

Análisis energético de viviendas en la comunidad extremeña

Energy assesment of housing in extremadura community

B. Montalbán Pozas (*)

RESUMEN

El consumo energético del parque de viviendas español debe ser analizado para promover políticas adecuadas de rehabilitación urbana y reducir las emisiones de CO₂. Debido a que las tipologías edificatorias varían considerablemente de una zona a otra se requiere establecer una diferenciación previa según el territorio. En este sentido, este estudio desarrolla una metodología para analizar el parque residencial extremeño, y realiza el examen de un conjunto de viviendas de distinto periodo y tipo constructivo. Se han utilizado simulaciones energéticas, encuestas y datos de facturas, y se aportan indicadores de demanda y consumo. Los valores obtenidos demuestran que las viviendas unifamiliares consumen, de media anual, entre 100 y 200kWh/m², mientras que las plurifamiliares reducen sus valores entre 60 y 150kWh/m², siendo los valores más altos los que pertenecen al periodo constructivo de 1940 a 1980. Además de ello se observa una mayoría de viviendas del conjunto en situación de pobreza energética.

Palabras clave: Análisis energético, indicadores energéticos, pobreza energética, sector residencial.

ABSTRACT

The energy consumption of Spanish housing stock has to be analysed to promote appropriate urban refurbishment policies, and to reduce CO₂ emissions. As building typologies differ considerably from one area to another, prior territory differentiation is required. In this regard, this study develops a methodology to analyse the residential building stock from Extremadura, and investigates a group of dwellings from different periods and building types. In the study, energy simulations, surveys and invoice data have been used, and both demand and consumption indicators have been provided. Therefore, the obtained values demonstrate that single-family houses consume, on average, between 100 and 200 kWh/m², while multi-family houses reduce their values between 60 and 150 kWh/m², being the highest values those that belong to the constructive period between 1940 and 1980. In addition it is observed that most of the houses in the sample suffer energy poverty.

Keywords: Energy analysis, energy indicators, energy poverty, housing sector.

(*) Universidad de Extremadura (España).

Persona de contacto/Corresponding author: bmpozas@unex.es (B. Montalbán Pozas)

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1065-0969> (B. Montalbán Pozas)

Cómo citar este artículo/Citation: B. Montalbán Pozas (2018). Análisis energético de viviendas en la comunidad extremeña. *Informes de la Construcción*, 70(551): e265. <https://doi.org/10.3989/ic.16.152>

Copyright: © 2018 CSIC. Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de la licencia de uso y distribución Creative Commons Reconocimiento 4.0 Internacional (CC BY 4.0).

Recibido/Received: 02/11/2016
Aceptado/Accepted: 28/11/2017
Publicado on-line/Published on-line: 10/09/2018

1. INTRODUCCIÓN

Las emisiones de CO₂ del parque residencial edificado de las ciudades españolas son significativas (1), y por ello, las directrices medioambientales actuales, están dirigidas a analizar y plantear la reducción de las mismas junto con una necesaria regeneración urbana integrada (2), (3), (4) para el cumplimiento de los compromisos europeos y nacionales adquiridos (5), (6), (7).

Para plantear las soluciones de mejora específicas (8), es indispensable identificar las diferentes tipologías edificatorias (9), (10), determinando periodos temporales, tipos constructivos, y número de viviendas existentes en cada uno de ellos. Este análisis debe realizarse por zonas, territorial y socialmente similares, y con características constructivas análogas, que permitan configurar estrategias de regeneración urbana adecuadas (11), (12), (13). Posteriormente, será necesaria la selección de modelos representativos de cada zona (9), (14), (15).

La realización de los análisis puede llevarse a cabo mediante diversos métodos: prototipos a escala real (16), simulaciones energéticas (17), (18), mediciones in situ mediante monitorización (19), (20) y tratamiento de datos (21), encuestas y estudio de las facturas energéticas (1), e incluso parámetros de confort y sociales (22).

En este documento se presenta un análisis energético de un conjunto de viviendas de una zona geográfica concreta y diferenciada en el territorio: la comunidad extremeña. Para la selección se ha realizado un estudio previo del parque edificado que garantiza la presencia del mayor número de periodos constructivos, tipologías edificatorias, tipos constructivos y localizaciones, con la finalidad de obtener un conocimiento más generalizado del estado energético de la edificación extremeña. Para la obtención de indicadores energéticos, que sean lo más fieles posibles al estado energético de cada vivienda, se ha realizado por un lado una simulación, según el comportamiento térmico de sus envolventes, y de las características técnicas y rendimiento de las instalaciones de climatización y ACS; y por otro lado se han recopilado datos de facturas y encuestas de hábitos de uso y sensación de confort de los ocupantes. Estos resultados se han reflejado en una ficha para cada vivienda.

De este modo, los objetivos de este documento se concretan en primer lugar, en la obtención de una metodología que permita el estudio energético de un parque de viviendas mediante la selección y aplicación de modelos que representen el conjunto del parque edificado, y en segundo lugar en la

presentación de unos indicadores energéticos en los cuales queden caracterizadas las viviendas extremeñas.

2. METODOLOGÍA

2.1. Selección de las viviendas

Para la selección de las viviendas se ha tomado como base el parque construido de las viviendas extremeñas según su período constructivo, tipología edificatoria, distribución geográfica, y tipo constructivo. El número de viviendas analizadas se estableció en unas veinticinco, según los objetivos previos fijados en el estudio.

2.1.1. Selección según periodo constructivo

En primer lugar se ha realizado una caracterización del parque de viviendas extremeño según el año de construcción, con el objeto de conocer su distribución temporal (Tabla 1). Los datos fueron recogidos del último Censo de Población y Vivienda existente (23). Las viviendas que se analizaron se distribuyeron temporalmente según ratios similares.

Así, el periodo de mayor número de viviendas existentes en Extremadura corresponde a las construidas entre 1940 y 1980 (24), (25), (26) con una representación del 40 % del total, con tipo constructivo de cerramiento ligero de dos hojas con cámara y sin aislamiento. En la segunda mitad de este periodo entran en vigor las Normas del Ministerio de la Vivienda, pero sin especificaciones térmicas. El segundo periodo más representado, con un 38 %, se encuentra en la etapa comprendida entre 1981 y 2006, coincidiendo con el auge del sector de la construcción del país. Estas viviendas se construyeron bajo la normativa NBE-CT-79, bajo la cual el estudio de la envolvente térmica y la colocación del aislamiento era prescriptivo, aunque con requerimientos mínimos. Los periodos con menos vivienda construida pertenecen por un lado al periodo anterior a 1940, un 14 %, con una construcción de muros pesados y con carpinterías de baja calidad; y por otro, al periodo posterior al 2007, un 8 %, con la entrada en vigor del CTE en el que las exigencias sobre eficiencia energética en las viviendas aumentan considerablemente (Tabla 1).

2.1.2. Selección según tipología edificatoria

A continuación, se ha analizado el parque edificado según el tipo de edificio construido en los diferentes periodos temporales; esto es, unifamiliar y bloque, y número de plantas edificadas, siguiendo la clasificación de edificios existentes realizada a nivel nacional por el IDAE (27). Se comprueba

Tabla 1. Análisis del parque de viviendas de Extremadura y distribución de las viviendas estudiadas.

Arquitectura tipo	Tipo constructivo	Año de construcción		Nº de viviendas existentes	%	Nº de viviendas estudiadas	%
Arquitectura Tradicional	Muro de gran espesor sin aislar	Antes de 1900		35360	6	1	5
		1900-1940		54070	8	1	5
Arquitectura de Postguerra	Muro ligero, doble hoja sin aislar	1941-1960		90060	14	3	14
Arquitectura Moderna		Muro ligero, doble hoja aislado	MV	1961-1980	166352	26	3
	NBE CT-79		1981-2006	241995	38	13	59
	CTE		2007-2011	49445	8	2	9
TOTAL				637265	100	23	100

Tabla 2. Distribución de tipologías de viviendas según época constructiva y viviendas estudiadas.

Tipo	Periodo	Tipo de edificio	Nº de plantas	
1.1	< 1900	Unifamiliar	1	
1.2		X	Unifamiliar	2
1.3	1900-1940	Unifamiliar	1	
1.4		Unifamiliar	2	
2.1	< 1900	Bloque	≤ 3	
2.2	1900-1940	Bloque	≤ 3	
2.3		Bloque	≥ 4 ≤ 6	
3.1		Bloque	≤ 3	
3.2		Bloque	≥ 4 ≤ 6	
4.1	1941-1960	Unifamiliar	1	
4.2		Unifamiliar	2	
5.1		Unifamiliar	1	
5.2		Unifamiliar	2	
6.1		X	Bloque	≤ 3
6.2		Bloque	≥ 4 ≤ 6	
6.3		Bloque	≥ 7 ≤ 9	
7.1		Bloque	≤ 3	
7.2	X	Bloque	≥ 4 ≤ 6	

Tipo	Periodo	Tipo de edificio	Nº de plantas	
8.1	X	1961-1980	Unifamiliar	1
8.2			Unifamiliar	2
8.3	X		Unifamiliar	≥ 3
9.1	X		Bloque	≤ 3
9.2			Bloque	≥ 4 ≤ 6
9.3			Bloque	≥ 7 ≤ 9
9.4			Bloque	≥ 10
10.1			Unifamiliar	1
10.2			Unifamiliar	2
10.3			Unifamiliar	≥ 3
10.4		Bloque	≤ 3	
10.5		Bloque	≥ 4 ≤ 6	
11.1	X	1981-2006	Unifamiliar	1
11.2	X		Unifamiliar	2
11.3	X		Unifamiliar	≥ 3
12.1			Bloque	≤ 3
12.2	X		Bloque	≥ 4 ≤ 6
12.3			Bloque	≥ 7 ≤ 9
12.4			Bloque	≥ 10
13.1			Bloque	≤ 3
13.2	X		Bloque	≥ 4 ≤ 6
13.3		Bloque	≥ 7 ≤ 9	

(Se ha marcado con una X los tipos de viviendas analizadas en este estudio).

que existe una suficiente presencia de tipos en el conjunto de viviendas estudiadas (Tabla 2).

2.1.3. Selección según zona geográfica

Para la selección de las viviendas se eligieron como localizaciones principales las dos capitales de provincia de la región que representan la mayor parte del parque edificado, distribuyéndose el resto por otros municipios extremeños según la disponibilidad de acceso a los mismos (Fig. 1). Todas ellas pertenecen a la zona climática C3 y C4.

2.1.4. Selección según tipo constructivo

Finalmente, se seleccionaron los tipos constructivos más usuales adoptados en la mayoría de las viviendas extremeñas. Para ello se ha utilizado la clasificación de cerramientos realizados por la administración regional (28), (29), agrupándose posteriormente según clasificación propia para simplificar el análisis final (Fig. 1).

Se destacan dos modelos de cerramientos verticales: los de una hoja localizados solo en viviendas unifamiliares en periodos constructivos diferentes, con dos casos con gruesos muros de mampostería (U_MP), tres de una hoja de fábrica de ladrillo (U_1H), y uno de muro de bloque ejecutado en una vivienda provisional (U_BH). El segundo modelo, con dos hojas de fábrica de ladrillo, se da en edificios unifamiliares y plurifamiliares; casi todas las viviendas analizadas con esta composición cuentan con aislante térmico (U_2H+A+C y P_2H+A+C).

2.1.5. Resultado

Se recoge en la tabla 3 un resumen de las 23 viviendas analizadas con especificación del periodo constructivo, año de construcción según Catastro, tipología edificatoria, situación geográfica, número de plantas y tipo constructivo.

2.2. Análisis de las viviendas

2.2.1. Toma de datos

Para la toma de datos se mantuvo, en primer lugar, una entrevista con los propietarios de las viviendas para conocer los datos de construcción, que se completaron, en las ocasiones en las que fue posible, con los datos de los proyectos de obra (en los municipios pequeños se observa que la construcción se realiza, durante algunos años, sin proyecto técnico, y por lo tanto no cumple la normativa existente). En la visita al inmueble se efectuó una inspección visual, un levantamiento arquitectónico y la toma de datos necesarios para la posterior simulación energética.

Para finalizar se realizaron encuestas a los usuarios, en las que se recogieron datos sobre los hábitos de uso, conocimiento del gasto energético y del comportamiento térmico en distintas épocas del año. Asimismo, se solicitaron facturas de consumos energéticos de al menos el año anterior.

2.2.2. Simulación energética

Se ha utilizado el programa de simulación Calener Vip para valorar los datos energéticos del modelo teórico (30). En todas

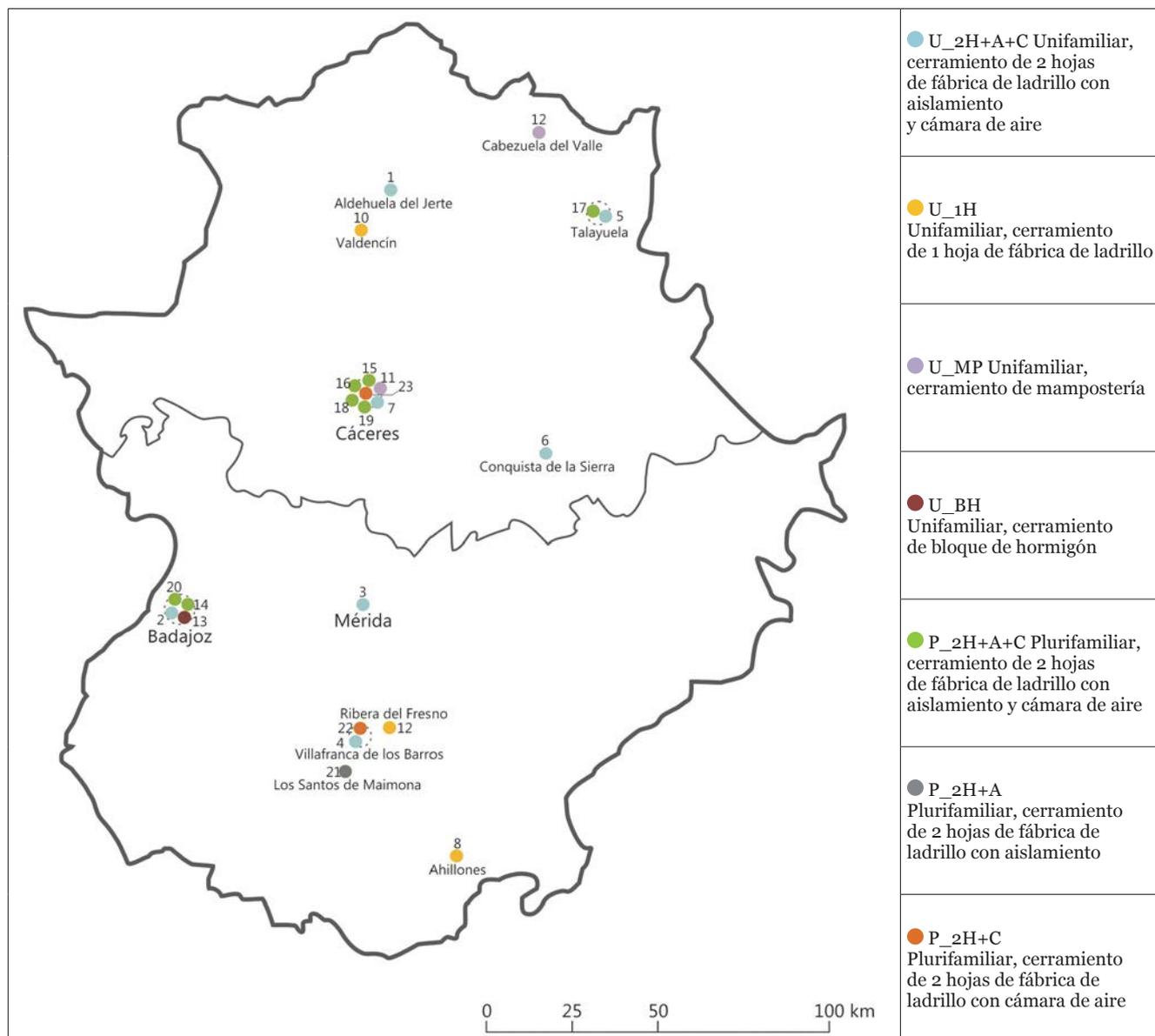


Figura 1. Distribución de viviendas estudiadas en la geografía extremeña y clasificación de cerramientos verticales de las viviendas.

las viviendas se estimó la composición de los cerramientos a través de los datos facilitados por los propietarios, de la toma de datos in situ, y del año de construcción, tomando como referencia los dos estudios existentes de cerramientos en la región extremeña (28), (29). Las propiedades higrotermicas de los materiales de construcción de las viviendas introducidos en el simulador han sido las del Catalogo de elementos constructivos del CTE. Con respecto a las instalaciones de climatización y ACS, se tuvieron en cuenta las características técnicas de las etiqueta de los equipos, cuando estas existían, en caso contrario se han estimado según referencias del fabricante y del equipo. Se han incluido las renovaciones hora requeridas en la vivienda, calculadas con arreglo al documento básico de calidad del aire interior, DB-HS3, del CTE.

3. PROCESAMIENTO DE RESULTADOS Y EVALUACIÓN ENERGÉTICA

Se han resumido en fichas los resultados obtenidos para cada vivienda (ejemplo en figura 2). Los datos que se han incluido son los de descripción general, fotografía y planta de la vi-

vienda, tipología arquitectónica, definición constructiva de la envolvente térmica, y de los sistemas de climatización y ACS, e indicadores energéticos.

Los indicadores energéticos que se estimaron más relevantes son:

- demanda anual de refrigeración y calefacción obtenida en las simulaciones,
- consumos anuales obtenidos en las simulaciones y en las facturas, diferenciando refrigeración, calefacción, ACS y los pertenecientes a iluminación, electrodomésticos, cocina y stand-by,
- consumo mensual de refrigeración y calefacción de las simulaciones
- consumo mensual de refrigeración y calefacción de las facturas; debido a la imposibilidad de poder aislar del consumo eléctrico y de gas los utilizados para cada uno de los servicios en la vivienda, se trabajó con los porcentajes de consumo por servicio de la zona atlántica aportados por IDAE (9) aplicados a las facturas en cuestión.

Tabla 3. Listado de viviendas auditadas según su tipo constructivo.

	Periodo	Año	Tipo de edificio	Situación geográfica	Número de plantas	Tipo constructivo
1	1981-2006	1989	11.1	C/ Hernán Cortés, 16, Aldehuela Del J.	B	(CT-79_U_2H+A+C)
2	1981-2006	2002	11.3	C/ Fco. Ruiz De La Mota, 8, Badajoz	B+2	(CT-79_U_2H+A+C)
3	1981-2006	1990	11.2	C/ Plasencia, 21, Mérida	B+1	(CT-79_U_2H+A+C)
4	1981-2006	2006	11.3	C/ Dinamarca, 38, Villafranca de los B.	B+2	(CT-79_U_2H+A+C)
5	1961-1980	1970	8.3	C/ Hermanos Becquer, 4, Talayuela	B+2	(<CT-79_U_2H+A+C)
6	>2006	2006	14.1	C/ Lucía Muriel, 12, Conquista de la S.	B	(CTE_U_2H+A+C)
7	1981-2006	1987	11.2	C/ Simón Benito, 47, Cáceres	B+1	(CT-79_U_2H+C)
8	1981-2006	1986	11.2	C/ San Juan, 15, Ahillones	B+1	(CT-79_U_1H)
9	1981-2006	1990	11.1	C/ Doce de Octubre, 12 (C), Ribera del F.	B	(CT-79_U_1H)
10	1981-2006	1993	11.2	C/ Hernán Pérez, 9, Valdeacín	B+1	(CT-79_U_1H)
11	1941-1960	1955	4.1	C/ Tirso De Molina, 21, Cáceres	B	(<CT-79_U_MP)
12	<1900	<1900	2.1	C/ Hondón, 34, Cabezuela del Valle	B+3	(<CT-79_U_MP)
13	1981-2006	1964	8.1	C/ Ebro, 41, Badajoz	B	(CT-79_U_BH)
14	1981-2006	1984	12.2	C/ Godofredo Ortega Y M., 15, Badajoz	B+6	(CT-79_P_2H+A+C)
15	1981-2006	2001	13.2	C/ Ruta de la Plata, 24, Cáceres	S+B+5	(CT-79_P_2H+A+C)
16	1981-2006	2006	12.1	C/ García Plata de Osmá, 36, Cáceres	S+B+6	(CT-79_P_2H+A+C)
17	1961-1980	1980	9.1	C/ Goya, 9, Talayuela	B+3	(<CT-79_P_2H+A+C)
18	1981-2006	1998	12.2	Avda. Alemania, 31, Cáceres	S+B+6	(CT-79_P_2H+A+C)
19	1981-2006	1994	13.2	Avda. París, 20, Cáceres	B+6	(CT-79_P_2H+A+C)
20	>2006	2010	14.4	Pl. San José Manyanet, 7, Badajoz	S+B+4	(CTE_P_2H+A+C)
21	1900-1940	1940	2.2	C/ Sevilla, 21 (A), Los Santos de Maimona	B+1	(<CT-79_P_2H+A)
22	1941-1960	1955	6.1	C/ Espronceda, 10, Villafranca de los B.	B+2	(<CT-79_P_2H+C)
23	1941-1960	1944	7.2	Avda. Primo de Rivera, 5, Cáceres	B+4	(<CT-79_P_2H+C)

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Tras obtener los indicadores energéticos del conjunto de viviendas se ha realizado un análisis comparado de los mismos con el objetivo de establecer valores medios del conjunto, y conocer la dispersión de los resultados característico de aquellas viviendas con configuraciones específicas, que puedan influir en sus requerimientos energéticos, como puede ser la ubicación en planta baja o bajo cubierta, la orientación geográfica, viviendas en esquina, la compacidad o el número de plantas.

Se han comparado entre sí las demandas energéticas obtenidas en la simulación de las viviendas del conjunto, resultando similares resultados según dos parámetros concretos: el tipo de edificio (unifamiliar o plurifamiliar), y la tipología constructiva de sus cerramientos de fachada (Fig. 3, 4, y 5). En el primer caso, se puede comprobar que la demanda total de las viviendas unifamiliares oscila, aproximadamente, entre 80 y 200 kWh/m², mientras que la de las plurifamiliares fluctúa entre valores más bajos, 50 y 125 kWh/m² (Fig. 3). Por otro lado, y respecto a la tipología de sus cerramientos, es posible observar los siguientes comportamientos (Fig. 3):

- A grandes rasgos, las viviendas unifamiliares que poseen dos hojas y cámara en su cerramiento vertical (viviendas 1 a 7: U_2H+(A)+C) demandan menor cantidad de energía que las de una hoja (viviendas 8 a 10: U_1H). Entre estas últimas la vivienda 8, situada en esquina, con una envolvente mayor, es la que más demanda presenta (25).

- Si analizamos las dos viviendas compuestas de una hoja de muro de mampostería (viviendas 11 y 12: <CT-79_U_MP) los resultados son muy dispares. En este caso se observa que los parámetros edificatorios de cada una de ellas, como el número de plantas o las medianeras existentes, son muy diferentes.
- La vivienda que menos energía demanda es la número 12, que pertenece al periodo constructivo más antiguo, construida con muros de mampostería y una envolvente muy reducida.
- La vivienda construida con una hoja de bloque de hormigón y cubierta de chapa (vivienda 13: <CT-79_U_BH) demanda una baja cantidad de energía, debido a sus condiciones de construcción como vivienda temporal y con unas dimensiones muy reducidas.
- Respecto a las viviendas plurifamiliares el comportamiento es más homogéneo, así la demanda energética del conjunto oscila sólo en unos 25 kWh/m², según la existencia de aislamiento en los cerramientos verticales en el periodo CT-79 o posterior (viviendas 14 a 20: P_2H+A+C), respecto a las que no lo tienen o pertenecen a periodos anteriores (viviendas 21 a 23: P_2H+C).

Para profundizar en el análisis de resultados de demanda energética del conjunto de viviendas se ha desglosado en demanda de refrigeración y de calefacción. De este modo, se observa que la demanda media de refrigeración supone en torno a un 20 % de la demanda total, siendo el porcentaje restante el de calefacción; ya que según la zona climática, el número de meses que se necesita calefactar es mayor de los que se necesita refrigerar. En este análisis individualizado se observa



R. CATASTRAL	4339601PD7043G0033TD
TIPOLOGÍA	11.3
AÑO	2002

LOCALIZACIÓN	BADAJOS
DIRECCIÓN POSTAL	C/ FRANCISCO RUIZ DE LA MOTA, 8
ZONA CLIMÁTICA	C 4

CLASIFICACIÓN	TIPOLOGÍA											
TIPO DE EDIFICIO	AISLADO	ENTRE MED.			UNIFAMILIAR		EN BLOQUE					
ALTURAS	S+	B	B+1	B+2	B+3	B+4	B+5	B+6	B+7	B+8	B+9	10+
CONTACTO INF.	TERRENO			ESP. NO HABIT			GARAJE		EXTERIOR			
CONTACTO SUP.	ESP. HABIT.			ESP. NO HABIT			CUB. PLANA		CUB. INCLIN.			
ORIENTACIÓN	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO				



CONSTRUCCIÓN	REF.	ESPESOR (cm)	U (W/m²K)	F. SOLAR (g)
FACHADA	F.HD.AT.C.12	29	0,68	-
CUBIERTA	CL.AFH.V.T.2	37	0,60	-
SUELO	CT.SH3	15	3,75	-
HUECOS*	H.D.V05	4+6+4	3,30	0,75

*Se especifica el espesor de los vidrios en mm.

INSTALACIONES	EQUIPO			UNIDAD TERMINAL	CONSUMO ACS (l/día)
	TIPOLOGÍA	RENDIMIENTO	POTENCIA (kW)		
REFRIGERACIÓN	-	-	-	-	-
CALEFACCIÓN	CALDERA CONVENCIONAL GASOLEO	0,9	26,7	-	-
ACS				-	168

ENERGÍA	SISTEMAS	SIMULACIÓN	FACTURAS*
DEMANDA (kWh/m²)	REFRIGERACIÓN	12,3	-
	CALEFACCIÓN	85,9	-
CONSUMO (kWh/m²)	REFRIGERACIÓN	7,3	1,7
	CALEFACCIÓN	103,4	11,3
	ACS	23,7	3,4
	TOTAL	134,4	16,4



* Se estima según el documento "Consumos del Sector Residencial en España" de IDAE

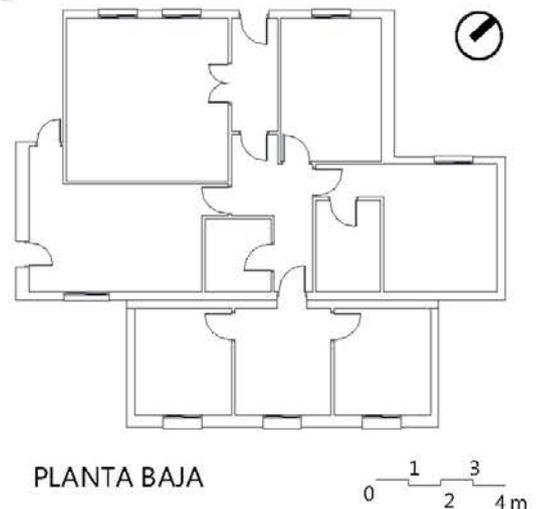
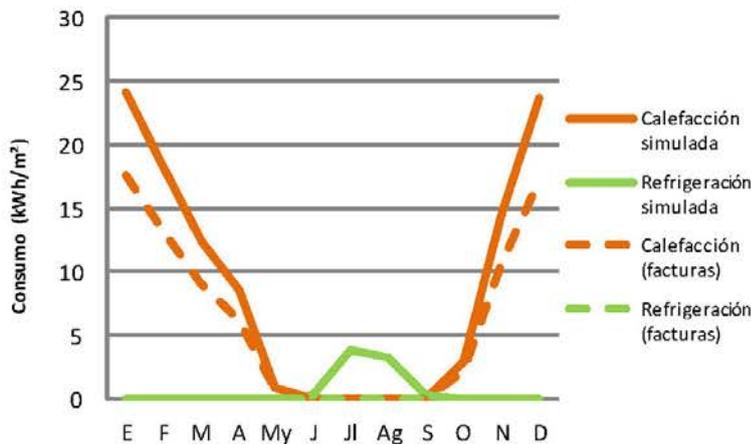


Figura 2. Ficha ejemplo de vivienda auditada.

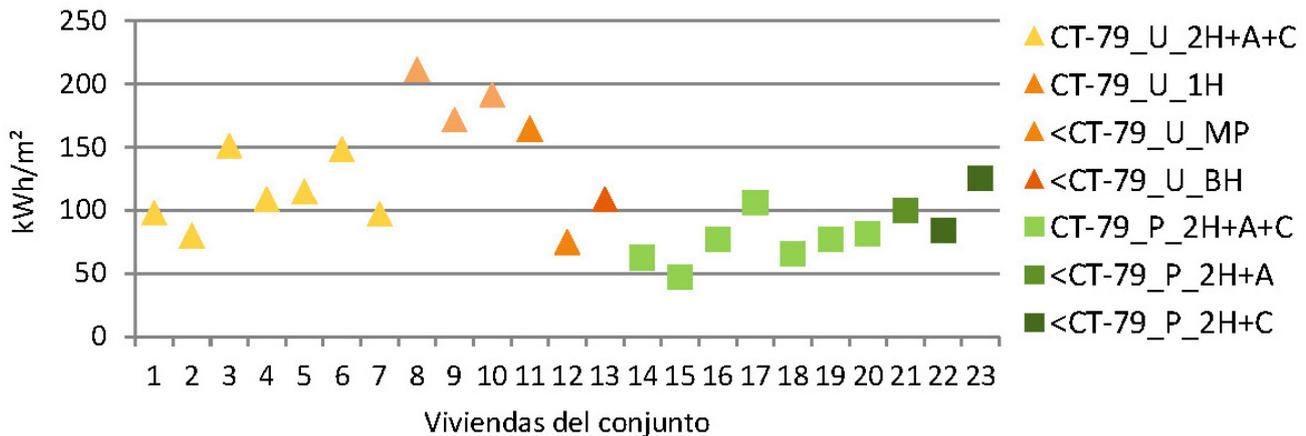


Figura 3. Comparativa de la demanda energética total de los resultados de simulación del conjunto de viviendas.

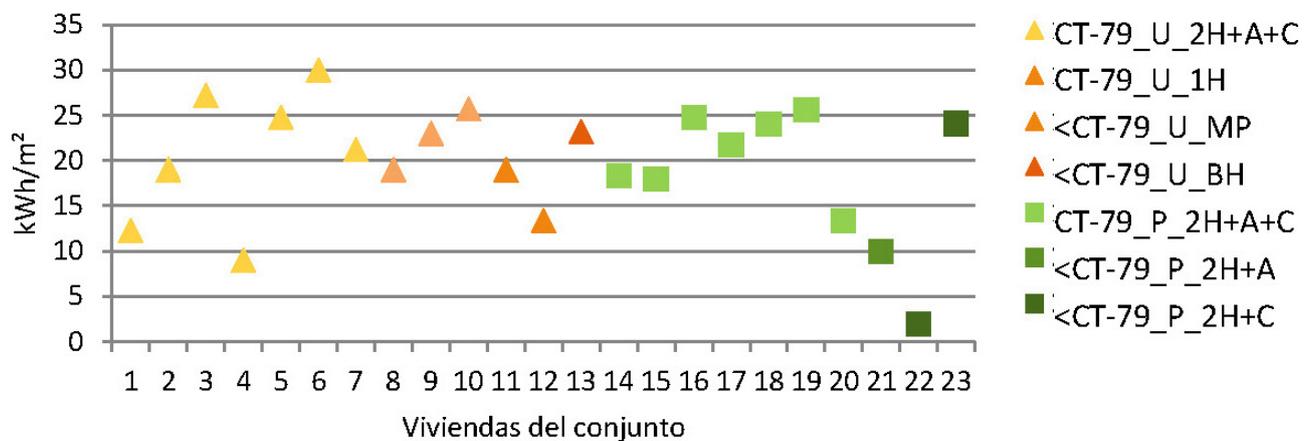


Figura 4. Comparativa de la demanda de refrigeración de los resultados de simulación del conjunto de viviendas.

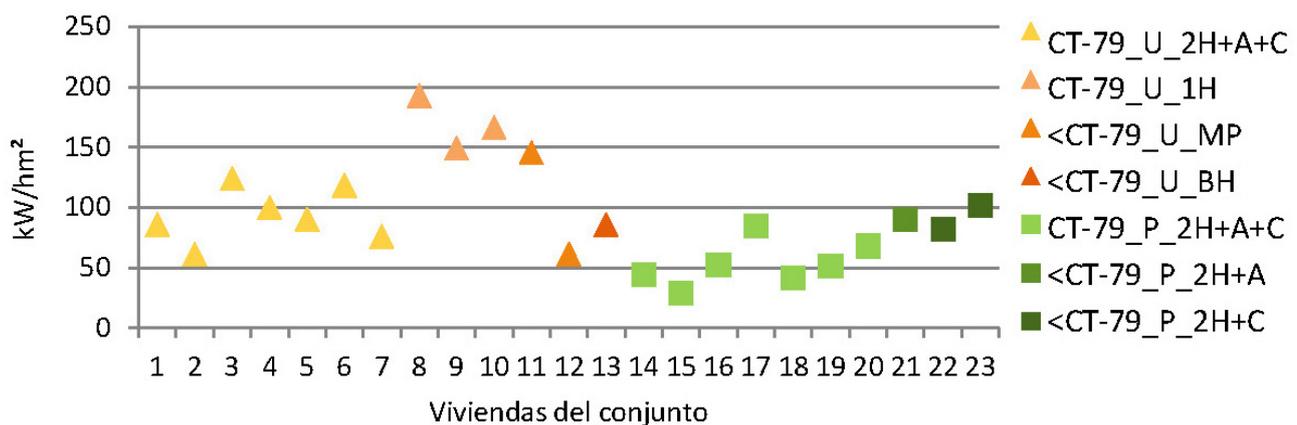


Figura 5. Comparativa de la demanda de calefacción de los resultados de simulación del conjunto de viviendas.

que la demanda de refrigeración oscila entre 10 y 30 kWh/m² aproximadamente, siendo la media de las unifamiliares de 20 kWh/m² y de las plurifamiliares de 18 kWh/m², sin existir, en este caso, una diferenciación clara por tipo constructivo (Fig. 4).

La demanda de calefacción se mueve en un rango entre 60 y 200 kWh/m² para las unifamiliares, y entre 30 y 100 kWh/m² para las plurifamiliares, siendo la media de las unifamiliares de 110 kWh/m² y de las plurifamiliares de 65 kWh/m²

(Fig. 5). Se repite en este caso el comportamiento ya analizado para las viviendas respecto a la demanda total (Fig. 3).

4.2. Análisis del consumo energético anual

En el caso de las viviendas unifamiliares los consumos energéticos anuales obtenidos en la simulación del conjunto de viviendas oscilan entre 100 y 200 kWh/m² aproximadamente, con un valor pico correspondiente a la vivienda 8 que también presentaba una alta demanda. En la vivienda plurifami-

liar los valores son más uniformes y menores, oscilando entre 60 y 150 kWh/m².

En el caso del consumo energético existe otro parámetro diferenciador, añadido al de la tipo constructivo y el tipo de edificio que fue analizado en la demanda, como es el sistema de climatización y su rendimiento (en general se detecta que los sistemas no son eficientes y que los equipos están obsoletos). En el análisis de resultados se observa que los valores son muy variables, y que se repite en general el comportamiento analizado para la demanda (Fig. 6).

Si se desglosa en consumos de refrigeración y calefacción se observa que el consumo medio de refrigeración supone en torno a un 10% del consumo energético total de climatización de las viviendas analizadas, siendo el porcentaje restante el de calefacción. Los consumos de refrigeración de todas las viviendas oscilan entre 5 y 20 kWh/m². No hay un comportamiento diferenciado entre las viviendas unifamiliares y plurifamiliares (Fig. 7).

Respecto a los consumos de calefacción oscilan entre 70 y 180 kWh/m² para las unifamiliares, a excepción de la vivienda 8 que lleva cerramiento de una hoja y supera estos valores; y entre 40 y 120 kWh/m² para las plurifamiliares (Fig. 8). Se repite el patrón de la demanda de calefacción (Fig. 5). En algunos casos con viviendas con calefacción mediante radiadores eléctricos se aprecia que tienen un consumo energético ligeramente mayor (viviendas 8 a 10, aunque influyen otros

parámetros mencionados en la demanda como es la presencia de una sola hoja).

4.3. Análisis de las encuestas

En el análisis de las encuestas se comprueba que los usuarios desconocen cómo se puede disminuir el consumo de la vivienda. La sensación de confort térmico que manifiestan resulta ser muy relativa, así usuarios que declaran estar confortables en su vivienda, presentan un consumo muy alejado de su demanda. Debemos, por otro lado, tener en cuenta que el programa de simulación, establece una programación de climatización de veinticuatro horas, con temperaturas de confort con actividad diurna, sin corregirla durante las horas de la noche, por lo cual existe un margen entre los valores determinados en la simulación y los realmente óptimos. Además se ha detectado que algunos de los usuarios que declaran estar en situación de confort térmico regulan la temperatura de sus sistemas de climatización más allá de los valores recomendados.

Se ha estudiado la relación existente entre el consumo simulado y el real procedente de las facturas, y con ello la posible situación de pobreza energética de los usuarios al no alcanzar un mínimo de consumo (la línea límite representada en la figura 9 representa la situación en que el consumo real es mismo que en de la simulación). Así el conjunto de viviendas queda dividido en tres grupos, siendo cada uno de ellos aproximadamente un tercio del total.

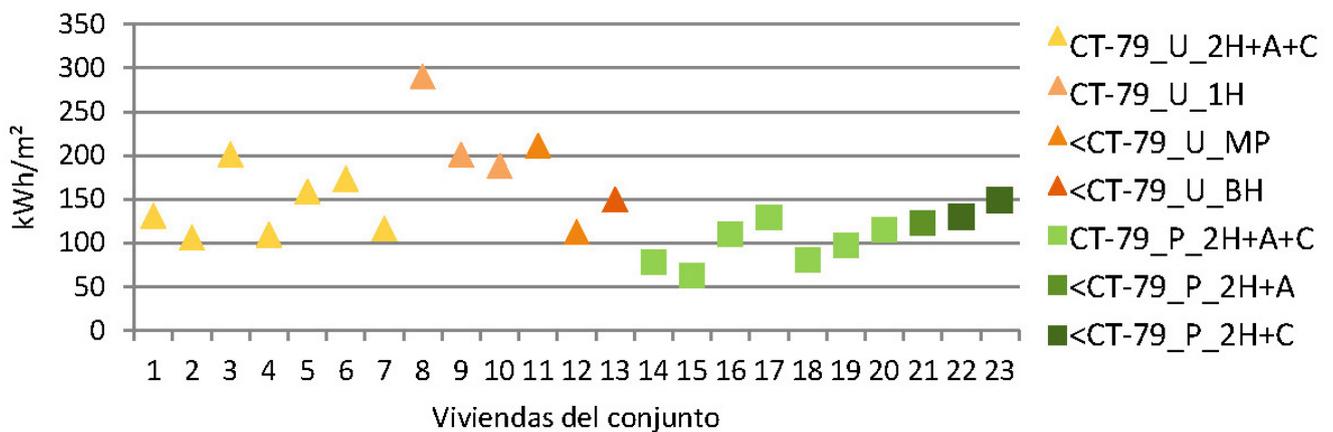


Figura 6. Comparativa del consumo energético total de los resultados de simulación del conjunto de viviendas.

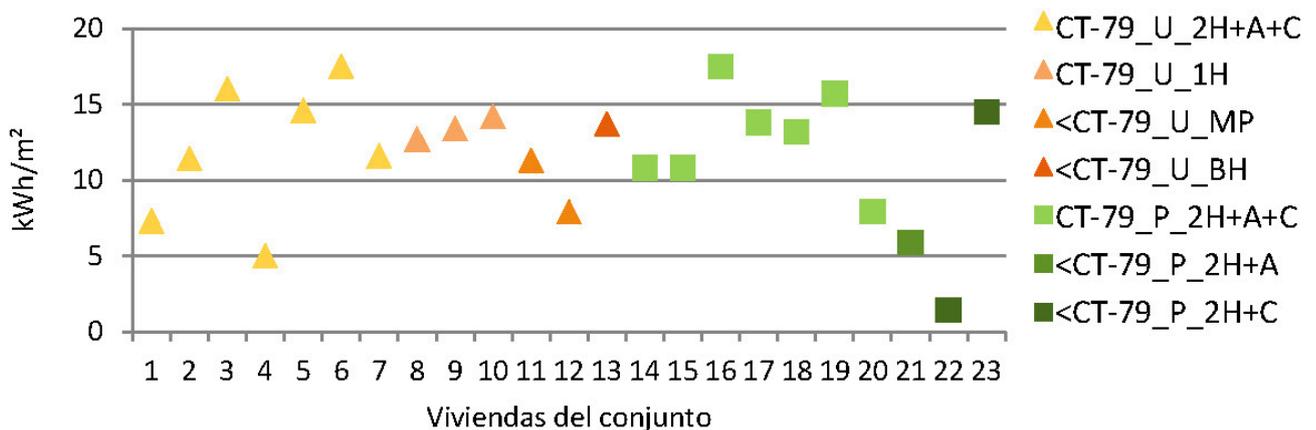


Figura 7. Comparativa del consumo de refrigeración de los resultados de simulación del conjunto de viviendas.

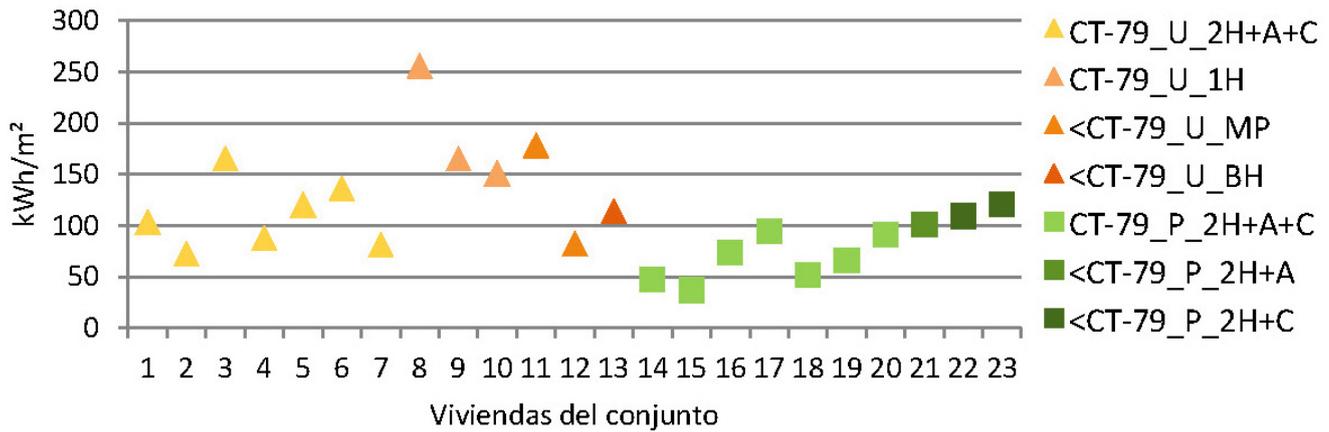


Figura 8. Comparativa del consumo de calefacción de los resultados de simulación del conjunto de viviendas.

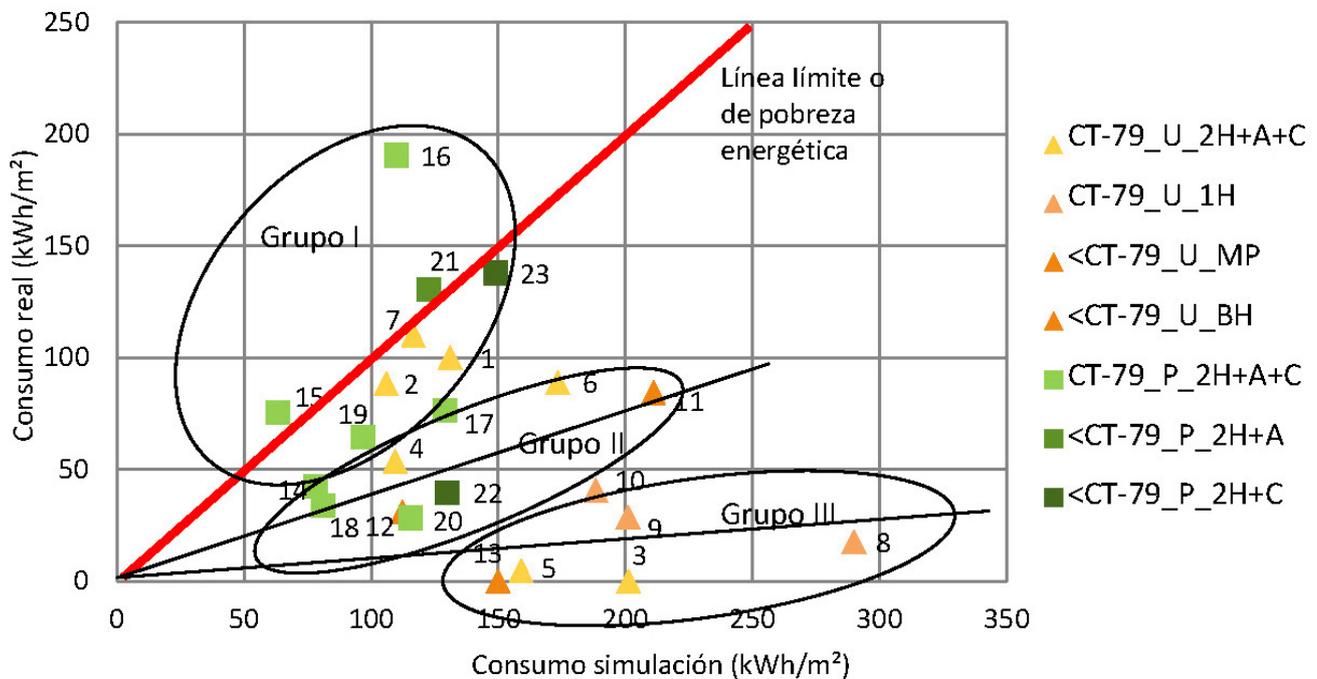


Figura 9. Relación entre el consumo total obtenido en la simulación y consumo real del conjunto de viviendas.

- El primer grupo (grupo I), más cercano a la línea límite, representa a viviendas que tienen un consumo real cercano al aportado por el software (la vivienda 6 se sale de los valores tipo, con la menor ratio de demanda de calefacción)
- El segundo grupo (grupo II), con una relación de 0,5 entre el consumo de facturas y el simulado, se encuentra en una situación intermedia con unos consumos inferiores a los que deberían desarrollar para el alcance de ese confort
- El tercer grupo (grupo III), con una relación de 0,1 entre el consumo de facturas y el simulado, está formado por los casos dónde los equipos de climatización no existen. Se observa que los resultados más bajos corresponden mayoritariamente a las viviendas unifamiliares.

Si nos centramos en el análisis de pobreza energética en refrigeración, observamos cómo ésta es muy alta, ya que en el 50% del conjunto de viviendas no existe sistema de refrigeración, aunque sí alta demanda (Grupo III) (Fig. 10).

La pobreza energética en calefacción es muy variable no existiendo un patrón de comportamiento entre los usuarios de las viviendas. De nuevo las viviendas que se encuentran en mayor situación de pobreza energética son las unifamiliares (Fig. 11).

5. CONCLUSIONES

Este estudio está basado en el análisis de un conjunto de solamente veinticinco viviendas del parque edificado extremeño por lo que no debe ser utilizado para obtener deducciones concluyentes sobre el uso de la energía en las viviendas de Extremadura. Sin embargo, y según los resultados obtenidos en este trabajo, se puede concluir que presenta una metodología válida para el análisis energético que pueda establecer una hoja de ruta que aborde los problemas energéticos actuales del parque de viviendas. De este modo, la coherencia de los resultados alcanzados con la selección de la muestra, con

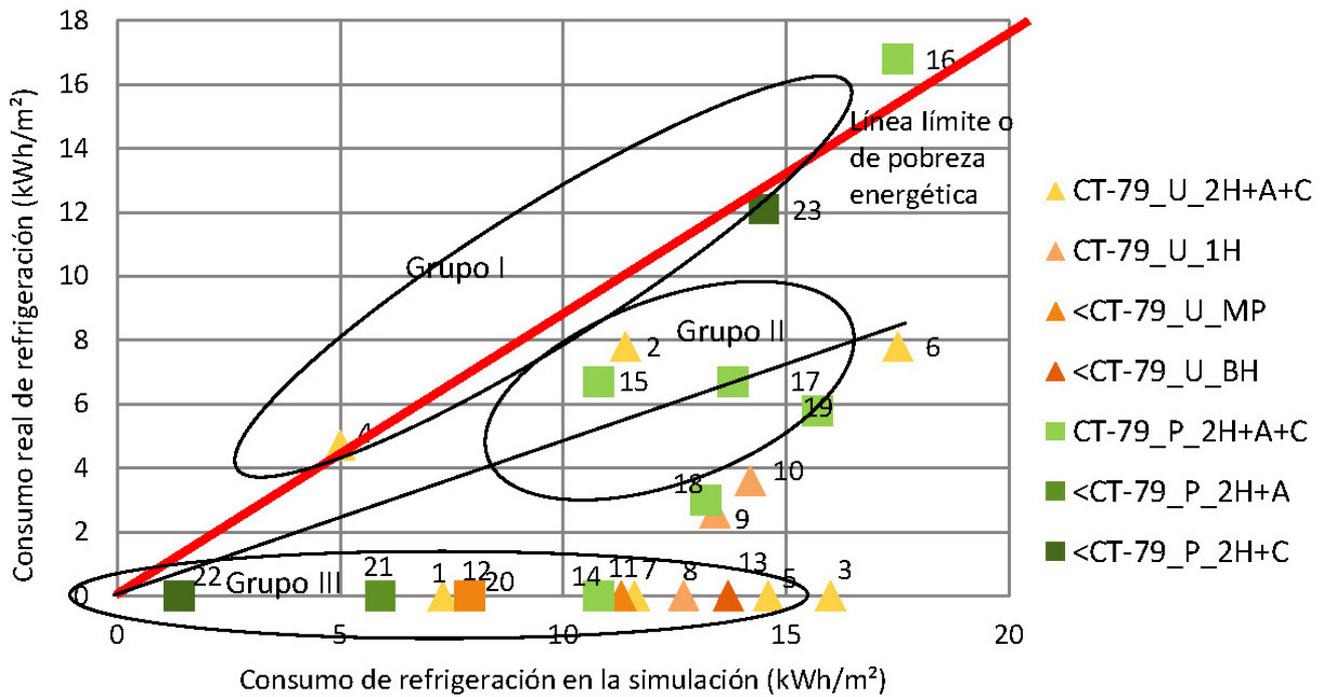


Figura.10. Relación entre el consumo de refrigeración obtenido en la simulación y consumo real del conjunto de viviendas.

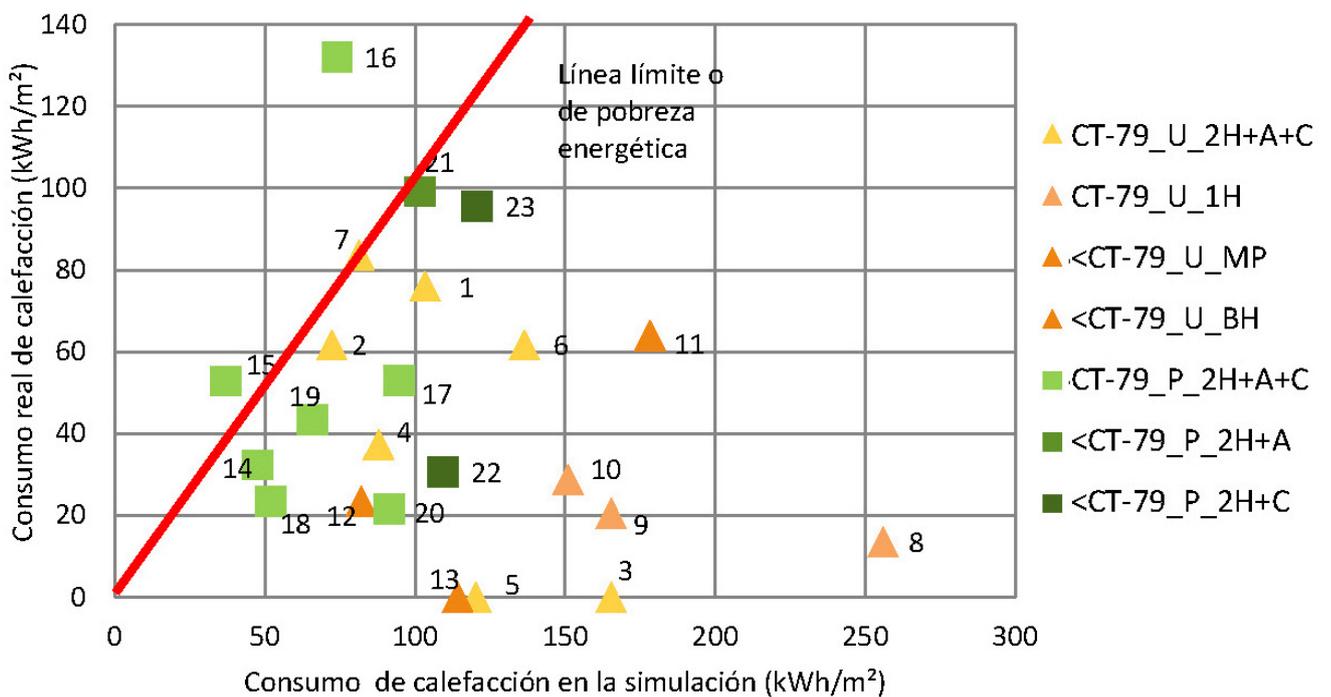


Figura 11. Relación entre ratios de consumo de simulación de calefacción en Calener Vyp y consumo real de calefacción del conjunto de viviendas.

la identificación de las tipologías, y períodos edificatorios, y con la obtención de los indicadores energéticos (demanda y consumo de calefacción y refrigeración, y emisiones de CO₂ a partir de las simulaciones), unido al análisis de las facturas de consumo avala la obtención de un método apropiado para diagnosticar un parque edificado.

Estas conclusiones específicas para cada muestra y parque de viviendas facilitarán la elección de las necesarias políticas de rehabilitación energética. En este caso el conjunto

de viviendas analizado muestra una construcción energéticamente ineficiente, con sistemas de climatización no renovados, que provocan unas altas emisiones de CO₂, además de que se observa que los usuarios no abordan el coste que supone la situación de disconfort de su vivienda. Se desconocen los datos reales de la envolvente de las viviendas, la medición in situ mediante sensorización y monitorización de parámetros higrotérmicos o de transmitancia térmica podría aportar datos reales que validen el modelo final.

Asimismo estas políticas deberán ir encaminadas en cada caso, y conforme a los resultados obtenidos al aplicar la metodología anteriormente expuesta, bien a la elección de las tipologías más ineficientes o numerosas, bien al diseño de las estrategias de rehabilitación para disminuir demandas o consumos, o bien a la aportación de ayudas sociales, entre otras. De este modo las actuaciones tendrán una mayor repercusión en la mejora de los resultados globales.

Para finalizar estas conclusiones se constata con este estudio la necesidad de análisis energéticos previos, amplios y rigurosos de cada parque de viviendas antes de proponer políticas concretas de rehabilitación energética.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio es el resultado del convenio de colaboración suscrito entre la Consejería de Fomento, Vivienda, Ordenación del Territorio y Turismo de la Junta de Extremadura y la Universidad de Extremadura, en el marco del proyecto EDEA RENOV (Development of Energy Efficiency in Architecture Energy Renovations and ICTs) financiado por el programa LIFE 09 ENV/E/000466 y cofinanciado y coordinado por la Consejería. Se agradece el trabajo realizado a los técnicos de apoyo de la Universidad de Extremadura: Álvaro Díaz Salazar y Beatriz Muriel Holgado, así como a los propietarios y usuarios de las viviendas auditadas por la colaboración prestada.

REFERENCIAS

- (1) Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Ministerio de Energía Turismo y Agenda Digital. Gobierno de España, Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Proyecto SECH-SPAHOUSEC, (2011).
- (2) J. Ludevid, Hacia la generalización de la rehabilitación integral o arquitectónica de la edificación española, *Inf. La Construcción*. 67 (2015) 1–8. doi: 10.3989/ic.14.053.
- (3) G. Ruiz Palomeque, Gestión de la rehabilitación sostenible en Grandes Conjuntos de las periferias urbanas por las administraciones públicas locales, *Inf. La Construcción*. 67 (2015) 1–13. doi: 10.3989/ic.14.047.
- (4) J. del Estado, Ley 8/2013 de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas, 2013.
- (5) F. Martín Consuegra, C. Alonso, B. Frutos, La regeneración urbana integrada y la declaración de Toledo, *Inf. La Construcción*. 67 (2015) 1–6. doi: 10.3989/ic.14.084.
- (6) M. de Fomento, ERESEE 2017. Actualización 2017 de la estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España, 2017. <https://www.fomento.gob.es/NR/rdonlyres/24003A4D-449E-4B93-8CA5-7217CFC61802/143398/20170524REVISIONESTRATEGIA.pdf> (accessed November 3, 2017).
- (7) The European Parliament and the Council, Directive 2010/31/UE relative to the energy efficiency in buildings (revision), 2010. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:Es:PDF>.
- (8) E.G. Dascalaki, K.G. Droutsa, C.A. Balaras, S. Kontoyiannidis, Building typologies as a tool for assessing the energy performance of residential buildings – A case study for the Hellenic building stock, *Energy Build.* 43 (2011) 3400–3409. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.09.002.
- (9) Y. Heo, G. Augenbroe, D. Graziano, R.T. Muehleisen, L. Guzowski, Scalable methodology for large scale building energy improvement: Relevance of calibration in model-based retrofit analysis, *Build. Environ.* 87 (2015) 342–350. doi: 10.1016/j.buildenv.2014.12.016.
- (10) E.G. Dascalaki, K. Droutsa, A.G. Gaglia, S. Kontoyiannidis, C.A. Balaras, Data collection and analysis of the building stock and its energy performance—An example for Hellenic buildings, *Energy Build.* 42 (2010) 1231–1237. doi: 10.1016/j.enbuild.2010.02.014.
- (11) R. Suárez, J. Fernández-Agüera, Retrofitting of Energy Habitability in Social Housing: A Case Study in a Mediterranean Climate, *Buildings*. 1 (2011) 4–15. doi: 10.3390/buildings1010004.
- (12) R. Suárez, J. Fernández-Agüera, Passive energy strategies in the retrofitting of the residential sector: A practical case study in dry hot climate, *Build. Simul.* 8 (2015) 593–602. doi: 10.1007/s12273-015-0234-7.
- (13) J. Terés-Zubiaga, A. Campos-Celador, I. González-Pino, C. Escudero-Revilla, Energy and economic assessment of the envelope retrofitting in residential buildings in Northern Spain, *Energy Build.* 86 (2015) 194–202. doi: 10.1016/j.enbuild.2014.10.018.
- (14) L. Filogamo, G. Peri, G. Rizzo, A. Giaccione, On the classification of large residential buildings stocks by sample typologies for energy planning purposes, *Appl. Energy*. 135 (2014) 825–835. doi: 10.1016/j.apenergy.2014.04.002.
- (15) L. Filogamo, Energy analysis of the buildings stocks. Scaling from national to regional and urban contexts, Palermo, 2015.
- (16) Junta de Extremadura, Proyecto EDEA. Arquitectura Experimental, (2013). <http://www.proyectoedea.com/>.
- (17) M. Castelli, L. Trujillo, L. Vanneschi, A. Popovič, Prediction of energy performance of residential buildings: A genetic programming approach, *Energy Build.* 102 (2015) 67–74. doi: 10.1016/j.enbuild.2015.05.013.
- (18) R. García-Alvarado, A. González, W. Bustamante, A. Bobadilla, C. Muñoz, Características relevantes de la simulación energética de viviendas unifamiliares, *Inf. La Construcción*; Vol 66, No 533 (2014). doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.12.108>.
- (19) E. Giancola, S. Soutullo, R. Olmedo, M.R. Heras, Evaluating rehabilitation of the social housing envelope: Experimental assessment of thermal indoor improvements during actual operating conditions in dry hot climate, a case study, *Energy Build.* 75 (2014) 264–271. doi: 10.1016/j.enbuild.2014.02.010.
- (20) J.J. Sendra, S. Domínguez-Amarillo, P. Bustamante, A. L. León, Intervención energética en el sector residencial del sur de España: Retos actuales, *Inf. La Construcción*. 65 (2014) 457–464. doi: 10.3989/ic.13.074.
- (21) C. Fan, F. Xiao, C. Yan, A framework for knowledge discovery in massive building automation data and its application in building diagnostics, *Autom. Constr.* 50 (2015) 81–90. doi: 10.1016/j.autcon.2014.12.006.

- (22) M. de Luxán García de Diego, G. Gómez Muñoz, E. Román López, Cuentas energéticas no habituales en edificación residencial, *Inf. La Construcción*. 67 (2015) 1–10. doi: 10.3989/ic.14.059.
- (23) Instituto Nacional de Estadística, Censo de población y vivienda, (2011). http://www.ine.es/censos2011_datos/cen11_datos_inicio.htm. (accessed September 28, 2016).
- (24) Samuel Domínguez Amarillo; Juan José Sendra; Ignacio Oteiza San José, La envolvente térmica de la vivienda social: el caso de Sevilla, 1939 a 1979, Madrid, 2016. <https://editorial.csic.es/publicaciones/libros/12659/978-84-00-10124-4/la-envolvente-termica-de-la-vivienda-social-el-cas.html>.
- (25) F. Kurtz, M. Monzón, B. López-Mesa, Obsolescencia de la envolvente térmica y acústica de la vivienda social de la post-guerra española en áreas urbanas vulnerables. El caso de Zaragoza, *Inf. La Construcción*. 67 (2015) m021. doi: 10.3989/ic.14.062.
- (26) C. García Vázquez, La obsolescencia de las tipologías de vivienda de los polígonos residenciales construidos entre 1950 y 1976. Desajustes con la realidad sociocultural contemporánea, *Inf. La Construcción*. 67 (2015) 1–9. doi: 10.3989/ic.14.045.
- (27) IDAE., M. de Industria, Turismo y Comercio, G. de España, Escala de calificación energética de edificios existentes, (2011).
- (28) Junta de Extremadura, Estudios tipológicos de cerramientos en la Comunidad Autónoma de Extremadura. Proyecto Edea Renov, (2014).
- (29) Junta de Extremadura, Identificación de escenarios tipológicos de la geografía extremeña. Proyecto Edea Renov, (2014).
- (30) M.J. Ruá, B. López-Mesa, Certificación energética de edificios en España y sus implicaciones económicas, *Inf. La Construcción*. 64 (2012) 307–318. doi: 10.3989/ic.11.028.

* * *