

IMPACTO DEL CONTROL EFICIENTE DE LOS SISTEMAS DE HVAC EN LA SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

Francisco Fernández Hernández
José Miguel Peña Suárez
Juan Antonio Bandera Cantalejo
María del Carmen González Muriano
Montserrat Ventura
Corporación Empresarial Altra S.L.

Resumen

En España la reglamentación relativa a la edificación eficiente se rige por el Código Técnico en la Edificación y el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios. Sin embargo, han surgido diferentes iniciativas a raíz de la mayor concienciación por la edificación sostenible a nivel global. Como ejemplo, se pueden mencionar Leed, Breeam y Well, que no siendo de carácter obligatorio en España, gradualmente se están tomando como referente en la edificación y la gestión energética. Estas iniciativas redundan en edificios más económicos, con un menor coste de utilización y mantenimiento. Gracias a que sus nuevos métodos de cálculo cuantifican las ventajas aportadas por nuevas soluciones tecnológicas.

Los sistemas de climatización en edificios han experimentado un gran salto tecnológico debido a la optimización de los procesos de control, diseño y fabricación de estos equipos. Los sistemas de control Airzone perfeccionan el comportamiento de las instalaciones de climatización, calefacción y ventilación, aportando un alto nivel de confort al usuario final, a la vez que se consigue un ahorro energético considerable.

El efecto de este tipo de control zonificado no está contemplado en las herramientas oficiales disponibles en España. Debido a esta carencia de las herramientas oficiales, las certificaciones voluntarias adquieren mayor importancia, ya que, éstas sí evalúan dicho impacto.

El objetivo de esta comunicación es mostrar el impacto de incluir un sistema de zonificación y control en el edificio a nivel energético y de confort en las certificaciones voluntarias de sostenibilidad de edificios, que están marcando la tendencia a seguir en materia de sostenibilidad energética.

Resumen en Inglés

In Spain, the regulation related to efficiency in building construction is governed by Código Técnico en la Edificación and Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios. However, different sustainability certification initiatives have arisen as a result of a heightened awareness for sustainable building globally. As an example, we can mention Leed, Breeam and Well certifications, which, although not mandatory in Spain, are increasingly being taken as a reference in building and energy management. When these sustainability certification initiatives are considered it results in buildings with a lower cost

of use and maintenance. Thanks to the fact that its new calculation methods quantify the advantages provided by new technological solutions.

HVAC systems in buildings have experienced a great technological leap due to the optimization of control, design and manufacturing processes. Airzone control systems improve the behavior of heating, ventilation and air conditioning systems, providing a high level of comfort to the end-user, while achieving substantial energy savings.

The effect of this kind of zoned control is not considered in the energy efficiency official tools available in Spain. Due to the weakness of these official tools, voluntary sustainability certifications are becoming more important, since they do evaluate this effect.

The main objective of this communication is to show how including a zoning and control system in the building impacts voluntary sustainability certifications of buildings, in terms of energy and comfort, which are setting the tendency to follow in terms of energy sustainability.

Palabras clave: *métodos de calificación energética, eficiencia energética en edificios, sistemas de control de climatización.*

Área temática: *Actuaciones sostenibles en la edificación.*

1. Introducción

En los últimos años la preocupación por el aumento en el consumo de energía de los edificios se ha traducido en la creación de diferentes directivas europeas orientadas a conseguir una mayor eficiencia energética y sostenibilidad en los edificios. Para conseguir reducir el consumo de energía de un edificio y llegar a lo que se denomina edificios de energía casi nulos, además de las medidas pasivas que permiten reducir la carga térmica en el edificio, los sistemas de control sobre los elementos consumidores, principalmente la iluminación, los sistemas de climatización y los equipos, son fundamentales para garantizar el confort de los usuarios (térmico, lumínico, calidad de aire, etc.), y fomentar la optimización del consumo de energía de estos elementos.

Sin embargo, conseguir edificios eficientes no es una tarea sencilla, y por ello se hace uso de programas de simulación térmica especializados que permitan un estudio energético del edificio exhaustivo y detallado. Actualmente, estos métodos de cálculo no tienen en cuenta el efecto de estos sistemas de automatización y control en la eficiencia energética de los edificios y, en particular, los controladores de calefacción y refrigeración se suponen que son ideales y alcanzan las temperaturas de consigna de forma exacta y sin oscilaciones.

Como solución, ya existen normativas europeas que obligan a considerar el efecto de los sistemas control de climatización en la eficiencia energética del edificio, como son las normas UNE-EN 15232:2014 y UNE-EN 15500:2010, que ya se están teniendo en cuenta en métodos de cálculo en países como Francia, pero que en España, ni el CTE ni el RITE, contemplan aún la obligación de cuantificar el impacto que los sistemas de control tienen en el comportamiento energético de los edificios.

El objetivo de este estudio es mostrar la influencia que tiene el sistema de control zonificado de Airzone, con una algoritmia inteligente que controla el sistema de climatización en función de las condiciones térmicas del edificio, en el consumo de energía y confort de los usuarios de un edificio y las ventajas que conlleva en los principales métodos de

calificación/certificación energética de edificios que se realizan en la actualidad. En particular, se muestra un caso de estudio con la certificación BREEAM, una de la más importante en Europa para garantizar la calidad de un edificio.

2. El sistema de control zonificado.

En el sector residencial y de servicios de pequeña y mediana potencia se utilizan con frecuencia sistemas todo-aire con máquinas inverter de expansión directa y una red de conducto de caudal constante. Este tipo de sistema se basa en el control de la temperatura de una única zona, de tal forma que esta temperatura se mantendrá dentro del intervalo de confort. En cuanto al resto de zonas, aun estando bien diseñada la red de conductos y elegida la potencia máxima del equipo, si no presentan un perfil de carga parecido al de la zona de control (uso, orientación, cargas térmicas, etc.), sus temperaturas pueden situarse fuera del rango del confort.

Alternativamente a éstos, los sistemas zonificados se basan en el control independiente de la temperatura de cada una de las zonas. Para ello se incorpora un termostato en cada estancia que permite conocer la demanda térmica en cada una de ellas y seleccionar una temperatura de consigna independiente según las preferencias del usuario. De esta manera, cuando una zona alcanza la temperatura de consigna, ésta envía una señal de control a la compuerta motorizada de la zona para que se cierre e interrumpa la impulsión del aire acondicionado. En la figura 1 se muestra un esquema de un sistema zonificado.



Figura 1. Esquema de un sistema zonificado.

Además de la zonificación térmica, el sistema de control de Airzone basa su funcionamiento en la pasarela de comunicación que permite una comunicación bidireccional entre la central de control y el equipo y realizar acciones tales como el encendido y apagado de la máquina y el cambio de modo de funcionamiento. Además, el control sobre parámetros de la máquina tan importantes como la velocidad del ventilador o la temperatura de consigna, permite definir algoritmos de control inteligentes que optimicen el consumo de energía. Estos algoritmos son los siguientes:

- Control de la velocidad del ventilador de la unidad interior de la máquina.

Regulado por el algoritmo Q-Adapt, se adecúa el caudal impulsado por el ventilador de la unidad interior cambiando la velocidad del mismo de forma dinámica.

- Limitación de la temperatura de consigna de la zona.

Regulado por el algoritmo Eco-Adapt, que supervisa la temperatura de consigna en las distintas zonas y limita la temperatura máxima o mínima seleccionable según sea el modo calor o frío, respectivamente. El Modo A fija el rango de temperatura máxima en invierno es de 22°C y en verano de 24°C, el Modo A+ en 21.5°C y 25°C y el Modo A++ en 21°C y 26°C.

- Control de la temperatura de consigna de la máquina.

Regulado por el algoritmo Efi-Adapt (funcionalidad del Eco-Adapt para equipos aire-aire), controla de forma dinámica la temperatura de consigna del equipo en función de la temperatura de cada zona y la de retorno a la máquina, considerando el efecto de la inercia térmica de cada zona.

3. Métodos de certificación energética de edificios.

Se describen algunos de los métodos de certificación energética de edificios que más importancia tienen en el sector de la edificación.

1. BREEAM® (Building Research Establishment's Environmental Assessment Methodology).

BREEAM (Building Research Establishment's Environmental Assessment Method) es un método de evaluación y certificación de la sostenibilidad de la edificación, ampliamente reconocido en el ámbito internacional, el cual favorece una construcción más sostenible que se traduce en una mayor rentabilidad para quien construye, opera y/o mantiene el edificio, consiguiendo la reducción de su impacto en el medio ambiente, y un mayor confort y salud para quien vive, trabaja o utiliza el edificio.

Evalúa impactos en 10 categorías (Gestión, Salud y Bienestar, Energía, Transporte, Agua, Materiales, Residuos, Uso ecológico del suelo, Contaminación, Innovación) y otorga una puntuación final tras aplicar un factor de ponderación ambiental que tiene en cuenta la importancia relativa de cada área de impacto. La puntuación final se traduce en una etiqueta que muestra el nivel obtenido: Aprobado, Bien, Muy Bien, Excelente y Destacado.



Figura 2. Categorías de evaluación de la herramienta de certificación BREEAM.

Tal y como se demuestra en el caso de estudio, el sistema de zonificación térmica puede mejorar la puntuación obtenida en la certificación BREEAM en las categorías: Salud y Bienestar, Energía y Contaminación.

2. LEED® (Leadership in Energy and Environmental Design).

LEED® Líder en Eficiencia Energética y Diseño sostenible, es un sistema de evaluación y estándar internacional desarrollado por el "U.S. Green Building Council" para fomentar el desarrollo de edificaciones basadas en criterios sostenibles y de alta eficiencia.

LEED® se caracteriza por proporcionar una evaluación de la sostenibilidad de la edificación valorando su impacto en varias áreas principales (figura 3).



Figura 3. Áreas de evaluación de la herramienta de certificación LEED.

LEED® es un sistema flexible que puede aplicarse a cualquier tipo de edificación, tanto edificios terciarios como residenciales. Los proyectos se puntúan según las categorías anteriores y la suma de los puntos obtenidos determina el nivel de certificación: Certificado, Plata, Oro, Platino.

3. WELL Building Standard™.

La Certificación WELL Building Standard v1 es el primer estándar de construcción que se enfoca exclusivamente en la salud y el bienestar de las personas en los edificios. WELL es un sistema basado en la medición, monitorización y certificación del funcionamiento y rendimiento de las características del edificio que afectan a la salud y el bienestar de sus ocupantes, identificando 100 características a través de siete categorías, o conceptos: aire, agua, alimentación, iluminación, bienestar físico, confort y mente. Cada Concepto WELL está diseñado para abordar problemas que afectan a la salud, el confort o el conocimiento de los ocupantes a través del diseño, las operaciones y el comportamiento (figura 4).



Figura 4. Conceptos de evaluación de la herramienta de certificación WELL.

El objetivo principal de esta certificación es favorecer una experiencia positiva en los ocupantes de un edificio, que se refleja en un aumento de sus capacidades de concentración y productividad, reforzando el sentido social de los individuos y motivando su sentido de pertenencia con el entorno. El WELL Building Standard v1 se puede aplicar en

muchos sectores inmobiliarios, pero el estándar actual está optimizado para edificios de oficinas comerciales e institucionales, aunque se puede aplicar a cualquier tipo de edificio nuevo o existente.

4. VERDE® (Valoración de Eficiencia de Referencia de Edificios).

VERDE® es la herramienta española de certificación de sostenibilidad ambiental. Consiste en un conjunto de herramientas que componen una metodología de evaluación y certificación ambiental de edificios desarrolladas por el GBCe (Green Building Council España). El Comité Técnico del GBCe ha definido unos criterios y reglas para establecer los límites y requisitos necesarios para poder otorgar la Certificación VERDE® a un edificio.

VERDE® es un certificado equivalente a BREEAM o LEED, pero adaptado a la normativa y situación socioeconómica y cultural de España. Por tanto, el sistema de evaluación se basa en el CTE (Código Técnico de la Edificación) y las Directivas Europeas, en base a los principios de la bioarquitectura, respeto por el medio ambiente, compatibilizando el edificio con el entorno y construyendo con altos niveles de calidad de vida y confort para los usuarios.

Los criterios de evaluación se agrupan en diferentes áreas: selección de la parcela, proyecto de emplazamiento y planificación, calidad del ambiente interior, energía y atmósfera, calidad del servicio, recursos naturales, impacto socio económico e innovación (figura 5).



Figura 5. Áreas de evaluación de la herramienta de certificación VERDE.

5. Certificación europea eu.bac (European Building Automation Controls Association).

La plataforma eu.bac estableció una certificación europea que sirve como referencia para determinar la exactitud de los controles de calefacción y refrigeración conforme a las directivas europeas y las normas EN. Esta exactitud puede ser implementada en los motores de cálculo de certificación energética de los Estados Miembros de la Unión Europea, siendo posible así tener en cuenta en el cálculo el aporte de eficiencia energética de los sistemas BAC.

La metodología se basa en estándares existentes (normas europeas EN15232 y EN15500). Adicionalmente, una etiqueta energética basada en la norma EN15232 complementa la certificación eu.bac europea. Esta certificación garantiza a los usuarios que los productos y sistemas se ajustan a las directivas europeas y las normas: EN 15500, 15232, Directiva EPBD, con el fin de lograr el equilibrio óptimo de los controles y sistemas de automatización de edificios nuevos y edificios existentes.

El potencial de ahorro de energía y los aspectos del ciclo de vida que se pueden lograr a través de la automatización de edificios no son considerados de forma suficientemente exhaustiva en las certificaciones de sostenibilidad de edificios actuales como LEED, BREEAM, etc. El método del sistema eu.bac solventa esta carencia de estas certificaciones.

En resumen, los sistemas de zonificación y control optimizan el funcionamiento de los sistemas de climatización y garantizan el confort del edificio, lo que contribuye a conseguir una serie de puntos en categorías relacionadas con energía, confort y bienestar, ventilación y calidad de aire interior, salud, contaminación, etc., en los diferentes métodos descritos. Por ejemplo, en LEED puede llegar a conseguir hasta 21 puntos en algunas categorías de Calidad del Aire Interior y Energía y Atmósfera. Con el certificado por eu.bac se consigue una precisión de control de 0.3 K, tanto en términos de refrigeración como de calefacción, lo que garantiza en el método de cálculo definido en la norma UNE-EN 15232:2014 obtener resultados de consumos más favorables que con sistemas sin este certificado. A continuación se propone el caso de estudio de la influencia del sistema zonificado en el certificado BREEAM.

4. Certificado BREEAM con Airzone. Caso de estudio.

El objetivo es demostrar mediante los resultados de las simulaciones como al incluir la tecnología Airzone en un proyecto de edificación puede mejorar la puntuación obtenida en la certificación BREEAM en las categorías: Salud y Bienestar, Energía y Contaminación.

4.1. Descripción del modelo de control, edificio y los sistemas.

Debido a la particularidad del sistema de control zonificado y los algoritmos que incorpora, se ha modelado con el programa TRNSYS17, que permite programar soluciones singulares y una integración flexible con el edificio y el resto de sistemas. Sobre esta plataforma de cálculo, se han implementado los modelos matemáticos de todos los sistemas de climatización definidos en el apartado anterior. Estos modelos se han obtenido a través de los ensayos experimentales de un equipo de expansión directa en una doble cámara climática. La idea es la de determinar el comportamiento del equipo dentro del rango de condiciones trabajo a las que se va a ver sometido en una instalación real. Así, conseguiremos un buen acoplamiento entre edificio y sistema.

El modelo de control se explica con más detalle en la figura 6, en la que se especifican los parámetros, entradas y salidas requeridas del modelo.

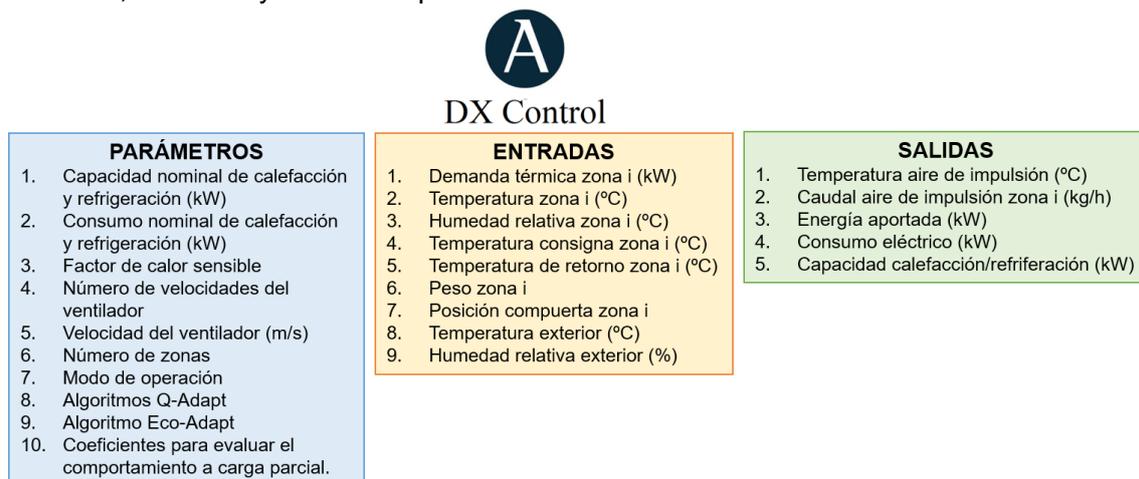


Figura 6. Parámetros, entradas y salidas del modelo de control.

Como se puede observar, el modelo requiere como parámetros la información específica tanto del equipo de expansión directa (capacidades, consumos, velocidades del ventilador, etc.), como información necesaria para el sistema de control de Airzone (número de zonas,

definición del Q-adapt, del Eco-Adapt, etc.). Las entradas más relevantes tienen que ver con las necesidades térmicas de cada una de las zonas del edificio que estarán relacionadas con la demanda térmica, así como la temperatura de consigna en cada zona, las condiciones de temperatura y humedad de la zona, el estado de cada compuerta (abierta o cerrada), las condiciones exteriores, etc.

La vivienda simulada en las localidades de Madrid, Valencia y Barcelona. Como se puede comprobar, la vivienda presenta cinco zonas climatizadas (Salón, cocina, oficina, dormitorio padres y dormitorio niños), con una superficie de 121 m², y el resto se considerara una única zona no acondicionada. En la figura 7 se muestra el esquema en Trnsys y la vivienda.

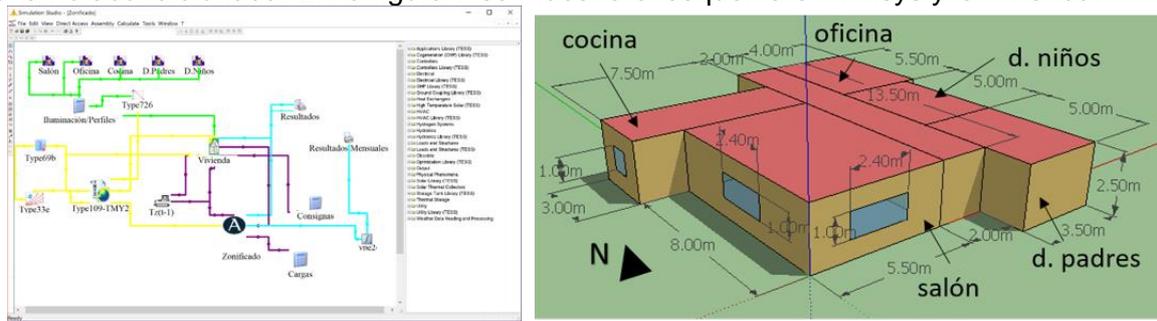


Figura 7. Esquema del modelado en Trnsys y de la vivienda en GoogleSketchup.

Se realiza el modelado de un equipo inverter de expansión directa. Para caracterizar el comportamiento del equipo hay que tener en cuenta que el modo de funcionamiento, el rendimiento del equipo y el consumo eléctrico requerido es diferente en función de las condiciones de operación. Con este objetivo, se ha experimentado una unidad de este tipo y se han obtenido las diferentes curvas de comportamiento características con los coeficientes correspondientes.

Un equipo Inverter es capaz de regular su régimen de trabajo para ajustar la producción de energía térmica a la demanda. Se define el factor de carga parcial (PLR) como la relación entre la carga sensible demandada y la máxima que el equipo es capaz de proporcionar en las mismas condiciones de trabajo:

$$PLR = Q_{dem} / Q_{sens,max} \quad (1)$$

La figura 8 representa los 3 regímenes de trabajo de un equipo inverter con la evolución del rendimiento del equipo en función del factor de carga parcial.

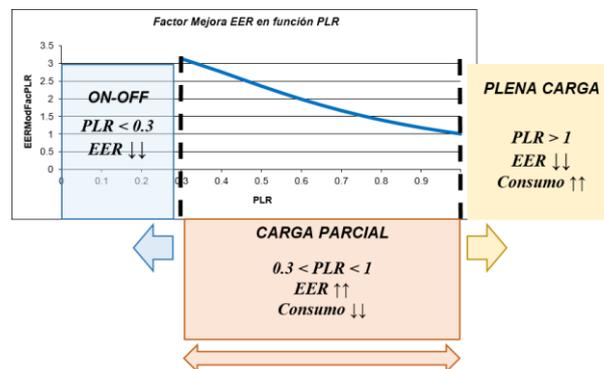


Figura 8. Esquema de los distintos regímenes de trabajo de un equipo Inverter.

Los regímenes de trabajo son los siguientes:

- Para valores de PLR inferiores a 0.3, como el flujo másico de refrigerante no puede hacerse arbitrariamente pequeño, existe una velocidad mínima para la cual el equipo deja de funcionar como un sistema Inverter, para convertirse en un todo-nada.
- Con PLR entre 0.3 y 1, el equipo trabaja a carga parcial y se obtienen valores de EER elevados.
- Con PLR mayores que la unidad, el equipo trabaja a plena carga y se produce una disminución importante del rendimiento.

4.2. Resultados.

A continuación, se muestran los siguientes resultados de las simulaciones:

Contaminación. Impacto de los refrigerantes.

En la categoría de Contaminación, en el requisito “Impacto de los refrigerantes” hay disponibles hasta 4 puntos. Se va a demostrar cómo la zonificación térmica permite reducir la carga térmica del edificio lo que implica poder utilizar una máquina de menor potencia, lo que da lugar a menor uso de refrigerante.

En un sistema no zonificado, la red de distribución no dispone de ningún elemento que nos permita tratar por separado las necesidades de cada zona. Así, para asegurar la posibilidad de cubrir la carga punta en todas ellas, la potencia nominal del equipo debe tomarse igual o superior a la suma de cargas sensibles puntas de las zonas, aun no siendo simultáneas. Por el contrario, en un sistema zonificado, la red de distribución de aire dispone de compuertas motorizadas que permiten ajustar el aporte térmico del sistema a la demanda de cada zona por separado. De esta forma, el equipo debe dimensionarse teniendo en cuenta la máxima carga sensible simultánea de las zonas, es decir, para cada paso de tiempo, se suman las cargas de todas las zonas y el equipo se dimensiona a partir del máximo anual para refrigeración y calefacción.

En base a esto, para el caso de estudio, la zonificación la selección de equipos de climatización en el sistema zonificado se ajusta a la carga térmica simultánea y la potencia requerida, lo que permite usar equipos de menor potencia térmica. Se pasa de una máquina de PUAZ-RP125 de Mitsubishi, con una carga sensible nominal de frío de 8610 W y de 13900 W a una PUAZ-RP100GA de Mitsubishi, con una carga sensible nominal de frío de 6720 W y de 10300 W de calor, lo que implica una reducción en la cantidad de refrigerante utilizado de 0.5 kg, ya que se pasa de una carga de 3.8 a 3.3 (kg), con una longitud máxima de tubería de 50 m y diferencia de altura de 30 m.

Energía. Eficiencia energética y emisiones de carbono.

En la categoría Energía el requisito “Eficiencia energética y emisiones de carbono” dispone de hasta 15 puntos para reconocer aquellos edificios diseñados para minimizar el consumo de energía operativa. Sin entrar en profundidad en los puntos que se pueden conseguir, gracias al algoritmo Eco-Adapt que limita la temperatura de consigna y a la gestión de la instalación de climatización que realiza el sistema, conseguimos un ahorro en el consumo energético y por tanto una reducción de emisiones de carbono. A modo de ejemplo, para el caso de estudio, se evalúa el potencial de ahorro de energía del algoritmo Eco-Adapt para las tres ciudades de análisis (figura 9).

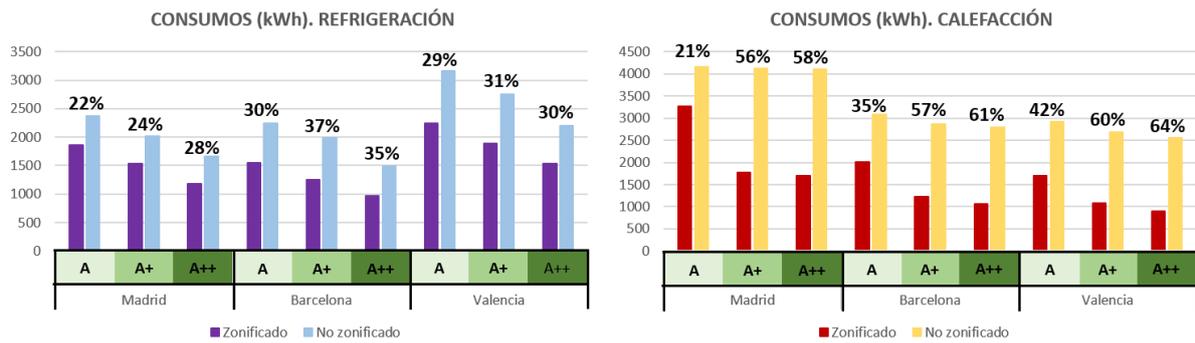


Figura 9. Comparativa del consumo de energía.

Con la aplicación del algoritmo Eco-Adapt se consigue una disminución del consumo de energía según si se aumenta la temperatura de consigna en modo refrigeración o se disminuye en modo calefacción. Los ahorros son del 56-64% en calefacción y del 24-37% en refrigeración, en las diferentes ciudades analizadas.

Salud y Bienestar. Confort térmico.

En la categoría Salud y Bienestar hay disponibles hasta 3 puntos en el requisito de “Confort térmico”. Fundamentalmente se basan en el cálculo de los parámetros de confort PPD y PMV y que se cumpla la categoría B de confort, según la UNE-EN ISO 7730. Para ello, en unas condiciones estándar de confort asociadas al factor de ropa, la tasa metabólica y la velocidad relativa del aire, se realiza una comparación de los parámetros PPD y PMV de un sistema zonificado y un sistema no zonificado.

El PMV (predicted mean vote) es un índice que refleja el valor medio de los votos emitidos por un grupo numeroso de personas respecto de una escala de sensación térmica de 7 niveles al ser sometidos a diferentes ambientes térmicos, basado en el equilibrio térmico del cuerpo humano. El índice PPD (predicted percentage dissatisfied) suministra información acerca de la incomodidad o insatisfacción térmica, mediante la predicción cuantitativa del porcentaje de personas que, probablemente, sentirán demasiado calor o demasiado frío en un ambiente determinado. El PPD puede obtenerse a partir del PMV. Conforme a la norma, los valores recomendados para proporcionar bienestar térmico global al 90% de los trabajadores comprenden un valor de PPD < 10%

En la figura 10 se muestra la comparación del parámetro PPD y el PMV, destacando la categoría de confort obtenida.

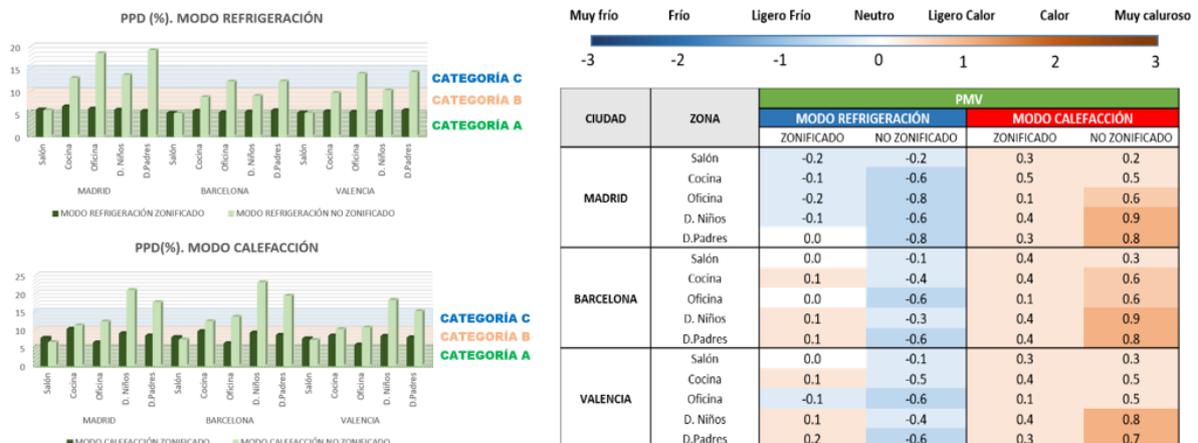


Figura 10. Comparativa del PPD y PMV.

En un sistema zonificado se cumplen las exigencias de confort que exigen una categoría mínima de B con un PPD en torno al 6% y un PMV por debajo de 0.5, en cada una de las zonas de la vivienda para las tres ciudades analizadas., mientras que el sistema sin zonificar es capaz de obtener buenos resultados en la zona del Salón pero el resto de zonas se produce un importante subenfriamiento de las zonas en modo refrigeración y sobrecalentamiento en modo calefacción.

5. Conclusiones

El presente estudio demuestra las ventajas del sistema de control de climatización zonificado de Airzone en términos de consumo de energía, confort térmico y ahorro en refrigerante con respecto a un sistema no zonificado, en un edificio de viviendas y sometido a diferentes condiciones climáticas. Se ha realizado una modelización térmica del edificio, sistema de climatización y sistema de control mediante el software Trnsys17. El modelo del sistema de control se adapta de forma flexible a poder introducirse en otros softwares de simulación energética de edificios para, de esta manera, adaptarse a normativas europeas que exigen evaluar el efecto de los sistemas de control en el comportamiento térmico de los edificios.

Los resultados del estudio demuestran las ventajas de un sistema zonificado para la posibilidad de obtener una certificación BREEAM del edificio, aportando hasta 22 puntos en total, en áreas clave como Energía, Salud y Bienestar y Contaminación con respecto a un sistema de climatización no zonificado. En primer lugar, la zonificación térmica permite reducir la potencia del equipo de climatización, por lo que se reduce la cantidad de refrigerante en 0.5 kg. La regulación de la temperatura de consigna de la máquina y la limitación de las consignas de temperatura de las zonas a través del algoritmo Eco-Adapt permite obtener ahorros del 56-64% en calefacción y del 24-37% en refrigeración, en las diferentes ciudades analizadas. Finalmente, en un sistema zonificado se cumplen las exigencias de confort que exigen una categoría mínima de B con un PPD en torno al 6% y un PMV por debajo de 0.5, en cada una de las zonas de la vivienda para las tres ciudades analizadas.

6. Referencias

- Google Sketchup. <https://www.sketchup.com/es> (último acceso 15.02.19)
- TRNSYS 17. <http://sel.me.wisc.edu/trnsys/> (último acceso 15.01.19).
- UNE-EN ISO-7730:2006. Ergonomía del ambiente térmico. Determinación analítica e interpretación del bienestar térmico mediante el cálculo de los índices PMV y PPD y los criterios de bienestar térmico local.
- UNE-EN 15500:2010. Regulación para aplicaciones de calefacción, ventilación y climatización. Equipo electrónico individual de regulación de zona.
- UNE-EN 15232:2014. Eficiencia energética de los edificios. Impacto de la automatización, el control y la gestión de los edificios.

Correspondencia (Para más información contacte con):

Nombre y Apellido: José Miguel Peña Suárez

Teléfono: +34 902 400 445

Fax: +34 902 400 446

E-mail: jmpena@altracorporacion.es

Cesión de derechos

Por la presente, y como autor del trabajo mencionado arriba, cedo al Palacio de Ferias y Congresos de Málaga una licencia no-exclusiva irrevocable para imprimir, reproducir, distribuir, transmitir o comunicar de cualquier manera dicho trabajo, incluyendo el derecho de hacer modificaciones de formato. Además, afirmo que esta cesión no lesiona los derechos de terceros.