



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Análisis energético de la VMC

Autor: Margarita Arroba Fernández

Institución: IE Universidad

e-mail: margarita.arroba@ie.edu

RESUMEN

El Código Técnico de la Edificación–en su DB HS3– obliga a instalar en las viviendas un sistema de ventilación de funcionamiento constante las veinticuatro horas del día, denominado habitualmente “Ventilación Mecánica Controlada”. El motivo se debe a que el incremento de estanqueidad que se presenta en los actuales edificios, incluidos los residenciales, junto a la modificación de los hábitos de vida y la masiva incorporación de la mujer al mercado de trabajo, hace que, sin este sistema, se ventile en muchas ocasiones de forma insuficiente, con la consiguiente presencia de problemas como el aumento de la contaminación y la presencia de condensaciones intersticiales y superficiales.

Sin embargo, este aporte de aire, dado que es necesario calentarlo y/o enfriarlo hasta los valores de confort, supone un enorme gasto energético en muchas ocasiones innecesario, puesto que los mayores productores de contaminantes en las viviendas – incluido el vapor de agua, cuyo exceso produce las ya citadas condensaciones–, son la ocupación, la cocción de los alimentos y el aseo y esos tres aspectos no siempre están presentes en las viviendas.

El estudio propone un análisis del ahorro energético que podría suponer que la VMC no actuase en los periodos en que no se está produciendo contaminación o en que los valores de dicha contaminación son inferiores a los considerados límites.

El control podría realizarse de forma automática con sensores de calidad del aire y sensores entálpicos diferenciales interior–exterior, fácilmente incorporables al control domótico, que harían actuar la VMC únicamente cuando fuera imprescindible.

Palabras Clave: Ahorro energético, instalaciones, ventilación, domótica.

El Código Técnico de la Edificación (en lo sucesivo CTE) –marco técnico normativo español para la actividad de la construcción– nace con el fin de establecer y desarrollar las exigencias básicas de calidad en los edificios y sus instalaciones, en cumplimiento de lo indicado en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.

Según indica sobre su propio contenido dicho CTE en el punto segundo de su artículo 1, en su interior «establece dichas exigencias básicas para cada uno de los requisitos básicos de “seguridad estructural”, “seguridad en caso de incendio”, “seguridad de utilización y accesibilidad”, “higiene, salud y protección del medio ambiente”, “protección contra el ruido” y “ahorro de energía y aislamiento térmico”, establecidos en el artículo 3 de la LOE, y proporciona procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas».

Por otra parte, en el artículo 3, indica:

1. Con el fin de facilitar su comprensión, desarrollo, utilización y actualización, el CTE se ordena en dos partes:

- a) la primera contiene las disposiciones y condiciones generales de aplicación del CTE y las exigencias básicas que deben cumplir los edificios; y
- b) la segunda está formada por los denominados Documentos Básicos, en adelante DB, para el cumplimiento de las exigencias básicas del CTE. Estos Documentos, basados en el conocimiento consolidado de las distintas técnicas constructivas, se actualizarán en función de los avances técnicos y las demandas sociales y se aprobarán reglamentariamente.

2. Los DB contienen:

- a) la caracterización de las exigencias básicas y su cuantificación, en la medida en que el desarrollo científico y técnico de la edificación lo permite, mediante el establecimiento de los niveles o valores límite de las prestaciones de los edificios o sus partes, entendidas dichas prestaciones como el conjunto de características cualitativas o cuantitativas del edificio, identificables objetivamente, que determinan su aptitud para cumplir las exigencias básicas correspondientes; y
- b) unos procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de aquellas exigencias básicas, concretados en forma de métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica. También podrán contener remisión o referencia a instrucciones, reglamentos u otras normas técnicas a los efectos de especificación y control de los materiales, métodos de ensayo y datos o procedimientos de cálculo, que deberán ser tenidos en cuenta en la redacción del proyecto del edificio y su construcción.

El Documento Básico HS-3 del CTE (en lo sucesivo DB-HS-3) forma parte de este último conjunto de Documentos Básicos, específicamente de los denominados HS (Exigencias Básicas de Salubridad), en los que se establecen las «reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de salubridad». En el apartado 3 se marcan, dentro de estas exigencias básicas, las que afectan a la Calidad del Aire interior de los edificios habitados.

Dentro de este DB-HS-3, en el artículo 13, apartado 13.3, punto 1 se indica que «los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado por los contaminantes.».

El principio de funcionamiento de la instalación de ventilación consiste en mantener en depresión los locales más contaminados con respecto a los menos contaminados (se infiere que se deberán mantener en sobrepresión los locales que requieran un nivel de limpieza especial para evitar que pueden penetrar en los mismos contaminantes procedentes de áreas más contaminadas, es decir, se buscará aplicar una escala de presiones en los locales de forma que el que deba estar más limpio sea el que tenga un presión mayor, mientras que el más sucio se mantendrá con el máximo de depresión).

Para ello y con respecto a las viviendas, en el punto 3.1.1.1 del DB-HS-3 se especifica que «Las viviendas deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser híbrido o mecánico», que proporcione un caudal de ventilación mínimo, cuantificado en la tabla 2.1 del citado Documento Básico, que se adjunta como tabla 1 en esta comunicación.

	por ocupante	Por m ² útil	En función de otros parámetros
Dormitorios	5		
Salas de estar y comedores	3		
Aseos y cuartos de baño			15 por local
Cocinas		2	50 por local

Tabla 1.- Caudales mínimos (en l/s) exigidos por el DB-HS-3 del CTE en los distintos locales de una vivienda.

El número de personas en dormitorios será igual a 1 en cada dormitorio individual y a 2 en cada doble. El número de personas en cada sala de estar será la suma de los contabilizados para todos los dormitorios de la vivienda.

En las cocinas con sistema de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas este caudal se incrementará a 8 l/sm², además de prever los 50 l/s para la

ventilación adicional específica de la cocina (para los vapores y los contaminantes de la cocción, es decir, la convencional campana extractora) ya indicados en la tabla.

En los locales de las viviendas destinados a varios usos se considerará el caudal correspondiente al uso que exija un caudal mayor.

La ventilación híbrida es energéticamente más eficiente dado que, siempre que exista tiro natural por convección en la chimenea de extracción, no será necesario que actúe el ventilador de extracción previsto, que únicamente arrancará¹ en caso de que no se genere dicha convección natural (usualmente suele ocurrir por inversión térmica en época estival, sobre todo en las áreas más cálidas de nuestra geografía).

Al depender de que exista tiro por convección natural en el conducto de evacuación será necesario que exista muy poca pérdida de carga en el circuito de extracción, por lo que los sistemas de ventilación híbridos tienen una serie de condiciones de diseño que no es necesario garantizar en el caso de ventilación mecánica, como son, por ejemplo, que las bocas de extracción se conecten directamente a los conductos verticales (un tramo horizontal que no sea tan mínimo como una simple embocadura, prácticamente impediría que la extracción o extracciones conectadas a él funcionasen), los conductos de las dos últimas plantas (en edificios de varias alturas) deben ser individuales, y los conductos colectivos no deben servir a más de 6 plantas y tienen que disponer de ramales interiores, para evitar efectos de tiro inverso.

La ventilación mecánica, por el contrario es siempre forzada, con utilización de equipos electro-mecánicos (ventiladores de extracción y/o impulsión) instalados al efecto, aunque podemos encontrar tres variantes: con admisión mecánica (deben sobrepresionarse ciertas áreas menos contaminadas con un ventilador de impulsión), con extracción mecánica (se depresionan las zonas contaminadas) o equilibrada (con dos instalaciones de admisión y extracción mecánica en zonas limpias y contaminadas respectivamente).

Por variados motivos (ya hemos indicado algunos de ellos como condicionantes de la ventilación híbrida), las instalaciones ejecutadas están centrándose generalmente en el tipo mecánico, en detrimento de la modalidad híbrida, por lo que este tipo de instalación está siendo usualmente denominada Ventilación Mecánica Controlada (VMC), y por ello se ha optado en centrar en ella el título de la comunicación, aunque los valores de ahorro que se van a dar en la misma no dependen de si se trata de una u otra modalidad de extracción, dado que se basan en ahorro de energía térmica y no en el ahorro de electricidad que supondría que los ventiladores dejaran de funcionar.

¹ La ventilación híbrida, está dotada de sondas (de presión diferencial o interruptores de flujo de aire) ubicadas en la chimenea de evacuación, que regulan la entrada en funcionamiento de estos extractores, de modo que únicamente entran en funcionamiento cuando no se dan las condiciones ambientales necesarias para que exista tiro natural.

Como las partes más contaminadas en las viviendas suelen ser los locales húmedos, éstos se deberán mantener en depresión con respecto a las otras estancias, por lo que la extracción se realizará a través de los mismos, mientras que el aporte de aire exterior –en teoría más limpio que el del interior de la vivienda– se realizará por las estancias secas (estar y dormitorios), creando una corriente que arrastrará los contaminantes generados en el interior de la vivienda para expulsarlos al exterior.

Sin embargo existen momentos en que las viviendas no están ocupadas, lo que lógicamente implica que no pueden existir molestias por su causa en unos ocupantes ausentes.

Adicionalmente, el que las viviendas no estén ocupadas implica que no se generan grandes cantidades de contaminantes, dado que los elementos que los generan dentro de este tipo de edificios son casi exclusivamente los ocupantes y sus actividades, aunque, obviamente, hay que considerar la posibilidad de que, aún desocupada, en esas viviendas sigan generándose contaminantes por otras causas.

Ante la posibilidad de que no se presente ningún origen de contaminación, la filosofía del CTE, tal como se indica en el RD texto refundido del 314/2006 con las modificaciones establecidas en el RD 1371/2007, de 19 de octubre, y las corrección de errores reflejadas en el BOE de 25 de enero de 2008², «se alinea con el denominado “enfoque basado en prestaciones”, propugnado por las principales Organizaciones Internacionales relacionadas con códigos de edificación, tales como el Consejo Internacional de la Edificación, o el Comité Interjurisdiccional de Colaboración Reglamentaria, ambos inspiradores de los códigos de países avanzados. Este enfoque, entre otras ventajas, permite la apertura del sector a mercados cada día más globales de productos de construcción y de los profesionales del sector. Además, frente a los tradicionales códigos prescriptivos, la adopción de un código basado en prestaciones, supone una mayor apertura a la innovación que se justifica también por la consideración de que los conocimientos y la tecnología de la edificación están en continuo progreso, de tal forma que la normativa promueva la investigación y no dificulte el progreso tecnológico».

Esto supone que lo que es obligatorio es conseguir el nivel de prestaciones indicado por la norma, pero no realizarlo de forma obligatoria de la manera recomendada en la misma. A criterio de proyectista, la solución técnica adoptada puede diferir de la de referencia indicada en el CTE o en sus documentos reconocidos, siempre que se obtenga el mismo nivel de prestación.

De hecho, en los Criterios Generales de aplicación para el cumplimiento del DB–HS se indica que «Pueden utilizarse otras soluciones diferentes a las contenidas en este DB», lo que implica que existe cierta flexibilidad en la aplicación del mismo.

² El texto citado puede obtenerse en:
<http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/parte1/>

Si analizamos el texto del artículo 13 antes citado podemos remarcar dos aspectos importantes: en primer lugar que está estudiado para el uso **normal** del edificio y, en segundo lugar, que lo que se pretende garantizar es la expulsión al exterior del aire **viciado por los contaminantes**, pero no la expulsión del aire que esté en buenas condiciones higiénico–sanitarias.

En realidad, es obvio –pues así lo establece el CTE como objetivo– que la intención del legislador es, por una parte, tal como se indica en la introducción a este Documento Básico de Salubridad, satisfacer «el requisito básico "Higiene, salud y protección del medio ambiente"», y por otra parte, evitar dentro de lo posible que los usuarios de los edificios, siempre que los utilicen de forma correcta, sufran agresiones que les produzcan molestias o enfermedades. Igualmente, se pretende evitar el riesgo de que los edificios se deterioren y de que su utilización deteriore el medio ambiente en su entorno inmediato, como consecuencia de su proceso de proyecto, construcción, uso y mantenimiento.

Dado que tradicionalmente se ventilaban las viviendas abriendo las ventanas a criterio del usuario ¿Era imprescindible el establecer estos volúmenes mínimos de ventilación y garantizarlos con una instalación adicional? Para contestar esta pregunta tendríamos que analizar los cambios que se han producido tanto en los hábitos de vida como en la calidad de los cerramientos de los edificios –específicamente en las carpinterías de los huecos acristalados–.

El deterioro del medio ambiente en el interior de los inmuebles se está incrementando paulatinamente debido a dos factores: el simultáneo incremento que está sufriendo la permanencia de los usuarios en el interior de los edificios y la falta de ventilación de los mismos ocasionada por múltiples motivos: incremento de la estanqueidad de dichos edificios debido a la mejora que han sufrido las carpinterías de las ventanas, mayor porcentaje de uso de las instalaciones de climatización que repercute en una menor abertura de las ventanas en épocas estivales e intermedias, etc.

Si este deterioro supera unos determinados límites, la salud de los usuarios de los edificios se resienten, comenzando a aparecer una sintomatología típica que incluye cefaleas, eritemas de la piel, picores, náuseas, alteraciones del sueño, dificultad en centrar la atención, etc.

Aunque están ocasionadas por múltiples combinaciones de factores (y además hay que tener en cuenta que la combinación de contaminantes suele tener efecto sinérgico), el conjunto sistémico de molestias suele ser bastante homogéneo, lo que ha permitido que la Organización Mundial de la Salud (OMS) las haya recogido en un único diagnóstico denominado “Síndrome del Edificio Enfermo” y definido como «Conjunto de enfermedades originadas o estimuladas por la contaminación del aire en espacios cerrados».

El apartado HS–3 del Documento Básico HS está pensado para su aplicación específica en edificios de viviendas «al interior de las mismas, los almacenes de residuos, los

trasteros, los aparcamientos y garajes; y, en los edificios de cualquier otro uso, a los aparcamientos y los garajes», debido a que éstos tienen sus propias peculiaridades en cuanto a generación de contaminantes.

El problema de contaminación que sufren los espacios que se mencionan y que no corresponden específicamente al interior de las viviendas, depende exclusivamente de su uso: emisión de CO y otros contaminantes ocasionados por los motores de combustión en los garajes, emisión de contaminantes tremendamente variados y de difícil cuantificación en los trasteros –en función de lo almacenado en ellos–, producción de biogás y olores como contaminantes fundamentales en los almacenes de residuos, etc.

Si analizamos el funcionamiento de las viviendas, con respecto al eventual incremento de tiempo de uso citado, los periodos de utilización no se han incrementado –de hecho la incorporación masiva de la mujer al mundo laboral lo que ha incrementado es los periodos de tiempo en que las viviendas están vacías–, mientras que las instalaciones de refrigeración no minoran de forma significativa los tiempos de abertura de las ventanas durante la mayor parte del año, al menos de momento en España.

Adicionalmente, en el interior de las mismas –aunque existe emisión de olores y pueden producirse eventuales fugas de gas³, y también pueden ocasionarse emisiones de otros contaminantes en pequeñas concentraciones–, los contaminantes principales, y completamente generalizados en todas las zonas climáticas, son dos: el CO₂ producido por la respiración de personas y animales y el vapor de agua generado por actividades cotidianas como el baño o ducha, la actividad física de los ocupantes y la cocción de los alimentos.

Consecuentemente, la aplicación a almacenes de residuos, trasteros, aparcamientos y garajes de los sistemas de ventilación exigidos por el DB–HS–3 debe ser continua –en tanto en cuanto no depende de la ocupación de los espacios–, pero como implica sólo un gasto energético controlado, dada la actual eficacia de los extractores y ventiladores de impulsión que podemos encontrar en el mercado, el desconectarlas periódicamente no constituiría un ahorro energético demasiado elevado, además de poder ser peligroso. Por el contrario, en las viviendas la contaminación es prácticamente residual en ausencia de ocupación y la ventilación es energéticamente costosa debido a que se trata de recintos calefactados donde se exige⁴ una temperatura operativa mínima de 21°C y una Humedad Relativa mínima del 40%.

³ El sistema de ventilación para locales donde existen instalaciones de gas es adicional y diferenciado al sistema VMC y, como ya se ha indicado, el DB–HS–3 nos indica que los 2 l/sm² que se exigen en las cocinas se elevan a 8 l/sm² en cocinas con sistemas de cocción por combustión o dotadas de calderas no estancas

⁴ En el marco normativo de la edificación, además del CTE– son de obligado cumplimiento otras reglamentaciones técnicas de carácter básico –con igual rango normativo–, como las Instrucciones de hormigón EHE, la norma de construcción sismorresistente, el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE), así como otras normativas reglamentarias de

Mantener esas condiciones higrotémicas en el interior de las viviendas obliga a efectuar un elevado aporte de energía, siendo uno de los aspectos que más influyen en este costo energético el tener que introducir grandes caudales de aire exterior en condiciones de temperatura y humedad mucho peores que las interiores (ocasionalmente, en determinados climas, estas condiciones entálpicas exteriores son mejores que las interiores, por lo que incluso convendría incrementar los caudales de aire exterior fijados como mínimos en el DB-HS-3, pero en la climatología española son mucho menos casos que aquellos en que este calentamiento constituye un costo energético determinante).

Si establecemos los diversos tipos de vivienda más comunes en España obtendremos los siguientes:

- Tipo 1: Vivienda de 1 dormitorio, cocina, salón-comedor y un baño.
- Tipo 2: Vivienda de 2 dormitorios, cocina, salón-comedor y un baño.
- Tipo 3: Vivienda de 2 dormitorios, cocina, salón-comedor y dos baños (o un baño + un aseo).
- Tipo 4: Vivienda de 3 dormitorios, cocina, salón-comedor y un baño.
- Tipo 5: Vivienda de 3 dormitorios, cocina, salón-comedor y dos baños (o un baño + un aseo).
- Tipo 6: Vivienda de 4 dormitorios, cocina, salón-comedor y un baño.
- Tipo 7: Vivienda de 4 dormitorios, cocina, salón-comedor y dos baños (o un baño + un aseo).
- Tipo 8: Vivienda de 4 dormitorios, cocina, salón-comedor y tres baños (o dos baños + un aseo).

Para estos tipos de viviendas, los caudales mínimos de ventilación exigidos por el DB-HS-3 del CTE podemos verlos en la tabla 2.

seguridad industrial etc., que coexisten con el CTE y que en principio son referencias externas al mismo. Las exigencias higrotérmicas mínimas para la obtención del confort son establecidas a nivel estatal en el RITE, aunque podrían encontrarse normativas más restrictivas a nivel autonómico o local.

TIPO		Caudal de aire	
		l/s	m ³ /h
1	1 Dorm.+1 Baño	75	270
2	2 Dorm.+1 Baño	85	306
3	2 Dorm.+2 Baños	100	360
4	3 Dorm.+1 Baño	95	342
5	3 Dorm.+2 Baños	110	396
6	4 Dorm.+1 Baño	105	378
7	4 Dorm.+2 Baños	120	432
8	4 Dorm.+3 Baños	135	486

Tabla 2.- Caudales mínimos totales de aire exterior (en l/s y m³/h) exigidos por el DB-
HS-3 del CTE para distintos tipos de vivienda.

Observamos que los caudales exigidos son muy elevados (sólo tenemos que pensar que una vivienda de un dormitorio puede tener menos de 50 m², es decir, para una altura media de 2,5 metros, tendría un volumen de menos de 125 m³, por lo que se está exigiendo renovar más de dos veces por hora el aire de toda la vivienda).

Con estos caudales, podemos calcular la potencia necesaria para calefactar el aire exterior que estaremos introduciendo hasta la temperatura de confort (no incluiremos la potencia necesaria para alcanzar los niveles requeridos de humedad, dado que en las viviendas españolas, de momento, no es usual incorporar sistemas de humectación).

Para efectuar dicho cálculo partiremos de dos hipótesis:

- 1.- La temperatura exterior adoptada para el cálculo es la que la norma UNE 100.001 nos proporciona para un percentil del 97,5%, para condiciones de invierno. Este percentil nos indica que con este valor de temperatura exterior satisfaremos completamente las necesidades térmicas de la vivienda correspondiente un 97,5% de los días de invierno, es decir, que durante ese porcentaje de días la temperatura exterior estará previsiblemente por encima de ese valor.

El percentil del 97,5% es el que la UNE 100.014 nos recomienda para este tipo de edificios.

- 2.- La temperatura seca del aire interior será igual a la limitación mínima que el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios) impone para la temperatura operativa: 21°C.

Realizamos esta simplificación en la hipótesis de que los trasdosados interiores de los paramentos de las viviendas suelen ser de baja masa, por lo que la temperatura media radiante será casi continuamente similar a la temperatura seca del aire.

Con estos datos, obtenemos una potencia de calefacción –sólo por el concepto de elevación de la temperatura del aire de ventilación que estamos introduciendo hasta la temperatura de confort–, que podemos observar en la tabla 3 para cada tipo de vivienda definido anteriormente.

Si las viviendas disponen de calefacción individual, lo más sencillo para ahorrar energía es apagar la calefacción durante el periodo en que las viviendas están vacías, aunque esto supondrá el enfriamiento de los paramentos de las viviendas (aunque según nuestra hipótesis los trasdosados interiores sean de baja inercia sigue necesitándose calentarlos aunque se tarde poco tiempo en realizarlo) y que, por ello, al volver a conectar la calefacción deberemos elevar la temperatura seca del aire interior por encima del valor antes establecido para obtener la misma sensación de confort compensando la menor temperatura media radiante lo que ocasionará igualmente más gasto energético y no es lo más aconsejable. Sin embargo, si la calefacción es comunitaria no podrá apagarse salvo que la vivienda disponga de algún tipo de dispositivo de control individual –obligatorio desde hace ya unos años– (un termostato ambiente controlando una válvula de tres vías motorizada es el sistema más usual); y, algunos usuarios no suelen apagar completamente su calefacción sino que limitan la temperatura a un valor de consigna más bajo, con la intención de que de esta forma el periodo necesario para conseguir el régimen térmico de confort sea lo más corto posible.

También pueden utilizarse recuperadores de calor, con los que lograríamos rebajar ese gasto energético en valores que podrían alcanzar incluso el 75%, pero se trata de elementos voluminosos, difíciles de incorporar dada la escasa altura de techos con que se dota a nuestras viviendas, por lo que, aún siendo un método perfectamente válido, alternativo al aquí propuesto, es más complejo de implantar

LOCALIDAD	UNE 100.001	ΔT (°C)	POTENCIA DE CALEFACCIÓN (W)							
	TEMP.EXT (°C)		TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8
Albacete	-3,7	24,7	2.210,08	2.504,75	2.946,77	2.799,43	3.241,44	3.094,11	3.536,12	3.978,14
Alicante	3,6	17,4	1.556,90	1.764,48	2.075,86	1.972,07	2.283,45	2.179,65	2.491,03	2.802,41
Barcelona	2,0	19	1.700,06	1.926,73	2.266,74	2.153,41	2.493,42	2.380,08	2.720,09	3.060,10
Bilbao	0,3	20,7	1.852,17	2.099,12	2.469,56	2.346,08	2.716,51	2.593,04	2.963,47	3.333,90
Burgos	-5,6	26,6	2.380,08	2.697,43	3.173,44	3.014,77	3.490,79	3.332,11	3.808,13	4.284,15
Cáceres	1,5	19,5	1.744,80	1.977,44	2.326,40	2.210,08	2.559,03	2.442,72	2.791,67	3.140,63
Ciudad Real	-3,4	24,4	2.183,23	2.474,33	2.910,98	2.765,43	3.202,07	3.056,53	3.493,17	3.929,82
Córdoba	-0,3	21,3	1.905,85	2.159,97	2.541,14	2.414,08	2.795,25	2.668,20	3.049,37	3.430,54
Ibiza	4,9	16,1	1.440,58	1.632,65	1.920,77	1.824,73	2.112,84	2.016,81	2.304,92	2.593,04
Jerez	2,1	18,9	1.691,11	1.916,59	2.254,81	2.142,07	2.480,30	2.367,55	2.705,78	3.044,00
La Coruña	3,8	17,2	1.539,00	1.744,20	2.052,00	1.949,40	2.257,20	2.154,60	2.462,40	2.770,20
Las Palmas	12,7	8,3	742,66	841,68	990,21	940,70	1.089,23	1.039,72	1.188,25	1.336,78
Logroño	-0,06	21,06	1.884,38	2.135,63	2.512,51	2.386,88	2.763,76	2.638,13	3.015,01	3.391,88
Madrid	-0,34	21,34	1.909,43	2.164,02	2.545,91	2.418,62	2.800,50	2.673,21	3.055,09	3.436,98
Mahón	5,5	15,5	1.386,89	1.571,81	1.849,19	1.756,73	2.034,10	1.941,65	2.219,02	2.496,40
Málaga	4,3	16,7	1.494,26	1.693,50	1.992,35	1.892,73	2.191,58	2.091,97	2.390,82	2.689,67
Oviedo	0,2	20,8	1.861,12	2.109,27	2.481,49	2.357,41	2.729,64	2.605,56	2.977,79	3.350,01
Palma de Mallorca	0,2	20,8	1.861,12	2.109,27	2.481,49	2.357,41	2.729,64	2.605,56	2.977,79	3.350,01
Salamanca	-5,0	26	2.326,40	2.636,58	3.101,86	2.946,77	3.412,05	3.256,95	3.722,23	4.187,51
Santander	3,8	17,2	1.539,00	1.744,20	2.052,00	1.949,40	2.257,20	2.154,60	2.462,40	2.770,20
Santiago	-0,1	21,1	1.887,96	2.139,69	2.517,28	2.391,42	2.769,01	2.643,14	3.020,73	3.398,33
Sevilla	1,5	19,5	1.744,80	1.977,44	2.326,40	2.210,08	2.559,03	2.442,72	2.791,67	3.140,63
Teruel	-6,1	27,1	2.424,82	2.748,13	3.233,09	3.071,44	3.556,40	3.394,75	3.879,71	4.364,68
Valencia	1,0	20	1.789,53	2.028,14	2.386,05	2.266,74	2.624,65	2.505,35	2.863,26	3.221,16
Valladolid	-4,4	25,4	2.272,71	2.575,74	3.030,28	2.878,77	3.333,31	3.181,79	3.636,33	4.090,88
Vigo	0,8	20,2	1.807,43	2.048,42	2.409,91	2.289,41	2.650,90	2.530,40	2.891,89	3.253,37
Zaragoza	-2,3	23,3	2.084,81	2.362,78	2.779,74	2.640,76	3.057,72	2.918,73	3.335,69	3.752,65

Tabla 3.- Potencia necesaria para calentar hasta la temperatura de confort, los Caudales mínimos totales de aire exterior exigidos por el DB- HS-3 del CTE para los distintos tipos de vivienda definidos.

Obviamente las temperaturas exteriores utilizadas son más probables en periodos nocturnos, en que las viviendas están en uso, por lo que para la obtención de los posibles ahorros que se podrían obtener eliminando la ventilación en los momentos en que la vivienda esté vacía deberemos establecer una hipótesis temporal más restrictiva: En lugar de suponer que el periodo diario en que la vivienda esté vacía sea de 9 horas (8 horas de una jornada laboral normal más 1 hora de transporte), se limita este periodo a 6 horas y se consideran sólo los tres meses de invierno (66 días laborables, considerando una media de 22 días por mes), despreciando los periodos otoñales y primaverales más cálidos.

Con esas premisas, tendríamos que simplemente desconectando la ventilación continua durante esos periodos –estimados, como puede verse, de forma enormemente conservadora–, el ahorro energético anual obtenido por vivienda es el incluido en la tabla 4.

LOCALIDAD	AHORRO ENERGÉTICO EN CALEFACCIÓN (KWH)							
	TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7	TIPO 8
Albacete	875,19	991,88	1.166,92	1.108,57	1.283,61	1.225,27	1.400,30	1.575,34
Alicante	616,53	698,73	822,04	780,94	904,24	863,14	986,45	1.109,76
Barcelona	673,22	762,99	897,63	852,75	987,39	942,51	1.077,16	1.211,80
Bilbao	733,46	831,25	977,95	929,05	1.075,74	1.026,84	1.173,53	1.320,23
Burgos	942,51	1.068,18	1.256,68	1.193,85	1.382,35	1.319,52	1.508,02	1.696,52
Cáceres	690,94	783,06	921,25	875,19	1.013,38	967,32	1.105,50	1.243,69
Ciudad Real	864,56	979,83	1.152,75	1.095,11	1.268,02	1.210,38	1.383,30	1.556,21
Córdoba	754,72	855,35	1.006,29	955,98	1.106,92	1.056,61	1.207,55	1.358,49
Ibiza	570,47	646,53	760,62	722,59	836,69	798,66	912,75	1.026,84
Jerez	669,68	758,97	892,91	848,26	982,20	937,55	1.071,49	1.205,42
La Coruña	609,44	690,70	812,59	771,96	893,85	853,22	975,11	1.097,00
Las Palmas	294,09	333,30	392,12	372,52	431,34	411,73	470,55	529,37
Logroño	746,21	845,71	994,95	945,21	1.094,45	1.044,70	1.193,94	1.343,19
Madrid	756,14	856,95	1.008,18	957,77	1.109,00	1.058,59	1.209,82	1.361,04
Mahón	549,21	622,44	732,28	695,66	805,51	768,89	878,73	988,57
Málaga	591,73	670,62	788,97	749,52	867,87	828,42	946,76	1.065,11
Oviedo	737,00	835,27	982,67	933,54	1.080,94	1.031,80	1.179,20	1.326,60
Palma de Mallorca	737,00	835,27	982,67	933,54	1.080,94	1.031,80	1.179,20	1.326,60
Salamanca	921,25	1.044,09	1.228,34	1.166,92	1.351,17	1.289,75	1.474,00	1.658,25
Santander	609,44	690,70	812,59	771,96	893,85	853,22	975,11	1.097,00
Santiago	747,63	847,32	996,84	947,00	1.096,53	1.046,68	1.196,21	1.345,74
Sevilla	690,94	783,06	921,25	875,19	1.013,38	967,32	1.105,50	1.243,69
Teruel	960,23	1.088,26	1.280,30	1.216,29	1.408,34	1.344,32	1.536,37	1.728,41
Valencia	708,66	803,14	944,87	897,63	1.039,36	992,12	1.133,85	1.275,58
Valladolid	899,99	1.019,99	1.199,99	1.139,99	1.319,99	1.259,99	1.439,99	1.619,99
Vigo	715,74	811,17	954,32	906,61	1.049,76	1.002,04	1.145,19	1.288,34
Zaragoza	825,58	935,66	1.100,78	1.045,74	1.210,86	1.155,82	1.320,93	1.486,05

Tabla 4.- Ahorro energético conseguido limitando la extracción forzada a los momentos en que es necesaria para evacuar eventuales contaminantes.

En la Guía publicada por CEDOM (Asociación Española de domótica) y patrocinada por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio español y el IDEA (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) titulada “Cómo ahorrar energía instalando domótica en su vivienda” nos indican que «en cuanto al consumo eléctrico, un hogar medio consume unos 4.000 kWh al año»; valor al que habría que añadir el consumo de otras energías primarias (habitualmente gas natural o gasóleo).

Sobre este dato y examinando los valores obtenidos en la tabla 4, es posible que a los habitantes de Las Palmas que tengan una vivienda de Tipo 1 les parezca despreciable un ahorro que apenas supera el 7% de su consumo anual de electricidad, pero para un habitante de Burgos, Salamanca o Valladolid con una casa de gran superficie (Tipo 8), el

ahorro superaría el 40% y, teniendo en cuenta el costo de la energía es obvio que se trata de una opción interesante.

Por otra parte, D. Jan Helge Bey –arquitecto y *Certified European Passive House Designer*– nos indica en su artículo “Casas pasivas”⁵ que una vivienda pasiva gasta anualmente en energía (sumando los conceptos de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad) unos 120 kWh/m², de los que 15 kWh/m² se dedican a calefacción y refrigeración. En el mismo artículo también nos indica que en una casa convencional este último valor se incrementa hasta una media de unos 100 kWh/m², lo que supondría un consumo energético anual total para esta última de 205 kWh/m².

Basándonos en estos datos, para una vivienda de 100 m², que podría corresponder al tipo 5, tendríamos, pues, un consumo total anual de energía de 20.500 kWh. El ahorro para este tipo supondría, por tanto, con este sistema entre un 2,1% y un 6,87% en función de la climatología. Es evidente que, al menos para el último caso, se trata de una opción a considerar.

Se trata, además, de una opción apoyada por las nuevas normativas, que buscan el fomento del ahorro energético.

Por ejemplo, la última modificación del RITE (desarrollada en el Real Decreto 1826/2009, de 27 de noviembre y que ha sido publicada en el BOE nº 298 de 11 de diciembre de 2009), en su ITE 3.8 indica que busca la sensibilización del consumidor (exhibiendo, por ejemplo, la temperatura ambiente «en los recintos de los edificios y locales que son frecuentados habitualmente por un número importante de personas o tienen una superficie superior a 1.000 m²») y el fomento del propio autocontrol energético en especial en aquellas instalaciones donde el consumo puede ser mayor (no está específicamente dirigido a edificios de viviendas, pero la filosofía de ahorro energético que implanta debe ser asumible en dichos edificios).

Conseguir estos ahorros no es complicado y se puede efectuar de manera completamente automática instalando dos tipos de sonda: entálpicas –que controlan temperatura y humedad del ambiente (figura 1)– y de calidad de aire –que suelen vigilar los niveles de CO₂ (figura 2)–.

En este momento ya existen en el mercado español sensores con todo tipo de posibilidades de comunicación –cableados e inalámbricos–, de gran precisión (± 0.5 °C) y capaces, no sólo de medir la temperatura y las humedades relativa y absoluta, sino incluso de calcular el punto de rocío y promediar valores procedentes de diversos sensores (para activar la ventilación de la vivienda total o parcialmente en función de si tenemos un solo extractor o varios), por lo que su instalación no supone precisamente un

⁵ <http://www.lacasasostenible.com/sistemas-sostenibles/casas-pasovas.html>

desafío tecnológico ni la realización de obras de gran cuantía, pudiendo, sin embargo, reducir sustancialmente nuestra factura energética.



Figura 1.- Sensores entálpicos (de temperatura–humedad), fabricados por KELD y ELSNER respectivamente (al menos este último utiliza el protocolo de comunicaciones abierto KNX). Puede observarse que pueden ser fácilmente instalados en cualquier cajetín eléctrico.



Figura 2.- Sensores de calidad del aire, fabricados por FÍGARO (con semiconductor) y ELSNER respectivamente (al menos este último utiliza igual que en el caso anterior, el protocolo de comunicaciones abierto KNX y es susceptible de ser instalado en cualquier cajetín eléctrico).