

Informes de la Construcción  
Vol. 65, 532, 457-464,  
octubre-diciembre 2013  
ISSN: 0020-0883  
eISSN: 1988-3234  
doi: 10.3989/ic.13.074

# Energy intervention in the residential sector in the south of Spain: Current challenges

## *Intervención energética en el sector residencial del sur de España: Retos actuales*

J.J. Sendra<sup>(\*)</sup>, S. Domínguez-Amarillo<sup>(\*)</sup>, P. Bustamante<sup>(\*)</sup>, A.L. León<sup>(\*)</sup>

### SUMMARY

It can be estimated that approximately half of energy consumption in Spanish residential buildings derives from heating and air conditioning systems. It is therefore advisable to invest in retrofitting projects to reduce energy demand. However, although as a rule energy interventions are expected to bring about significant potential energy savings, it should be noted that this is often not so straightforward, particularly in southern Spain, where there are significant deviations from the expected energy scenario. Recent research shows that in many cases there is no direct relationship between energy demand and real energy use, and the low energy rate is combined with deficiencies in comfort conditions. In order to ensure the real cost-efficiency of the actions is essential, further research for defining these behaviours. The European EnergyTIC project is a continuation of the work already carried out in this context by the EFFICACIA and AMEC research projects.

### RESUMEN

*En los edificios de viviendas españoles podemos estimar que la mitad del consumo energético se debe a los sistemas de calefacción y refrigeración. En general, resulta aconsejable invertir en proyectos de rehabilitación para limitar su demanda energética, sin embargo, aunque las intervenciones energéticas puedan suponer un significativo potencial de ahorro de energía, habría que manifestar que en muchas situaciones, especialmente en el área sur, no siempre será así, con desviaciones importantes de los comportamientos energéticos esperados. Investigaciones recientes sobre edificios de viviendas protegidas en el Sur de España señalan que no existe habitualmente una relación directa entre demanda de energía y uso real de la misma, asociado el bajo consumo a una carencia de prestaciones de confort. Para rentabilizar las actuaciones es fundamental profundizar en investigación y caracterización de estos comportamientos. En este contexto, se han desarrollado los proyectos de EFFICACIA, AMEC y el proyecto europeo EnergyTIC.*

113-98

**Keywords:** Energy efficiency; energy retrofitting; monitoring; low energy buildings; residential sector.

**Palabras clave:** Eficiencia energética; rehabilitación energética; monitorización; "low energy"; sector residencial.

<sup>(\*)</sup> Inst. Universitario de Arquitectura y Cs. de la Construcción - Universidad de Sevilla (España).  
Persona de contacto/Corresponding author: [jsendra@us.es](mailto:jsendra@us.es) (J.J. Sendra)



**1st PRIZE** -Journal *INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN*- for the best paper of the "I International and III National Congress on Sustainable Construction & Eco-Efficient Solutions". Seville, Spain. May 20, 2013.

## 1. INTRODUCTION

The different analyses of national energy consumption show the prominent role of the residential building sector, which in 2010 accounted for 17% of final energy and up to 25% of electric energy demand, with indications that this would increase in the next few years (1). Bearing in mind these figures the public administration is concentrating on energy savings in this sector in order to reach European goals for a 50-85% reduction of CO<sub>2</sub> emissions by 2050 (2). For 2020 the National Energy Plan predicts that 15.6% of the overall reduction in energy savings will be accounted for by the construction sector (3). It should be noted that in Spanish residential buildings approximately half of this consumption is due to heating systems (around 47% of the total) and cooling systems (around 0.8%), with cooling increasing slightly in the Mediterranean area, albeit with a greater effect on primary energy, as the source of energy is mainly electric (1).

Although energy saving measures tend to concentrate on the tertiary sector given the more intense specific uses, the residential sector is responsible for the highest consumption within the construction sector: 14676 ktep of final energy compared to the 9540 ktep consumed in the tertiary sector in 2011 (4). These data indicate the advisability of energy retrofitting of the existing residential building stock and forecast significant reductions in the energy consumption of retrofitted buildings, which should be taken into account when drawing up intervention policies, assigning resources (subsidies, public grant schemes), and encouraging energy service companies (ESCOs) to enter into the construction sector.

These considerations and more optimistic scenarios are used as basic tools for energy behaviour evaluation and energy saving prediction. The present implementation of the procedure for the energy qualification of existing buildings (5) is expected to highlight the difference between the energy consumption of new and existing retrofitted buildings (6). On a national scale, all the procedures for energy assessment derived from Directive 2002/91/CEE and its revisions (7) (8) are based on a general energy efficiency calculation methodology (limitation of energy demand and energy qualification of new and existing buildings), and predictions for intensity and patterns of use of the building, but these patterns are not always achieved.

However, our research team's field studies on the energy behaviour of these residential

buildings shed doubt on whether these calculations for reducing energy consumption are realistic, as in many cases there is a significant discrepancy between theoretical demand and the actual consumption of users. Factors such as the decision not to maintain comfort conditions in the housing units during the more extreme months (the users show significant tolerance to the deviations from the comfort conditions band), the absence of thermal conditioning equipment for the entire housing area, or users spending less time within the housing units (few hours of use or even partial use of the house space) generate energy consumption below that expected in the current models used for energy assessment and qualification of residences. In addition to these factors, the appearance of regional differences and the income level of users (9) (10) must be taken into account.

Research carried out on the actual energy consumption of social housing located in the south of Spain shows values below the averages stated as a reference for Energy Qualification (11). As a result, investments in the retrofitting of this type of building by modifying the envelope, usually façades and openings, do not tend to be effective or cost efficient. Equally, many of the operations to incorporate renewable energies into existing residential buildings may be less efficient than expected (12) (9). All this makes it imperative to carry out a precise assessment of each individual intervention, prior to decision making.

This article aims to reflect upon the specific qualities of residential buildings in the south of Spain, particularly subsidised housing, and to emphasise the need for further research into these behaviours in order to implement efficient cost-effective intervention policies and energy actions. To this end several research projects developed and carried out on social housing by members of the research group *Arquitectura, Patrimonio y Sostenibilidad: Acústica, Iluminación y Energía*, TEP-130, of the Andalusian Plan for Research, Development and Innovation, are presented:

- R&D&i EFFICACIA and AMEC projects: continuous monitoring of environmental variables and use of energy, as well as the assessment of strategic energy intervention proposals for the retrofitting of social housing and the design of new buildings.
- R&D&i EnergyTIC project (ICT PSP 2010 programme of the European Commission): supervision of the use of electricity and water, with information feedback for users, including auditing and economic assessment of intervention solutions for neighbourhoods and buildings.

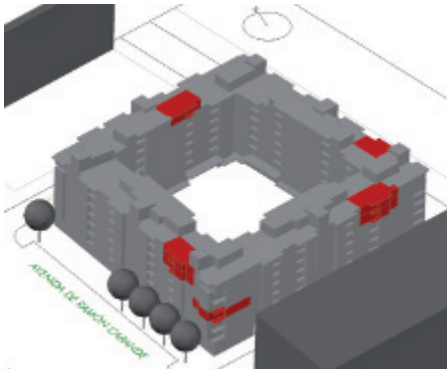
## 2. RESEARCH, SCOPE AND CASE STUDY

Between 2007 and 2011, temperature conditions were monitored and main energy consumption was assessed on a set of 218 social housing units in Seville. This was part of two research projects: EFFICACIA (2007-2009), financed by the Andalusian Technological Corporation to reduce demand and encourage energy saving in the construction of housing in Andalusia (9), and AMEC (2009-2011), which is considered its continuation.

The building chosen as case study for both projects is a social multi-family residential building, Cross-Pirotecnia (Figure 1), a block of 218 housing units built around a central courtyard (Figure 2) in the "Pirotecnia" area in the south of Seville. This building was constructed by EMVISESA in 2005 as part of the Municipal Housing Plan of Seville Town Council, following the regulations in place prior to the implementation of the Technical Building Code. The building envelope presents standard values similar to those stipulated in the current regulations (although the building's construction predates these), and is a typical example of the construction methods of the time.



1



2

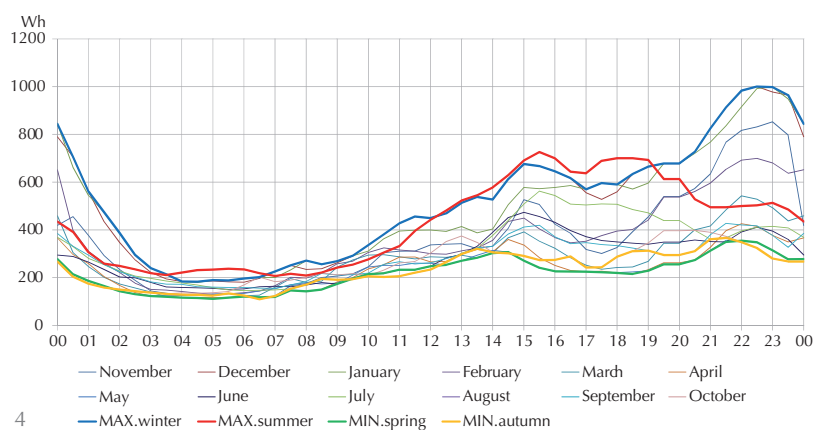
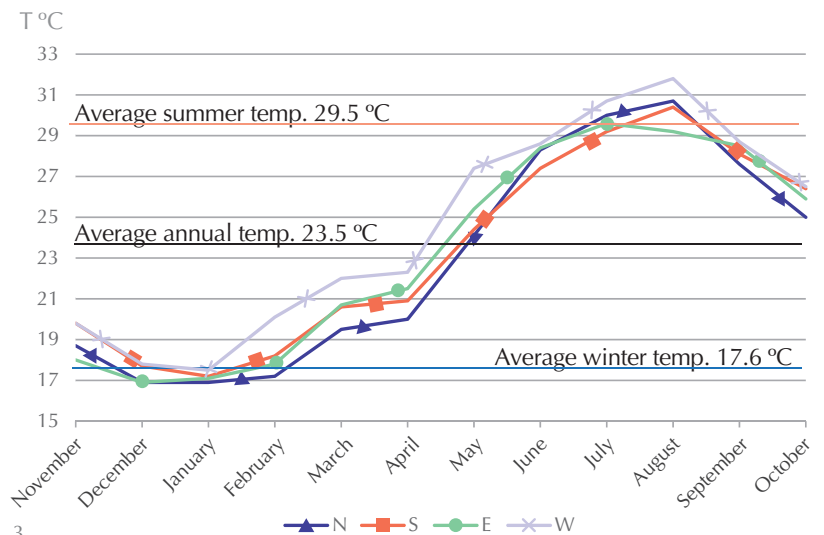
The methodology for the research consisted of specific tasks, which included establishing the energy demand and consumption in real time of these subsidised leased housing units, monitoring them and establishing the consumption habits of residents. The results, analyses and conclusions of these tasks were described in León *et al.* (11) and Sendra *et al.* (9).

## 3. MONITORING OF THE HOUSING UNITS

The purpose of monitoring was to record and analyse the in situ measurements of the environmental variables and energy consumption over a three-year period (October 2008-November 2011) in a real occupation situation, unlike alternative methods which monitored unoccupied housing units to avoid possible disruptions from users, and subsequently adjusted results applying specific user behaviour protocols.

For the eight housing units selected (Figure 2) measurements were carried out on environmental variables (temperature, relative humidity, CO<sub>2</sub> levels), energy consumption (hot water, heating, air conditioning, electricity), while variables providing information on the conditions of use of buildings (presence detectors and magnetic contacts on windows, etc.) were recorded. This information was used to extrapolate the results to the rest of the housing units. The installation of the monitoring system was carried out in compliance with the protocol stipulated in UNE-EN ISO 7726:2002 (13).

The analyses were carried out on a weekly (distinguishing between weekdays and weekends), monthly, seasonal and annual basis.



1. View of the west-facing façade.
2. Housing units monitored.
3. Average monthly indoor temperatures of the housing units according to orientation.
4. Daily power demand for an annual period by month.

5. Average yearly power demand.

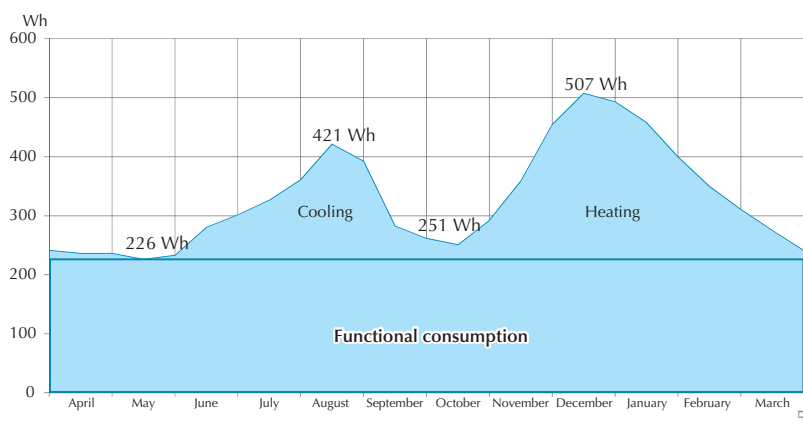
3.1. Monitoring indoor temperatures

Recording temperatures in the housing units monitored (Figure 3), whatever their orientation, shows how in general there are indoor temperature conditions which are far removed from the comfort band in summer and winter, even when comparing them with the more flexible reference values, and reach very extreme situations for the least favourable orientations (north in winter and west in summer). In winter (the period between November and February) the average indoor temperature in the 8 housing units monitored was 17.6 °C, lower than what is considered a comfortable temperature. As was to be expected, the minimum values were reached in the two housing units which mainly faced north, since the average temperature measured in this winter period was 17.0 °C. In contrast, in the summer months (June to September) the average indoor temperature rose to 29.5 °C, with maximum values recorded in the two west-facing housing units, which reached average temperature values of 30.4 °C.

The thermal jump of average temperatures for the set of housing units between the summer and winter periods is therefore approximately 12 °C, which greatly exceeds the upper and lower thresholds of the comfort band for these two seasons. The situation in these housing units monitored in Seville could be extrapolated to much of the subsidised housing built in Andalusia. For many hours in the year there is a lack of indoor comfort conditions which users frequently try to resolve in winter by using portable electric heaters, such as the traditional *brasero* heaters [small heaters placed under covered tables], which are highly inefficient from the point of view of energy.

Table 1. Reference values for heating and cooling as regards demand in housing unit blocks (19)

Location	Heating demand kWh/m <sup>2</sup>	Cooling demand kWh/m <sup>2</sup>	HWS demand kWh/m <sup>2</sup>	Heating emission kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Cooling emission kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Heating primary E. consumption kWh/m <sup>2</sup>	Cooling primary E. consumption kWh/m <sup>2</sup>
Seville	16.6	23.4	12.3	5.3	5.9	24.1	23.9



3.2. Monitoring of consumption

This real situation of a lack of indoor comfort in Andalusian social housing for many hours a year leads to buildings with energy consumption that is much lower than what the building envelope would suggest, reaching values typical of Low Energy buildings (14) (Figure 4). This can be seen from the reference values for heating and cooling in Seville as regards energy qualification (Table 1).

In mid-season periods, average daily consumption clearly coincides for the minimum values, both in spring and autumn, so it is safe to say that this does not correspond to cooling or heating equipment but is limited to electrical appliances, lighting, computers and standby modes of audiovisual equipment. Through a comparative study, this hypothesis allows us to establish consumption due to heating (winter) and cooling (summer) (Figure 5).

These homes lack a communal production system for heating or cooling. Only five of the eight housing units had individual split (heat pump) systems when the monitoring began, and the indoor units were mainly placed in the living rooms, where electric consumption was monitored.

In the summer period in the housing units in which cooling consumption was supervised, equipment was only used in the hotter weeks of the month of July when the indoor temperature was close to 30 °C. Most of the electric consumption was due to the use of portable ventilation devices and was only slightly higher in the early hours of the afternoon when cooling equipment was used.

In winter, heating was only produced by systems with low energy efficiency based on the Joule effect, used early in the morning (bedrooms and bathroom) and in the evening (in the living room, mainly *braseros*). In no case was any noticeable consumption of heat pumps to heat the housing units observed. The unsuitable choice of equipment led to a greater consumption from heating systems, clearly higher than that of cooling equipment (Figure 5).

The annual heating consumption in the housing units monitored in terms of final energy was 1435 kWh and 713 kWh respectively, that is to say, in a ratio of almost 2/1.

As the housing units monitored have an average useable surface of 58.83 m<sup>2</sup>, we can calculate this heating and cooling consumption per surface unit and after applying conversion factors, express it in terms of

primary energy, comparing it with the reference values established for the final energy qualification procedure in Seville (Table 1). In the heating period, a monitored primary energy consumption of 24.70 kWh/m<sup>2</sup> is observed, very close to the 24.10 kWh/m<sup>2</sup> of the reference value, a clear result of the energy inefficiency of typical heating devices, portable electric heaters, as this consumption is associated with a noticeable deviation from the comfort band of indoor temperature in winter.

However, the primary energy consumption for cooling monitored with equipment in five of the eight most energy efficient housing units was 12.12 kWh/m<sup>2</sup>, practically half of the reference value 23.90 kWh/m<sup>2</sup>. This was also partly due to the major deviations of the average summer temperature from the comfort band. Therefore, the potential for saving is much lower than that estimated for these types of buildings.

In many cases it can be observed that there is no direct relationship between energy demand and actual energy use, so that there is less scope for reducing the actual consumption in these buildings compared with that calculated. Users are also unaware of the importance of the problem. This significantly lengthens the payback periods for energy interventions, many of which therefore effectively increase energy consumption in relation to the initial situation (even after the improvement of facilities).

In order to assess all this, the monitoring study was completed with a series of user questionnaires on occupation and consumption habits.

#### 4. USER SURVEYS ON OCCUPATION AND CONSUMPTION HABITS

In order to establish correlations between energy consumption and behaviour patterns the monitoring installation was complemented with a series of surveys (67 in total) on the consumption habits of the tenants of the housing units studied. Two types of surveys were drawn up: winter and summer. These surveys examined aspects such as the size of the family unit, average daily occupation by inhabitant, type of use of the housing units and the hours of use of all sorts of domestic equipment, including heating/cooling.

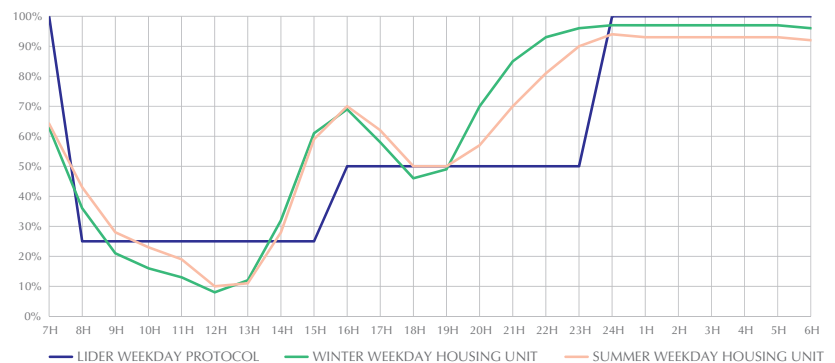
Figure 6 shows the results of the average daily occupation on weekdays compared with the LIDER program protocol.

Using the data obtained through monitoring and surveys it was observed that the

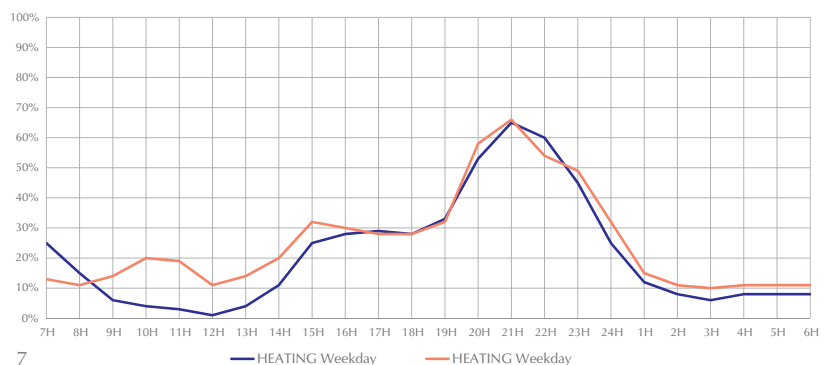
occupation patterns of the housing units presented a high variability index, far from the use patterns set for the reference software (LIDER and CALENER) (6).

The results of the surveys reflected that the habitual use of heating in the winter (Figure 7) and cooling in the summer (Figure 8) was limited and was barely dependent on the housing unit use pattern, given that the differences in these habits on weekdays and weekends were not very significant. This reduced use of heating and cooling does not correspond to the indoor environmental conditions close to the comfort conditions for these two extreme periods, as stated in 3.1 (Figure 3).

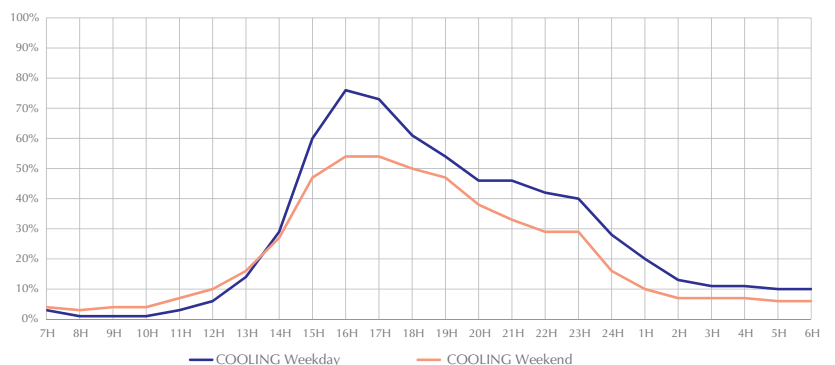
As was to be expected, both on weekdays and weekends the time slot with most use of heating was between 19 h and 23 h, while that of most use for cooling was between 15 h and 18 h, in keeping with the consumption readings for these two periods.



6



7



8

6. Daily average occupation in winter and summer. Weekdays (Monday to Friday).

7. Heating use habits.

8. Cooling use habits.

9. Information flow of the EnergyTIC system.

10. EnergyTIC Internet user interface.

Although there is a correlation between the timetables for consumption of heating and cooling systems indicated in the residents' survey and those observed in the readings of monitored data, the actual consumption was lower than expected since neither the occupation frequency nor the use frequency are a daily constant, particularly in the summer period (especially weekends), when the lower occupation of the housing units affects the lower consumption of the cooling systems, as stated in 3.2.

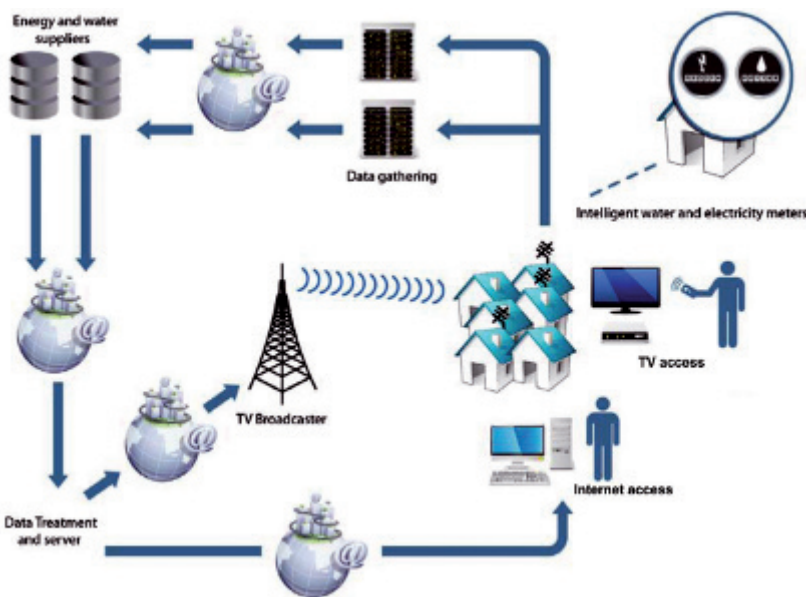
### 5. NEW CHALLENGES AND METHODS OR KNOWLEDGE OF ENERGY USE AND CONTROL IN SOCIAL HOUSING

The two R&D&i projects mentioned earlier continue with a third project, EnergyTIC "Technology, Information and Communication services for engaging social housing residents in energy and water efficiency" (15), financed by the European Union and the EnergyTIC consortium. This is currently being developed and is mainly geared towards supervising and teaching energy use in social housing in Andalusia, feeding information back to occupants in order to identify the most efficient saving measures in each situation, and backs the conclusions of previous studies.

The EnergyTIC project (Figure 9) is a pilot project for the assessment of the use of ICT (Information and Communication Technologies) tools to provide users with attainable (Figure 10) and easily understandable information that will allow them to modify the habits of use to optimise consumption and make savings by adopting individualised good practices (16). In addition, by compiling and analysing consumption data the aim is to make major

progress on the real consumption and use of the housing unit, taking into account the different types of constructions as well as family and social situations, aspects highlighted by Abrahamse *et al.* as key in the consumption of residential buildings (17). There are additional plans to draw up a proposal for individualised intervention for each building based on these data and energy audits.

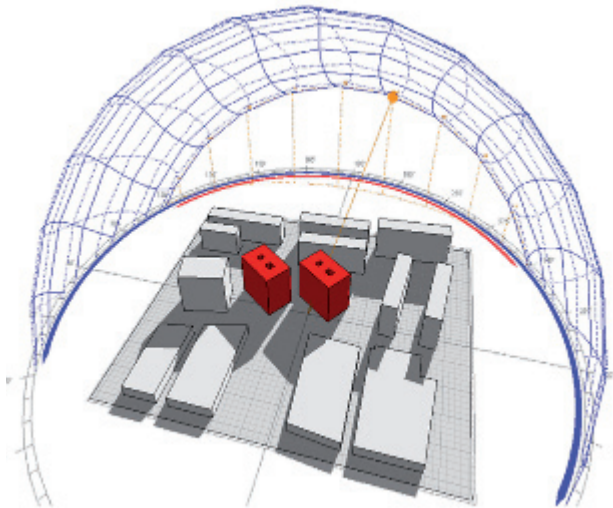
This pilot project will implement ICT solutions in 700 subsidised housing units in Malaga in southern Spain (Malaga) and 1000 housing units in the north of France, dating from various periods between the 1960s and 1990s. The information on water and electricity consumption will be compiled in real time by the water (EMASA) and electricity (ENDESA) companies using tele-measurement systems (Figure 10), with hourly or multi-hourly profiles. This information will be processed in a common management application and then broadcast in several layers –energy supervisor and user layers– and transmitted via ICT solutions: social networks, SMS, internet access and TDT-Television (Figure 9). This information will be processed to enable common users to improve management and optimise consumption, both through feedback and peer comparison processes (18).



10

The auditing processes (Figure 11) still under development reflect how difficult it is to reach solutions with sufficient optimum cost and energy-economy profitability to justify their execution. This aspect is of particular interest, as following this analysis most of the proposals considered by the administrations in their plans and blueprints for energy retrofitting should be rejected and others developed that are more suited to the particularities of the area and construction typologies. In the initial studies carried out, actions on façades did not in fact result in efficient reduction of cost and energy consumption, and this in turn prompted a rethinking of traditional intervention strategies.

9



11

## 7. CONCLUSIONS

Use and intensity patterns must be adapted specifically to the south of Spain and its socio-economic profiles. It is essential to reduce the gap between these analysis patterns and reality to carry out more precise assessments of the options for intervention and their energy repercussions.

The margin of tolerance in the indoor comfort conditions of inhabitants of social housing in the south of Spain is greater than that assumed by general regulations, so that there is less use of heating systems than expected (and only at certain points, not all over the housing unit) and cooling systems. Many of these homes do not yet have over-all efficient heating/cooling equipment and their use is highly sporadic.

Users of a low socio-economic level do not consider the energy problem a priority given its limited impact on the family economy,

## REFERENCES

- (1) IDAE. (2011). SECH-SPAHOUSEC Project: Analysis of the Energy Consumption in the Spanish Residential Sector. Final Report, Spanish Institute for Energy Diversification and Saving, Madrid.
- (2) European Commission. (2011). Energy Roadmap 2050.
- (3) Government of Spain. (2011). Energy Saving and Efficiency Action Plan 2011-2020. Spanish Institute for Energy Diversification and Saving, Madrid.
- (4) IDAE. (2011), Annual Report on Energy Indicators: Year 2011, Spanish Institute for Energy Diversification and Saving, Madrid.
- (5) Ministry for the Presidency of the Government of Spain. (2013). Royal Decree 235/2013, of 5 April, approving the basic procedure for the certification of energy efficiency in buildings, Madrid.
- (6) AICIA - Thermotechnics Group of the Higher School of Industrial Engineers of the University of Seville. (2009). *Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER*. Spanish Institute for Energy Diversification and Saving, Madrid.
- (7) European Parliament and European Council. (2002). Directive 2002/91/CE of 16 December 2002 on energy performance in buildings.
- (8) European Parliament and European Council. (2013). Directive 2010/31/UE of 19 May 2010 on energy performance in buildings (revised).

**GROUP 5:** COD 5 and 6

The code blocks number 5 and 6 conform a group, because by proximity and for being identical blocks they can share district solutions.

**Plans:**

Location map:

Description of the site	
Type of building	Residential blocks
Location	Plaza de Méjico 2000, 4º D. 2
Year of construction	8
Year of construction	2002
Energy analysis	Presence of double level of brick walls air chamber, floor with plaster mortar and finished with fine paint.
% of awnings	8%
% of inhabitants	20%
HVAC equipment (heating system)	None, not exist a centralized system from the project. There would be individual equipment (not documented)
Level of retrofitting	Retrofitting Project (EJY13ER) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repair specific in low level of the levels.</li> <li>- Removal of non-removable barriers</li> <li>- Remodelling of the supply and sanitation networks.</li> <li>- Renovation of the electric grid.</li> <li>- Renovation and improvement of the elevators and their safety.</li> </ul>
Category elevator	2 units Model: SUD 200g, Model: SUD

and they simply accept environmental conditions that are far from comfortable.

Given that the individual study of each case, including the socio-economic characteristics of inhabitants, is crucial, it should be emphasised that it is impossible to develop catalogues of solutions or establish generic interventions.

## ACKNOWLEDGEMENTS

This article is based on the work carried out for the EFFICACIA and AMEC projects, financed by the Andalusian Technological Corporation and EMVISESA and SODINUR S.L., and on the EnergyTIC project, funded by the European Commission, EnergyTIC consortium and Wind Inertia Technologies S.L. The authors wish to express their thanks for the technical and financial support received as well as for invaluable information and collaboration from the companies above.

11. Energy assessment studies for groups of buildings (EnergyTIC).

- (9) Sendra, J.J., Domínguez, S., León, A.L. et al. (2011). *Proyecto Eficacia. Optimización Energética en la Vivienda Colectiva*. pp.1-140. Publicaciones Universidad de Sevilla.
- (10) Domínguez, S. (2012). The Spanish Construction Market, an Outlook to residential sector: The importance of the renovation. 6th Daikin Europe KONWAKAI. Barcelona, Spain.
- (11) León, A.L., Muñoz, S., León, J., Bustamante, P. (2010). Monitorización de variables medioambientales y energéticas en la construcción de viviendas protegidas: Edificio Cross-Pirotecnica en Sevilla. *Informes de la Construcción*, 62(519): 67-82. doi:10.3989/ic.09.045.
- (12) Domínguez, S., Sendra, J.J., León, A.L., Esquivias, P. (2012). Towards Energy Demand Reduction in Social Housing Buildings: Envelope System Optimization Strategies. *Energies*, 5(7): 2263-2287.
- (13) AENOR. (2002). UNE-EN ISO 7726:2002. Ergonomics of the thermal environment. Instruments for measuring physical quantities. AENOR, Madrid.
- (14) Thomsen, K., Wittchen, K., EuroACE. (2008). SBI 2008:07: European national strategies to move towards very low energy or passive buildings, SBI, Statens Byggeforskningsinstitut, Danish Building Research Institute, Aalborg, Denmark.
- (15) EnergyTIC consortium. (2013). EnergyTIC: Technology, Information and Communication services for engaging social housing residents in energy and water efficiency.[Online]. Available: [http://ec.europa.eu/information\\_society/apps/projects/factsheet/index.cfm?project\\_ref=270947](http://ec.europa.eu/information_society/apps/projects/factsheet/index.cfm?project_ref=270947).
- (16) Wilhite, H., Ling, R. (1995). Measured energy savings from a more informative energy bill. *Energy and Buildings*, 22(2): 145-155.
- (17) Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., Rothengatter, T. (2007). The effect of tailored information, goal setting, and tailored feedback on household energy use, energy-related behaviors, and behavioral antecedents. *Journal of Environmental Psychology*, 27(4): 265-276.
- (18) Domínguez, S., Fernandez-Agüera, J., Escandon, R., Domínguez, E. (2013). Methodology of the data processing with ICT solutions for the evaluation of the energy and water savings. *Advanced Materials Research*, 689: 158-162. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.689.158.

\* \* \*



# Intervención energética en el sector residencial del sur de España: Retos actuales

## *Energy intervention in the residential sector in the south of Spain: Current challenges*

J.J. Sendra<sup>(\*)</sup>, S. Domínguez-Amarillo<sup>(\*)</sup>, P. Bustamante<sup>(\*)</sup>, A.L. León<sup>(\*)</sup>

### RESUMEN

En los edificios de viviendas españoles podemos estimar que la mitad del consumo energético se debe a los sistemas de calefacción y refrigeración. En general, resulta aconsejable invertir en proyectos de rehabilitación para limitar su demanda energética, sin embargo, aunque las intervenciones energéticas puedan suponer un significativo potencial de ahorro de energía, habría que manifestar que en muchas situaciones, especialmente en el área sur, no siempre será así, con desviaciones importantes de los comportamientos energéticos esperados. Investigaciones recientes sobre edificios de viviendas protegidas en el Sur de España señalan que no existe habitualmente una relación directa entre demanda de energía y uso real de la misma, asociado el bajo consumo a una carencia de prestaciones de confort. Para rentabilizar las actuaciones es fundamental profundizar en investigación y caracterización de estos comportamientos. En este contexto, se han desarrollado los proyectos de EFFICACIA, AMEC y el proyecto europeo EnergyTIC.

### SUMMARY

*It can be estimated that approximately half of energy consumption in Spanish residential buildings derives from heating and air conditioning systems. It is therefore advisable to invest in retrofitting projects to reduce energy demand. However, although as a rule energy interventions are expected to bring about significant potential energy savings, it should be noted that this is often not so straightforward, particularly in southern Spain, where there are significant deviations from the expected energy scenario. Recent research shows that in many cases there is no direct relationship between energy demand and real energy use, and the low energy rate is combined with deficiencies in comfort conditions. In order to ensure the real cost-efficiency of the actions is essential, further research for defining these behaviours. The European EnergyTIC project is a continuation of the work already carried out in this context by the EFFICACIA and AMEC research projects.*

113-98

**Palabras clave:** Eficiencia energética; rehabilitación energética; monitorización; "low energy"; sector residencial.

**Keywords:** Energy efficiency; energy retrofitting; monitoring; low energy buildings; residential sector.

<sup>(\*)</sup> Inst. Universitario de Arquitectura y Cs. de la Construcción - Universidad de Sevilla (España).  
Persona de contacto/Corresponding author: jsendra@us.es (J.J. Sendra)



**1ER PREMIO - Revista**  
*INFORMES DE LA CONSTRUCCIÓN-*  
**al mejor artículo del "I**  
**Congreso Internacional y III**  
**Nacional de Construcción**  
**Sostenible y Soluciones**  
**Eco-eficientes".** Sevilla,  
España. 20 de mayo de 2013.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los diferentes análisis realizados sobre el consumo energético nacional indican que el sector de edificios residenciales tiene una alta responsabilidad sobre el mismo, representando ese consumo, para el año 2010, el 17% de la energía final y hasta el 25% de la demanda de energía eléctrica, y con tendencia al alza en los próximos años (1). Ante estas magnitudes, el ahorro de energía en este sector es uno de los principales medios propuestos por la administración pública para alcanzar el escenario europeo de reducción de la emisión de CO<sub>2</sub> en un 50-85% para el año 2050 (2). De hecho, el Plan Energético Nacional propone para el 2020 un objetivo de ahorro energético del sector edificatorio del 15,6% de la reducción global (3). Es necesario indicar que en los edificios residenciales españoles, aproximadamente, la mitad de ese consumo se produce por los sistemas de calefacción (en torno al 47% del total) y refrigeración (alrededor del 0,8%), incrementándose ligeramente este último en la zona mediterránea, aunque con una mayor influencia sobre la energía primaria, al ser la fuente de energía fundamentalmente eléctrica (1).

Aunque es en el sector terciario donde se suelen concentrar las medidas de ahorro energético, por su mayor intensidad de uso específico, es en el área residencial donde se produce el mayor consumo dentro del sector de la edificación: 14676 ktep de energía final frente a 9540 ktep del sector terciario se consumieron en 2011 (4). Estos datos indican la oportunidad para la rehabilitación energética del parque edificatorio residencial existente, ya que se prevén significativas reducciones del consumo de energía en el uso de viviendas rehabilitadas, aspecto básico tanto a la hora tanto de diseñar las políticas de intervención y asignación de recursos (subsidios, programas públicos de ayudas y subvenciones), como para la entrada en el sector de la edificación de las empresas de servicios energéticos (ESERs).

Sobre estas consideraciones, e incluso sobre escenarios más optimistas, están basadas las herramientas de evaluación del comportamiento energético y las predicciones sobre el ahorro energético. La próxima entrada en vigor del procedimiento de calificación energética de edificios (5) debe acentuar la diferencia entre el consumo de energía de edificios nuevos o rehabilitados y existentes (6). A nivel nacional, todos los procedimientos de evaluación energética derivados de la Directiva 2002/91/CEE y sus actualizaciones (7) (8) están basados en

una metodología general de cálculo de la eficiencia energética (limitación de la demanda energética y calificación energética de edificios nuevos y existentes), y en unas premisas de intensidad y hábitos de uso del edificio, no en todos los casos alcanzados.

Sin embargo, los estudios de campo realizados por nuestro equipo de investigación, sobre comportamiento energético de estos edificios residenciales, arrojan dudas sobre si estas estimaciones de reducción del consumo de energía son realistas, ya que en muchos casos existe un significativo desfase entre la demanda teórica y el consumo real de los usuarios. Factores como la decisión de no mantener condiciones de confort en las viviendas durante los meses más extremos (los usuarios presentan tolerancias importantes a los desvíos respecto a la banda de condiciones de confort), la ausencia de equipos de acondicionamiento térmico globales para toda la vivienda, así como la cada vez menor permanencia diaria de los usuarios dentro de la vivienda (pocas horas de uso e incluso utilización parcial del espacio de la misma), generan un consumo de energía menor al previsible en los modelos actuales utilizados para la evaluación y calificación energética de las viviendas. A estos factores, es necesario añadir la aparición de caracterizaciones de tipo regional, así como aquellas que tienen en cuenta el nivel de renta de los usuarios (9) (10).

Investigaciones realizadas sobre consumos de energía reales de viviendas sociales localizadas en el área meridional española reflejan unos valores que están por debajo de los promedios indicados como de referencia para la Calificación Energética (11). De esta manera, las inversiones de rehabilitación de este tipo de edificios mediante la modificación de sus envolventes, habitualmente fachadas y huecos, suelen ser muy poco efectivas y no rentables. Asimismo, muchas de las operaciones de incorporación de energías renovables en edificios de viviendas existentes pueden ser menos eficaces de lo esperado (12) (9). Todo ello hace muy recomendable realizar una evaluación precisa de cada intervención individual, previa a su toma en consideración.

El objeto de este trabajo es establecer una reflexión sobre las particularidades de la edificación residencial en el Sur de España, en especial sobre la vivienda social, e indicar la necesidad de profundizar en el estudio de estos comportamientos, con objeto de realizar políticas de intervención y actuaciones energéticas eficaces y rentables. Para ello se presentan varios proyectos de

investigación desarrollados por investigadores del grupo: *Arquitectura, Patrimonio y Sostenibilidad: Acústica, Iluminación y Energía*, TEP-130, del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo en Innovación (PAI-DI), realizados en conjuntos de viviendas sociales:

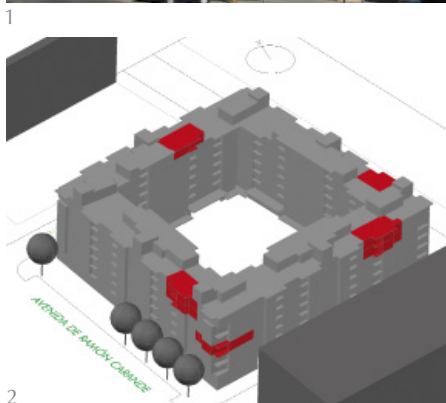
- **Proyectos I+D+i EFFICACIA y AMEC:** monitorización continua de variables ambientales y de uso de la energía, así como evaluación de propuestas estratégicas de intervención energética para la rehabilitación de viviendas de protección oficial y diseño de nuevos edificios.
- **Proyecto I+D+i EnergyTIC:** supervisión del uso de la energía eléctrica y del agua con realimentación de información a los usuarios, incluyendo auditoría y evaluación económica de soluciones de intervención en las barriadas y los edificios.

## 2. INVESTIGACIÓN, ALCANCE Y CASO DE ESTUDIO

Entre los años 2007 y 2011, se llevó a cabo la monitorización de las condiciones ambientales y evaluación de los principales consumos energéticos de un conjunto de 218 viviendas de protección oficial situado en Sevilla, formando parte de sendos proyectos de investigación: el denominado EFFICACIA (2007-2009), financiado por la Corporación Tecnológica de Andalucía, cuyo objetivo principal era investigar en la reducción la demanda y fomento del ahorro energético en la construcción de viviendas protegidas en Andalucía (9). Este proyecto tuvo continuidad, entre los años 2009 y 2011, en otro denominado AMEC.

Como edificio objeto de estudio de ambos proyectos se eligió el conjunto de viviendas protegidas de Cross-Pirotecnica, emplazado en el Barrio "Pirotecnica" del Distrito Sur de la ciudad de Sevilla (Figura 1), con 218 viviendas dispuestas en manzana cerrada, dejando un gran patio central (Figura 2). Este edificio, promovido por EMVISESA dentro del Plan Municipal de Viviendas del Ayuntamiento de Sevilla, fue construido en el año 2005 con la normativa de aplicación anterior a la entrada en vigor del Código Técnico de la Edificación. El edificio presenta una envolvente constructiva de valores estándares cercanos a los límites establecidos por la normativa actual (aunque su construcción es previa al mismo), siendo muy representativo de la forma de construir de su periodo.

Las labores de investigación se llevaron a cabo aplicando una metodología de trabajo en la que se plantearon cuatro tareas específicas, entre ellas conocer la demanda y consumo energético, en tiempo real, de



1. Vista de la fachada oeste.
2. Viviendas monitorizadas.

este conjunto de viviendas en régimen de alquiler, mediante su monitorización, así como conocer los hábitos de consumos de sus inquilinos. Los resultados, análisis y conclusiones de ambas tareas fueron descritos en León *et al.* (11) y Sendra *et al.* (9).

## 3. MONITORIZACIÓN DE LAS VIVIENDAS

El objetivo de la instalación de monitorización fue registrar y analizar las medidas de las variables medioambientales y de los consumos energéticos realizadas *in situ* en un periodo de tres años (octubre 2008 – noviembre 2011), en una situación real de ocupación, a diferencia de otros métodos alternativos en los que, para evitar las posibles perturbaciones que introducen los usuarios, se han realizado sobre viviendas sin ocupar para posteriormente corregir los resultados mediante la aplicación de determinados protocolos de comportamiento de los usuarios.

En las ocho viviendas seleccionadas (Figura 2) se midieron las variables medioambientales (temperatura, humedad relativa, niveles de CO<sub>2</sub>), los consumos energéticos (agua caliente, calefacción, climatización, energía eléctrica), y se registraron variables que dan información sobre las condiciones de uso de las viviendas (detectores de presencia y contactores magnéticos en las ventanas, etc.). Esta información sirvió para extrapolar los resultados al resto de las viviendas. En la instalación del sistema de monitorización se siguió lo dispuesto en el protocolo indicado por la norma UNE-EN ISO 7726:2002 (13).

- 3. Temperaturas medias mensuales interiores de las viviendas por orientación.
- 4. Demanda de potencia diaria para un periodo anual. Series mensuales.

Los análisis se realizaron en periodos semanales (distinguiendo días laborables y fines de semana), mensuales, estacionales y anuales.

### 3.1. Monitorización de las temperaturas interiores

El registro de las temperaturas en las viviendas monitorizadas (Figura 3), cualquiera que sea su orientación, nos muestra cómo se producen, en general, condiciones ambientales interiores alejadas del área de confort en verano y en invierno, incluso comparándolas con los valores de consigna más flexibles, llegando a alcanzarse situaciones muy extremas para las orientaciones poco favorecidas (norte en invierno y oeste en verano). En invierno (periodo de noviembre a febrero) la temperatura media ambiental interior en el conjunto de las 8 viviendas monitorizadas fue de 17,6 °C, inferior a la considerada de confort. Los valores mínimos, como era de esperar, se alcanzaron en las dos viviendas orientadas

eminentemente al norte, donde la temperatura media medida en ese periodo invernal fue de 17,0 °C. Por el contrario, durante los meses de verano (de junio a septiembre) la temperatura media interior ascendió hasta los 29,5 °C, con valores máximos registrados en las dos viviendas orientadas al oeste, donde se alcanzaron valores medios de la temperatura de 30,4 °C.

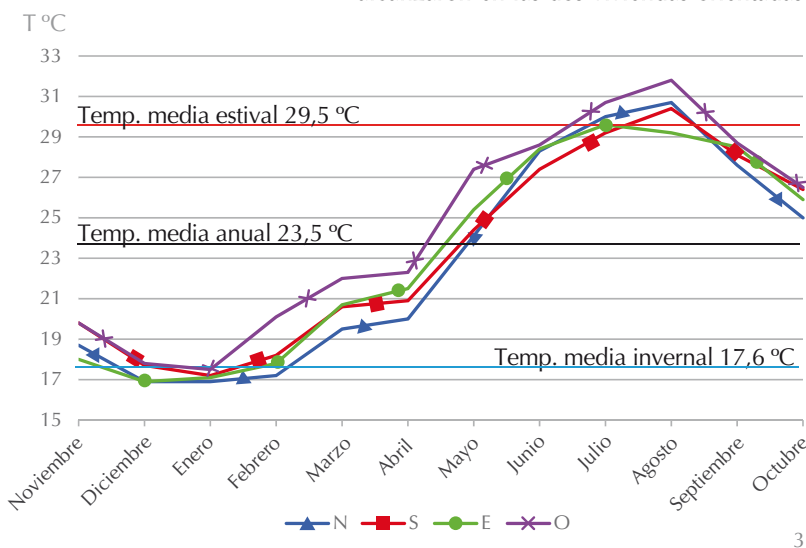
Así pues, el salto térmico de las temperaturas medias en el conjunto de las viviendas entre el periodo estival e invernal está en torno a 12 °C, superando ampliamente los límites superior e inferior de la franja de confort en esas dos estaciones. Esta situación observada en estas viviendas monitorizadas de Sevilla se podría extrapolar a un gran número de las viviendas protegidas construidas en Andalucía. Hay, por tanto, durante un gran número de horas al año, una carencia de condiciones de confort en el interior de las viviendas, que frecuentemente, en el caso de invierno, en las viviendas andaluzas lo intentan resolver los usuarios mediante el uso de equipos calefactores locales eléctricos, como los tradicionales “braseros”, tan ineficientes desde el punto de vista energético.

### 3.2. Monitorización de los consumos

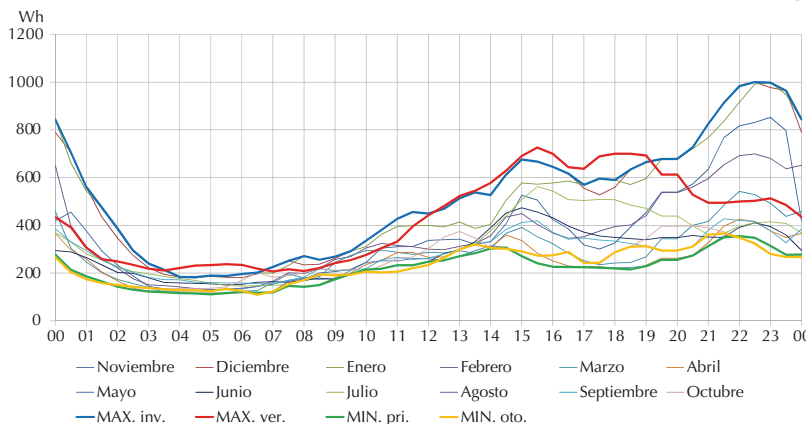
Esta situación real de carencia de confort interior en las viviendas protegidas andaluzas, en un gran número de horas al año, da lugar a la existencia de edificios con consumos energéticos muy por debajo de lo esperable dada la naturaleza de su envolvente, alcanzando valores propios de estándares de edificios *Low Energy* (14) (Figura 4), basta compararlos con los valores de referencia para calefacción y refrigeración en Sevilla a efectos de calificación energética (Tabla 1).

En periodos de media estación, los consumos medios diarios presentan una clara coincidencia en los valores mínimos, tanto en primavera como en otoño, por lo que se podría afirmar que corresponden a equipos que no son de refrigeración o calefacción, limitados pues a electrodomésticos, iluminación, equipos informáticos y *standby* de los equipos audiovisuales. Esta hipótesis nos permite, mediante un estudio comparativo, establecer los consumos debidos a calefacción (invierno) o refrigeración (verano) (Figura 5).

El conjunto de viviendas carece de un sistema colectivo de producción para calefacción o refrigeración. Tan solo cinco de las ocho viviendas, cuando comenzó la monitorización, poseían sistemas individuales de equipos partidos (bomba de calor), con



3



4

Tabla 1. Demanda de potencia diaria para un periodo anual. Series mensuales.

Localidad	Demanda calefacción kWh/m <sup>2</sup>	Demanda refrigeración kWh/m <sup>2</sup>	Demanda ACS kWh/m <sup>2</sup>	Emisiones calefacción kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Emisiones refrigeración kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	Consumo E. Primaria calefacción kWh/m <sup>2</sup>	Consumo E. Primaria refrigeración kWh/m <sup>2</sup>
Sevilla	16,6	23,4	12,3	5,3	5,9	24,1	23,9

unidades interiores situadas fundamentalmente en los salones, cuyo consumo eléctrico fue monitorizado.

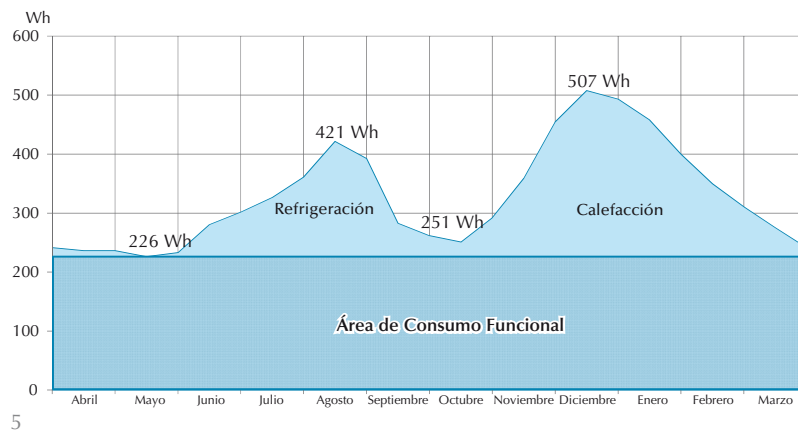
En el periodo estival, en las viviendas que fue supervisado el consumo de refrigeración, sólo fueron utilizados los equipos en las semanas más calurosas de los meses julio, cuando las temperaturas interiores se acercaban a los 30 °C. La mayor parte del consumo eléctrico procede del uso de aparatos portátiles de ventilación, mostrándose tan sólo de forma algo más significativa en las primeras horas de la tarde con el uso de los equipos de refrigeración.

En el periodo invernal, la calefacción tan sólo provenía de sistemas poco eficientes energéticamente, basados en el efecto Joule, utilizados a primera hora de la mañana (dormitorios y baño) y las primeras horas de la noche (en salón, principalmente mediante “braseros”). En ningún caso se observó un consumo apreciable de las bombas de calor para calentar las viviendas. La inadecuada elección de los equipos deriva en un mayor consumo de los equipos de calefacción, claramente por encima de los de refrigeración (Figura 5).

En las viviendas monitorizadas los consumos anuales de calefacción, en términos de energía final, son 1435 kWh y 713 kWh, respectivamente, es decir, con una relación prácticamente de 2/1.

Como las viviendas monitorizadas tienen una superficie útil media de 58,83 m<sup>2</sup>, podemos obtener esos consumos de calefacción y refrigeración por unidad de superficie y, tras utilizar los factores de conversión, expresarlos en términos de energía primaria y compararlos con los valores de referencia establecidos para Sevilla en el procedimiento final a efectos de calificación energética (Tabla 1). Para calefacción se obtiene un consumo de energía primaria monitorizado de 24,70 kWh/m<sup>2</sup>, muy similar a los 24,10 kWh/m<sup>2</sup> del valor de referencia, clara consecuencia de la ineficiencia energética de los calefactores eléctricos locales mayoritariamente utilizados, ya que ese consumo va asociado a una desviación notable de la temperatura media en invierno respecto de la banda de confort.

Sin embargo, el consumo de energía primaria para refrigeración monitorizado, con equipos en cinco de las ocho viviendas más eficientes energéticamente, sería de 12,12 kWh/m<sup>2</sup>, prácticamente la mitad del valor de referencia de 23,90 kWh/m<sup>2</sup>, en parte también debido a que se producen desviaciones importantes de la temperatura media en verano respecto de la banda de



confort. Por tanto, el potencial para conseguir ahorros es muy inferior al estimado para este tipo de edificaciones.

5. Demanda media de potencia para un periodo anual.

Por tanto, es posible observar que, en muchos casos, no existe una relación directa entre demanda de energía y uso real de la misma, lo que ocasiona, por un lado, una menor capacidad real de reducción del consumo en estos edificios del estimado para este tipo de edificaciones, y, por otro, la falta de percepción por parte de los usuarios de la importancia del problema, lo que alarga significativamente los periodos de retorno de las intervenciones energéticas, y provoca que muchas de ellas supongan un efectivo aumento del consumo de energía respecto a la situación inicial (aunque supongan una mejora de las prestaciones).

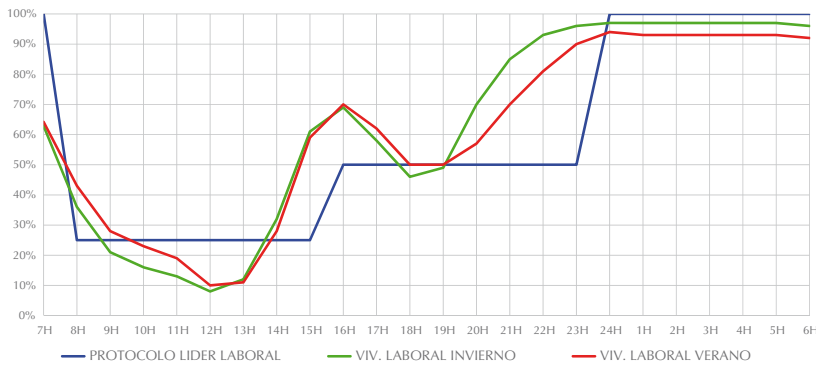
Para valorar todo esto, el estudio de monitorización se completó con una serie de encuestas realizadas a los usuarios sobre sus hábitos de ocupación y consumo.

#### 4. ENCUESTA A USUARIOS SOBRE HáBITOS DE OCUPACIÓN Y DE CONSUMO

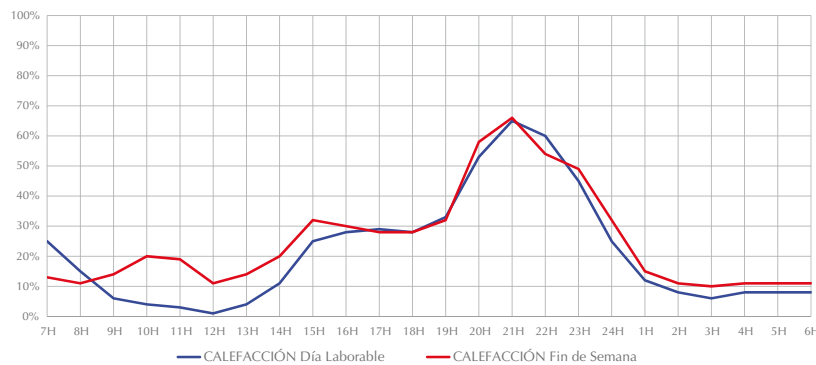
La instalación de monitorización se complementó con una serie de encuestas (67 en total) sobre los hábitos de consumo de los inquilinos de las viviendas objeto de estudio, con la finalidad de obtener correlaciones entre los consumos energéticos y dichos patrones de comportamiento. Se elaboraron dos tipos de encuestas: invierno y verano. En ellas se contemplaban aspectos como los datos de la unidad familiar, ocupación media diaria por habitante, régimen de uso de la vivienda y horas de utilización de equipos domésticos de todo tipo, incluidos los de calefacción/refrigeración.

En la Figura 6 se muestran los resultados de ocupación media diaria, en días laborables, así como su comparación con el protocolo utilizado por el programa LIDER.

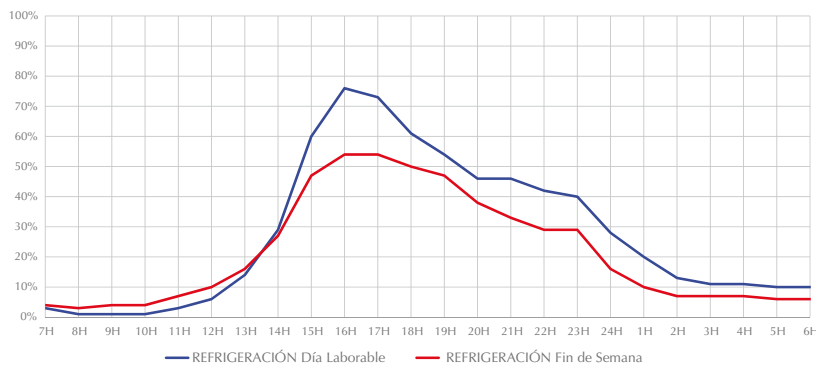
A partir de los datos obtenidos mediante la monitorización y las encuestas, pudo



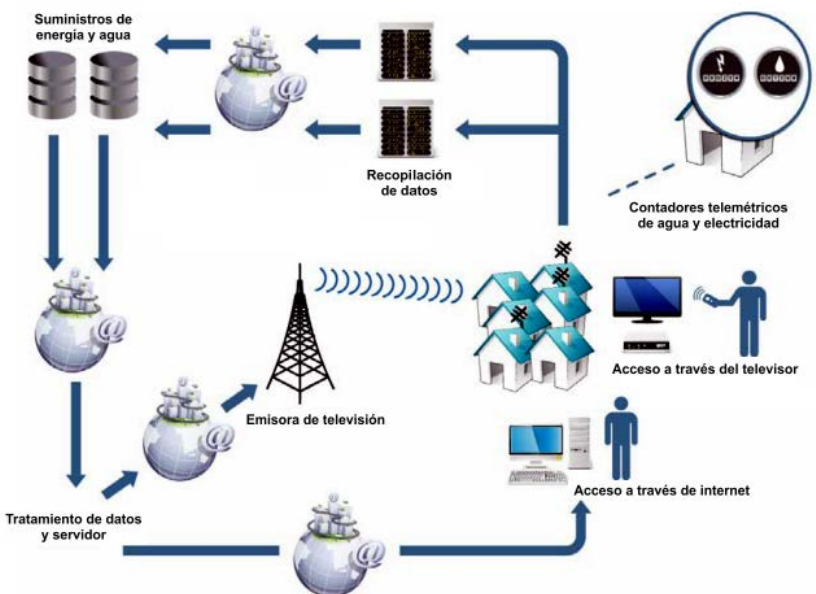
6



7



8



9

comprobarse que los regímenes de ocupación de las viviendas presentaban un alto índice de variabilidad, alejados de los regímenes de uso fijados por los programas de referencia (LIDER y CALENER) (6).

Los resultados de las encuestas reflejaron un escaso hábito del uso de calefacción en el periodo invernal (Figura 7) y de refrigeración en el periodo estival (Figura 8), con poca dependencia del régimen de uso de la vivienda, dado que las diferencias entre esos hábitos en días laborables y en fines de semana no eran muy significativas. Esta reducida utilización de la calefacción y refrigeración no se corresponde con unas condiciones ambientales interiores cercanas a las de confort en esos dos periodos extremos, como ya expusimos en 3.1. (Figura 3).

Como cabía esperar, tanto en días laborables como en fin de semana, la franja horaria de mayor uso de la calefacción se producía entre las 19 h y 23 h, y de mayor uso de la refrigeración entre las 15 h y las 18 h, lo que resultaba consecuente con la lectura de los consumos en esos dos periodos.

Si bien existe una correlación entre los horarios de consumo de los sistemas de calefacción y de climatización indicados en las encuestas por los inquilinos y los observados en las lecturas de los datos monitorizados, los consumos reales son inferiores a los que cabría esperar, pues ni la frecuencia de ocupación ni la de uso son constantes para todos los días, especialmente en periodo estival (y sobre todo los fines de semana), época del año donde la menor ocupación de las viviendas incide en un menor consumo de los sistemas de refrigeración, como se ha indicado anteriormente en 3.2.

### 5. NUEVOS RETOS Y VÍAS PARA EL CONOCIMIENTO DEL USO Y CONTROL DE LA ENERGÍA EN LAS VIVIENDAS PROTEGIDAS

Los dos proyectos I+D+i anteriormente mencionados tienen su continuidad en un tercer proyecto denominado EnergyTIC *Technology, Information and Communication services for engaging social housing residents in energy and water efficiency* (15), financiado por la Unión Europea y el consorcio EnergyTIC, actualmente en desarrollo, el cual se orienta fundamentalmente en la supervisión y aprendizaje del uso de la energía en viviendas sociales en Andalucía, incorporando la realidad de información a los ocupantes, de manera que será posible la identificación de las medidas de ahorro en el consumo más eficaces en cada situación, así como permitirá reforzar las conclusiones de trabajos anteriores.

El proyecto EnergyTIC (Figura 9) es un proyecto piloto para la evaluación del uso de herramientas TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) para la aportación al usuario de información asequible (Figura 10), y de fácil comprensión, que pueda modificar sus hábitos de uso para optimizar sus consumos y conseguir ahorros mediante la adopción de buenas prácticas individualizadas (16). De forma paralela, mediante la adquisición de los datos de consumo y su análisis, se pretende conseguir un importante avance sobre los hábitos de consumos reales y de uso de la vivienda, en relación con las diferentes tipologías constructivas, así como situaciones familiares y sociales, aspectos destacados por Abrahamse *et al.* como fundamentales en el consumo de los edificios residenciales (17). Adicionalmente se pretende elaborar una propuesta de intervención individualizada para cada conjunto edificatorio basado en estos datos y en auditorías energéticas.



10

En este proyecto piloto se implementarán las soluciones TIC sobre 700 viviendas sociales en el Sur de España (Málaga) y 1.000 viviendas en el norte de Francia de diferentes periodos abarcando edificios entre los años 60 y los 90. La información de consumo de agua y energía eléctrica será recopilada en tiempo real por las compañías de

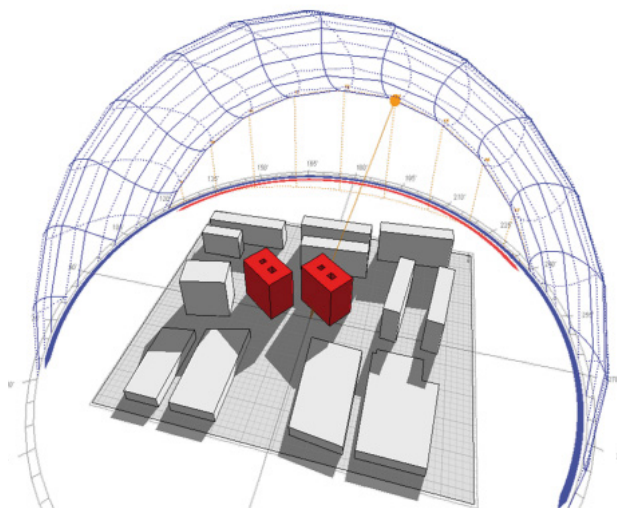
agua (EMASA) y eléctricas (ENDESA), con perfiles horarios o multihorarios, mediante sus sistemas de tele-lectura (Figura10). Será tratada en una aplicación de gestión común para convertirse en información de utilidad, la cual será difundida en varias capas: la del supervisor energético y la capa usuario, y será transmitida mediante soluciones TIC: redes sociales, SMS, acceso internet y vía TDT-Televisión (Figura 9). Esta información será preparada para poder permitir a los usuarios su mejor gestión y optimización de sus consumos, tanto por procesos de realimentación como por comparación con pares (18).

Los procesos de auditoría (Figura 11), aún en ejecución, reflejan una gran dificultad para alcanzar soluciones de coste óptimo y rentabilidad energético-económica suficiente que justifiquen su ejecución. Este aspecto es de especial interés, ya que la mayoría de las propuestas barajadas por las administraciones en sus programas u hojas de ruta para la rehabilitación energética deben ser descartadas bajo este análisis y desarrolladas otras más adecuadas que atiendan a las particularidades de esta zona y tipologías edificatorias. En particular, en los primeros estudios realizados, las actuaciones sobre fachadas no dan lugar a reducciones eficientes, en relación a su coste, del consumo de energía, lo cual obligaría a replantear las estrategias tradicionales de intervención.

## 6. CONCLUSIONES

Los patrones de uso e intensidad de uso deben ser particularizados para la región sur de España y adaptarlos a sus perfiles socio-económicos. Es necesario acercar la diferencia entre esos patrones de análisis y la realidad para poder realizar evaluaciones más precisas de las opciones de intervención y sus repercusiones energéticas.

6. Ocupación media diaria en invierno y verano. Días laborables (lunes a viernes).
7. Hábitos de uso de calefacción.
8. Hábitos de uso de climatización.
9. Flujos de Información del sistema Etic.
10. Interfaz de usuario vía Internet.
11. Estudios de evaluación energética de grupos de edificios (EnergyTIC).



11

GROUP 5:	COD 5 and 6																
<p>The code blocks number 5 and 6 conform a group, because by proximity and for being identical blocks they can share district solutions.</p>																	
<p>Plans:</p>																	
<p>Location map:</p>																	
<p>Description of the set:</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Type of building</td> <td>Isolated block</td> </tr> <tr> <td>Location</td> <td>Padre de Hoyos street, nº 1, 3</td> </tr> <tr> <td>Nº floors</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Year of construction</td> <td>1962</td> </tr> <tr> <td>Envelope analysis</td> <td>Facade of double leaf of brick with air chamber, lined with plaster mortar and finished with lime paint.</td> </tr> <tr> <td>Nº of dwellings</td> <td>64</td> </tr> <tr> <td>Nº of inhabitants</td> <td>188</td> </tr> <tr> <td>MVIC equipment (heating system)</td> <td>Does not exist a centralized system from the project. There could be individual equipment (not documented).</td> </tr> </tbody> </table>		Type of building	Isolated block	Location	Padre de Hoyos street, nº 1, 3	Nº floors	8	Year of construction	1962	Envelope analysis	Facade of double leaf of brick with air chamber, lined with plaster mortar and finished with lime paint.	Nº of dwellings	64	Nº of inhabitants	188	MVIC equipment (heating system)	Does not exist a centralized system from the project. There could be individual equipment (not documented).
Type of building	Isolated block																
Location	Padre de Hoyos street, nº 1, 3																
Nº floors	8																
Year of construction	1962																
Envelope analysis	Facade of double leaf of brick with air chamber, lined with plaster mortar and finished with lime paint.																
Nº of dwellings	64																
Nº of inhabitants	188																
MVIC equipment (heating system)	Does not exist a centralized system from the project. There could be individual equipment (not documented).																
<p>Level of retrofitting</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td>Retrofitting Project (06/2003)</td> <td> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Repair specific elements of the cover.</li> <li>- Removal of architectural barriers.</li> <li>- Remodeling of the supply and sanitation network.</li> <li>- Renovation of the electric grid.</li> <li>- Renovation and improvement of the elevators and their safety.</li> </ul> </td> </tr> </tbody> </table>		Retrofitting Project (06/2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repair specific elements of the cover.</li> <li>- Removal of architectural barriers.</li> <li>- Remodeling of the supply and sanitation network.</li> <li>- Renovation of the electric grid.</li> <li>- Renovation and improvement of the elevators and their safety.</li> </ul>														
Retrofitting Project (06/2003)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repair specific elements of the cover.</li> <li>- Removal of architectural barriers.</li> <li>- Remodeling of the supply and sanitation network.</li> <li>- Renovation of the electric grid.</li> <li>- Renovation and improvement of the elevators and their safety.</li> </ul>																
<p>Community elevator</p> <table border="1"> <tbody> <tr> <td></td> <td>2 units (Model: GEXX 300kg/4persons)</td> </tr> </tbody> </table>			2 units (Model: GEXX 300kg/4persons)														
	2 units (Model: GEXX 300kg/4persons)																

El margen de tolerancia en las condiciones interiores de confort de los habitantes de las viviendas sociales de sur de España es mayor que el asumido desde la normativa general, lo que da origen a un menor uso de los equipos de calefacción (o al menos solo usos localizados, no generalizados a toda la vivienda) y de refrigeración. Más allá de que todavía muchas de estas viviendas no están dotadas de equipos eficientes para calefacción/refrigeración, menos aún de manera global, cuando sí lo están su uso es muy esporádico.

Los usuarios de bajo nivel socio económico no perciben el problema energético como una prioridad, dado su poco impacto en las economías familiares, asumiendo condiciones de ambientales muy alejadas del confort.

Es fundamental destacar que no es posible el desarrollo de catálogos de soluciones, ni establecer intervenciones genéricas, siendo fundamental el estudio particularizado de cada caso, incluyendo las características socio-económicas de sus habitantes.

## AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación está basada en los trabajos realizados para los proyectos EFFICACIA y AMEC, financiados por la Corporación Tecnológica de Andalucía y las empresas EM- VISESA y SODINUR S.L., y el proyecto EnergyTIC, financiado por la Comisión Europea y la empresa Wind Inertia Technologies S.L. Los autores desean expresar su agradecimiento por el soporte técnico y financiero, así como la inestimable información y colaboración realizada por las empresas.

## REFERENCIAS

- (1) IDAE. (2011). Proyecto SECH-SPAHOUSEC: Análisis del Consumo Energético del Sector Residencial en España. Informe Final, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid.
- (2) European Commission. (2011). Energy Roadmap 2050.
- (3) Gobierno de España. (2011). Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid.
- (4) IDAE. (2011). *Informe Anual de Indicadores Energéticos: año 2011*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid.
- (5) Ministerio de Industria, Energía y Turismo y Ministerio de Fomento del Gobierno de España (2013). Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios, Madrid.
- (6) AICIA - Grupo de Termotecnia de la Escuela Superior de Ingenieros Industriales de la Universidad de Sevilla. (2009). *Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid.
- (7) Parlamento Europeo y Consejo de Europa. (2002). Directiva 2002/91/CE de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios.
- (8) Parlamento Europeo y Consejo de Europa. (2013). Directiva 2010/31/UE de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición).
- (9) Sendra, J. J., Domínguez, S., León, A. L., et al. (2011). *Proyecto Efficacia. Optimización Energética en la Vivienda Colectiva*. pp. 1-140. Publicaciones Universidad de Sevilla. Sevilla.
- (10) Domínguez, S. (2012). The Spanish Construction Market an Outlook to residential sector: The importance of the renovation. En 6th Daikin Europe KONWAKAI. Barcelona, España.
- (11) León, A. L., Muñoz, S., León, J., Bustamante, P. (2010). Monitorización de variables medioambientales y energéticas en la construcción de viviendas protegidas: Edificio Cross-Pirotecnica en Sevilla. *Informes de la Construcción*, 62(519): 67-82, doi: 10.3989/ic.09.045.
- (12) Domínguez, S., Sendra, J. J., León, A. L., Esquivias, P. (2012). Towards Energy Demand Reduction in Social Housing Buildings: Envelope System Optimization Strategies. *Energies*, 5(7): 2263-2287.
- (13) AENOR. (2002). Norma UNE-EN ISO 7726:2002. Ergonomía de los ambientes térmicos. Instrumentos de medida de las magnitudes físicas. AENOR. Madrid.
- (14) Thomsen, K., Wittchen, K., EuroACE. (2008). SBI 2008:07: European national strategies to move towards very low energy or passive buildings, SBI, Statens Byggeforskningsinstitut, Danish Building Research Institute. Aalborg, Denmark.
- (15) EnergyTIC consortium. (2013). EnergyTIC: Technology, Information and Communication services for engaging social housing residents in energy and water efficiency. Disponible on-line en: [http://ec.europa.eu/information\\_society/apps/projects/factsheet/index.cfm?project\\_ref=270947](http://ec.europa.eu/information_society/apps/projects/factsheet/index.cfm?project_ref=270947).
- (16) Wilhite, H., Ling, R. (1995). Measured energy savings from a more informative energy bill. *Energy and Buildings*, 22(2):145-155.
- (17) Abrahamse, W., Steg, L., Vlek, C., Rothengatter, T. (2007). The effect of tailored information, goal setting, and tailored feedback on household energy use, energy-related behaviors, and behavioral antecedents. *Journal of Environmental Psychology*, 27(4): 265-276.
- (18) Domínguez, S., Fernandez-Agüera, J., Escandon, R., Domínguez, E. (2013). Methodology of the data processing with ICT solutions for the evaluation of the energy and water savings. *Advanced Materials Research*, 689: 58-162, doi:10.4028/www.scientific.net/AMR.689.158.

\* \* \*