto las que se simularán posteriormente en CE3X y en HULC.

Para cada uno de estos dos tipos de viviendas se realizan diferentes simulaciones diferenciando su localización, las instalaciones y el año de construcción que afecta directamente a las características de la envolvente térmica de los cerramientos. En la realización de estas simulaciones es necesario introducir con rigor los mismos datos en las tres aplicaciones y por ello nos basamos en los datos que usa DIAGNÓSTICO para tomar los valores de rendimientos, transmitancias térmicas, demanda de ACS etc, debido a que son

valores que vienen incorporados en el propio software del programa y que posteriormente se deben de introducir a CE3X y a HULC manualmente.

Con la finalidad de conocer el comportamiento de DIAGNÓSTICO y comparar esta con HULC y CE3X, a pesar de que esta herramienta únicamente deje seleccionar entre vivienda unifamiliar y vivienda en bloque, dentro de la vivienda en bloque se simularán distintos tipos, dependiendo si esta se encuentra en una planta baja, planta intermedia, o en contacto con el aire, esta comparación es interesante ya que pese a que en DIAGNÓSTICO no se pueda seleccionar el tipo de vivienda en bloque a analizar, podremos observar a cuál de estos tres se asemejan más los resultados, o si podría darse una media entre los tres tipos de viviendas. Además, se simularán las 3 viviendas en bloque en las cuatro orientaciones, para posteriormente realizar una media, ya que DIAGNÓSTICO no permite elegir la orientación de la vivienda.

Además, en cuanto a la definición constructiva, se ha decidido fijar un porcentaje de huecos en fachadas de aproximadamente un 20%, siguiendo los criterios establecidos en la Escala de Calificación Energética para Edificios Existentes elaborada por el IDAE y el Ministerio de Fomento (Salmerón et al., 2011). Mientras que en herramientas como HULC y CE3X las dimensiones de los huecos pueden ser introducidas de forma manual, en DIAGNÓSTICO se toma un valor por defecto, basándose precisamente en dicho documento. Por ello, con el objetivo de mantener la coherencia en la comparación y asegurar la validez de los resultados, se ha optado el valor del 20% como parámetro común para los tres modelos.

A continuación, se describe la geometría de las viviendas utilizada en el presente estudio, según la siguiente tabla.

Tabla 1 Tipologías de viviendas consideradas en el estudio

Código	Tipología principal	Configuración Específica	Descripción
<i>C1</i>	Vivienda unifamiliar	1. Aislada	Vivienda unifamiliar aislada de dos plantas.
<i>C2</i>	Vivienda en bloque	2. Bloque	Media de los casos C2.1, C2.2, C2.3
<i>C2.1</i>	Vivienda en bloque	2.1 Última planta	Planta con cubierta.
<i>C2.2</i>	Vivienda en bloque	2.2 Planta baja	Planta en contacto con el terreno.
<i>C2.3</i>	Vivienda en bloque	2.3 Planta intermedia	Planta entre dos espacios habitables

Los colores de las figuras de los edificios hacen referencia al tipo de cerramiento de acuerdo con la siguiente convección.

-  Cerramiento Exterior.
-  Cubierta.
-  Suelo en contacto con el terreno.
-  Cerramiento en contacto con otro espacio habitable.
-  Huecos.

3.2.1 DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS DE ESTUDIO

Tabla 2 Descripción Vivienda Unifamiliar Aislada

Código	C 1
Tipología	Unifamiliar
N.º Plantas	2
Posición	Aislada
Área de planta	49 m ²
%Huecos por fachada	20%
Cubierta	Sí
Suelo en contacto con el terreno	Sí
Muro en contacto con otro espacio habitable	No

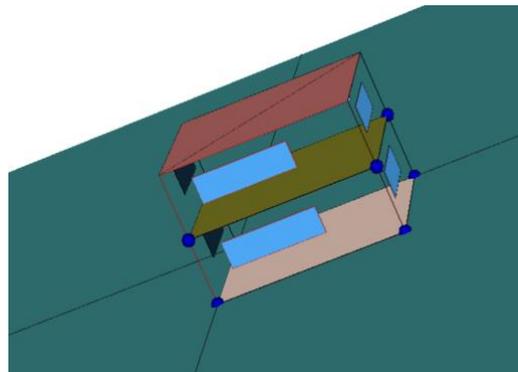
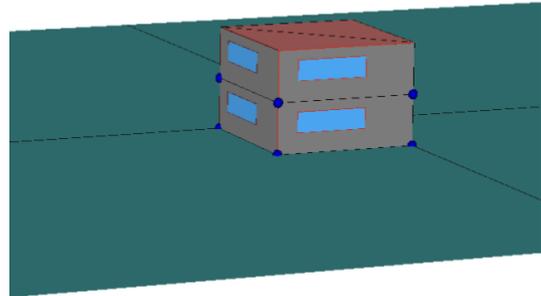


Figura 1 Geometría Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla 3 Descripción Vivienda en Bloque Cubierta

Código	C2. 1
Tipología	Vivienda en bloque
Configuración Específica	Planta Cubierta
N.º Plantas	1
Posición	Dos de las fachadas en contacto con espacios habitables, dos con el exterior.
Área de planta	100 m ²
% Huecos por fachada exterior	20%
Cubierta	Sí
Suelo en contacto con el terreno	No
Muro en contacto con espacio habitable	Sí, dos

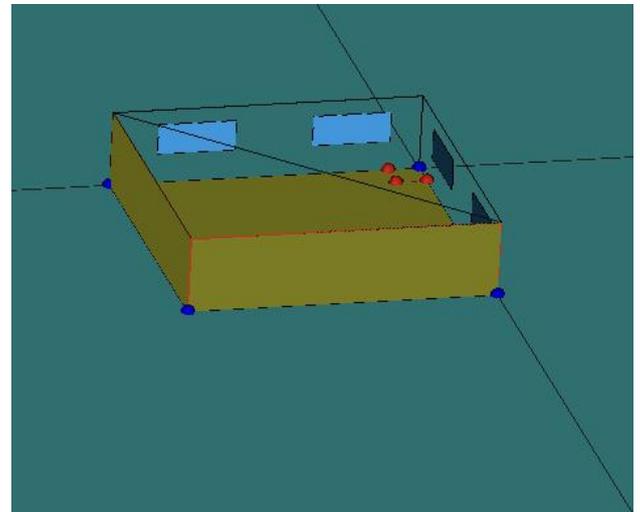
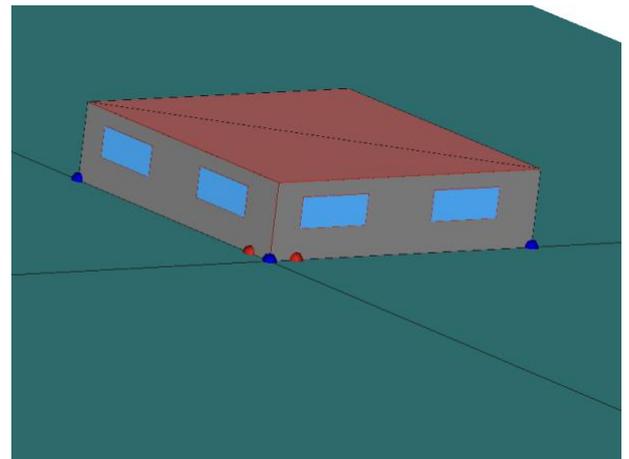


Figura 2 Geometría Vivienda en Bloque Cubierta

Tabla 4 Descripción Vivienda en Bloque Planta Baja

Código	C2. 2
Tipología	Vivienda en bloque
Configuración Específica	Planta Baja
N.º Plantas	1
Posición	Dos de las fachadas en contacto con espacios habitables, dos con el exterior
Área de planta	100 m ²
% Huecos por fachada exterior	20%
Cubierta	No
Suelo en contacto con el terreno	Sí
Muro en contacto con espacio habitable	Sí, dos

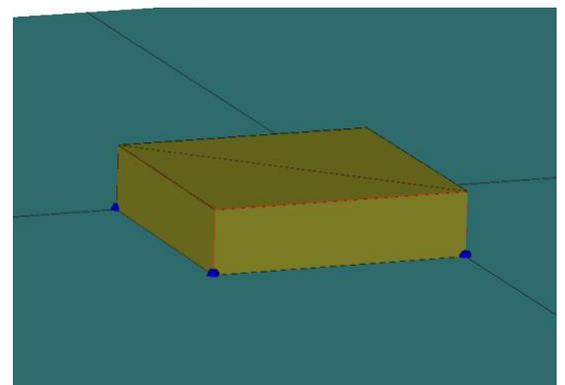
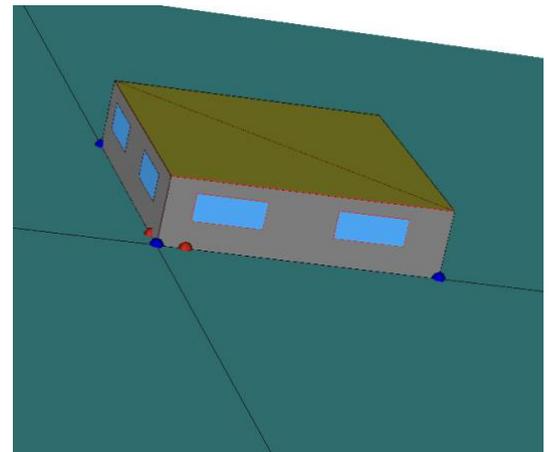
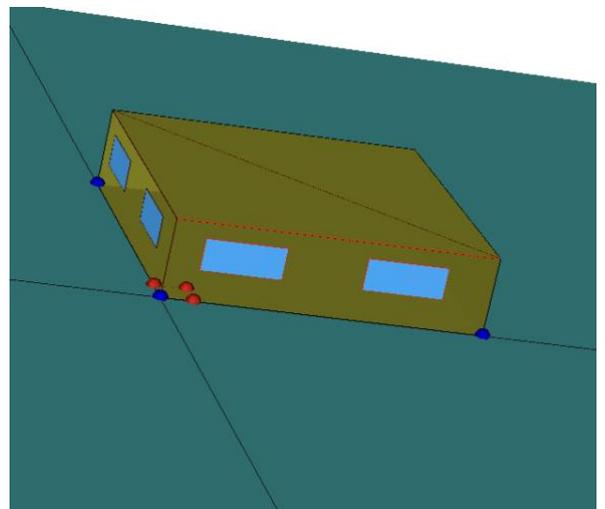
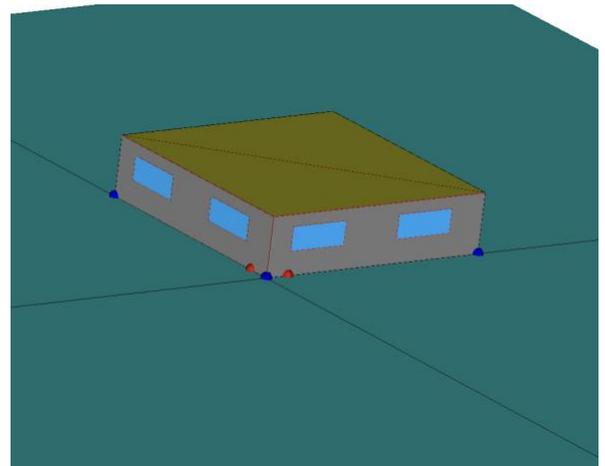


Figura 3 Geometría Vivienda en Bloque Planta Baja

Tabla 5 Descripción Vivienda en Bloque Planta Intermedia

Código	C2. 3
Tipología	Vivienda en bloque
Configuración Específica	Planta Intermedia
N.º Plantas	1
Posición	Dos de las fachadas en contacto con espacios habitables, dos con el exterior.
Área de planta	100 m ²
% Huecos por fachada exterior	20%
Cubierta	No
Suelo en contacto con el terreno	No
Muro en contacto con espacio habitable	Sí, dos



*Figura 4 Geometría Vivienda en Bloque
Planta Intermedia*

3.3 RECOPIACIÓN Y NORMALIZACIÓN DATOS DE ENTRADA

Para cada una de las viviendas previamente citadas, se realizan distintas simulaciones variando los parámetros modificables en la herramienta DIAGNÓSTICO, y posteriormente trasladando estos parámetros a CE3X y a HULC.

Los parámetros que se modifican en DIAGNÓSTICO son los siguientes:

- Provincia.
- Altitud.
- Tipo de Vivienda.
- Antigüedad.
- Tamaño, y su porcentaje climatizado en verano.
- Número de personas.
- Calefacción.
- ACS.
- Uso de electrodomésticos.
- Ocupaciones de las personas que habitan en la vivienda.

Se estudian en detalle los parámetros citados a continuación.

3.3.1 PROVINCIA Y ALTITUD

Según el CTE (Código Técnico de Edificación), España se clasifica en cinco zonas climáticas basadas en: Letra (A, B, C, D, E), indica la severidad climática en invierno (A=más cálida, E=más fría), y número (1,2,3,4), representa la severidad climática en verano (1=más suave, 4=más extrema). La clasificación de las zonas climáticas según la provincia y la altitud se puede observar en la *Tabla A 1*.

Dependiendo de la zona climática en la que se encuentre la vivienda variará la demanda energética de la misma, tanto en calefacción como en refrigeración. Por ello, para poder evaluar las tres herramientas en diferentes zonas climáticas y así observar su variabilidad se han realizado simulaciones en distintas provincias, con diferentes niveles de altitud. Las provincias en las que se realizarán son:

- Madrid, altitud = 667m, zona (D3)
- Sevilla, altitud=7m, zona (B4)
- Pontevedra, altitud=20m, zona (C1)

De esta forma los resultados presentarán una amplia variabilidad dependiendo de la zona en la que se realice la simulación, se obtendrán resultados para climas extremos (D3), templados (C1) y calurosos (B4).

3.3.2 ANTIGÜEDAD

Dentro de DIAGNÓSTICO pueden darse tres tipos de casuísticas en función a la antigüedad de la vivienda. En primer lugar, si la vivienda ha sido construida después del 2007, se asume que está sujeta a las exigencias del Código Técnico de la Edificación (CTE), aprobado en 2006, por lo que sus características térmicas corresponden a los valores establecidos en dicha normativa. En segundo lugar, si la vivienda fue construida entre el 1981 y el 2007, se considera que está regulada por la Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79, la cual introdujo los primeros requisitos mínimos de aislamiento térmico en edificación. Por último, en el caso de viviendas construidas antes del 1981, se entiende que no estaban sujetas a ninguna normativa específica de eficiencia energética, por lo que presentan generalmente condiciones térmicas más desfavorables.

Según el año de construcción seleccionado, así como la zona climática, en DIAGNÓSTICO, la envolvente de la vivienda simulada tendrá unos valores de transmitancia térmica, basados en la normativa vigente de su año de construcción, estos valores se muestran en viviendas construidas entre el 1981 y el 2007 en la *Tabla A* y para viviendas construidas después del 2007 en la *Tabla A*.

Estos son los valores de las transmitancias térmicas de la envolvente que posteriormente se tomará para simular tanto en HULC como en CE3X, en esta última también podemos marcar estos valores por defecto al seleccionar la normativa vigente de la vivienda, sin embargo, en HULC se diseña el cerramiento para alcanzar estos valores.

Por ello, para observar la variabilidad de los resultados según el tipo de envolvente de la vivienda se realizarán simulaciones tanto de la vivienda unifamiliar, como la vivienda en bloque según distintos años de construcción.

3.3.3 CALEFACCIÓN, AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) Y REFRIGERACIÓN

Las instalaciones térmicas son las que una vez definida la demanda de la vivienda nos proporcionarán el consumo de esta dependiendo de su rendimiento.

En DIAGNÓSTICO, se pueden seleccionar diferentes tipos de generación térmica, tanto para calefacción como para ACS, además la eficiencia de las instalaciones también depende de si estos son considerados nuevos o existentes.

En calefacción si se trata de una vivienda construida después del 2007 los rendimientos vienen determinados por *Tabla A 2*, si, por el contrario, se trata de una vivienda construida antes del 2007, los rendimientos de calefacción vienen determinados por *Tabla A 3*.

En Agua Caliente Sanitaria, al igual que en calefacción las viviendas que han sido construidas después del 2007 tienen una eficiencia de sus equipos que se muestra en la *Tabla A 4*, si es una vivienda construida antes del 2007, el rendimiento de los equipos de ACS vendrá determinado por la *Tabla A 5*.

Por último, la refrigeración siempre usa una bomba de calor reversible tipo Split y su rendimiento depende únicamente de si la vivienda es construida antes o después del 2007 y de la zona climática, tal y como se muestra en la *Tabla A 6*.

Los rendimientos de las instalaciones nombrados anteriormente serán los que se usarán posteriormente tanto en HULC como en CE3X para garantizar la coherencia comparativa. Con el objetivo de analizar el comportamiento térmico de diferentes, la calefacción será modelada considerando distintas fuentes de energía: gas natural, electricidad (radiadores/acumuladores) y bomba de calor. De igual forma, la producción del ACS será simulado bajo dos configuraciones: mediante sistema a gas natural y mediante sistema eléctrico.

3.3.4 SUPERFICIE HABITABLE Y NÚMERO DE PERSONAS

En cuanto al número de personas que habiten en la vivienda, teniendo en cuenta que tanto la vivienda unifamiliar como la vivienda en bloque tiene una superficie útil habitable de aproximadamente 100 m^2 , se ha estimado que el número de personas que vivan en ambas sea tres. Esto afecta directamente a la demanda de ACS, y el valor que se utilizará dependerá del tipo de vivienda, la forma de calcular esta demanda será la misma que usa la herramienta DIAGNÓSTICO.

Vivienda unifamiliar: $\text{demanda (ACS)} = 3 * 28 = 84 \text{ l/día}$

Vivienda en bloque: $3 * 28 * \frac{22}{30} = 61,6 \text{ l/día}$

Se ha decidido que la superficie de ambas viviendas sea de 100 m^2 debido a que según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE, 2011) la superficie media de un hogar español es de $102,4 \text{ m}^2$. Por otra parte, según el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2024) la media de personas por hogar en España fue de 2,5 personas en el 2023, y por ello se ha tomado el valor de tres personas por vivienda.

3.3.5 CAUDAL DE VENTILACIÓN O RENOVACIONES/HORA

Esta es una variable que, pese a no introducirse en DIAGNÓSTICO, si se introduce en HULC y en CE3X y tiene una importante relevancia sobre los resultados, para poder obtener resultados lo más similares posible se ha decidido tomar el caudal de ventilación mínimo para una vivienda que equivale a un caudal de 33l/s tal y como se establece en la siguiente tabla:

Tabla 6 Caudales mínimos de ventilación en viviendas según el DB-HS 3 del CTE (valores en l/s). Fuente: CTE DB-HS 3, Documento Básico HS-Salubridad

Tipo de vivienda	Caudal mínimo q_v en l/s				
	Locales secos ^{(1) (2)}			Locales húmedos ⁽²⁾	
	Dormitorio principal	Resto de dormitorios	Salas de estar y comedores ⁽³⁾	Mínimo en total	Mínimo por local
0 o 1 dormitorios	8	-	6	12	6
2 dormitorios	8	4	8	24	7
3 o más dormitorios	8	4	10	33	8

Este es el valor que se ha introducido en HULC para las dos tipologías de vivienda, sin embargo, en CE3X el caudal de ventilación debe de introducirse en renovaciones/hora.

$$33 \frac{l}{s} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1 dm^3}{1 l} * \frac{1 m^3}{1000 dm^3} * \frac{1}{volumen vivienda}$$

Vivienda Unifamiliar Aislada: $Volumen = 2 * 49 * 2,5 = 245 m^3$

Vivienda en Bloque $Volumen = 100 * 2,5 = 250 m^3$

Obteniendo unos valores de renovaciones/hora:

Vivienda Unifamiliar Aislada: 0,49 ren/hora

Vivienda en Bloque: 0,475 ren/hora.

3.4 SIMULACIÓN DE LOS CASOS EN LAS TRES HERRAMIENTAS

Por todo lo comentado en el apartado anterior se realizarán distintas simulaciones para poder obtener la máxima variabilidad de resultados y observar cómo se comportan las tres herramientas frente a distintos cambios climáticos, año de construcción, rendimiento de las instalaciones etc. Los casos para estudiar serán los siguientes:

En el caso de vivienda unifamiliar aislada, con las características definidas en la *Tabla 2 Descripción Vivienda Unifamiliar Aislada*.

Tabla 7 Casos de estudio Vivienda Unifamiliar Aislada

CÓDIGO	Zona	Año de construcción/ Normativa	Calefacción	Refrigeración	ACS
CASO 1.1	D3	2010 CTE 2006	Gas natural $\eta = 91\%$	Bomba de calor $\eta = 392\%$	Gas natural $\eta = 84,53\%$
CASO 1.2	B4	2010 CTE 2006	Gas natural $\eta = 91\%$	Bomba de calor $\eta = 381\%$	Gas natural $\eta = 84,53\%$
CASO 1.3	C1	2010 CTE 2006	Gas natural $\eta = 91\%$	-	Gas natural $\eta = 84,53\%$
CASO 1.4	D3	2010 CTE 2006	Electricidad $\eta = 100\%$	Bomba de calor $\eta = 392\%$	Gas natural $\eta = 91\%$

CASO 1. 5	B4	2010 CTE 2006	Gas natural $\eta = 91\%$	Bomba de calor $\eta = 381\%$	Electricidad $\eta = 99\%$
CASO 1. 6	C1	2010 CTE 2006	Bomba de calor $\eta = 390\%$	-	Electricidad $\eta = 100\%$
CASO 1. 7	D3	2000 NBE-CT-79	Gas natural $\eta = 75\%$	Bomba de calor $\eta = 349\%$	Gas natural $\eta = 76,79\%$
CASO 1. 8	B4	2000 NBE-CT-79	Gas natural $\eta = 75\%$	Bomba de calor $\eta = 349\%$	Gas natural $\eta = 76,79\%$
CASO 1. 9	C1	2000 NBE-CT-79	Gas natural $\eta = 75\%$	-	Gas natural $\eta = 76,79\%$
CASO 1. 10	D3	2000 NBE-CT-79	Electricidad $\eta = 99\%$	Bomba de calor $\eta = 349\%$	Gas natural $\eta = 76,79\%$
CASO 1. 11	B4	2000 NBE-CT-79	Gas natural $\eta = 75\%$	Bomba de calor $\eta = 349\%$	Electricidad $\eta = 99\%$

CASO 1. 12	C1	2000 NBE-CT-79	Bomba de calor $\eta = 320\%$	-	Electricidad $\eta = 99\%$
CASO 1. 13	D3	1970 -	Gas natural $\eta = 75\%$	Bomba de calor $\eta = 349\%$	Gas natural $\eta = 76,79\%$
CASO 1. 14	B4	1970 -	Gas natural $\eta = 75\%$	Bomba de calor $\eta = 349\%$	Gas natural $\eta = 76,79\%$
CASO 1. 15	C1	1970 -	Gas natural $\eta = 75\%$	-	Gas natural $\eta = 76,79\%$
CASO 1. 16	D3	1970 -	Electricidad $\eta = 99\%$	Bomba de calor $\eta = 349\%$	Gas natural $\eta = 76,79\%$
CASO 1. 17	B4	1970 -	Gas natural $\eta = 75\%$	Bomba de calor $\eta = 349\%$	Electricidad $\eta = 99\%$
CASO 1. 18	C1	1970 -	Bomba de calor $\eta = 320\%$	-	Electricidad $\eta = 99\%$

En el caso de la vivienda en bloque, se realizarán simulaciones para los casos definidos como: C2. 1, C2. 2 y C2. 3, en todas ellas se ha realizado cada simulación en las cuatro orientaciones del edificio, norte, sur, este y oeste, tanto en CE3X como en HULC, y posteriormente se ha realizado una media, el valor de la media será con el que se realice la comparación con DIAGNÓSTICO ya que esta herramienta realiza directamente una media y también será como se comparará HULC y CE3X

En el caso de vivienda en bloque cubierta, planta baja y planta intermedia, cuyas características están definidas respectivamente en la *Tabla 3 Descripción Vivienda en Bloque Cubierta* se han realizado las siguientes simulaciones, *Tabla 4 Descripción Vivienda en Bloque Planta Baja* y *Tabla 5 Descripción Vivienda en Bloque Planta Intermedia* se realizan las mismas simulaciones para los tres tipos.

Tabla 8 Casos de estudio Vivienda en Bloque

CÓDIGO	Zona	Año de construcción/ Normativa	Calefacción	Refrigeración	ACS
CASO 2.1. 1	D3	2010	Gas natural	Bomba de calor $\eta = 392\%$	Gas natural
CASO 2.2. 1		CTE 2006	$\eta = 91\%$		$\eta = 84,53\%$
CASO 2.3. 1					
CASO 2.1. 2	B4	2010	Gas natural	Bomba de calor $\eta = 381\%$	Gas natural
CASO 2.2. 2		CTE 2006	$\eta = 91\%$		$\eta = 84,53\%$
CASO 2.3. 2					
	C1	2010	Gas natural		Gas natural

<i>CASO 2.1. 3</i>		CTE 2006	$\eta = 91\%$	-	$\eta = 84,53\%$
<i>CASO 2.2. 3</i>					
<i>CASO 2.3. 3</i>					
<i>CASO 2.1. 4</i>	D3	2010	Electricidad	Bomba de calor	Gas natural
<i>CASO 2.2. 4</i>		CTE 006	$\eta = 100\%$	$\eta = 392\%$	$\eta = 91\%$
<i>CASO 2.3. 4</i>					
<i>CASO 2.1. 5</i>	B4	2010	Gas natural	Bomba de calor	Electricidad
<i>CASO 2.2. 5</i>		CTE 2006	$\eta = 91\%$	$\eta = 381\%$	$\eta = 99\%$
<i>CASO 2.3. 5</i>					
<i>CASO 2.1. 6</i>	C1	2010	Bomba de calor		Electricidad
<i>CASO 2.2. 6</i>		CTE 2006	$\eta = 390\%$	-	$\eta = 100\%$
<i>CASO 2.3. 6</i>					
<i>CASO 2.1. 7</i>	D3	2000	Gas natural	Bomba de calor	Gas natural
<i>CASO 2.2. 7</i>		NBE-CT-79	$\eta = 75\%$	$\eta = 349\%$	$\eta = 76,79\%$
<i>CASO 2.3. 7</i>					
<i>CASO 2.1. 8</i>	B4	2000	Gas natural	Bomba de calor	Gas natural
<i>CASO 2.2. 8</i>		NBE-CT-79	$\eta = 75\%$	$\eta = 339\%$	$\eta = 76,79\%$
<i>CASO 2.3. 8</i>					
<i>CASO 2.1. 9</i>	C1	2000	Gas natural	-	Gas natural
<i>CASO 2.2. 9</i>		NBE-CT-79	$\eta = 75\%$		$\eta = 76,79\%$
<i>CASO 2.3. 9</i>					

CASO 2.1. 10	D3	2000	Electricidad	Bomba de calor	Gas natural
CASO 2.2. 10		NBE-CT-79	$\eta = 99\%$	$\eta = 349\%$	$\eta = 76,79\%$
CASO 2.3. 10					
CASO 2.1. 11	B4	2000	Gas natural	Bomba de calor	Electricidad
CASO 2.2. 11		NBE-CT-79	$\eta = 75\%$	$\eta = 339\%$	$\eta = 99\%$
CASO 2.3. 11					
CASO 2.1. 12	C1	2000	Bomba de calor	-	Electricidad
CASO 2.2. 12		NBE-CT-79	$\eta = 320\%$		$\eta = 99\%$
CASO 2.3. 12					
CASO 2.1. 13	D3	1970	Gas natural	Bomba de calor	Gas natural
CASO 2.2. 13		-	$\eta = 75\%$	$\eta = 349\%$	$\eta = 76,79\%$
CASO 2.3. 13					
CASO 2.1. 14	B4	1970	Gas natural	Bomba de calor	Gas natural
CASO 2.2. 14		-	$\eta = 75\%$	$\eta = 339\%$	$\eta = 76,79\%$
CASO 2.3. 14					
CASO 2.1. 15	C1	1970	Gas natural	-	Gas natural
CASO 2.2. 15		-	$\eta = 75\%$		$\eta = 76,79\%$
CASO 2.3. 15					
CASO 2.1. 16	D3	1970	Electricidad	Bomba de calor	Gas natural
CASO 2.2. 16		-	$\eta = 99\%$	$\eta = 349\%$	$\eta = 76,79\%$
CASO 2.3. 16					

<i>CASO 2.1. 17</i>	B4	1970	Gas natural	Bomba de calor	Electricidad
<i>CASO 2.2. 17</i>		-	$\eta = 75\%$		$\eta = 99\%$
<i>CASO 2.3. 17</i>				$\eta = 339\%$	
<i>CASO 2.1. 18</i>	C1	1970	Bomba de calor	-	Electricidad
<i>CASO 2.2. 18</i>		-			$\eta = 99\%$
<i>CASO 2.3. 18</i>			$\eta = 320\%$		

Capítulo 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 RESULTADOS DE LAS SIMULACIONES OBTENIDOS EN HULC, CE3X Y DIAGNÓSTICO

En este apartado se representarán los resultados de demanda y consumo energético más relevantes obtenidos mediante las simulaciones de los casos definidos en el apartado 3.4, así como la diferencia en porcentaje de los resultados obtenidos con las tres herramientas, HULC, CE3X y DIAGNÓSTICO para posteriormente pasar al análisis de los resultados.

Los resultados de todos los casos podrán observarse en el *ANEXO IV – Resultados simulaciones*. Se han representado, por una parte, los resultados de la vivienda unifamiliar aislada, tanto demanda como consumos. Por otra parte, en la vivienda en bloque para cada uno de los casos definidos en el apartado 3.4 se ha realizado la media de la vivienda orientada en las cuatro posibles orientaciones, y posteriormente se han representado los resultados de la demanda y el consumo para los tres casos por separado de la vivienda en bloque, es decir, resultados para la vivienda en bloque cubierta, planta baja y planta intermedia. Finalmente, de la vivienda en bloque se ha hecho una media de las tres tipologías y se han representado estos resultados ya que la media será lo que posteriormente se comparará con DIAGNÓSTICO.

Por último, se ha representado el % de diferencia entre los tres softwares tanto de los resultados de demanda como de consumos. Los resultados de todas las simulaciones pueden verse en el *ANEXO V – Comparativa HULC, CE3X Y DIAGNÓSTICO*, los resultados equivalen, por una parte, a la vivienda unifamiliar, y por otra a la media de la vivienda en bloque cubierta, planta baja y planta intermedia.

4.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS SIMULACIONES

4.2.1 VIVIENDA UNIFAMILIAR

Se realizará un análisis de los resultados de demanda y consumos obtenidos mediante las tres aplicaciones de simulación energética en el caso de la vivienda unifamiliar.

En primer lugar, se analizarán los resultados de las diferencias de demanda obtenidas con los tres softwares. Por una parte, se observa la similitud en los resultados de HULC y CE3X, las diferencias de calefacción para viviendas unifamiliares aisladas se encuentran en el intervalo [1%, 15%]. En cuanto a refrigeración las diferencias de los resultados entre HULC y CE3X se encuentra dentro del intervalo del [8%,12%], excepto en el CASO 1. 13 y por consecuencia el CASO 1. 16, que son los casos para Madrid construidos antes del 1981 ya que en ambos casos se obtienen los mismos resultados de demanda, dónde la diferencia que se alcanzó fue de un 20%. Los resultados obtenidos son coherentes entre sí, y por lo tanto se verifica que las demandas obtenidas con las herramientas HULC y CE3X, aprobadas por el ministerio son semejantes, pese a las simplificaciones que usa CE3X

En segundo lugar, el caso de DIAGNÓSTICO encontramos grandes diferencias con respecto a HULC y CE3X, dónde se observan dos resultados claves. Los resultados de los porcentajes de diferencia de las demandas de DIAGNÓSTICO se pueden observar en la *Tabla 9*.

- Para vivienda unifamiliar construida posterior al 2007, es decir, sujeta al CTE 2006 los resultados de demanda obtenidos tanto en calefacción como en refrigeración son menores con DIAGNÓSTICO que con HULC y CE3X.
- Para viviendas construidas entre el 1981 y el 2007, sujetas al NBE-CT-79 los resultados obtenidos son diferentes a los que son construidos después del 2007, para estos casos la demanda calculada con DIAGNÓSTICO comienza a ser mayor que con HULC y con CE3X.
- En el caso de viviendas construidas con anterioridad al 1981, las cuales no están sujetas a ninguna especificación en cuanto a envolvente los resultados de la demanda

obtenidos con DIAGNÓSTICO, tanto de calefacción como de refrigeración, son extremadamente diferentes: encontramos porcentajes de diferencia hasta del 64% en calefacción y el 54% en refrigeración. Las diferencias todavía son más notables que en el caso de las viviendas sujetas al NBE-CT-79.

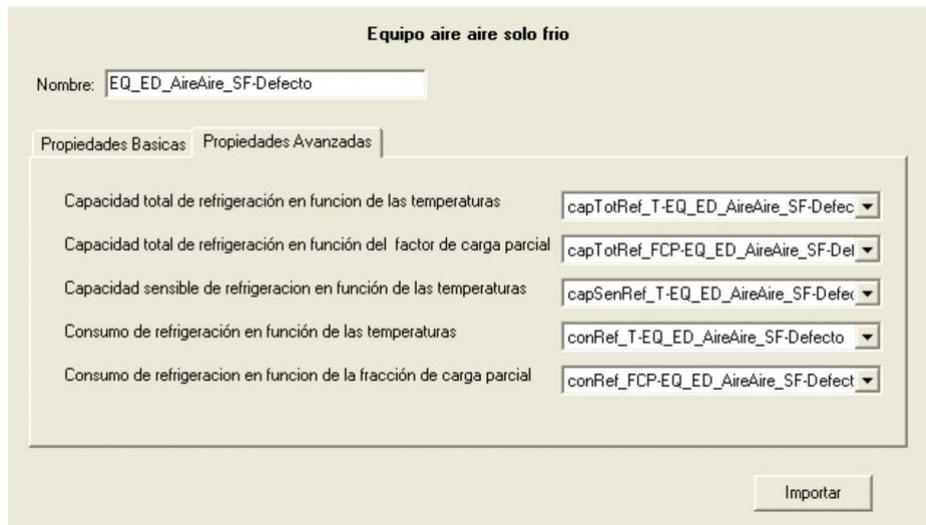
En estos dos últimos casos los resultados de DIAGNÓSTICO presentan una demanda mayor tanto en calefacción como en refrigeración. Esta diferencia se da debido a que el modelo DIAGNÓSTICO calcula la demanda térmica suponiendo una temperatura constante de confort de 20 grados, las 24 horas del día, todos los días de la semana según los criterios del documento *Escala de calificación energética: Edificios existentes*. Sin embargo en HULC y en CE3X tal y como se establece en el Documento Básico HE Ahorro de Energía en los meses de invierno se toma de referencia una temperatura de 20 grados de 7:00 de la mañana a 23:00 y 17 grados de 23:00 a 7:00, y en verano una temperatura de 27 grados de 23:00 a 7:00 y 25 grados de 15:00 a 23:00, por lo que los resultados obtenidos en los que las demandas son mayores en DIAGNÓSTICO son coherentes, ya que con este software se sobredimensiona la demanda al mantener constantemente la temperatura de confort de la vivienda a 20 grados. Como señalan Romero Mora, Barrella y Centeno Hernández (2022), la herramienta DIAGNÓSTICO tiende a sobreestimar la demanda energética al asumir condiciones ideales de confort térmico (20°C constantes).

Por último, se observa que cuanto más antigua es la vivienda, más se sobrestima la demanda, y a medida que va mejorando el código técnico DIAGNÓSTICO pasa de sobredimensionar a subestimar la demanda, tanto de calefacción como de refrigeración.

En cuanto a los consumos, estos están íntegramente relacionados con los rendimientos de las instalaciones que se han seleccionado, y se ha observado una gran diferencia, en CE3X y en DIAGNÓSTICO los rendimientos de las instalaciones se cumplen dependiendo del valor que sea asignado por el usuario, por lo que el % de diferencia en los consumos será igual que en las demandas. Sin embargo, en HULC cuando se selecciona bomba de calor como elemento activo de refrigeración y/o calefacción, el rendimiento no equivale al valor introducido como rendimiento del sistema. Esto es debido a que en HULC, los valores de rendimiento de instalación declarados (COP/EER) cuando se selecciona bomba de calor, se

ajustan internamente mediante curvas de rendimiento que consideran la temperatura exterior y la parte de carga en cada hora del año, resultando un rendimiento estacional real diferente del nominal introducido, ya que una única instalación no trabaja en su punto de óptimo rendimiento a lo largo de todo el año. Esta es una diferencia verdaderamente importante ya que CE3X y DIAGNÓSTICO usan el COP nominal fijo sin ajuste dinámico.

Por lo tanto, las discrepancias entre los consumos de las herramientas no son errores, sino un reflejo del modelado más sofisticado de HULC, por ello, el % de diferencia de los consumos entre las tres herramientas, no es más que una suma del % de diferencia de la demanda, añadiéndole el % de diferencia de rendimiento de los equipos.



Equipo aire aire solo frio

Nombre: EQ_ED_AireAire_SF-Defecto

Propiedades Basicas | Propiedades Avanzadas

Capacidad total de refrigeración en función de las temperaturas: capTotRef_T-EQ_ED_AireAire_SF-Defec

Capacidad total de refrigeración en función del factor de carga parcial: capTotRef_FCP-EQ_ED_AireAire_SF-Def

Capacidad sensible de refrigeración en función de las temperaturas: capSenRef_T-EQ_ED_AireAire_SF-Defec

Consumo de refrigeración en función de las temperaturas: conRef_T-EQ_ED_AireAire_SF-Defecto

Consumo de refrigeración en función de la fracción de carga parcial: conRef_FCP-EQ_ED_AireAire_SF-Defect

Importar

Figura 5 Configuración avanzada de equipo aire-aire solo frío en HULC. Fuente: Ministerio de Fomento (2015). Manual de usuario de HULC (Herramienta Unificada LIDER-CALENER)

El ACS, tanto en demanda como en consumo, no presenta un % de diferencia mayor del tres por ciento con ninguno de los tres softwares, por lo que se comprueba que este resultado es prácticamente idéntico con cualquiera de las tres aplicaciones

A continuación, se muestra una tabla resumen con los resultados obtenidos de las simulaciones, únicamente se definirán los % de diferencia entre HULC y DIAGNÓSTICO, CE3X y DIAGNÓSTICO de demanda de calefacción y refrigeración. Los resultados tanto

de demandas como consumos tanto de calefacción, refrigeración y ACS de todas las simulaciones se pueden consultar en el *ANEXO V – Comparativa HULC, CE3X Y DIAGNÓSTICO*.

Solo se muestran estos resultados ya que son en los que se encuentran diferencias entre los distintos casos.

Tabla 9 Porcentaje de diferencia entre HULC y CE3X con DIAGNÓSTICO para Vivienda Unifamiliar

<i>CASO</i>	% Diferencia de calefacción HULC y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de refrigeración HULC y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de calefacción CE3X y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de refrigeración CE3X y DIAGNÓSTICO
CASO 1.1 , CASO 1.4 <i>ZONA D3</i>	-34% DIAGNÓSTICO	-54% DIAGNÓSTICO	-30% DIAGNÓSTICO	-59% DIAGNÓSTICO
CASO 1.2 , CASO 1.5 <i>ZONA B4</i>	-5% DIAGNÓSTICO	-52% DIAGNÓSTICO	-4% DIAGNÓSTICO	-53% DIAGNÓSTICO
CASO 1.3 , CASO 1.6 <i>ZONA C1</i>	-35% DIAGNÓSTICO	No influye	-32% DIAGNÓSTICO	No influye

CASO 1. 7	12%	12%	14%	4%
CASO 1. 10	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTI-CO	DIAGNÓSTICO
ZONA D3				
CASO 1. 8	41%	9%	26%	1%
CASO 1. 11	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
ZONA B4				
CASO 1. 9	2%	No influye	1%	No influye
CASO 1. 12	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO	
ZONA C1				
CASO 1. 13	32%	54%	30%	34%
CASO 1. 16	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓST-CO
ZONA D3				
CASO 1. 14	64%	50%	53%	39%
CASO 1. 17	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
ZONA B4				
CASO 1. 15	32%	No influye	30%	No influye
CASO 1. 16	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO	
ZONA C1				

 Viviendas construidas después del 2007

 Viviendas construidas entre 1981 y 2007

■ Viviendas construidas antes del 1981

4.2.2 VIVIENDA EN BLOQUE

Los resultados obtenidos son coherentes con los resultados obtenidos para la vivienda unifamiliar. Como se ha comentado previamente, lo interesante de este apartado será comparar los resultados obtenidos, en primer lugar, mediante la realización de la media de la vivienda orientada en las cuatro posibles orientaciones, y posteriormente la media de la planta cubierta, planta baja e intermedia, debido a que DIAGNÓSTICO realiza directamente una media de todos estos parámetros para obtener los resultados.

Por una parte, se observa la similitud en los resultados de HULC y CE3X, las diferencias de calefacción para vivienda en bloque se encuentran en el intervalo [1%, 6%]. En cuanto a la refrigeración, los resultados de la comparación entre los dos softwares oficiales de certificación en España se han encontrado entre el [1%,7%] en todos los casos. Estos resultados son similares y por lo tanto se verifica que las demandas obtenidas con herramientas aprobadas con el Ministerio son semejantes, teniendo en cuenta las simplificaciones que usa CE3X.

En segundo lugar, el caso de DIAGNÓSTICO encontramos grandes diferencias con respecto a HULC y CE3X, al igual que en el caso de la vivienda unifamiliar aislada, dónde se observan dos resultados claves. Los resultados de todas de las diferencias de demanda de calefacción y refrigeración de HULC y CE3X con DIAGNÓSTICO se muestran en la Tabla 10.

- Para vivienda unifamiliar construida posterior al 2007, es decir, sujeta al CTE 2006 los resultados de demanda obtenidos tanto en calefacción como en refrigeración son menores con DIAGNÓSTICO que con HULC y CE3X.
- Para viviendas construidas entre el 1981 y el 2007, sujetas al NBE-CT-79 los resultados obtenidos con diferentes a los que son construidos después del 2007, para

estos casos la demanda calculada con DIAGNÓSTICO comienza a ser mayor que con HULC y con CE3X.

- En el caso de viviendas construidas con anterioridad al 1981, las cuales no están sujetas a ninguna especificación en cuanto a envolvente los resultados de la demanda obtenidos con DIAGNÓSTICO, tanto de calefacción como de refrigeración, son extremadamente diferentes, encontramos porcentajes de diferencia hasta del 73% en calefacción y el 71% en refrigeración. En todos ellos los resultados de DIAGNÓSTICO presentan una demanda mayor tanto en calefacción como en refrigeración, esta diferencia se da debido a que el modelo DIAGNÓSTICO calcula la demanda térmica suponiendo una temperatura constante de confort de 20 grados, las 24 horas del día, todos los días de la semana. Sin embargo en HULC y en CE3X tal y como se establece en el Documento Básico HE Ahorro de Energía en los meses de invierno se toma de referencia una temperatura de 20 grados de 7:00 de la mañana a 23:00 y 17 grados de 23:00 a 7:00, y en verano una temperatura de 27 grados de 23:00 a 7:00 y 25 grados de 15:00 a 23:00, por lo que los resultados obtenidos en los que las demandas son mayores en DIAGNÓSTICO son coherentes ya que con este software se sobredimensiona la demanda al mantener constantemente la temperatura de confort de la vivienda a 20 grados. Como señalan Romero Mora, Barrella y Centeno Hernández (2022), la herramienta DIAGNÓSTICO tiende a sobreestimar la demanda energética al asumir condiciones ideales de confort térmico (20°C constantes).
- Por lo tanto, se observa que cuanto más antigua es la vivienda, más se sobrestima la demanda, y a medida que va mejorando el código técnico DIAGNÓSTICO pasa de sobredimensionar a subestimar la demanda, tanto de calefacción como de refrigeración.

El ACS, tanto en demanda como en consumo, no presenta un % de diferencia mayor del tres por ciento con ninguno de los tres softwares, por lo que se comprueba que este resultado es prácticamente idéntico con cualquiera de las tres aplicaciones.

En cuanto a los consumos, las diferencias que encontramos se dan por los mismos factores comentados en el apartado *Vivienda Unifamiliar*.

A continuación, se muestra una tabla resumen con los resultados obtenidos de las simulaciones, únicamente se definirán los % de diferencia entre HULC y DIAGNÓSTICO, CE3X y DIAGNÓSTICO de demanda de calefacción y refrigeración. Los resultados tanto de demandas como consumos tanto de calefacción, refrigeración y ACS de todas las simulaciones se pueden consultar en el *ANEXO V – Comparativa HULC, CE3X Y DIAGNÓSTICO*.

Solo se muestran estos resultados ya que son en los que se encuentran diferencias entre los distintos casos. Cada uno de los resultados obtenidos para vivienda en Bloque como se comentó anteriormente son realizando la media de la vivienda orientada en las cuatro posibles orientaciones, y posteriormente realizando la media entre el caso de planta baja, cubierta e intermedia.

Tabla 10 Porcentaje de diferencia entre HULC y CE3X con DIAGNÓSTICO para Vivienda en Bloque

<i>CASO</i>	% Diferencia de calefacción HULC y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de refrigeración HULC y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de calefacción CE3X y DIAGNÓSTICO	% Diferencia de refrigeración CE3X y DIAGNÓSTICO
<i>CASO 2.1</i>	-31%	-37%	-27%	-26%
<i>CASO 2.4</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>ZONA D3</i>				
<i>CASO 2.2,</i>	-7%	-36%	-7%	-33%
<i>CASO 2.5</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>ZONA B4</i>				

<i>CASO 2.3</i>	-33%	No influye	-30%	No influye
<i>CASO 2.6</i>	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO	
<i>ZONA C1</i>				
<i>CASO 2.7</i>	34%	33%	39%	40%
<i>CASO 2.10</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>ZONA D3</i>				
<i>CASO 2.8</i>	43%	29%	47%	32%
<i>CASO 2.11</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>ZONA B4</i>				
<i>CASO 2.9</i>	19%	No influye	25%	No influye
<i>CASO 2.12</i>	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO	
<i>ZONA C1</i>				
<i>CASO 2.13</i>	50%	73%	55%	75%
<i>CASO 2.16</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>ZONA D3</i>				
<i>CASO 2.14</i>	71%	68%	73%	71%
<i>CASO 2.17</i>	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
<i>ZONA B4</i>				
<i>CASO 2.15</i>	50%	No influye	54%	No influye
<i>CASO 2.18</i>	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO	
<i>ZONA C1</i>				

Capítulo 5. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

5.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones a las que se ha llegado en este Trabajo de Fin de Grado son las siguientes:

En primer lugar, se concluye que, pese a ser CE3X y HULC dos herramientas de simulación energética que presentan grandes diferencias, ya que CE3X emplea métodos simplificados basados en interpolación de bases de datos y HULC aplica un motor horario más detallado, los resultados obtenidos son verdaderamente similares y dentro de los márgenes aceptables de precisión. Esto no es un resultado inesperado debido a que ambos son reconocidos como procedimientos oficiales de certificación energética por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO, 2023).

Por lo tanto, CE3X, se muestra eficiente en todos los casos que se han simulado en este proyecto, y además destaca por su sencillez de uso respecto de HULC. La única diferencia que se encuentra entre estas dos aplicaciones es la relacionada con los consumos cuando se desea introducir una bomba de calor, o cualquier equipo cuyo rendimiento tenga curvas de trabajo asociadas, ya que HULC realiza un procedimiento más detallado y saca un rendimiento teniendo en cuenta el punto de trabajo de la instalación en todo el año.

En segundo lugar, en cuanto a la comparación de la herramienta desarrollada por la Cátedra de Energía y Pobreza, DIAGNÓSTICO, está no puede considerarse actualmente una herramienta precisa para el modelado energético de las viviendas españolas, al menos no en el mismo nivel de fiabilidad y robustez que los softwares reconocidos oficialmente por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, como HULC o CE3X.

Se concluye también que existe una clara tendencia de DIAGNÓSTICO. Cuanto más antigua sea la vivienda más sobreestimada está la demanda de esta y, de hecho, para viviendas construidas después del 2007 la demanda obtenida con DIAGNÓSTICO es menor que con HULC y CE3X.

Por lo que las conclusiones con respecto a DIAGNÓSTICO son las siguientes, diferenciándolas según el año de construcción de la vivienda.

- La demanda obtenida con DIAGNÓSTICO para viviendas construidas antes del 1981 es menor, lo que es coherente debido a que la envolvente es deficiente, con peor estanqueidad y además DIAGNÓSTICO utiliza una temperatura de cálculo de referencia constante de 20 °C, mientras que otros programas, como el caso de HULC y CE3X usan horarios de temperaturas de confort que varían a lo largo del día con una mejor adaptación.
- La demanda se va reduciendo conforme mejora la envolvente de la vivienda. En los casos en los que la vivienda ha sido construida entre el 1981 y el 2007, sigue siendo mayor que la calculada con las herramientas oficiales, lo que continúa teniendo coherencia en los resultados, ya que al mejorar la envolvente y reducirse la demanda, los % de diferencia también se reducen.
- Para una vivienda construida posteriormente al 2007, la demanda de DIAGNÓSTICO disminuye en comparación con los programas oficiales. Pese a que no se ha llegado a ninguna conclusión robusta acerca de esta diferencia de cálculo de demanda con la mejora de la envolvente, una posible hipótesis ha sido que, en los edificios de envolvente mejorada la demanda de DIAGNÓSTICO es más baja por partir de un modelo más básico, ya que los detalles que añaden HULC y CE3X (como cargas internas, radiación solar, infiltraciones...) suponen que para edificios de nueva construcción gran porcentaje de la demanda venga de esas variables debido a que la envolvente está muy mejorada, y DIAGNÓSTICO no trabaja con estas componentes.

Finalmente, respecto a los consumos, la disparidad observada entre los calculados con herramientas como CE3X o DIAGNÓSTICO y los obtenidos con HULC se explica, esencialmente, por el modo en que cada motor de cálculo trata el rendimiento de la bomba de calor:

- CE3X y DIAGNÓSTICO aplican un COP/EER nominal fijo, sin correcciones por temperatura exterior ni por parte de carga, el rendimiento asignado se traslada

linealmente a las demandas, de modo que el porcentaje de diferencia entre demandas y consumos permanece constante.

- HULC ajusta internamente el rendimiento mediante curvas de funcionamiento que dependen de la temperatura ambiente y la fracción de carga horaria, por lo que el rendimiento introducido se convierte en un rendimiento estacional real que varía a lo largo del año, reflejando que la bomba de calor no siempre trabaja en su punto nominal.

5.2 TRABAJOS FUTUROS

Una vez realizado este Trabajo de Fin de Grado se identifican diversas líneas de investigación futuras que pueden derivarse del análisis comparativo de las herramientas HULC, CE3X y DIAGNÓSTICO.

- En primer lugar, encontrar el patrón que sigue DIAGNÓSTICO para el cálculo de la demanda que supone que cuanto más antigua sea la vivienda más sobreestimada esté la demanda.
- Mejorar las funcionales y metodológicas del software DIAGNÓSTICO: el desarrollo de versiones más precisas de DIAGNÓSTICO constituye otra vía prioritaria. Sería especialmente útil que la herramienta permitiera introducir perfiles de uso realista, considerando franjas horarias, temperaturas de consigna variables o características específicas del edificio.
- Por último, una línea de trabajo interesante es explorar la utilidad de DIAGNÓSTICO como herramienta de detección y priorización de intervenciones en situaciones de pobreza energética. Aunque está todavía no sea precisa para una certificación técnica, su rapidez y facilidad de uso podrían facilitar su implementación por parte de trabajadores sociales, ayuntamientos o entidades del tercer sector.

Capítulo 6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Barrella, R., Romero, J. C., Linares, J. I., Arenas, E., Asín, M., & Centeno, E. (2022). The dark side of energy poverty: Who is underconsuming in Spain and why? *Energy Research & Social Science*, 86, 102428. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102428>
- [2] Constitución Española. (1978). *Boletín Oficial del Estado*, núm. 311, de 29 de diciembre de 1978.
- [3] García-Heras, J. L., Chacartegui, R., Ortiz, C., & Sánchez, D. (2019). Analysis and Energy Certification of an Andalusian Public Health Center. Comparative between the General Option and Simplified Procedures. *Proceedings*, 38(1), 3 <https://doi.org/10.3390/proceedings2019038003>
- [4] García Rodríguez, A. (2021). Análisis de la eficiencia energética de edificios mediante el uso de herramientas de simulación energética HULC y CE3X [Trabajo de Fin de Grado, Universidad de Valladolid, Escuela de Ingenierías Industriales]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/48350>
- [5] Gayubar, C. (2021). Certificación energética de una vivienda unifamiliar con CE3X y HULC. Comparativa de resultados [Trabajo de fin de grado, Universitat Politècnica de Catalunya] UPCommons
<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/350742/memoria-carlos-gayubar.pdf>
- [6] Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). Encuesta continuada de hogares. Año 2023
https://www.ine.es/dyngs/INEbase/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176952&menu=ultiDatos&idp=1254735572981
- [7] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2011). Informe SPAHOUSEC: Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Ministerio

de Industria, Energía y Turismo
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

[8] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2020). Consumos del Sector Residencial en España: Resumen de Información Básica. Recuperado de https://tarifasgasluz.com/sites/tarifasgasluz.com/files/pdf/documentacion_basica_residencial_unido.pdf Tarifas Gas Luz

[9] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). (2020). Consumo por usos residencial - Informes web. Recuperado de <https://informesweb.idae.es/consumo-usos-residencial/informe.phpinformesweb.idae.es>

[10] Martín-Consuegra, F., Hernández-Aja, A., Oteiza, I., & Alonso, C. (2019). Distribución de la pobreza energética en la ciudad de Madrid (España). *EURE (Santiago)*, 45(135), 133–153. <https://doi.org/10.4067/S0250-71612019000200133>

[11] Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo. (1979). *Norma Básica de la Edificación NBE-CT-79: Condiciones térmicas en los edificios*. Boletín Oficial del Estado. https://w3.ual.es/Depar/proyectosingenieria/descargas/Normas_Edificacion/NBE-CT-79.pdf

[12] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. (2011). Escala de calificación energética de edificios existentes. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnergEdifExistentes_2011_accesible_c762988d.pdf

[13] Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana. (2019). Código Técnico de la Edificación: Documento Básico HE – Ahorro de Energía (Actualización 2019, RD 732/2019). <https://www.codigotecnico.org>

[14] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO). (2025). Procedimientos para la certificación de edificios. Recuperado de <https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/certificacion-energetica/documentos-reconocidos/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.html>

[15] Romero Mora, J. C., Barrella, R., & Centeno Hernández, E. (2024). *Informe de indicadores de pobreza energética en España 2023*. Universidad Pontificia Comillas. https://repositorio.comillas.edu/xmlui/handle/11531/95198https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf

[16] Universidad Pontificia Comillas. (2025). Cátedra de Energía y Pobreza. Recuperado de <https://www.comillas.edu/catedras-de-investigacion/catedra-de-energia-y-pobreza/C>

ANEXO I – CLASIFICACIÓN ZONAS CLIMÁTICAS

POR PROVINCIA Y ALTITUD

Tabla A 1 Zonas climáticas del CTE por provincia y altitud. Fuente: Código Técnico de la Edificación DR-HF (2023)

PROVINCIA	Altitud sobre el nivel del mar (h)																						
	≤50m	51-100m	101-150m	151-200m	201-250m	251-300m	301-350m	351-400m	401-450m	451-500m	501-550m	551-600m	601-650m	651-700m	701-750m	751-800m	801-850m	851-900m	901-950m	951-1000m	1001-1050m	1051-1250m	1251-1300m
Albacete	C3					D3										E1							
Alicante	B4			C3										D3									
Almería	A4	B4		B3			C3							D3									
Álava	D1								E1														
Asturias	C1	D1										E1											
Ávila	D2						D1										E1						
Badajoz	C4				C3			D3															
Islas Baleares	B3			C3																			
Barcelona	C2		D2				D1					E1											
Bizkaia	C1										D1												
Burgos	D1								E1														
Cáceres	C4						D3										E1						
Cádiz	A3	B3			C3			C2				D2											
Cantabria	C1	D1										E1											
Castellón	B3	C3					D3			D2				E1									
Ceuta	B3																						
Ciudad Real	C4				C3			D3															
Córdoba	B4	C4					D3																
Coruña	C1			D1										E1									
Cuenca	D3						D2										E1						
Gipuzkoa	D1				E1																		
Girona	C2	D2					E1																
Granada	A4	B4			C4				C3			D3				E1							
Guadalajara	D3										D2		E1										
Huelva	A4	B4	B3			C3							D3										
Huesca	C3			D3			D2				E1												
Jaén	B4			C4					D3				E1										
León	E1																						
Lleida	C3	D3					E1																
Lugo	D1								E1														
Madrid	C3						D3										D2	E1					
Málaga	A3	B3			C3							D3											
Melilla	A3																						
Murcia	B3	C3					D3																
Navarra	C2	D2			D1				E1														
Ourense	C3	C2	D2							E1													
Palencia	D1										E1												
Palmas, Las	α3				A2							B2				C2							
Pontevedra	C1			D1																			
Rioja, La	C2	D2					E1																
Salamanca	D2						E1																
Santa Cruz de Tenerife	α3			A2					B2				C2										
Segovia	D2										E1												
Sevilla	B4	C4					D1										E1						
Soria	D2						D1			E1													
Tarragona	B3	C3					D3																
Teruel	C3				C2			D2					E1										
Toledo	C4						D3					E1											
Valencia	B3	C3					D2					E1											
Valladolid	D2								E1														
Zamora	D2						E1																
Zaragoza	C3			D3							E1												

ANEXO II – VALORES LÍMITE DE TRANSMITANCIA TÉRMICA SEGÚN NORMATIVA VIGENTE

Tabla A 2 Valores de transmitancia térmica usados por CE3X para viviendas construidas antes del 1981

Elemento constructivo	Zona B	Zona C	Zona D
Fachada/cerramientos opacos	2,38	2,38	2,38
Cubierta	2,17	2,17	2,17
Suelo en contacto con el aire	2,5	2,5	2,5
Suelo en contacto con el terreno	1	1	1
Huecos	4,2	4,2	4,2

*Tabla A 3 Valores máximos de transmitancias térmicas [W/m²*K] según NBE-CT-79*
Fuente: Ministerio de Fomento, NBE-CT--79

Elemento constructivo	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
Muros exteriores	1,2	1,2	1	1	0,8
Cubierta	0,8	0,8	0,6	0,6	0,5
Suelo en contacto con el aire	1,5	1,5	1,2	1,2	1
Huecos	5,7	5,7	5,2	5,2	4,6

*Tabla A 4 Valores máximos de transmitancias térmicas [W/m²*K] según CTE-2006*

Fuente: CTE, Documento Básico HE1(2006)

Elemento constructivo	Zona A	Zona B	Zona C	Zona D	Zona E
Fachada/cerramientos opacos	0,94	0,82	0,73	0,62	0,57
Cubierta	0,75	0,63	0,55	0,45	0,41
Suelo en contacto con el aire	1,16	1,00	0,94	0,85	0,79
Suelo en contacto con el terreno	0,8	0,73	0,64	0,58	0,5
Huecos	5,7	5,2	4,6	3,9	3,3

ANEXO III – RENDIMIENTOS DIAGNÓSTICO

Tabla A 2 Rendimientos calefacción equipos nuevos. Fuente: Herramienta DIAGNÓSTICO, Cátedra de Energía y Pobreza (Universidad Pontificia Comillas, sf)

Sistema	Glp	Gasóleo	Biomasa	Carbón	Gas natural	Electricidad	Bomba de calor
Eficiencia (%)	89%	83%	70%	70%	91%	100%	390%

Tabla A 3 Rendimientos calefacción equipos existentes Fuente: Herramienta DIAGNÓSTICO, Cátedra de Energía y Pobreza (Universidad Pontificia Comillas, sf)

Sistema	Glp	Gasóleo	Biomasa	Carbón	Gas natural	Electricidad	Bomba de calor
Eficiencia (%)	75%	70%	35%	40%	75%	100%	320%

Tabla A 4 Rendimientos ACS equipos nuevos Fuente: Herramienta DIAGNÓSTICO, Cátedra de Energía y Pobreza (Universidad Pontificia Comillas, sf)

Sistema	Glp	Gasóleo	Biomasa	Carbón	Gas natural	Electricidad
Eficiencia (%)	84,53%	76,79%	71,4%	71,4%	85%	99%

Tabla A 5 Rendimientos ACS equipos existentes. Fuente: Herramienta DIAGNÓSTICO, Cátedra de Energía y Pobreza (Universidad Pontificia Comillas, sf)

Sistema	Glp	Gasóleo	Biomasa	Carbón	Gas natural	Electricidad
Eficiencia (%)	76,79%	76,79%	35%	40%	76,79%	99%

Tabla A 6 Rendimientos Refrigeración. Fuente: Herramienta DIAGNÓSTICO, Cátedra de Energía y Pobreza (Universidad Pontificia Comillas, sf)

Zona	2	3	4
Existente	369%	349%	339%
Nuevo	414%	392%	381%

*La refrigeración en la zona climática 1 no influye debido a que la severidad climática en verano es muy suave

ANEXO IV – RESULTADOS SIMULACIONES

CASO 1. 1 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 7 Resultados CASO 1.1

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	7957,60	7673,40	5657
Demanda Refrigeración [KWh]	2770,46	2930,20	1597
Demanda ACS [KWh]	1647,33	1630,53	1647
Consumo Calefacción [KWh]	8951,76	8431,29	6216
Consumo Refrigeración [KWh]	898,75	748,20	407,30
Consumo ACS [KWh]	1938,03	1918,27	1980

CASO 1. 2 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 10 Resultados CASO 1.2

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2440,2	2410,8	2323
Demanda Refrigeración [KWh]	3800,44	3851,4	2228
Demanda ACS [KWh]	1582,03	1567,17	1583
Consumo Calefacción [KWh]	2744,00	2648,47	2552
Consumo Refrigeración [KWh]	1246,32	1012,10	584,8
Consumo ACS [KWh]	1861,21	1843,73	1872

CASO 1. 3 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 11 Resultados CASO 1.3

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	5525,24	5311,6	3865
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1655,94	1640,43	1657
Consumo Calefacción [KWh]	6202,00	5839,65	4248
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1948,07	1929,92	1960

CASO 1. 4 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 12 Resultados CASO 1.4

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	7957,6	7673,4	5657
Demanda Refrigeración [KWh]	2770,46	2930,2	1597
Demanda ACS [KWh]	1647,33	1630,53	1647
Consumo Calefacción [KWh]	8278,84	7671,99	5657
Consumo Refrigeración [KWh]	899,75	747,79	407,3
Consumo ACS [KWh]	1938,03	1918,27	1980

CASO 1. 5 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 13 Resultados CASO 1.5

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2440,2	2410,8	2323
Demanda Refrigeración [KWh]	3800,44	3851,4	2228
Demanda ACS [KWh]	1582,03	1567,17	1583
Consumo Calefacción [KWh]	2729,18	2648,47	2552
Consumo Refrigeración [KWh]	1246,32	1012,10	584,8
Consumo ACS [KWh]	1598,01	1583	1599

CASO 1. 6 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 14 Resultados CASO 1.6

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	5525,24	5311,6	3865
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1655,94	1640,43	1657
Consumo Calefacción [KWh]	2365,24	1362,67	991,1
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1672,67	1657	1673

CASO 1. 7 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 15 Resultados CASO 1.7

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	11270,98	11113,2	12740
Demanda Refrigeración [KWh]	2678,34	2881,2	3009
Demanda ACS [KWh]	1647,33	1630,53	1647
Consumo Calefacción [KWh]	15308,59	14812,82	16987
Consumo Refrigeración [KWh]	976,49	825,03	862,1
Consumo ACS [KWh]	2139,39	2117,57	2179

CASO 1. 8 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 16 Resultados CASO 1.8

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3812,2	4459	5794
Demanda Refrigeración [KWh]	3845,52	4145,4	4191
Demanda ACS [KWh]	1582,03	1567,17	1583
Consumo Calefacción [KWh]	5168,47	5949,18	7726
Consumo Refrigeración [KWh]	1377,72	1186,63	1236
Consumo ACS [KWh]	2054,59	2035,29	2061

CASO 1. 9 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 17 Resultados CASO 1.9

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	8686,72	8790,6	8845
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1655,94	1640,43	1657
Consumo Calefacción [KWh]	11783,06	11725,41	11793
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	2150,57	2130,43	2157

CASO 1. 10 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 18 Resultados CASO 1.10

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	11270,98	11113,2	12740
Demanda Refrigeración [KWh]	2678,34	2881,2	3009
Demanda ACS [KWh]	1647,33	1630,53	1647
Consumo Calefacción [KWh]	11771,54	11221,35	12869
Consumo Refrigeración [KWh]	976,49	825,03	862,1
Consumo ACS [KWh]	2139,39	2117,57	2179

CASO 1. 11 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 19 Resultados CASO 1.11

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3812,2	4459	5794
Demanda Refrigeración [KWh]	3845,52	4145,4	4191
Demanda ACS [KWh]	1582,03	1567,17	1583
Consumo Calefacción [KWh]	5168,47	5949,18	7726
Consumo Refrigeración [KWh]	1377,72	1186,63	1236
Consumo ACS [KWh]	1599,02	1583,00	1599

CASO 1. 12 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 20 Resultados CASO 1.12

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	8686,72	8790,6	8845
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1655,94	1640,43	1657
Consumo Calefacción [KWh]	4220,92	2748,41	2764
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1672,67	1657	1673

CASO 1. 13 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 21 Resultados CASO 1.13

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	15073,38	15297,8	20792
Demanda Refrigeración [KWh]	2757,72	3410,4	4800
Demanda ACS [KWh]	1647,33	1630,53	1647
Consumo Calefacción [KWh]	20393,88	20399,65	27722
Consumo Refrigeración [KWh]	996,55	975,99	1375
Consumo ACS [KWh]	2139,39	2117,57	2179

CASO 1. 14 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 22 Resultados CASO 1.14

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	5306,7	5978	10325
Demanda Refrigeración [KWh]	3986,64	4498,2	6665
Demanda ACS [KWh]	1582,03	1567,17	1583
Consumo Calefacción [KWh]	7191,06	7964,35	13767
Consumo Refrigeración [KWh]	1419,85	1289,45	1966
Consumo ACS [KWh]	2054,59	2035,29	2061

CASO 1. 15 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 23 Resultados CASO 1.15

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	10593,8	10868,2	14660
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1655,94	1640,43	1657
Consumo Calefacción [KWh]	14350,82	14494,94	19547
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	2150,57	2130,43	2157

CASO 1. 16 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 24 Resultados CASO 1.16

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	15073,38	15297,8	207922322
Demanda Refrigeración [KWh]	2757,72	3410,4	4800
Demanda ACS [KWh]	1647,33	1630,53	1647
Consumo Calefacción [KWh]	15630,85	15454,81	21002
Consumo Refrigeración [KWh]	996,55	975,99	1375
Consumo ACS [KWh]	2139,39	2117,57	2179

CASO 1. 17 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 25 Resultados CASO 1.17

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	5306,7	5978	10325
Demanda Refrigeración [KWh]	3986,64	4498,2	6665
Demanda ACS [KWh]	1582,03	1567,17	1583
Consumo Calefacción [KWh]	7191,06	7964,35	13767
Consumo Refrigeración [KWh]	1419,85	1289,45	1966
Consumo ACS [KWh]	1599,02	1583,00	1599

CASO 1. 18 *Vivienda Unifamiliar Aislada*

Tabla A 26 Resultados CASO 1.18

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	10593,8	10868,2	14660
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1655,94	1640,43	1657
Consumo Calefacción [KWh]	4970,72	3397,4	4581
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1672,67	1657	1673

CASO 2.1. 1 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 27 Resultados CASO 2.1.1

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4293,5	4470	3598
Demanda Refrigeración [KWh]	1615,75	1442,5	1053
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	4810,71	4994,96	3954
Consumo Refrigeración [KWh]	644,32	368,09	268,6
Consumo ACS [KWh]	1441,17	1429,09	1452

CASO 2.1. 2 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 28 Resultados CASO 2.1.2

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	1337,25	1255	1470
Demanda Refrigeración [KWh]	2311,75	2167,5	1481
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	1498,32	1378,57	1616
Consumo Refrigeración [KWh]	914,66	568,83	388,8
Consumo ACS [KWh]	1364,31	1352,22	1373

CASO 2.1. 3 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 29 Resultados CASO 2.1.3

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2919,5	3045	2418
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	3273,53	3345,59	2658
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1425,88	1435,29	1430

CASO 2.1. 4 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 30 Resultados CASO 2.1.4

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4293,5	4470	3598
Demanda Refrigeración [KWh]	1615,75	1442,5	1053
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	4522,77	4591,35	3598
Consumo Refrigeración [KWh]	644,32	368,09	268,6
Consumo ACS [KWh]	1441,17	1429,09	1452

CASO 2.1. 5 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 31 Resultados CASO 2.1.5

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	1337,25	1255	1470
Demanda Refrigeración [KWh]	2311,75	2167,5	1481
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	1498,32	1378,57	1616
Consumo Refrigeración [KWh]	914,66	568,83	388,8
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.1. 6 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 32 Resultados CASO 2.1.6

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2919,5	3045	2418
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	1479,4	780,58	620,1
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

CASO 2.1. 7 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 33 Resultados CASO 2.1.7

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	7261	7222,5	9927
Demanda Refrigeración [KWh]	1742,5	1585	2190
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	9863,87	9630,46	13235
Consumo Refrigeración [KWh]	771,88	454,2	627,6
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.1. 8 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 34 Resultados CASO 2.1.8

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3275,5	3027,5	4207
Demanda Refrigeración [KWh]	2735,5	2452,5	3079
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	4452,1	4040,34	5609
Consumo Refrigeración [KWh]	1124,1	702,79	908,1
Consumo ACS [KWh]	1506,06	1492,71	1508

CASO 2.1. 9 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 35 Resultados CASO 2.1.9

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6587	6310	6738
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	8948,32	8410,71	8984
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1547,02	1584,42	1578

CASO 2.1. 10 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 36 Resultados CASO 2.1.10

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	7261	7222,5	9927
Demanda Refrigeración [KWh]	1742,5	1585	2190
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	7631,53	7295,68	10027
Consumo Refrigeración [KWh]	771,88	454,2	627,6
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.1. 11 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 37 Resultados CASO 2.1.11

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3275,5	3027,5	4207
Demanda Refrigeración [KWh]	2735,5	2452,5	3079
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	4452,1	4040,34	5609
Consumo Refrigeración [KWh]	1124,1	702,79	908,1
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.1. 12 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 38 Resultados caso 2.1.12

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6587	6310	6738
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	2750,26	1617,45	2106
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

CASO 2.1. 13 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 39 Resultados CASO 2.1.13

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	11922,75	11820	15906
Demanda Refrigeración [KWh]	2176,25	1777,5	3518
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	16192,02	15759,24	21208
Consumo Refrigeración [KWh]	859,77	509,47	1008
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.1. 14 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 40 Resultados CASO 2.1.14

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4495,25	4310	7099
Demanda Refrigeración [KWh]	3051	2630	4927
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	6105,04	5747,27	9465
Consumo Refrigeración [KWh]	1190,76	753,45	1453
Consumo ACS [KWh]	1506,06	1492,71	1508

CASO 2.1. 15 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 41 Resultados CASO 2.1.15

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	8450,5	8287,5	10999
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	11473,32	11048,74	14665
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1547,02	1584,42	1578

CASO 2.1. 16 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 42 Resultados CASO 2.1.16

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	11922,75	11820	15906
Demanda Refrigeración [KWh]	2176,25	1777,5	3518
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	12470,45	11938,84	16067
Consumo Refrigeración [KWh]	859,77	509,47	1008
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.1. 17 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 43 Resultados CASO 2.1.17

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4495,25	4310	7099
Demanda Refrigeración [KWh]	3051	2630	4927
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	6105,04	5747,27	9465
Consumo Refrigeración [KWh]	1190,76	753,45	1453
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.1. 18 Vivienda en bloque Planta Cubierta

Tabla A 44 Resultados CASO 2.1.18

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	8450,5	8287,5	10999
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	4049,9	2589,56	3437
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

CASO 2.2. 1 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 45 Resultados CASO 2.2.1

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6831,75	6480	3598
Demanda Refrigeración [KWh]	1286	1237,5	1053
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	7648,32	7120,59	3954
Consumo Refrigeración [KWh]	527,38	315,89	268,6
Consumo ACS [KWh]	1441,17	1429,09	1452

CASO 2.2. 2 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 46 Resultados CASO 2.2.2

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2499,25	2687,5	1470
Demanda Refrigeración [KWh]	2001,25	1910	1481
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	2803,15	2953,36	1616
Consumo Refrigeración [KWh]	771,49	500	388,8
Consumo ACS [KWh]	1364,31	1352,22	1373

CASO 2.2. 3 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 47 Resultados CASO 2.2.3

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4947,25	4720	2418
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	5544,54	4463,66	2658
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1425,88	1435,29	1430

CASO 2.2. 4 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 48 Resultados CASO 2.2.4

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6831,75	6480	3598
Demanda Refrigeración [KWh]	1286	1237,5	1053
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	7186,67	6545,42	3598
Consumo Refrigeración [KWh]	527,38	315,89	268,6
Consumo ACS [KWh]	1441,17	1429,09	1452

CASO 2.2. 5 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 49 Resultados CASO 2.2.5

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2499,25	2687,5	1470
Demanda Refrigeración [KWh]	2001,25	1910	1481
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	2803,15	2953,36	1616
Consumo Refrigeración [KWh]	771,49	500	388,8
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.2. 6 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 50 Resultados CASO 2.2.6

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4947,25	4720	2418
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	1995,39	1641,25	1636
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

CASO 2.2. 7 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 51 Resultados CASO 2.2.7

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	9178,5	8722,5	9927
Demanda Refrigeración [KWh]	1280	1277,5	2190
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	12463,45	11626,68	13235
Consumo Refrigeración [KWh]	588,41	365,66	627,6
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.2. 8 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 52 Resultados CASO 2.2.8

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3378,75	3552,5	4297
Demanda Refrigeración [KWh]	2046,25	2015	3079
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	4596,01	4740,34	5609
Consumo Refrigeración [KWh]	872,06	577,53	908,1
Consumo ACS [KWh]	1506,06	1492,71	1508

CASO 2.2. 9 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 53 Resultados CASO 2.2.9

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6632,75	6435	6738
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	9011,76	8580,25	8984
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1574,02	1584,42	1578

CASO 2.2. 10 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 54 Resultados CASO 2.2.10

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	9178,5	8722,5	9927
Demanda Refrigeración [KWh]	1280	1277,5	2190
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	9636,77	8807,96	10027
Consumo Refrigeración [KWh]	588,41	365,66	627,6
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.2. 11 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 55 Resultados CASO 2.2.11

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3378,75	3552,5	4297
Demanda Refrigeración [KWh]	2046,25	2015	3079
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	4596,01	4740,34	5609
Consumo Refrigeración [KWh]	872,06	577,53	908,1
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.2. 12 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 56 Resultados CASO 2.2.12

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6632,75	6435	6738
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	1633,57	1641,25	1636
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

CASO 2.2. 13 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 57 Resultados CASO 2.2.13

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	10450,5	9802,5	15906
Demanda Refrigeración [KWh]	1308,75	1387,5	3518
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	14189,92	13044,54	21208
Consumo Refrigeración [KWh]	593,65	397,39	1008
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.2. 14 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 58 Resultados CASO 2.2.14

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3775,5	3940	7099
Demanda Refrigeración [KWh]	2085,75	2090	4927
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	5133,61	5255,04	9465
Consumo Refrigeración [KWh]	885,48	598,39	1453
Consumo ACS [KWh]	1506,06	1492,71	1508

CASO 2.2. 15 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 59 Resultados CASO 2.2.15

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	7253	7020	10999
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	9852,73	9292,23	14665
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	
Consumo ACS [KWh]	1547,02	1584,42	1578

CASO 2.2. 16 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 60 Resultados CASO 2.2.16

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	10450,5	9802,5	15906
Demanda Refrigeración [KWh]	1308,75	1387,5	3518
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	10959,44	9898,16	16067
Consumo Refrigeración [KWh]	593,65	397,39	1008
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.2. 17 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 61 Resultados CASO 2.2.17

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3775,5	3940	7099
Demanda Refrigeración [KWh]	2085,75	2090	4927
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	5133,61	5255,04	9465
Consumo Refrigeración [KWh]	885,48	598,39	1453
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.2. 18 Vivienda en bloque Planta Baja

Tabla A 62 Resultados CASO 2.2.18

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	7253	7020	10999
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	3285,82	2177,84	1633,57
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1633,57	1641,25	1636

CASO 2.3. 1 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 63 Resultados CASO 2.3.1

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3606,5	3170	3598
Demanda Refrigeración [KWh]	1672,5	1422,5	1053
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	4043,28	3480,88	3954
Consumo Refrigeración [KWh]	559,88	363,1	268,6
Consumo ACS [KWh]	1441,17	1429,09	1452

CASO 2.3. 2 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 64 Resultados CASO 2.3.2

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	899,75	765	1470
Demanda Refrigeración [KWh]	2056,75	2102,5	1481
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	1010,71	840,76	1616
Consumo Refrigeración [KWh]	778,4	577,66	388,8
Consumo ACS [KWh]	1364,31	1352,22	1373

CASO 2.3. 3 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 65 Resultados CASO 2.3.3

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2283,25	2002,5	2418
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	2561,76	2201,89	2658
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1425,88	1435,29	1430

CASO 2.3. 4 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 66 Resultados CASO 2.3.4

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3606,5	3170	3598
Demanda Refrigeración [KWh]	1672,5	1422,5	1053
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	3803,22	3199,59	3598
Consumo Refrigeración [KWh]	559,88	363,1	268,6
Consumo ACS [KWh]	1441,17	1429,09	1452

CASO 2.3. 5 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 67 Resultados CASO 2.3.5

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	899,75	765	1470
Demanda Refrigeración [KWh]	2056,75	2102,5	1481
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	1010,71	840,76	1616
Consumo Refrigeración [KWh]	778,4	577,66	388,8
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.3. 6 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 68 Resultados CASO 2.3.6

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2283,25	2002,5	2418
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	1081,76	513,82	620,1
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

CASO 2.3. 7 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 69 Resultados CASO 2.3.7

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4822,5	4107,5	9927
Demanda Refrigeración [KWh]	1661,75	1515	2190
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	6556,93	5476,47	13235
Consumo Refrigeración [KWh]	623,08	433,47	627,6
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.3. 8 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 70 Resultados CASO 2.3.8

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	1489,5	1212,5	4207
Demanda Refrigeración [KWh]	2084	2225	3079
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	2027,52	1618,91	5609
Consumo Refrigeración [KWh]	864	636,9	908,1
Consumo ACS [KWh]	1506,06	1492,71	1508

CASO 2.3. 9 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 71 Resultados CASO 2.3.9

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3453	3005	6738
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	4697,69	4004,2	8984
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1574,02	1584,42	1578

CASO 2.3. 10 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 72 Resultados CASO 2.3.10

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4822,5	4107,5	9927
Demanda Refrigeración [KWh]	1661,75	1515	2190
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	5081,12	4148,8	10027
Consumo Refrigeración [KWh]	623,08	433,47	627,6
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.3. 11 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 73 Resultados CASO 2.3.11

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	1489,5	1212,5	4207
Demanda Refrigeración [KWh]	2084	2225	3079
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	2027,52	1618,91	5609
Consumo Refrigeración [KWh]	864	636,9	908,1
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.3. 12 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 74 Resultados CASO 2.3.12

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3453	3005	6738
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	1830,22	938,46	2106
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

CASO 2.3. 13 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 75 Resultados CASO 2.3.13

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6174,5	5445	15906
Demanda Refrigeración [KWh]	1419	1625	3518
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	8389,71	7259,45	21208
Consumo Refrigeración [KWh]	620,78	464,94	1008
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.3. 14 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 76 Resultados CASO 2.3.14

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	1840,25	1605	7099
Demanda Refrigeración [KWh]	2112,75	2295	4927
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	2504,83	2137,61	9465
Consumo Refrigeración [KWh]	872,82	658,01	1453
Consumo ACS [KWh]	1506,06	1492,71	1508

CASO 2.3. 15 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 77 Resultados caso 2.3.15

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4064,5	3632,5	10999
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	5527,52	4839,5	14665
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1547,02	1584,42	1578

CASO 2.3. 16 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 78 Resultados CASO 2.3.16

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6174,5	5445	15906
Demanda Refrigeración [KWh]	1419	1625	3518
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	6497,44	5499,62	16067
Consumo Refrigeración [KWh]	620,78	464,94	1008
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

CASO 2.3. 17 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 79 Resultados CASO 2.3.17

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	1840,25	1605	7099
Demanda Refrigeración [KWh]	2112,75	2295	4927
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	2504,83	2137,61	9465
Consumo Refrigeración [KWh]	872,82	658,01	1453
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

CASO 2.3. 18 Vivienda en bloque Planta Intermedia

Tabla A 80 Resultados CASO 2.3.18

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4064,5	3632,5	10999
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	2221,34	1134,72	3437
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 81 Resultados CASO 2.1

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4910,6	4706,67	3598
Demanda Refrigeración [KWh]	1524,8	1367,5	1053
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	5500,77	5198,81	3954
Consumo Refrigeración [KWh]	577,19	359,03	268,6
Consumo ACS [KWh]	1441,17	1429,09	1452

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 82 Resultados CASO 2.2

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	1578,75	1569,17	1470
Demanda Refrigeración [KWh]	2123,2	2060	1481
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	1770,73	1724,23	1616
Consumo Refrigeración [KWh]	821,52	548,83	388,8
Consumo ACS [KWh]	1364,31	1352,22	1373

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 83 Resultados CASO 2.3

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3383,33	3255,83	2418
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	3793,28	3337,04	2658
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1425,88	1435,29	1430

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 84 Resultados CASO 2.4

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	4910,6	4706,67	3598
Demanda Refrigeración [KWh]	1524,8	1367,5	1053
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	5170,89	4778,79	3598
Consumo Refrigeración [KWh]	577,19	359,03	268,6
Consumo ACS [KWh]	1441,17	1429,09	1452

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 85 Resultados CASO 2.5

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	1578,75	1569,17	1470
Demanda Refrigeración [KWh]	2123,2	2060	1481
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	1770,73	1724,23	1616
Consumo Refrigeración [KWh]	821,52	548,83	388,8
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 86 Resultados CASO 2.6

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3383,33	3255,83	2418
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	1518,85	834,78	620,1
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	124,24	1232,32	1227

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 87 Resultados CASO 2.7

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	7078,33	6684,17	9927
Demanda Refrigeración [KWh]	1561,42	1459,17	2190
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	9628,08	8911,2	13235
Consumo Refrigeración [KWh]	661,12	417,78	627,6
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 88 Resultados CASO 2.8

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2714,58	2597,5	4207
Demanda Refrigeración [KWh]	2288,58	2230,83	3079
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	3691,88	3466,53	5609
Consumo Refrigeración [KWh]	953,39	639,07	908,1
Consumo ACS [KWh]	1506,06	1492,71	1508

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 89 Resultados CASO 2.9

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	5557,58	5250	6738
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	7552,59	6998,39	8984
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1574,02	1584,42	1578

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 90 Resultados CASO 2.10

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	7078,33	6684,17	9927
Demanda Refrigeración [KWh]	1561,42	1459,17	2190
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	7449,8	6750,81	10027
Consumo Refrigeración [KWh]	661,12	417,78	627,6
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 91 Resultados CASO 2.11

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	2714,58	2597,5	4207
Demanda Refrigeración [KWh]	2288,58	2230,83	3079
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	3691,88	3466,53	5609
Consumo Refrigeración [KWh]	953,39	639,07	908,1
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 92 Resultados CASO 2.12

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	5557,58	5250	6738
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	2542,52	1522,35	2106
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 93 Resultados CASO 2.13

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	9515,92	9022,5	15906
Demanda Refrigeración [KWh]	1634,67	1596,67	3518
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	12923,88	12021,08	21208
Consumo Refrigeración [KWh]	691,4	457,27	1008
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 94 Resultados CASO 2.14

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3370,33	3285	7099
Demanda Refrigeración [KWh]	2416,5	2338,33	4927
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	4581,16	4379,97	9465
Consumo Refrigeración [KWh]	983,03	669,95	1453
Consumo ACS [KWh]	1506,06	1492,71	1508

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 95 Resultados CASO 2.15

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6589,33	6313,33	10999
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	8951,19	8393,49	14665
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1547,02	1584,42	1578

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 96 Resultados CASO 2.16

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	9515,92	9022,5	15906
Demanda Refrigeración [KWh]	1634,67	1596,67	3518
Demanda ACS [KWh]	1225	1214,73	1227
Consumo Calefacción [KWh]	9975,78	9112,21	16067
Consumo Refrigeración [KWh]	691,4	457,27	1008
Consumo ACS [KWh]	1590,9	1577,57	1598

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 97 Resultados CASO 2.17

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	3370,33	3285	7099
Demanda Refrigeración [KWh]	2416,5	2338,33	4927
Demanda ACS [KWh]	1159,67	1149,39	1161
Consumo Calefacción [KWh]	4581,16	4379,97	9465
Consumo Refrigeración [KWh]	983,03	669,95	1453
Consumo ACS [KWh]	1171,38	1161	1173

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 98 Resultados CASO 2.18

	HULC	CE3X	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción [KWh]	6589,33	6313,33	10999
Demanda Refrigeración [KWh]	-	-	-
Demanda ACS [KWh]	1212	1220	1215
Consumo Calefacción [KWh]	3185,69	1967,37	3437
Consumo Refrigeración [KWh]	-	-	-
Consumo ACS [KWh]	1224,24	1232,32	1227

ANEXO V – COMPARATIVA HULC, CE3X Y DIAGNÓSTICO

Los porcentajes de diferencia se han obtenido con la siguiente fórmula:

$$\% = ABS ((X-Y)/((X+Y)/2))$$

Dónde X es el resultado obtenido con una de las aplicaciones e Y el mismo resultado con otro de los softwares.

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 99 Comparativa CASO 1.1

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
		DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	30%	34%
Demanda Refrigeración	6%	59%	54%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	6%	30%	36%
Consumo Refrigeración	18%	59%	75%
Consumo ACS	1%	3%	2%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 100 Comparativa CASO 1.2

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
		DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	4%	5%
Demanda Refrigeración	1%	53%	52%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	4%	4%	7%
Consumo Refrigeración	21%	54%	72%
Consumo ACS	1%	2%	1%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 101 Comparativa CASO 1.3

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	32%	35%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	0%	0%	0%
Consumo Calefacción	6%	32%	37%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	2%	1%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 102 Comparativa CASO 1.4

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	30%	34%
Demanda Refrigeración	6%	59%	54%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	8%	30%	38%
Consumo Refrigeración	18%	59%	75%

Consumo ACS	1%	3%	2%
--------------------	----	----	----

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 103 Comparativa CASO 1.5

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	4%	5%
Demanda Refrigeración	1%	53%	52%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	3%	4%	7%
Consumo Refrigeración	21%	54%	72%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 104 Comparativa CASO 1.6

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	32%	35%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	0%	0%	1%
Consumo Calefacción	54%	32%	82%

Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	1%	1%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 105 Comparativa CASO 1.7

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	14%	12%
Demanda Refrigeración	7%	4%	12%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	3%	14%	10%
Consumo Refrigeración	17%	4%	12%
Consumo ACS	1%	3%	2%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 106 Comparativa CASO 1.8

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	15%	26%	41%
Demanda Refrigeración	8%	1%	9%
Demanda ACS	1%	1%	0%

Consumo Calefacción	14%	26%	40%
Consumo Refrigeración	15%	4%	11%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 107 Comparativa CASO 1.9

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	1%	2%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	0%	0%	0%
Consumo Calefacción	0%	1%	0%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	1%	%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 108 Comparativa CASO 1.10

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	14%	12%
Demanda Refrigeración	7%	4%	12%

Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	5%	14%	9%
Consumo Refrigeración	17%	4%	12%
Consumo ACS	1%	3%	2%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 109 Comparativa CASO 1.11

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	15%	26%	41%
Demanda Refrigeración	8%	1%	9%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	14%	26%	40%
Consumo Refrigeración	15%	4%	11%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 110 Comparativa CASO 1.12

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	1%	2%

Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	0%	0%	0%
Consumo Calefacción	42%	1%	42%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	1%	1%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 111 Comparativa CASO 1.13

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	30%	32%
Demanda Refrigeración	21%	34%	54%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	0%	30%	30%
Consumo Refrigeración	2%	34%	32%
Consumo ACS	1%	3%	2%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 112 Comparativa CASO 1.14

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO

Demanda Calefacción	12%	53%	65%
Demanda Refrigeración	12%	39%	50%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	10%	53%	63%
Consumo Refrigeración	10%	42%	32%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 113 Comparativa CASO 1.15

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		
Demanda Calefacción	3%	30%	32%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	0%	0%	0%
Consumo Calefacción	1%	30%	31%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	1%	0%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 114 Comparativa CASO 1.16

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
		DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	30%	32%
Demanda Refrigeración	21%	34%	54%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	1%	30%	29%
Consumo Refrigeración	2%	34%	32%
Consumo ACS	1%	3%	2%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 115 Comparativa CASO 1.17

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
		DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	12%	53%	65%
Demanda Refrigeración	12%	39%	50%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	10%	53%	63%
Consumo Refrigeración	10%	42%	32%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Vivienda Unifamiliar Aislada

Tabla A 116 Comparativa CASO 1.18

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
		DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	3%	30%	32%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	38%	30%	8%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 117 Comparativa CASO 2.1

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
		DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	27%	31%
Demanda Refrigeración	11%	26%	37%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	6%	27%	33%
Consumo Refrigeración	49%	26%	73%

Consumo ACS	1%	2%	1%
--------------------	----	----	----

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 118 Comparativa CASO 2.2

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	7%	7%
Demanda Refrigeración	3%	33%	36%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	3%	6%	9%
Consumo Refrigeración	40%	34%	72%
Consumo ACS	1%	2%	1%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 119 Comparativa CASO 2.3

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	30%	33%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	1%	0%	0%
Consumo Calefacción	13%	23%	35%

Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	0%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 120 Comparativa CASO 2.4

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	27%	31%
Demanda Refrigeración	11%	26%	37%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	8%	28%	36%
Consumo Refrigeración	49%	26%	73%
Consumo ACS	1%	2%	1%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 121 Comparativa CASO 2.5

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	1%	7%	7%
Demanda Refrigeración	3%	33%	36%
Demanda ACS	1%	1%	0%

Consumo Calefacción	3%	6%	9%
Consumo Refrigeración	40%	34%	72%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 122 Comparativa CASO 2.6

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	30%	33%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	1%	0%	0%
Consumo Calefacción	58%	30%	84%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	0%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 123 Comparativa CASO 2.7

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	6%	39%	33%
Demanda Refrigeración	7%	40%	34%

Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	8%	39%	32%
Consumo Refrigeración	45%	40%	5%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 124 Comparativa CASO 2.8

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	47%	43%
Demanda Refrigeración	3%	32%	29%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	6%	47%	41%
Consumo Refrigeración	39%	35%	5%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 125 Comparativa CASO 2.9

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	6%	25%	19%

Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	1%	0%	0%
Consumo Calefacción	8%	25%	17%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	0%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 126 Comparativa CASO 2.10

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	6%	39%	33%
Demanda Refrigeración	7%	40%	34%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	10%	39%	29%
Consumo Refrigeración	45%	40%	5%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 127 Comparativa CASO 2.11

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO

Demanda Calefacción	4%	47%	43%
Demanda Refrigeración	3%	32%	29%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	6%	47%	1%
Consumo Refrigeración	39%	35%	5%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 128 Comparativa CASO 2.12

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	6%	25%	19%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	1%	0%	0%
Consumo Calefacción	50%	32%	19%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	0%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 129 Comparativa CASO 2.13

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	5%	55%	50%
Demanda Refrigeración	2%	75%	73%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	7%	55%	49%
Consumo Refrigeración	41%	75%	37%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 130 Comparativa CASO 2.14

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	3%	73%	71%
Demanda Refrigeración	3%	71%	68%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	4%	73%	70%
Consumo Refrigeración	38%	74%	39%

Consumo ACS	1%	1%	0%
--------------------	----	----	----

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 131 Comparativa CASO 2.15

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	54%	50%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	1%	0%	0%
Consumo Calefacción	6%	54%	48%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	2%	0%	2%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 132 Comparativa CASO 2.16

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO	DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	5%	55%	50%
Demanda Refrigeración	2%	75%	73%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	9%	55%	47%

Consumo Refrigeración	41%	75%	37%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 133 Comparativa CASO 2.17

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	3%	73%	71%
Demanda Refrigeración	3%	71%	68%
Demanda ACS	1%	1%	0%
Consumo Calefacción	4%	73%	70%
Consumo Refrigeración	38%	74%	39%
Consumo ACS	1%	1%	0%

Media vivienda en bloque planta cubierta, baja e intermedia

Tabla A 134 Comparativa CASO 2.18

	HULC y CE3X	CE3X y HULC	Y
	DIAGNÓSTICO		DIAGNÓSTICO
Demanda Calefacción	4%	54%	50%
Demanda Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Demanda ACS	1%	0%	0%

Consumo Calefacción	47%	54%	8%
Consumo Refrigeración	No influye	No influye	No influye
Consumo ACS	1%	0%	0%

ANEXO VI – ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

La eficiencia energética analizada mediante el modelado de los consumos térmicos españoles usando las diferentes herramientas de certificación además de tener un gran peso tanto en el ámbito económico, técnico y sostenible está estrictamente relacionado con muchos de los objetivos de desarrollo sostenible, objetivos verdaderamente importantes hoy en día y con un gran peso sobre la población. A continuación, se realizará un análisis de la relación que existe entre el presunto Trabajo de Fin de Grado y los ODS, siendo los más relacionados el 1, 7, 9 y 11.

Objetivo 1: *“Poner fin a la pobreza, en todas sus formas en todo el mundo”.*



Este proyecto busca contribuir con la erradicación de la pobreza energética en España. Para ello, se emplearán diferentes herramientas de simulación energética con el objetivo de desarrollar un modelado que se ajuste lo máximo posible a la realidad. De este modo, se podrán identificar y aplicar en los hogares modelos más eficientes que optimicen su consumo energético. El uso de modelos simplificados, siempre que los resultados sean precisos, permitiría identificar con mayor eficacia situaciones de vulnerabilidad y proponer soluciones asequibles sin necesidad de recurrir a modelos más complejos.

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



Este objetivo de desarrollo sostenible está relacionado con el proyecto, ya que en este se plantea proporcionar una energía segura y sostenible utilizando las mejoras en herramientas técnicas a disposición de los españoles. El modelado de consumos térmicos en viviendas españolas mediante diversas herramientas de simulación permite identificar medidas para mejorar la eficiencia energética. La simplificación de estas herramientas favorece una mejor accesibilidad a ellas y una toma de decisiones más ágil en las propuestas de mejora para la reducción de la demanda energética, apoyando la transición hacia un modelo energético más eficiente y limpio.

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



Este Trabajo de Fin de Grado está relacionado con el objetivo N°11 de la Agenda de 2030 de las Naciones Unidas, que promueve la construcción de ciudades y comunidades sostenibles. La evaluación comparativa de herramientas de simulación como HULC, CE3X y DIAGNÓSTICO permite fomentar entornos urbanos más eficientes y confortables con el medio ambiente. Mediante la optimización del uso de recursos energéticos en el ámbito residencial, este estudio contribuye indirectamente a mejorar la habitabilidad, reducir las emisiones y promover decisiones más informadas en materia de rehabilitación energética.