

Determinación del consumo de climatización en las viviendas de Andalucía. Aproximaciones metodológicas.

García-López, Javier ⁽¹⁾; Sendra Salas, Juan José ⁽²⁾

(*) Afiliación del autor de contacto, e-mail y teléfono (Times, 8.5pt, alineado a la izquierda)

(1) Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla. javigalo@us.es, +34 656420654

(2) Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción, Escuela Técnica Superior de Arquitectura, Universidad de Sevilla. jsendra@us.es.

Resumen La caracterización energética del parque de edificios residencial colectivo es un objetivo marcado en el ámbito la investigación sobre eficiencia energética en los edificios. El perfil del consumo de energía final en las viviendas representa una distribución del uso de la energía que realmente se produce en ellas. La obtención de dicho perfil a partir de distintas fuentes y estudios ofrece una gran dispersión de valores según el enfoque metodológico empleado en cada una de ellos, al confrontarse datos de consumo de energía final real frente a valores basados en estimaciones predictivas. En la presente comunicación se particulariza para el caso de la fracción del consumo energético destinado a la climatización de las viviendas en Andalucía, donde la elevada demanda de refrigeración constituye un elemento diferenciador típico de regiones de clima cálido. Para ello se plantea un nuevo método mixto como alternativa a otras aproximaciones, las cuales se ponen en crisis.

Palabras clave Consumo Energético, Climatización, Vivienda, Eficiencia Energética, Estadísticas.

1 Introducción

El perfil del consumo de energía final en las viviendas es un indicador representativo del uso real de la energía que en ellas se produce. La obtención de dicho perfil a partir de distintas fuentes y estudios (Castelli et al 2015; León et al 2010; Sendra et al. 2013) ofrece una gran dispersión de valores, según el enfoque metodológico empleado en cada una de ellas. Este trabajo se centra en la fracción del consumo

energético destinado a la climatización (calefacción/refrigeración) de los edificios de vivienda colectiva en Andalucía.

Como antecedentes sobre el perfil de consumo energético en España, en general, y en Andalucía (Fernández-Membrive et al 2015), en particular, resulta digno de mención el informe final del proyecto SECH-SPAHOUSEC (IDAE, 2011). Hasta el momento es la principal referencia para España.

El proyecto SECH (Development of detailed Statistics on Energy Consumption in Households) fue promovido por Eurostat en 2009 para el desarrollo de estadísticas energéticas en el sector residencial mediante metodologías del tipo bottom-up, con mediciones y modelización. En el marco de este proyecto, el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y el Gobierno de España presentaron a Eurostat el Proyecto SPAHOUSEC (Analysis of the Energy Consumption in the Spanish Households).

El estudio realizado en España, según la memoria del informe final de SPAHOUSEC, incluyó la realización de encuestas telefónicas y presenciales sobre equipamientos, comportamientos y consumos energéticos en viviendas, además de mediciones de consumos eléctricos. No se menciona el uso de modelización energética en el estudio. Como resultado del proyecto, se muestra la determinación de los consumos energéticos agregados, por servicios y por usos, zonas climáticas y tipología de vivienda en España.

Los resultados del consumo residencial mediante el enfoque bottom-up fueron finalmente contrastados con la información energética disponible mediante procedimientos del tipo top-down, partiendo de estudios como las estadísticas oficiales anuales sobre energía (MINETUR, 2013).

El estudio SPAHOUSEC muestra un grado de afinidad aceptable entre los resultados propios y los derivados de las estadísticas, según se recoge en la tabla 1.

Tabla 1 Consumos energéticos SPAHOUSEC (IDAE, 2011) vs Balance energético definitivo 2010 (MINETUR,2013), (Elaboración propia)

BALANCE DEL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL												
CONSUMO FINAL DE ENERGÍA - USOS ENERGÉTICOS												
2010 Definitivo (ktep)	CARBONES		PRODUCTOS PETROLÍFEROS			GASES		ENERGÍAS RENOVABLES			ENERGÍA ELÉCTRICA	TOTAL
	Hulla, Antracita y Aglomerados	GLP	Gasóleo	Otros	TOTAL	Gas Natural	Solar Térmica	Geotermia	Biomasa			
Residencial SPAHOUSEC 2010	15	1.032	2.216	0	3.248	3.660	139	12	2.444	5.159	14.676	
Residencial 2010-Definitivo*	173	1.386	1.871	112	3.369	4.254	144	9	2.464	6.508	16.924	
Desviación SPAHOUSEC/Consumo Real 2010	-91%	-26%	18%	-100%	-4%	-14%	-3%	33%	-1%	-21%	-13%	

(*Fuente: MINETUR/IDAE)

No obstante, en SPAHOUSEC, aparentemente se produce una infravaloración del consumo del sector residencial (-21% eléctrica, -4% petrolíferos, -14% gases) con respecto a la información obtenida de las compañías comercializadoras de energía (MINETUR, 2013), que puede deberse a la presencia de consumos con tarifas domésticas utilizadas por pequeños comercios y empresas. En cualquier caso, en

conjunto, una dispersión del 13% de los valores propuestos frente a los finalmente registrados quedaría dentro de lo técnicamente aceptable.

SPAHOUSEC también proporciona los consumos energéticos de los hogares en España desglosado por servicios, aplicaciones y segmentados por zonas climáticas y tipo de vivienda.

Dado el objetivo de este trabajo, en la figura 1 se reflejan los resultados referidos a las viviendas en Andalucía, región toda ella englobada en el área mediterránea.

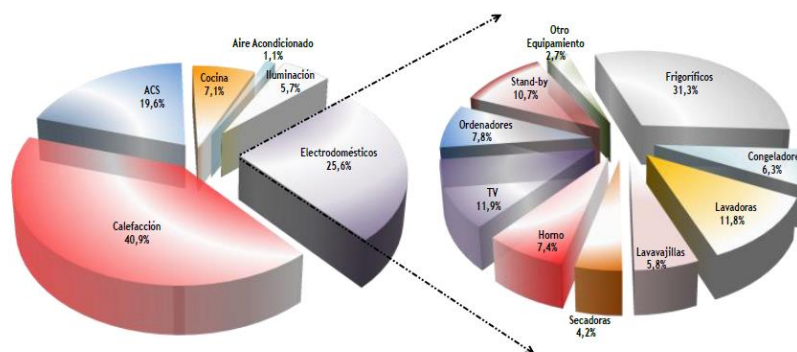


Fig. 1 Estructura de consumos según uso energéticos en España, área mediterránea. (IDAE,2011)

Según el informe final de este proyecto, en Andalucía el consumo energético de las viviendas en aire acondicionado supone únicamente un 1,1%, frente a un 40,9% en calefacción.

Estos porcentajes no coinciden con los de otros estudios realizados para viviendas sociales de la misma región (León et al. 2010, Sendra et al. 2013), que se han obtenido por medio de encuestas y monitorización de edificios en condiciones de uso real.

En el presente trabajo, trataremos de determinar mediante un enfoque *bottom-up* el consumo energético de climatización (calefacción + refrigeración) para el parque de viviendas en Andalucía.

2 Datos de Partida

En el presente apartado se describen las distintas fuentes de información empleadas para la determinación del consumo energético de climatización de las viviendas en Andalucía.

2.1 Demanda energética de calefacción, refrigeración y agua caliente. Emisiones de CO₂ y consumo de energía primaria.

Para la elaboración de la escala de calificación energética de viviendas existentes en España fue necesario obtener un nivel de referencia adaptado a la tipología y la zona climática de cada caso (AICIA, 2011). Se realizaron multitud de simulaciones mediante distintos modelos energéticos, ensayados en diversas orientaciones y zonas climáticas, con el fin de obtener el valor de referencia que en cada caso sirviera para la escala de calificación. Se tuvieron en cuenta los archivos climáticos de cada localidad (capitales de provincia) y se establecieron unas condiciones de uso y operacionales estándares.

Estos valores, sintetizados en la tabla 2, suponen en sí mismos un punto de partida para caracterizar energéticamente el parque residencial andaluz, ya que se han obtenido mediante la simulación energética de modelos tipológicos y constructivos representativos del conjunto.

Tabla 2 Indicadores de demanda, consumo y emisiones de carbono de viviendas existentes en Andalucía (Elaboración propia a partir de (AICIA, 2011))

VIVIENDAS UNIFAMILIARES									
	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Demanda ACS	Emisiones Calefacción	Emisiones Refrigeración	Emisiones ACS	Consumo energía primaria calefacción	Consumo energía primaria refrigeración	Consumo energía primaria ACS
Localización	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	KgCO ₂ /m ²	KgCO ₂ /m ²	KgCO ₂ /m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Almería	44,7	46,8	16,6	21,4	11,7	6,3	87,4	47,8	26,1
Cádiz	50,7	36,1	16,7	21,9	9,1	6,3	94,7	36,8	26,2
Ceuta	75,2	14,2	17,2	35,9	5,4	7,7	134,2	18,6	28,4
Córdoba	78,8	54,4	16,9	41,6	13,7	6,4	176,4	55,4	26,5
Granada	127,5	29,9	17,6	56,9	7,4	6,7	240,8	30,5	27,6
Huelva	70,4	44,6	16,7	37,8	11,2	6,3	165,0	45,4	26,2
Jaén	104,8	53,7	16,7	46,9	13,5	6,3	198,1	54,7	26,2
Málaga	50,6	39,4	16,7	24,6	9,8	6,3	108,5	40,1	26,2
Melilla	45,0	35,5	16,7	26,8	13,3	7,5	97,6	46,3	27,6
Sevilla	64,4	56,4	16,7	34,0	14,2	6,3	141,1	57,6	26,2
Promedio	71,21	41,1	16,85	34,78	10,93	6,61	144,38	43,32	26,72

EDIFICIOS DE VIVIENDA COLECTIVA									
	Demanda Calefacción	Demanda Refrigeración	Demanda ACS	Emisiones Calefacción	Emisiones Refrigeración	Emisiones ACS	Consumo energía primaria calefacción	Consumo energía primaria refrigeración	Consumo energía primaria ACS
Localización	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	KgCO ₂ /m ²	KgCO ₂ /m ²	KgCO ₂ /m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
Almería	49,2	33,7	12,1	15,6	8,5	4,6	63,7	34,5	19
Cádiz	33,7	25,7	12,3	15	6,5	4,7	60,8	26,3	19,3
Ceuta	60,6	10,1	12,6	29,5	3,9	5,7	111,2	13,3	20,8
Córdoba	64,2	39,5	12,4	31,9	9,8	4,7	129,2	40,3	19,5
Granada	106,6	22,0	12,9	46,1	5,4	4,9	193	22,5	20,3
Huelva	43,0	32,2	12,3	24,8	8,1	4,7	101,8	33	19,3
Jaén	83,5	39,4	12,3	38,2	9,8	4,7	158,1	40	19,3
Málaga	41,4	28,4	12,3	20,4	7	4,7	84	28,9	19,3
Melilla	31,6	25,1	12,2	19,7	9,5	5,5	71,4	32,9	20,1
Sevilla	52,9	41,2	12,3	27,4	10,5	4,7	112,1	42,2	19,3
Promedio	56,67	29,73	12,37	26,86	7,9	4,89	108,53	31,39	19,62

2.2 Nivel de equipamiento y disponibilidad de sistemas de climatización en Andalucía.

Los datos de equipamiento de acondicionamiento térmico de las viviendas se han obtenido de “Encuesta social 2008: Hogares y medio ambiente en Andalucía”, realizada por Instituto de Estadística de Andalucía en 2008. Son presentados en la tabla 3.

Tabla 3 Disposición de aire acondicionado en viviendas en Andalucía (IEA, 2008)



Instituto de Estadística de Andalucía
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA

7.a. Viviendas que disponen de aire acondicionado según distribución, tipo y hábitos de uso nocturno por características de la vivienda en Andalucía. Año 2008 (porcentajes horizontales)

	Total de viviendas	Disponibilidad de aire acondicionado	Habitaciones con aire acondicionado			Tipo de sistema		Hábitos de uso nocturno	
			Todas	La mayoría	Sólo una parte	Individual	Central	No apagan cuando duermen	Mientras duermen
Provincia									
Almería	234.101	52,2	6,8	9,2	36,3	46,9	5,2	7,5	23,9
Cádiz	414.684	46,6	2,1	3,7	40,7	44,6	2,0 *	2,2 *	22,6 *
Córdoba	275.544	65,6	11,5	5,4	48,7	58,7	6,8	4,8	23,1
Granada	319.888	38,3	2,3 *	3,8	32,2	37,3	1,0 *	1,5 *	21,2 *
Huelva	183.775	51,6	2,2 *	5,6	43,8	47,8	3,6	2,3 *	22,9 *
Jaén	219.618	62,4	3,3	5,4	53,8	60,7	1,7 *	11,8	24,5
Málaga	554.688	44,8	5,3	8,2	31,3	41,3	3,6	1,7 *	25,3 *
Sevilla	614.360	84,4	7,7	9,4	67,4	78,2	6,2	6,2	24,2
Total	2.816.658	57,4	5,4	6,7	45,3	53,5	3,9	4,3	23,9
Tipo de municipio									
Capitales de provincia y municipios de más de 100.000	330.024	47,3	6,1	7,4	33,8	42,9	4,4	2,6 *	23,9 *
De 50.000 a 100.000 hab	422.477	59,9	5,2	7,4	47,3	56,5	3,3	3,7	24,2
De 20.000 a 50.000 hab	387.939	61,4	3,2	5,3	52,8	59,3	2,0 *	6,0	23,2
De 10.000 a 20.000 hab	612.712	45,1	2,4	5,5	37,2	42,8	2,3	6,0	24,4
Menos de 10.000 hab	612.712	45,1	2,4	5,5	37,2	42,8	2,3	6,0	24,4
Total	2.816.658	57,4	5,4	6,7	45,3	53,5	3,9	4,3	23,9
Tamaño de la vivienda									
Un miembro	426.796	35,9	3,0	3,5	29,3	32,7	3,1	1,9 *	24,8 *
Dos miembros	736.885	52,3	4,2	4,6	43,5	48,8	3,4	2,5	23,4
Tres miembros	679.772	61,2	5,3	7,1	48,8	57,7	3,5	4,4	24,1
Cuatro o más miembros	973.405	68,2	7,4	9,4	51,4	63,2	5,0	6,7	23,8
Total	2.816.658	57,4	5,4	6,7	45,3	53,5	3,9	4,3	23,9

FUENTE: IEA. Encuesta social 2008: Hogares y medio ambiente en Andalucía

Como resumen cabe señalar que, en el conjunto de Andalucía, el 57,4% del total de las viviendas disponen de aire acondicionado, lo que equivale a que 1.617.761 viviendas disponen de refrigeración.

2.3 Factores de conversión de energía final, primaria y emisiones de CO₂.

Para las operaciones de conversión entre energía final, primaria y emisiones de CO₂ será necesario deducir los consumos de energía final a partir de los de energía primaria obtenidos de la Tabla 2. Para ello, en la Tabla 4 se indican los factores de conversión que se utilizarán en el proceso.

Tabla 4 Factores de conversión de energía primaria de refrigeración y calefacción a energía final según la estructura de consumos para Andalucía. (Elaboración propia a partir de encuesta IAE-2008)

	<i>Energía final</i>	<i>Disponibilidad *</i>		<i>Factor de conversión general**</i>	<i>Factor de conversión edificios Andalucía</i>
				<i>kWh E.primaria/ kWh E.final</i>	<i>Wh primaria/Wh final</i>
Total Refrigeración	<i>eléctrica</i>	<i>100%</i>		2,61	2,61
<i>Calefacción</i>	<i>eléctrica</i>	23,5	53%	2,61	1,37
	<i>gas natural</i>	3,5	8%	1,07	0,08
	<i>gas oil</i>	3,3	7%	1,12	0,08
	<i>Bomba de calor</i>	3,8	9%	2,61	0,22
	<i>otros</i>	10,6	24%	1,05	0,25
Total Calefacción		44,7	100%		2,01

Origen: (*) Tabla 3.a. Viviendas según sistema de calefacción disponible por características de la vivienda en Andalucía. Año 2008 (IEA,2008). (**) Documento Reconocido (RITE, 2016)-pág16.

2.4 Características del parque edificatorio residencial andaluz y su climatización.

En la tabla 5 se sintetizan las condiciones de partida que se van a asumir para realizar el cálculo del consumo energético, utilizadas en un estudio para la caracterización del parque residencial en Andalucía desarrollado por la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía-AVRA, en 2012 (García-López J. y Romero M, 2012.)

Tabla 5 Caracterización básica del parque residencial andaluz. (Estudio MARIE, AVRA 2012)

Viviendas en edificios plurifamiliares y porcentaje que representan	1.806.302	71 %
Viviendas unifamiliares y porcentaje que representan	745.136	29 %
Total de viviendas,	2.551.438	100 %
Superficie de vivienda en edificio plurifamiliar (m ²)	75	
Superficie de vivienda en edificio unifamiliar (m ²)	100	
Superficie promedio de vivienda en Andalucía (m ²)	82,3	
Superficie calentada (m ²) y porcentaje respecto de la vivienda promedio	61,73	75 %
Superficie refrigerada (m ²) y porcentaje respecto de la vivienda promedio	41,15	50 %

3 Metodología.

Como alternativa metodológica a otras aproximaciones ya referidas, para la determinación del consumo de climatización de viviendas, se propone un nuevo método de estimación de tipo mixto (*bottom-up* y *top-down*) a partir de una serie de datos de partida anteriormente expresada. El método contempla la aplicación de valores de resultados promedio obtenidos por simulación de modelos energéticos (AICIA, 2011) representativos del conjunto de edificios del parque residencial nacional, para su extrapolación con correcciones al conjunto de edificios de viviendas andaluz. Este método de tipo mixto puede contribuir a afinar determinados resultados que, hasta el momento, se han obtenido de manera indirecta mediante encuestas o monitorizaciones, como SPAHOUSEC.

En el presente apartado se expone el proceso de cálculo utilizado para obtener los valores de consumo de energía de calefacción y refrigeración de las viviendas en Andalucía mediante un enfoque del tipo *top-down*, partiendo de las fuentes descritas en el anterior apartado.

La operativa del procedimiento se recoge en la tabla 6. En esencia es la siguiente:

1. Se expresan por filas los valores de cada provincia y el total.
2. En las columnas (B, E) se indican la distribución del nº de viviendas por provincia y la disponibilidad de sistema de calefacción y refrigeración en cada caso.

3. En las columnas (F, I) se toman los datos de consumo anual de energía primaria de calefacción y refrigeración para las tipologías unifamiliar y plurifamiliar, respectivamente, expresadas en kWh/m².
4. Los valores de consumo anual de energía primaria (columnas (F, I)) se convierten a valores de consumos unitarios por vivienda (columnas (J, M)), adoptando los valores de 75 y 100 m² superficie de para las plurifamiliares y unifamiliares, respectivamente.
5. En las columnas (N, O) se expresan los valores unitarios de consumo por vivienda ponderada, tomando la proporción de 71% y 29% de viviendas plurifamiliares y unifamiliares, respectivamente, para toda Andalucía.
6. En las columnas (P, Q) se asignan a los valores anteriores la proporción de viviendas de la provincia en cuestión respecto del total (multiplicadas por los factores de la columna C). Se obtiene un valor total como suma de los valores unitarios de cada provincia ponderados por su peso en el conjunto. El total corresponde al valor promedio del consumo de energía primaria de calefacción y refrigeración, suponiendo que todas las superficies de las viviendas se acondicionan térmicamente, y que todas disponen de equipos de refrigeración y calefacción.
7. En las columnas (R,S) se minoran los valores unitarios anteriores por el porcentaje de disposición de equipos de calefacción y refrigeración de cada provincia, obteniendo el valor total promediado con la disponibilidad real de esos equipos de climatización.
8. En las columnas (T,U), se obtienen los valores finales propuestos, ponderando los anteriores por el porcentaje de superficie estimado para cada vivienda que se acondiciona térmicamente. Para el conjunto de Andalucía se obtienen unos valores anuales de consumo de energía primaria de calefacción y refrigeración por vivienda de 2.334,73 kWh y 943,65 kWh, respectivamente.
9. En las columnas (V, W) se obtienen los valores unitarios por vivienda de cada provincia, corrigiendo su porcentaje sobre el valor total.
10. Finalmente, los valores de consumo de energía final de calefacción y refrigeración por vivienda se obtienen aplicando los factores de conversión de energía primaria a final de la tabla 5.

4 Resultados y discusión.

En la figura 2 se expresan los resultados obtenidos en este estudio frente a los del Proyecto SPAHOUSEC. Si los resultados de este último están basados en aproximaciones estadísticas, mediante encuestas y monitorizaciones los del estudio se obtienen a partir de las demandas energéticas en condiciones estándares de uso y operacionales, aunque corregidas por el grado de equipamiento y el porcentaje de superficie realmente acondicionada descritos para Andalucía en estadísticas específicas de hogares y medio ambiente en Andalucía.

Los resultados del estudio muestran que existe una demanda teórica promedio equivalente de refrigeración y calefacción (Tabla 2), lo cual se traduce en una proporción similar de consumos de energía para estos fines.

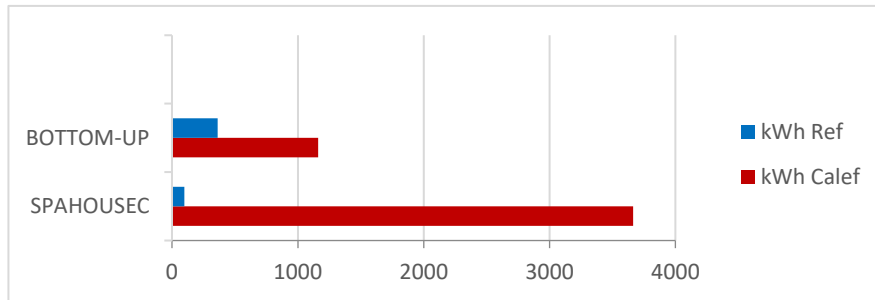


Fig. 2 E Resultados comparados de consumo anual de energía final para calefacción y refrigeración por vivienda (elaboración propia)

La obtención por este método mixto de un consumo anual de climatización (calefacción + refrigeración) de 1532 kWh por vivienda, frente a 3763 kWh que da el Proyecto SECH-SPAHOUSEC, nos indica la gran diferencia (más del doble) entre la aplicación de uno y otro método.

En la tabla 7 se presentan, una vez corregidos, los consumos de energía final de calefacción y refrigeración. Nos daría un nuevo reparto (22,5% para climatización) de la contribución de las distintas fuentes al consumo de energía en las viviendas, en comparación con el ofrecido por SPAHOUSEC (42% para climatización) para Andalucía.

Tabla 7 Estructura del consumo de energía de viviendas calculado para Andalucía frente al determinado en SPACHOUSEC (Elaboración Propia)

	ANDALUCIA 1 kWh/m ² -a	E.final kWh/año	% (Fuente: SPAHOUSEC - Región Mediterránea)
calefacción	44,52	3.664,23	40,90
ACS	21,34	1.755,96	19,60
cocinado	7,73	636,09	7,10
electrodomésticos	27,87	2.293,50	25,60
iluminación	6,20	510,66	5,70
refrigeración	1,20	98,55	1,10
Consumo promedio total (kWh/año)	108,86	8.959,00	100,00

Consumo energético en viviendas en Andalucía (SPAHOUSEC)

Categoría	Porcentaje
calefacción	41%
ACS	19%
electrodomésticos	26%
cocinado	7%
iluminación	6%
refrigeración	1%

	ANDALUCIA 2 kWh/m ² -a	E.final kWh/año	Fuente Propia
calefacción	14,12	1.161,86	17,2%
ACS	21,89	1.801,60	26,6%
cocinado	7,73	636,09	9,4%
electrodomésticos	27,87	2.293,50	33,9%
iluminación	6,20	510,66	7,5%
refrigeración	4,39	361,55	5,3%
Consumo promedio total (kWh/año)	82,20	6.765,27	100,0%

Consumo energético en viviendas en Andalucía (Elab.Propia)

Categoría	Porcentaje
electrodomésticos	34%
ACS	27%
calefacción	17%
cocinado	9%
iluminación	8%
refrigeración	5%

5 Conclusiones.

De los resultados de aplicación del método mixto del tipo *bottom-up* propuesto pueden obtenerse valores representativos del consumo de energía final de climatización (calefacción y refrigeración) para un conjunto de edificios mucho más cercano a los reales que los obtenidos por aplicaciones de otros métodos mixtos tipo *top-down* y *bottom-up*.

El método contempla la aplicación de valores promedios obtenidos por simulación de modelos energéticos representativos del conjunto de edificios del parque residencial nacional, para su extrapolación al conjunto, lo cual supone una metodología mixta que puede contribuir a afinar determinados resultados que hasta el momento se han venido estudiando de manera indirecta mediante encuestas y monitorizaciones.

Los resultados obtenidos del estudio muestran una mayor previsión de consumo de energía final de calefacción que de refrigeración, aunque esa diferencia (entre dos y tres veces mayor el primero que el segundo) no es tan acusada como la obtenida por SPAHOUSEC.

En conjunto se obtiene un consumo promedio de energía final de climatización (calefacción + refrigeración) de 1532 kWh por vivienda, frente a los 3673 kWh que da SPAHOUSEC para el área mediterránea (más del doble del anterior).

Todo ello muestra las sensibles diferencias que se obtienen mediante la aplicación de la metodología descrita en este estudio, que utiliza estimaciones de demandas energéticas (en condiciones estándares de uso y operación), corregidas por el grado de equipamiento y el porcentaje de superficie realmente acondicionada descritos para Andalucía en estadísticas específicas de hogares y medioambiente en Andalucía, de otras más generales, como la de SPAHOUSEC.

El contraste de estos resultados con estudios más específicos, que incluyan monitorización y contabilización de consumos de energía por usos (León et al.) contribuirá a un mejor ajuste del método propuesto.

6 Agradecimientos.

A la Agencia de Vivienda y Rehabilitación de Andalucía y a la Consejería de Fomento y Vivienda de la Junta de Andalucía por su colaboración en la documentación del proyecto MARIE.

7 Referencias.

1. Castelli, M., Trujillo, L., Vanneschi, L., & Popovič, A. (2015). Prediction of energy performance of residential buildings: A genetic programming approach. *Energy and Buildings*, 102, 67–74. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.05.013>
2. León Rodríguez, Angel Luis, Muñoz Muñoz, Manuel Salvador, León Rodríguez, Jesús, Bustamante Rojas, Pedro: Monitorización de Variables Medioambientales y Energéticas en la Construcción de Viviendas Protegidas: Edificio Cros-Pirotecnica en Sevilla. En: Informes de la Construcción. 2010. Vol. 62. Núm. 519. Pag. 67-82.
3. Sendra, J. J., *, Domínguez-Amarillo, S., *, Bustamante, P., *, ... *. (2013). Intervención energética en el sector residencial del sur de España: Retos actuales. *Informes de La Construcción*, 65, 457–464. <http://doi.org/10.3989/ic.13.074>.
4. Fernández-Membrive, V. J., Lastra-Bravo, X. B., & Tolón-Becerra, A. (2015). Cost-benefit analysis of changes in energy in building technology in Southeast Spain. *Energy and Buildings*, 103, 29–37. <http://doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.06.026>
5. IDAE, Secretaría General. Dpto. de Planificación y Estudios. 2011. Informe final. Proyecto SECH-SPAHOUSEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España.
6. Ministerio de Industria, Energía y Turismo (MINETUR) - IDAE. Balances del consumo de energía final. Serie histórica 1990-2013. Soporte: Hoja de cálculo con estadísticas.
7. AICIA. Escala de calificación energética para edificios existentes. IDAE, 2011.
8. Encuesta social 2008: Hogares y medio ambiente en Andalucía. Instituto de Estadística de Andalucía (IEA) 2008. Soporte: Hoja de cálculo con estadísticas.
9. MINETUR-MFON, “Factores de emisión de CO₂ y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector de edificios en España”. Documento reconocido del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE), 2016.
10. García-López J. y Romero M. Estudio para la caracterización del parque residencial en Andalucía. Benchmarking-Proyecto MED-MARIE. la Agencia de la Vivienda y Rehabilitación de Andalucía-AVRA, 2012