

05-010

TEST OF LONG-TERM ENERGY DEMANDS FOR THE REHABILITATION OF A MEDITERRANEAN RESIDENTIAL HISTORIC BUILDING

Pérez Andreu, Víctor ⁽¹⁾; Aparicio Fernández, Carolina ⁽²⁾; Vivancos Bono, Jose Luis ⁽²⁾

⁽¹⁾ UCLM, ⁽²⁾ Universitat Politècnica de València

Energy efficiency criteria for the design of local urban rehabilitation policies are revised. This study characterises the demand for air conditioning of a series of typical buildings by simulating the influence of climate change in long-term scenarios. The study carries out contrasted analysis of the information obtained in public databases, with that of energy simulation tests and in situ measurements. The study identifies a popular urbanism from the beginning of the 20th century. Climate projections confirm an increase in the demand for refrigeration. The results show that the urban structure and the climatology of the place bonus a series of passive measures of air conditioning.

Keywords: *Simulation; Building; Energy; Historic Building; Mediterranean; Climate Change*

ENSAYO DE DEMANDAS ENERGÉTICAS A LARGO PLAZO PARA LA REHABILITACIÓN DE EDIFICIO HISTÓRICO RESIDENCIAL MEDITERRÁNEO

Se revisan criterios de eficiencia energética para el diseño de políticas locales de rehabilitación urbana. El estudio caracteriza la demanda de climatización de una serie edificios tipo mediante simulación de la influencia de escenarios de cambio climático, a largo plazo, realizando análisis contrastado de la información obtenida en bases de datos públicas, con la de ensayos de simulación energética y mediciones in situ. Se identifica un urbanismo popular de principios del siglo XX. Las proyecciones climáticas confirman un aumento de la demanda de refrigeración. Los resultados muestran que la estructura urbana y la climatología del lugar bonifica una serie de medidas pasivas de climatización.

Palabras clave: *Simulación; Energía; Edificio Histórico; Mediterraneo; Cambio Climático*

Correspondencia: Víctor Pérez Andreu, victor.pérez@uclm.es



©2019 by the authors. Licensee AEIPRO, Spain. This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

1. Introducción

La Directiva UE 2018/844 (EPBD) señala que el sector de la construcción europeo consume el 40 % de la energía y que en torno al 75 % de los edificios de la comunidad son ineficientes desde el punto de vista energético. Actualmente las políticas públicas se dirigen a la obtención de un parque inmobiliario de alta eficiencia energética y descarbonizado antes de 2050. Desde el punto de vista de una reducción de la demanda energética de las actuaciones a escala de barrio son una estrategia clave. Existen estudios demostrando que la caracterización energética urbana a escalas de barrio facilita la comprensión del problema en su complejidad y proporciona la obtención de resultados efectivos para la caracterización y la planificación de su reconversión (Rode et al., 2014). El estudio que aquí se presenta se inserta en un proyecto por el que se pretende cuantificar la demanda energética de climatización de un barrio en el distrito marítimo de una ciudad litoral mediterránea. Este lugar ya ha sido puesto en valor y convenientemente analizado desde un punto de vista bioclimático (Pastor, 2012). Sin embargo, todavía no existen estudios de cuantificación de la demanda de esa área urbana. Para cubrir este objetivo se están realizando ensayos de caracterización de la demanda de todos los tipos arquitectónicos característicos del barrio y los resultados se proyectarán por métodos estadísticos para proporcionar una caracterización térmica a escala urbana. En este contexto se ha caracterizado el comportamiento térmico de demanda de refrigeración de un tipo arquitectónico representativo del lugar, según los parámetros climáticos actuales, a largo plazo, en un escenario de previsión de clima extremo. Los resultados de los ensayos se presentan en esta comunicación.

Imagen 1. Vista del barrio y ubicación del edificio objeto del estudio.



Fuente Google Maps 2018.

2. Objetivos

Se realizan experimentos de simulación energética para caracterizar la demanda de refrigeración de un tipo edificatorio y se estudia el aprovechamiento de la ventilación natural para la optimización del comportamiento energético de un edificio en época estival, según dos configuraciones constructivas y dos escenarios climáticos. Se estudian los casos correspondientes a la construcción y uso actual del edificio, así como una rehabilitación de su envolvente según los estándares del Documento Básico de Ahorro de Energía del Código Técnico de Edificación (DB-HE CTE). Se consideran también los parámetros climáticos estándar que se establecen para el cumplimiento esta norma, así como los correspondientes

a los cambios de temperatura en un escenario de cambio climático extremo, para el año 2050 (largo plazo establecido por la EPBD), según las previsiones del 5º Informe de la Plataforma Intergubernamental de Cambio Climático, IPCC (AR5). Finalmente se presentan los resultados, su análisis y algunas conclusiones.

3. Caso de estudio

El edificio se ubica en un barrio del distrito marítimo de la ciudad de Valencia contando con la bondad de la brisa marina del mediterráneo. Esta zona urbana está formada en mayor medida con edificaciones populares adosadas, con poca altura y construidas a principios del siglo pasado. La mayoría de estos inmuebles mantiene la configuración arquitectónica y constructiva originaria y tiene uso predominantemente residencial. La trama de calles establece una retícula rectangular con eje principal norte sur que dispone a los edificios con una orientación este-oeste con patios propios al interior. Las manzanas de casas están formadas por tipologías edificatorias que corresponden a un módulo parcelario común que las identifica permitiendo su clasificación tipológica (Pastor, 2012) facilitándose así una posible proyección de los resultados de los tipos a una escala urbana.

El edificio objeto de este estudio se corresponde con una construcción residencial de dos alturas y una cámara diáfana bajo cubierta que se organizan verticalmente entre dos medianeras, de orientación norte y sur, y dos fachadas, la principal al oeste y la posterior de orientación este y recayente a un patio propio en el interior de la manzana. La superficie ocupada en la parcela es de aproximadamente 80 m², el frente de fachada de 7,50m² y una altura de cornisa de 9,00 m². La edificación se ha analizado en régimen de utilización por sus usuarios y no dispone de sistemas de climatización permanentes. La refrigeración se realiza de forma natural a través de las ventanas de la fachada a la calle y al patio interior.

Tabla 1. Características de la envolvente de los modelos de simulación

		Modelos analizados	
	Envolvente	Modelo Actual	Modelo Rehabilitado
Valor U W/m ² K	Fachada	1,35 W/m ² K	0,82 W/m ² K
	Suelo	2,08 W/m ² K	0,82 W/m ² K
	Tejado	1,10 W/m ² K	0,45 W/m ² K
	Huecos	5,87 W/m ² K	4,00 W/m ² K
	Infiltración h ⁻¹	8 h ⁻¹ a 50 Pa	0,6 h ⁻¹ a 50 Pa

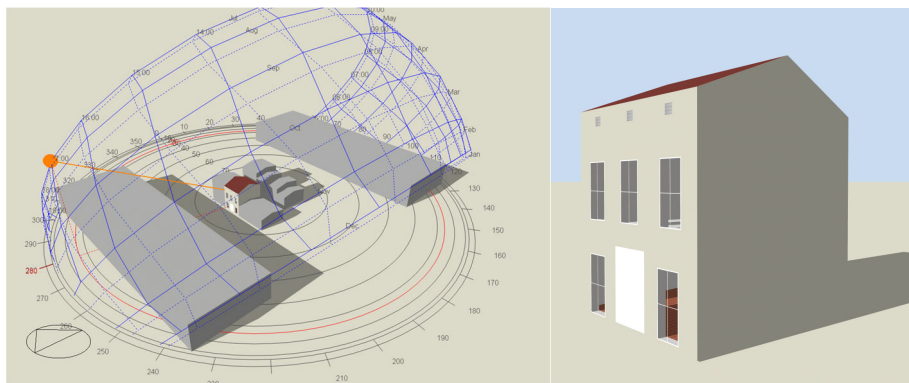
La envolvente del edificio corresponde con una serie de sistemas constructivos tradicionales de la época y lugar de su construcción. La cubierta es inclinada y sin aislamiento. Está formada por forjados de tipo tradicional de vigas y viguetas de madera con una cubrición de teja tradicional que se asienta con mortero sobre un tablero cerámico que a su vez es sustentado por un entramado de correas y cabirones de madera. Los elementos envolventes verticales corresponden con muros estructurales de fábrica de ladrillo macizo en las fachadas y en las medianeras. Los forjados intermedios son tradicionales de viguetas de madera, con revoltones cerámicos y pavimento de baldosas sobre mortero. Las carpinterías son tradicionales de madera de pino y acristalamientos claros y sencillos. Existen persianas enrollables de tipo alicantino para el oscurecimiento de huecos en fachadas. El edificio responde en su totalidad a una construcción tradicional levantina de principios del siglo pasado en su estado constructivo original. Las características térmicas de la envolvente del edificio se transcriben en la Tabla 1.

4. Metodología

La selección del edificio se ha realizado desde el análisis de las tipologías arquitectónicas del entorno. La definición del modelo inicial del edificio se ha realizado mediante un estudio contrastado de la información la obtenida en bases de datos públicas y la procedente de reconocimiento y mediciones realizadas in situ. El modelo base de los ensayos se ha obtenido mediante simulación del comportamiento térmico del modelo inicial y la calibración de este utilizando los datos reales obtenidos por medición y monitorización. Finalmente, este modelo base se ha transformado atendiendo las premisas establecidas para los experimentos: estándares normativos para la envolvente y el sometimiento a diferentes escenarios climáticos en periodo estival.

La caracterización de las demandas energéticas de refrigeración del tipo edificatorio en los diferentes escenarios ensayados se realizado mediante procedimientos de Building Information Modelling (BIM). Los análisis geométricos y solares corresponden a la creación y el procesado de modelos energéticos conceptuales en entorno Revit de Autodesk generados a partir de información catastral codificada en formato DXF y CAT y finalmente ajustada por los datos recogidos in situ. Posteriormente el modelo geométrico del edificio y de su entorno se ha transferido en formato gbXML al conjunto de herramientas de DesignBuilder V5 para la gestión de simulaciones que finalmente son realizadas con el motor de cálculo del programa EnergyPlus V8.6.

Imagen 2. Modelo del edificio y de su entorno.



Perspectiva, planta y alzado del modelo energético empleado. Fuente propia.

Los datos climáticos y térmicos utilizados proceden de diferentes fuentes. Para la caracterización climática del entorno y la monitorización térmica del edificio se ha utilizado una estación Oregon Scientific WMR200 que ha registrado mediciones in situ durante el año 2018. La elección de este dispositivo radica en su simplicidad, su bajo coste, la capacidad de acoplamiento de sensores adicionales que permite la monitorización ambiental del interior del edificio y la utilización de software de código abierto para la obtención y gestión de la información. En nuestro caso se ha utilizado una Raspberry Pi Model 3 con Linux Raspbian instalado para la conexión de la unidad de control, operando MySQL como gestor de bases de datos y el software de código abierto Weewx, como interfaz de operación del sistema de monitorización. Aunque los sensores de humedad y temperatura fueron calibrados los datos obtenidos (temperatura bulbo seco y humedad relativa exterior e interior, datos de velocidad y dirección del viento y pluviométricos) han sido contrastados con los procedentes de la estación meteorológica de AEMET (Agencia Estatal de Meteorología) más próxima. Para la realización de los ensayos de simulación del comportamiento térmico del edificio se

desestimaron las series de datos correspondientes a la dirección y la velocidad del viento obtenidas por el sistema in situ en favor de las procedentes de la estación de AEMET.

La gestión y análisis de series de datos climáticos, de monitorización y de resultados de simulación se ha realizado mediante aplicaciones Weewx, MySQL, Weather, Elements, Dview, además de las tradicionales hojas de cálculo. Los formatos de archivo utilizados por exigencia de los programas corresponden con CSV, TM2, MET y EPW.

Una vez calibrado el modelo inicial, para la realización de los cálculos de demandas del edificio según los estándares normativos, se ha utilizado el fichero meteorológico oficial puesto a disposición por la Secretaría de Estado de Energía (SEE) que es correspondiente a la zona climática de su ubicación.

Para la creación de los datos climatológicos de proyección local según las afecciones del cambio climático a largo plazo se han utilizado herramientas y datos de AEMET. Los procedimientos de obtención de estos datos corresponden con estudios ya realizados (Pérez et al., 2017) siendo aplicables a este caso por corresponder al ámbito de esas previsiones. De esta forma, se ha determinado el empleo del Modelo Global de Circulación (GCM) elaborado por el Max-Plant Institute de Meteorología de Hamburgo (MPI-ESM-LR) junto al escenario de emisiones RCP8.5 que corresponde con el más extremo entre los propuestos por en el IPCC (AR5) y que en conjunto ha podido ser regionalizado mediante las herramientas públicas en línea de AEMET. El procedimiento proporciona proyecciones de temperatura escaladas regionalmente mediante la utilización de procedimientos estadísticos basados en las técnicas de análogos y de regresión lineal (SDSM). El proceso se realiza de forma telemática en el servidor de AEMET y proporciona la descarga de resultados de la información obtenida del proceso seleccionado en forma de serie de temperaturas máximas, mínimas y medias diarias de un año. Posteriormente el usuario puede transformar la información obtenida mediante procedimientos de escalado local. En nuestro caso se ha utilizado el método conocido como “morphing” para la creación de los ficheros climáticos locales en series horarias que son necesarios para las tareas habituales de simulación energéticas de edificios. De esta forma, en este estudio se han empleado ficheros de datos climáticos correspondientes a la serie regionalizada del GCM MPI-ESM-LR y al escenario RCP8.5 obtenidos para el año 2050, escalados para la localidad de Valencia empleando como base el fichero climático correspondiente a la zona que proporciona la SEE.

Finalmente, los modelos del edificio correspondientes a su estado constructivo actual y a su estado rehabilitado según estándares normativos han sido simulados en el entorno climático actual y el obtenido para el año 2050.

Tabla 2. Valores climatológicos normales en Valencia. 1981-2010.

	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DH	DD	I
Ene	11.8	16.4	7.1	36	64	4.4	0	0.3	0.3	9	171
Feb	12.5	17.1	7.8	32	64	3.9	0	0.4	0.1	6	171
Mar	14.4	19.3	9.6	35	63	3.6	0	0.4	0	7.1	215
Abr	16.2	20.8	11.5	37	62	4.8	0	1.1	0	5.2	234
May	19.0	23.4	14.6	34	65	4.3	0	1.8	0	5.9	258
Jun	22.9	27.1	18.6	23	66	2.6	0	1.8	0	9	276
Jul	25.6	29.7	21.5	9	67	1.1	0	1.6	0	13	314
Ago	26.1	30.2	21.9	19	68	2.4	0	1.9	0	10.2	288
Set	23.5	27.9	19.1	51	67	5	0	2.8	0	6.6	234
Oct	19.7	24.3	15.2	74	67	5	0	2.3	0	5.9	202
Nov	5.3	19.8	10.8	51	66	4.3	0	0.5	0	6.7	167
Dic	12.6	17.0	8.1	52	65	4.8	0	0.3	0	7.1	155
Anual	18.3	22.8	13.8	454	65	46.3	0.1	15.3	0.5	93.2	2696

T: Temperatura media mensual/anual (°C), TM: Media mensual/anual de temperaturas máximas diarias (°C), Tm: Media mensual/anual de temperaturas mínimas diarias (°C), R: Precipitación mensual/anual media (mm), H: Humedad relativa media (%), DR: Número mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm, DN: Número medio mensual/anual de días de nieve, DT: Número medio mensual/anual de días de tormenta, DH: Número medio mensual/anual de días de helada, DD: Número medio mensual/anual de días despejados, I: Número medio mensual/anual de horas de sol. Datos procedentes de "Guía resumida del clima en España 1981-2010" (AEMET)

5. Discusión

El clima en el entorno urbano del objeto de estudio corresponde con Csa según la clasificación Köppen-Geiger. Los valores climáticos estándar para la ciudad proporcionados por el observatorio AEMET se muestran en la tabla siguiente.

De la comparación de los valores de esta Tabla 2 con los correspondientes a las décadas comprendidas entre 1971-2000 pueden extraerse valores de la variación del clima en la ciudad. Entre otros valores puede constatarse un aumento de temperatura que representa un calentamiento de la temperatura media y máxima anual de 0,5°C, entre décadas, así como una ligera reducción de las precipitaciones de lluvia y del aumento de los días de cielo raso.

Para las finalidades del estudio del comportamiento térmico del edificio en el escenario de clima futuro es necesario utilizar las previsiones regionalizadas a escala local y obtener los correspondientes ficheros climáticos horarios necesarios para la simulación. En nuestro caso se ha establecido un largo plazo, año 2050, bajo el escenario GCM MPI-ESM-LR RCP8.5 por ser uno escenarios más extremos de previsión futura del clima Csa. La razón de esta elección corresponde con el objetivo de conocer el alcance de las medidas de ventilación natural en un edificio representativo del barrio según su configuración constructiva actual y la normalizada, en esas condiciones climáticas.

Los resultados de medias mensuales del clima de referencia comparadas con las previsiones más extremas RCP 8.5 de estos modelos pueden observarse en la Tabla 3.

Tabla 3. Diferencias de medias de temperatura del período de 2048 y 2052 respecto a 1990.

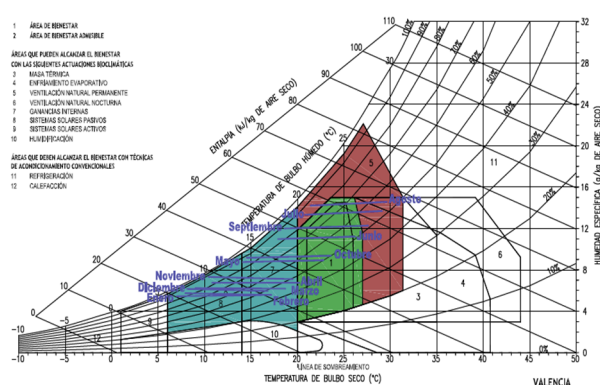
Mes	2048-2052			
	CNRM-CM5		MPI-ESM-LR	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
1	2.04	2.37	2.09	3.10
2	1.80	2.14	2.65	2.37
3	0.59	1.27	1.78	2.53
4	0.19	2.03	2.57	3.44
5	0.37	1.41	2.67	1.41
6	0.91	0.41	1.45	2.36
7	-0.15	0.28	1.23	3.03
8	0.18	0.58	1.89	2.56
9	0.80	1.10	1.69	3.69
10	-0.67	1.20	1.45	2.16
11	1.58	2.55	2.49	2.67
12	2.10	2.48	2.42	3.79

Se indican los resultados de la combinación del modelo GCM MPI-ESM-LR en el escenario RCP 8.5 seleccionado para el estudio. (Pérez et al. 2018)

Desde una perspectiva bioclimática para alcanzar la mayor eficiencia energética del edificio será necesario reducir la demanda energética hasta los límites que el diseño arquitectónico y

constructivo y relegar a sistemas activos de climatización eficientes el alcance de los parámetros de confort únicamente cuando esto sea fuera necesario. Para alcanzar este objetivo es necesario establecer unas estrategias bioclimáticas adaptadas a las condiciones medioambientales de cada lugar. En nuestro caso se emplean directrices determinadas por el climograma de Givoni, adaptado a la climatología de Valencia por Pastor (2012). De esta forma se determina un gran periodo de confort para el verano, siendo necesarias únicamente estrategias de calefacción para algunos días, al principio y al final del mismo, y que podrían ser compensadas mediante el empleo de sistemas solares pasivos. Para el caso de días en los que se necesita refrigeración, se ha estudiado el alcance de una estrategia pasiva mediante ventilación natural. El clima del lugar en el que se ubica nuestro edificio se caracteriza por el régimen de brisas este-oeste habitual del territorio litoral del levante peninsular y por tanto el efecto de isla de calor se produce en pocas calles o plazas y se manifiesta de forma menor que en el resto de la ciudad.

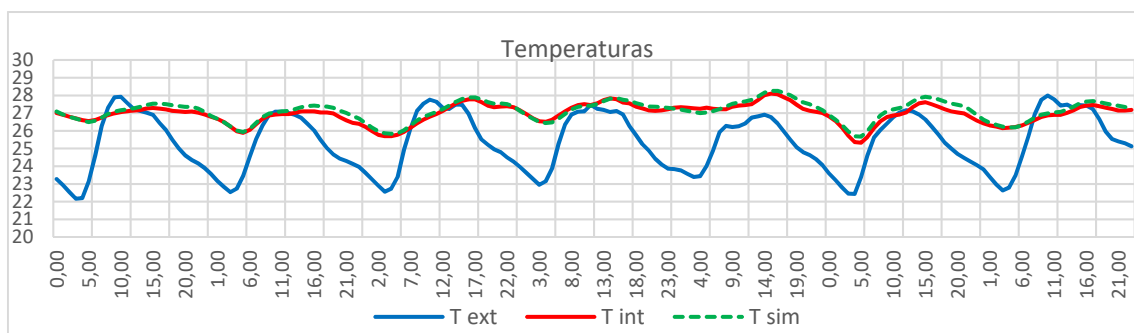
Imagen 3. Climograma de Givoni para la ciudad de Valencia



Fuente: Pastor, 2012.

Para la caracterización térmica del edificio en su estado actual se han realizado ensayos de simulación de comportamiento dinámico empleando ficheros climáticos validados. Previamente el modelo ha sido calibrado mediante la metodología utilizada por Blázquez et al. (2015) para modelos de edificios en clima mediterráneo.

Imagen 4. Modelo energético calibrado para la semana del 25 de junio al 1 de julio de 2018



Fuente propia.

Para la creación del modelo de inicial de los experimentos se han utilizado series fragmentadas de los resultados de temperatura obtenidos por simulación con datos climáticos

reales y los resultados se han contrastado los con datos reales obtenidos durante la monitorización del edificio. En la Imagen 4 se presenta la gráfica de resultados derivados del proceso de calibración referenciado, y correspondientes a siete días de finales del mes de junio. Esta semana coincide con periodo vacacional en el que las condiciones de ventilación generada por los usuarios no afectarán al comportamiento térmico del edificio, permitiendo ajustar con mayor facilidad las infiltraciones a considerar en el modelo.

El modelo y parámetros obtenidos tras el calibrado se han utilizado para la realización de la serie de ensayos previstas que consisten en la simulación de dos condiciones constructivas en diferentes hipótesis de simulación de ventilación, infiltración y modos de operación; y en tres escenarios climáticos: el estándar actual, el representado por el fichero oficial proporcionado por la SSE y el correspondiente a la proyección GCM MPI-ESM-LR del escenario RCP8.5 obtenida para el año 2050, sobre ese mismo fichero climático. El conjunto comprende 3 hipótesis simuladas que se describen en la Tabla 5 y los resultados en los 3 diferentes escenarios climáticos se muestran en la Tabla 6.

Tabla 5. Hipótesis empleadas para cada escenario climático de simulación

Hipótesis	Método de cálculo de infiltraciones	Método de cálculo de la ventilación
1	Programada 7/24	Programada con plantillas 7/24. Nocturna según Apéndice C HE
2	Programada 7/24	Programada com plantillas 7/24
3	Estanqueidad Calculada	Calculada mediante Aiflow Network Nocturna según Apéndice C HE

Lo métodos de simulación Programada y Calculada corresponden a metodologías de la herramienta EnergyPlus. La primera actúa según plantillas temporales de control de la activación de flujos de infiltración y ventilación prefijados. La segunda funciona mediante el módulo Ariflow Networks considerando la acción dinámica del viento sobre una plantilla de grietas predefinida por el usuario y los huecos de ventilación del modelo del edificio. El régimen de apertura de estos huecos ha sido también programado para las hipótesis 1 y 3 de forma que propicie una ventilación nocturna. Para el caso 2 el flujo de ventilación es continuo. El valor de infiltraciones y los caudales de ventilación ensayados figuran en la Tabla 6 para cada escenario de simulación.

De forma general puede observarse que los resultados producidos por cada una de las hipótesis de ventilación expresan un incremento gradual para escenarios climático. Según los diferentes métodos de simulación de la ventilación empleados en cada una de las hipótesis se obtienen diferentes valores. Estos son relativamente aproximados para el caso de la ventilación natural nocturna programada H1 y la simulación dinámica de la ventilación natural nocturna H3, y menores que los del caso H2. Los ensayos demuestran que el edificio sobre el escenario A, en condiciones constructivas actuales y el clima estándar correspondiente a la situación del edificio, el comportamiento durante la época estival es buena si se mantienen las condiciones de ventilación natural de sus usuarios y el elevado valor dado a las infiltraciones del edificio. El escenario B, a pesar de representar un clima medio más fresco que el del escenario A (verano de 2018), manifiesta un pequeño incremento de la demanda de refrigeración en relación en las hipótesis H1 y H3 y de forma más notable que para el caso H2. Estos aumentos son debidos a la menor tasa conjunta de ventilación e infiltración que se determina mediante la norma. El aumento es muy considerable cuando la ventilación se produce de forma continuada durante todo el día como ocurre en H2. Este patrón se repite también en el escenario C incluyendo el consecuente aumento de demanda de refrigeración

debido al elevado valor de las temperaturas de este escenario extremo. Los resultados indican que las programaciones de ventilación nocturna H1 y H3 se adecuan a un mejor funcionamiento del edificio para una reducción de las necesidades de refrigeración, manteniendo una confortabilidad normalizada.

Tabla 6. Resultados por área ocupada del edificio según hipótesis de simulación y escenario climático.

	A. Modelo base Clima 2018		B. Edificio Rehabilitado HE Clima HE		C. Edificio Rehabilitado HE Clima MPI-ESM-LR RCP8.5	
	Infiltración	Ventilación	Infiltración	Ventilación	Infiltración	Ventilación
H1	8 h ⁻¹ a 50 Pa 1.719 Wh/m ²	3 ac/h	0,6 h ⁻¹ a 50 Pa 2.122 Wh/m ²	4 ac/h	0,6 h ⁻¹ a 50 Pa 12.069 Wh/m ²	4 ac/h
H2	8 h ⁻¹ a 50 3.495 Wh/m ²	3 ac/h	0,6 h ⁻¹ a 50 Pa 14.980 Wh/m ²	4 ac/h	0,6 h ⁻¹ a 50 Pa 34.543 Wh/m ²	4 ac/h
H3	Caculada 1.682 Wh/m ²	Caculada	Caculada 2.070 Wh/m ²	Caculada	Caculada 10.320 Wh/m ²	Caculada

Se observan incrementos entre un 20% y 25% de demanda de refrigeración entre los escenarios A y B. Esta cuestión es una consecuencia lógica por la restrictiva configuración de infiltraciones que obliga a una ventilación mayor de la que se ha programado en los ensayos para compensar y optimizar los resultados del edificio intervenido según la normativa. También se observa un incremento superior al 600% entre los resultados de A y C. Este considerable aumento de todas las hipótesis en el escenario C debido también a las restrictivas infiltraciones definidas y en especial al considerable aumento de temperaturas que representa el modelo climático utilizado.

5. Conclusiones

La utilización de las herramientas y procedimientos expuestos ha permitido alcanzar el objetivo de cuantificar la demanda energética de refrigeración del edificio según dos diferentes modelos constructivos, así como los ensayos de un futuro en el largo plazo establecido.

Considerando las hipótesis H1 y H3, destacadas como las más ajustadas a un comportamiento real del edificio en cualquiera de los escenarios ensayados, obtenemos unos valores medios aproximados de 1.700 Wh/m² para el escenario actual (A), aproximadamente 2.100 Wh/m² de media para el rehabilitado en clima normalizado vigente (B), y finalmente un valor cercano a 11.200 Wh/m² para el comportamiento de esa rehabilitación durante el año 2050, según las previsiones AR5 más extremas.

Se observa que las tradicionales técnicas de ventilación natural de la cultura mediterránea proporcionan un buen rendimiento energético del tipo de edificio que ha sido ensayado. Sin embargo, los resultados avalan que es necesario un riguroso control diurno de esta ventilación. La hermeticidad de las tasas de ventilación empleadas en el escenario B deberán ser compensadas con mayor ventilación que deberá controlar la velocidad interior del aire a efectos de mantenimiento del confort habitacional. Los resultados obtenidos a largo plazo en el escenario diseñado determinan adecuadas condiciones del edificio para el confort de sus usuarios en la época estival, incluso en posibles situaciones extremas por el cambio climático. No obstante, los resultados señalan que una mejora de la envolvente, la automatización de la ventilación nocturna y el aprovechamiento de la inercia térmica optimizarían el comportamiento térmico de este tipo de edificios para el verano.

Bibliografía.

Blázquez, T., Suárez, R. & Sendra, J.J. (2015). Towards a calibration of building energy models: A case study from the Spanish housing stock in the Mediterranean climate. *Informes de la Construcción*, 67 (540), 1-11. Doi: 10.3989/ic.1581.

España. Documento básico HE Ahorro de Energía. Código Técnico de la Edificación. CTE DB-HE 2018. Proyecto de Real Decreto por el que se modifica el RD 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación Versión para trámite de audiencia e información pública.

Pastor Villa, R. (2012) *El Cabanyal: Lectura de las estructuras de la edificación. Ensayo tipológico residencial. 1900-1936.* Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.

Pérez-Andreu, V., Aparicio-Fernández, C., Martínez-Ibernón, A. & Vivancos, J.L., (2018). Impact of climate change on heating and cooling energy demand in a residential building in a Mediterranean climate. *Energy*, Elsevier, vol. 165(PA), pages 63-74. Doi: 10.1016/j.energy.2018915

Rode, P., Keim, C., Robazza, G., Viejo, P., & Schofield, J. (2014). Cities and Energy: Urban Morphology and Residential Heat-Energy Demand. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 41(1), 138–162. doi.org/10.1068/b39065

Unión Europea. Directiva (UE) 2018/844 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018, revisión de la Directiva 2010/31/UE de Edificios. *Diario Oficial de la Unión Europea*.