

Evaluación de posibles estrategias de ventilación natural capaces de asegurar condiciones de calidad del aire interior conformes con el marco reglamentario Español

Ciente:

Ministerio de Fomento

Redacción de la memoria:

ASA

Teresa Battle

Juan Carlos Carmona Casado

María Jesus Gonzalez Díaz

Micheel Wassouf

Barcelona, 15 de diciembre del 2015

ÍNDICE

1. Norma europea EN 15251	3
- Ámbito de aplicación.....	3
- Ventilación natural según la EN 15251	3
- Ventilación y ambiente térmico.....	4
- Ventilación y ruido	4
- Estrategia de ventilación variable.....	5
- ANEXO A - criterios para el ambiente térmico	5
- ANEXO B - criterios de la calidad del aire interior.....	6
2. Norma europea EN 15242	8
3. Comparativa de normativas europeas referentes a la ventilación	9
- Reino Unido	9
- Italia	9
- Portugal	10
- Francia.....	10
- Países Bajos.....	12
4. Certificación LEED	14
5. Recomendaciones / reflexiones	16
- Condiciones internas y externas del edificio	16
- Condiciones culturales.....	17
- Demanda energética y confort	17
- Conceptos de ventilación variable.....	18
- Control del caudal de ventilación.....	18
6. Tabla de comparación de caudales	19
7. Bibliografía.....	20

1. Norma europea EN 15251

- **Ámbito de aplicación**

La norma europea EN 15251¹ con el título “Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido” ha sido publicada por el CEN en 2007. Esta norma europea fue aprobada por AENOR en 2008.

El interés de esta norma reside en la definición de las estrategias de ventilación **natural** en los edificios. Es de señalar cómo en su Introducción detalla que esta norma no debe ser usada directamente para los cálculos de consumo de energía, pues “nuevos resultados muestran que las expectativas de los ocupantes en edificios con ventilación natural pueden diferir de las de edificios acondicionados. Estas cuestiones no se abordan en detalle en los documentos antes mencionados”, apuntando que hay cuestiones de comportamiento y confort que sobrepasan el ámbito de la norma.

El documento EN 15251 trata tanto edificios no residenciales como edificios residenciales. Mientras que en el RITE se encuentran reflejados varios conceptos de esta norma, el documento HS3 no ha sido afectado por ella.

También es importante destacar que esta norma incluye entre sus criterios de estudio el concepto de emisiones y componentes orgánicos volátiles emitidos por los materiales de construcción del edificio como criterios que influyen en la calidad del aire interior, y define en el Anexo C (informativo) cómo se define un edificio con un nivel bajo o alto de contaminantes. A su vez, establece diferentes niveles en función de edificios nuevos, existentes, etc.

- **Ventilación natural según la EN 15251**

En el apartado 3 “Términos y Definiciones” se define el vocablo “adaptación” como “Ajuste fisiológico, psicológico o de comportamiento de los ocupantes del edificio a la ambiente térmico interior con el fin de evitar molestias. En los edificios con ventilación natural son a menudo respuesta a los cambios de ambiente interior inducidos por las condiciones climáticas exteriores.”

Se define el término de sistemas de ventilación como: “Combinación de aparatos diseñados para proporcionar aire exterior a los espacios interiores y para extraer el aire interior contaminado. El sistema puede consistir en componentes mecánicos (por ejemplo, combinación de unidades manejables, conductos y unidades terminales”. Se agrega una nota en que se admite explícitamente sistemas de ventilación natural,

¹ Algunas observaciones de esta apartado proceden de la lectura directa de la versión inglesa de la norma CEN 15251, en la que no se coincide con la versión en español realizada por AENOR.

sistemas mecánicos y sistemas híbridos: “El sistema de ventilación también puede referirse a sistemas de ventilación natural haciendo uso de las diferencias de temperatura y del viento con rejillas en las fachadas en combinación con extracción (por ejemplo en pasillos, aseos etc.). Tanto la ventilación natural como la mecánica pueden combinarse con ventanas que se pueden abrir.” (EN 15251, 3.18).

- Ventilación y ambiente térmico

Así mismo, y también en el glosario (apartado 3.7) define como edificios sin enfriamiento mecánico “edificios que no tienen ningún enfriamiento mecánico y dependen de otras técnicas para reducir la alta temperatura interior durante el verano, como ventanas de tamaño moderado, una adecuada protección solar, uso de masa térmica del edificio, ventilación natural, ventilación nocturna, etc., etc., para prevenir el sobrecalentamiento.

El capítulo 6 define los criterios de diseño para el dimensionamiento de los sistemas de calefacción, refrigeración, y ventilación mecánica y natural de los edificios.

En el apartado 6.2.2 se destaca que en verano la mayoría de los edificios ventilados naturalmente son de maniobra libre, por lo que no es necesario dimensionar un sistema de enfriamiento. “Las temperaturas de verano son principalmente utilizadas para diseñar las disposiciones de los controles térmicos pasivos (por ejemplo protección solar, masa térmica del edificio, diseño, orientación y apertura de ventanas, etc.) para evitar el sobrecalentamiento del edificio.”

Además está considerado que es aceptable una franja de sobrecalentamiento y horas fuera del rango de criterios de confort. “Para edificios y espacios donde el diseño del edificio y la ventilación natural no son los adecuados para cumplir las categorías de temperatura requeridas, los documentos de diseño deben establecer, utilizando uno de los métodos del anexo F, la frecuencia con la que las condiciones están fuera del rango requerido.”

La norma establece un apartado específico (7.3.2.2) para la calidad de aire interior y ventilación en edificios residenciales con ventilación natural, diciendo expresamente que sus niveles de ventilación serán calculados en función de la distribución del edificio, la ubicación y las condiciones climáticas, de acuerdo con EN 15242.

- Ventilación y ruido

En el capítulo 6.6 se **excluye la ventilación natural** a través de apertura de ventanas en edificios en zonas donde un alto nivel de ruido exterior impide alcanzar el nivel objetivo de ventilación cumpliendo con el nivel de diseño de ruido interior. Esta frase intuye que es posible basarse en una ventilación natural, en caso de no existir un alto impacto de ruido.

“La ventilación no debería recaer en la apertura de ventanas en las zonas con alto nivel de ruido exterior donde no es posible alcanzar el nivel objetivo por la aireación o si el edificio se localiza en un área con alto nivel de ruido exterior comparado con el nivel que el diseñador desea alcanzar en la zona interior.”

Por otro lado hay que asegurar que los niveles de ruido de los sistemas de HVAC del edificio no interfieren con el uso previsto y el confort acústico de los ocupantes del edificio: “El ruido de los sistemas HVAC del edificio puede molestar a los ocupantes y evitar el uso previsto del espacio o del edificio.”

- Estrategia de ventilación variable

En el apartado 7.3.1 se recomienda proyectar los edificios no residenciales con caudales de ventilación variables, en función de la ocupación del edificio: “el caudal de ventilación puede variar entre un máximo para ocupación completa o demanda y un mínimo para espacio no ocupado.”

En edificios residenciales, la norma propone también variar los caudales de ventilación en función de la ocupación. En el apartado 7.3.2 se especifica que “los edificios residenciales deberían ser ventilados durante los periodos de no ocupación con un caudal de ventilación más bajo que durante el periodo de ocupación.” Este caudal de ventilación mínimo debe definirse basándose en la carga contaminante de los espacios.

En sistemas con caudal de aire variable controlado por cualquier criterio representando la demanda, temporizador o detector de ocupación, el caudal de ventilación puede variar entre un máximo y un mínimo dependiendo de la ocupación y la carga contaminante, así como de la producción de humedad.

- ANEXO A - criterios para el ambiente térmico

El Anexo A establece criterios recomendados para el ambiente térmico. Distingue claramente las temperaturas de cálculo entre edificios con calefacción y refrigeración mecánicas y aquellos que no tienen refrigeración mecánica, tanto en edificios residenciales como no-residenciales. Las temperaturas aceptables en verano son más altas en edificios sin aire acondicionado. Esto es debido principalmente a las diferencias en la experiencia térmica, la disponibilidad de control y cambios en las expectativas de los ocupantes. La norma concluye textualmente en este Anexo que en edificios sin refrigeración mecánica los espacios en cuestión deberán estar equipados con ventanas maniobrables que se abran al exterior y que se puedan abrir y manejar fácilmente por sus ocupantes. La apertura y cierre de ventanas debe ser de importancia primaria para regular las condiciones térmicas. Puede haber además otros métodos pasivos para el control del ambiente interior como ventiladores, persianas, ventilación nocturna, etc.

- ANEXO B - criterios de la calidad del aire interior

En Anexo B están establecidas las bases del criterio de calidad del aire interior y caudales de ventilación: “No existe un caudal estándar común para garantizar la calidad del aire interior de edificios no residenciales. La calidad del aire interior es expresada como nivel requerido de ventilación o concentraciones de CO₂.”

Los factores que influyen la calidad de aire interior son las emisiones de las personas y de sus actividades (bioefluente, humo), el edificio y los muebles, y el propio sistema HVAC.

Edificios no-residenciales:

Para definir el caudal mínimo necesario se proponen 3 métodos:

B.1.2 Ventilación requerida calculada por persona, componente (fumador, no-fumador) y se añade la ventilación requerida para los componentes del edificio.

B.1.3 Cálculo del caudal de ventilación requerido por persona o por metro cuadrado de suelo.

B.1.4 Cálculo del caudal de ventilación requerido basado en un balance másico y los criterios requeridos para el nivel de CO₂.

Como la norma Española RITE permite en su artículo 5.1 justificaciones alternativas a las propiamente en él establecidas,, es posible referirse a la UNE EN 15251 para establecer un método alternativo de cálculo de caudal de aire. El RITE, a modo de ejemplo, pide un caudal de aire en aulas escolares de 12 l/s por persona (equivalente aproximadamente a 8 renovaciones hora). Escogiendo la metodología de la EN 15251-B1.2, sería posible reducir este caudal a 8,4 l/s, o incluso 7,6 l/s, si se justifica pocas emisiones de los acabados/muebles de la estancia.

Edificios residenciales:

En el apartado B.2 se establecen los caudales de ventilación recomendados en edificios residenciales.

El criterio de cálculo se puede expresar mediante 3 métodos diferentes:

- La extracción requerida en los recintos húmedos para retirar los contaminantes locales en estas zonas
- Se requiere ventilación general (todos los recintos se ventilan). Este requisito permite también generalmente alguna transferencia de las salas de estar principales (salón y comedor, dormitorios) mediante pasillos a los recintos húmedos (cocinas, baños, aseos).
- Algunas reglamentaciones consideran el caudal de ventilación total en el edificio, otros han hecho hincapié en el aire de impulsión mínimo por dormitorio y cuarto de estar. Esta adición permite para el mismo nivel general una mejor calidad del aire interior porque los sistemas tienen que adaptarse y repartirse en los recintos apropiados donde está la verdadera ocupación.

En la tabla B.5 del mismo apartado se dan ejemplos de caudales de ventilación para uso residencial. Igual que en el caso de no-residenciales, se podrían justificar caudales inferiores a las establecidas en el DB-HS3, utilizando esta tabla. A modo de ejemplo: Según HS3, se pide un caudal de extracción en baños de 15 l/s. Según la tabla B.5, este caudal puede reducirse a 10 l/s.

Cabe destacar además, que la norma propone en este apartado para los periodos de desocupación unos caudales mínimos de 0,05 l/s y 0,1 l/s por m². Este caudal supondría para una vivienda de 80 m² una renovación aproximada de 0,1 por hora.

2. Norma europea EN 15242

La norma europea EN 15242 fue aprobada por AENOR en 2007 (UNE EN 15242:2007).

Su título es " Ventilación de los edificios. Métodos de cálculo para la determinación de las tasas de los caudales de aire en edificios, incluyendo la infiltración." La norma propone métodos para cuantificar caudales de aire para cálculos energéticos y para evaluar la calidad del aire interior y confort estival.

En el apartado 6.3 se describe la metodología para calcular una ventilación pasiva y híbrida. Por tanto proporciona para los diseñadores de edificios herramientas comprobadas para cuantificar la eficiencia de una ventilación "no mecánica" (la pasiva se basa en conductos y sus componentes, sin usar ventiladores eléctricos). La ventilación híbrida combina la ventilación mecánica con la natural.

La norma cuantifica el impacto de la ventilación natural mediante ventanas en el apartado 6.5 ("Airflow due to windows openings"). Las formulas de la norma calculan caudales de ventilación en función de valores meteorológicos, medidas de ventanas y la eficiencia de los usuarios. Se proporcionan una formulas tanto para cálculo del efecto de la ventilación natural cruzada como la no cruzada (la herramienta PHPP del estándar Passivhaus a modo de ejemplo utiliza estas formulas a la hora de justificar estrategias de ventilación pasiva).

En el apartado 6.6 se define la metodología de cálculo para las infiltraciones de aire, visto que este concepto forma parte de la ventilación total de un edificio.

En el apartado 7.4 "Confort estival" se recomienda la ventilación como estrategia para conseguir un buen confort en verano. Se recuerda la desventaja de la ventilación mecánica en cuanto a que el efecto positivo del enfriamiento por ventilación nocturna puede ser neutralizado por el exceso en consumo eléctrico de los ventiladores. Para la ventilación natural, se recuerda la importancia de tener en cuenta los hábitos de los usuarios, la contaminación acústica y argumentos adicionales que pueden afectar a la eficiencia de esta estrategia. La norma concluye con el apartado 7.5 "Indoor Air Quality". En este apartado se resumen las ventajas de la metodologías expresadas en los apartados anteriores, para justificar los caudales de ventilación necesarios por cuestiones de higiene.

3. Comparativa de normativas europeas referentes a la ventilación

- Reino Unido

HM Government Buildings Regulation / Domestic ventilation compliance guide

En el Reino Unido se aplica el documento "HM Government Buildings Regulation. Ventilation 2010" en la versión comentada en 2013 y "Domestic ventilation compliance guide: Section 2: Natural ventilation and intermittent extract systems". Destaca que al diseñar los caudales se distingue tanto entre construcción nueva y rehabilitación como entre edificios que no tienen infiltraciones relevantes, tal como es el caso en los edificios de consumo casi nulo, y los demás edificios con infiltraciones "convencionales". Se diferencia entre 4 modos de ventilación según ocupación, actividades del edificio y la humedad y se describen sus respectivas situaciones de empleo, si son intermitentes o permanentes. Como sistemas de ventilación, se permite el diseño de la ventilación mecánica de simple / doble flujo y la ventilación a través de conductos de tiro natural (Passive Stack Ventilation PSV). Ya que para este último sistema se prevé un apoyo mecánico auxiliar, aplicando la definición según la normativa EN 15251, se trata de un sistema "casi-híbrido". No obstante, el documento **deja la libertad de emplear otros diseños. La ventilación natural a través de ventanas se puede diseñar, siempre y cuando se documente y justifique su correcto funcionamiento.**

Para la ventilación híbrida, tal como se describe también en el CTE-HS3, se proponen en el párrafo 5.2 caudales inferiores a los del Código Técnico. Por ejemplo en modo de extracción continua, 13 l/s para cocinas (CTE 50 l/s).

En caso de poder justificar infiltraciones de aire mayores o igual a $q_{50@3}$ 3 m³/m²h, (párrafo 5.10), es posible diseñar un sistema de ventilación tipo "passive stack ventilation" (ventilación por extracción pasiva).

- Italia

UNI-TS_11300-1_2014

En cuanto a la regulación de la ventilación, se aplica el párrafo 12 de dicha norma. El documento abarca las opciones tanto de ventilación mecánica (de simple o bien de doble flujo) como la ventilación natural. El caudal mínimo es independiente del tipo de ventilación aplicado. En el caso de ventilación natural, para definir el caudal de ventilación se considera tanto el perfil de uso (por ejemplo factor de corrección por ausencia) con sus exigencias de higiene como las infiltraciones de aire que tiene el edificio, reflejado en un factor de

reducción aplicable. Para uso residencial, se establece un caudal mínimo de 0,5 renovaciones hora (según CTE-HS3, las renovaciones hora suelen ser entre 0,8-1,0/h).

En la misma norma se define la metodología de cálculo de la ventilación nocturna (free cooling), aunque solo en combinación con la ventilación mecánica.

- Portugal

DL118/2013

En Portugal se aplica para viviendas la normativa "DL118/2013 de 20 de Agosto (DL118/2013 de 30 de Agosto. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH), 2013)". La normativa distingue entre edificios nuevos y existentes. Se busca el equilibrio entre eficiencia energética y calidad de aire interior (mayor eficiencia energética=menores caudales=peor calidad de aire).

Se permite justificar los caudales de ventilación en obra nueva con medios naturales, mecánicos, o combinando ambas estrategias. **Se aconseja privilegiar las soluciones con ventilación natural**, interpretando la ventilación mecánica cómo estrategia adicional (art 40.3). En caso de optar por esta última estrategia, se recomienda introducir sistemas con filtros para mejorar la calidad del aire interior (sistema doble flujo).

Se distingue entre caudal de verano e invierno diferenciando entre las renovaciones de aire mínimos de verano e invierno². A modo de ejemplo, las renovaciones de aire en invierno pueden ser reducidas hasta un valor de 0,4/h.

Como sistemas de ventilación, están permitidos ventilación de simple o doble flujo, ventilación híbrida (ventilación natural complementada cuando sea insuficiente por ventilación mecánica con control automático), ventilación mixta (ventilación natural + mecánica controlada por los ocupantes) y ventilación natural. (Pinto, 2013, p. 13) Al calcular el caudal nominal de ventilación se tiene en cuenta la acción de viento, elevación térmica, infiltraciones por grietas, aperturas de ventilación y pérdida de presión en conductos. En edificios existentes se considera la ventilación natural a través de ventanas como medida económica para garantizar la calidad del aire interior (Pinto, 2013, p.63).

- Francia

Guía del Ministerio de Ecología, Desarrollo Sostenible y Energía "Aération / Ventilation - 12 janvier 2010 - Bâtiment et Ville Durables"³

Destaca que la ventilación, ya sea natural o mecánica, es esencial para obtener una buena calidad del aire en las estancias. Su prioridad es satisfacer las necesidades de higiene y confort.

² Compara Laboratório Nacional de Engenharia Civil (A. Pinto, 2013), p.9; traducción propia del autor: renovaciones de aire por hora en temporada de refrigeración de 0,6 h-1 (despacho 15793-K/2013)

³ <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Aeration-Ventilation,12909.html>

En edificios existentes están, dependiendo del tipo de edificio y de la evolución de la normativa aplicable en el momento de construcción o rehabilitación, presentes varios modos de ventilación y sistemas de ventilación. La renovación del aire interior se puede proporcionar, en su caso, por las infiltraciones, rejillas de ventilación **y ventanas que se abren** o mediante ventilación mecánica controlada (VMC) en los edificios nuevos. Con la nueva ley RT-2012 (normativa prestacional de ahorro energético en Francia), se establece reducir las infiltraciones de aire (test obligatorio de BlowerDoor con resultado $q_4 \leq 0,6$ m³/m², equivalente a un valor n50 aproximado de 1,5-2/h). Con esta normativa, será muy complicado asegurar una buena higiene de las estancias interiores sin ventilación mecánica.

Decretos del 24 de marzo 1982 y 28 de octubre, de 1983 ⁴

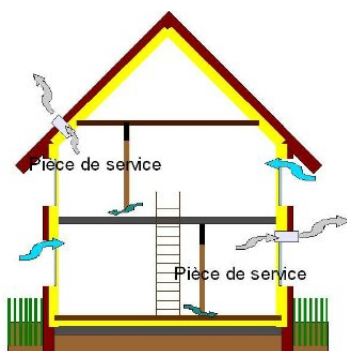
Estos decretos relativos a la ventilación de la vivienda de nueva construcción definen el principio de la ventilación permanente y establecen requisitos de los caudales mínimos de extracción en los locales húmedos, permitiendo caudales variables! El requisito de ventilación permanente se limita a ciertos locales en el caso de viviendas unifamiliares, en función de determinadas zonas climáticas.

La normativa francesa admite y describe la opción de ventilación a través de conductos de tiro natural para viviendas:

La ventilación natural no requiere dispositivo mecánico para funcionar. El flujo de aire es inducido por tiro térmico, debido a las diferencias de temperatura entre el interior y el exterior y la presión del viento sobre la envolvente del edificio y en particular el conducto de salida en el techo.

Cada local húmedo tiene un conducto conectado al exterior con posibilidad de funcionamiento a través de tiro natural. Cada local seco dispone de una entrada de aire de auto-ajuste, colocado en la fachada exterior. Las aberturas son fijas o ajustables manualmente.

En la vivienda colectiva, los conductos de extracción de tiro natural pueden ser o individuales, es decir, servir a un cuarto de baño, o ser colectivos, es decir, servir a varios cuartos. Un conducto colectivo debe incluir un colector de conducto y conexiones individuales de altura del piso, cada uno de éstos servir sólo a un cuarto de baño (shunt tubería)." ⁵



Esquema de un sistema de ventilación por tiro natural (fr: balayage)

⁴ Arrêtés du 24 mars 1982 et du 28 octobre 1983 relatifs à l'aération des logements

⁵ Traducción del autor

Ley Réglementation Thermique - 2012

Con la nueva ley RT-2012 (normativa prestacional de ahorro energético en Francia, equivalente al HE0/1), se establece reducir las infiltraciones de aire (test obligatorio de BlowerDoor con resultado $q_4 \leq 0,6$ m³/m², equivalente a un valor n50 aproximado de 1,5-2/h). Con este nuevo requisito, será muy difícil asegurar una suficiente higiene de las estancias interiores sin ventilación controlada. Por este motivo, en el día a día en Francia, en la mayoría de los proyectos de nueva construcción se suele usar al menos la ventilación mecánica de simple flujo, a fin de garantizar los caudales mínimos establecidos, porque es complicado asegurarse de su obtención vía ventilación natural.

- Países Bajos

Bouwbesluit

La normativa básica en los Países Bajos es la Bouwbesluit del año 2012, (Ley de la Construcción 2012). Concretamente, lo referido a la ventilación en viviendas se relata en el Capítulo 3. Reglamentos técnicos de construcción en términos de salud- Sección 3.6. Ventilación- § 3.6.1. Nueva construcción- Artículo 3.28. Control de Aire- Artículo y tabla de control del artículo 03:28.⁶

Artículo 3.29. Ventilación en alojamientos, cuartos de estar, baños y aseos:

1. Un área de estancia debe tener una ventilación, de acuerdo con NEN 1087, de al menos 0,9 dm³ / s por m² de superficie, con un mínimo de 7 dm³ / s. (= 25,2 m³/h)
2. Un cuarto de estar debe tener una capacidad de ventilación, de acuerdo con la norma DIN 1087, de al menos 0,7 dm³ / s por m² de superficie con un mínimo de 7 dm³ / s. (= 7 l/s)
3. Un área de estancia y un cuarto de estar deben tener, de acuerdo con NEN 1087, una capacidad mínima de ventilación por persona según se muestra en la Tabla 3.28.
4. No obstante, un espacio de estancia que incluya cocina tal como se hace referencia en el artículo 4:38, y que incluya de una a tres personas, tendrá capacidad de ventilación, de acuerdo con la norma DIN 1087, de al menos 21 dm³ / s (según HS3: 50 dm³/s).
5. Una zona de estancia prevista para uso de más de una hora ha de tener una capacidad de ventilación no inferior al valor más alto de los contenidos en el primer y tercer punto, para cada una de sus zonas. Además, la capacidad no debe ser menor que el 70% de la suma de los valores de acuerdo con los párrafos primero, tercero y cuarto.
6. Un aseo debe tener capacidad de ventilación no inferior a 7 dm³ / s, determinado de acuerdo con NEN 1087 (según HS3: 15 dm³/s)..

⁶ Traducción por MARIA JESUS GONZALEZ DIAZ

7. Un cuarto de baño debe tener capacidad de ventilación de al menos 14 dm³ / s, determinado de acuerdo con NEN 1087.

Aansturingstabel 3.28

[Pagina afdrucken](#)

> [Terug naar Bouwbesluit](#)

gebruiksfunctie	leden van toepassing																											grenswaarden								
	luchthverving verblijfsgebied, verblijfsruimte, toiletuimte en badruimte							thermisch comfort			luchthverving overige ruimten							plaats van de opening			luchtkwaliteit								gebouw		tijdelijke bouw		capaciteit per persoon			
	3.29							3.30			3.31							3.32			3.33			3.34							3.35		3.36		3.29	
artikel	lid	1	2	3	4	5	6	7	*	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	2	*	3	
1	Woonfunctie		1	2	-	4	5	6	7	*	1	2	3	1	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	2	3	4	5	-	7	8	-	1	2	*	-
2	Bijeenkomstfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	*	6,5
	a. voor kinderopvang		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	4
	b. andere bijeenkomstfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	-
3	Celfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	-
	a. cel		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	12
	b. ander verblijfsgebied		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	6,5
4	Gezondheidszorgfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	12
	a. bedgebied		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	6,5
	b. ander verblijfsgebied		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	6,5
5	Industriefunctie		-	-	3	4	-	6	7	-	-	-	-	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	6,5
6	Kantoorfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	6,5
7	Logiesfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	2	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	12
	a. in een logiesgebouw		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	2	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	12
	b. andere logiesfunctie		-	-	3	4	5	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	2	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	12
8	Onderwijsfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	*	8,5
9	Sportfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	6,5
10	Winkelfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	4
11	Overige gebruiksfunctie		-	-	3	4	-	6	7	*	1	2	3	-	2	3	4	-	-	-	1	2	3	1	-	-	4	5	-	7	8	9	1	2	-	-
	a. voor het stallen van motorvoertuigen		-	-	3	4	-	6	7	-	-	-	-	-	2	3	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	-	7	8	9	1	2	-	-
	b. andere overige gebruiksfunctie		-	-	3	4	-	6	7	-	-	-	-	-	2	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	-
12	Bouwwerk geen gebouw zijnde		-	-	3	4	-	6	7	-	-	-	-	-	2	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	-
	a. wegtunnel met een tunnallengte van meer dan 250 m		-	-	3	4	-	6	7	-	-	-	-	-	2	3	4	-	6	7	-	-	-	-	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	-
	b. andere tunnel of tunnelvormig bouwwerk		-	-	3	4	-	6	7	-	-	-	-	-	2	3	4	-	6	-	-	-	-	-	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	-
	c. ander bouwwerk geen gebouw zijnde		-	-	3	4	-	6	7	-	-	-	-	-	2	3	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5	-	7	8	-	1	2	-	-

Definición de caudales de ventilación según Bouwbesluit

4. Certificación LEED

La certificación LEED en su versión más actual v4 define exigencias mínimas para poder justificar una estrategia de ventilación natural en edificios no residenciales (se entiende que esta estrategia también puede ser viable para un uso residencial). Para justificar esta vía, LEED remite al Manual AM10, March 2005, Natural Ventilation in Nondomestic Buildings del Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE).

Este manual se resume en el diagrama de flujos mostrado a continuación. Se trata de un diagrama definido para el caso de verano. Según este diagrama, es posible optar por una estrategia de ventilación natural, si se cumple con las siguientes estrategias (condiciones acumulativas) :

- Ganancias internas y solares no mayores a 30-40 W/m² (con mayores ganancias, mayor peligro de sobrecalentamiento y por tanto necesidad de frío activo).
- Baja profundidad de planta (para conseguir una ventilación natural eficiente)
- Baja contaminación acústica y atmosférica
- Posibilidad de manipulación directa por parte de los usuarios respecto a la ventilación natural (p.ej. verano noches: lluvia - quién cierra las ventanas ?)

Además de estos conceptos, LEED pide cumplir con los requisitos del estándar ASHRAE 62.1-2010, sección 4. En este apartado, se describe el procedimiento para justificar una ventilación natural: disposición de datos sobre la calidad del aire exterior, combinado con un control de la profundidad de los espacios a ventilar y cumplimiento de aberturas mínimas (ventanas operables), en función de la superficie útil de los espacios.

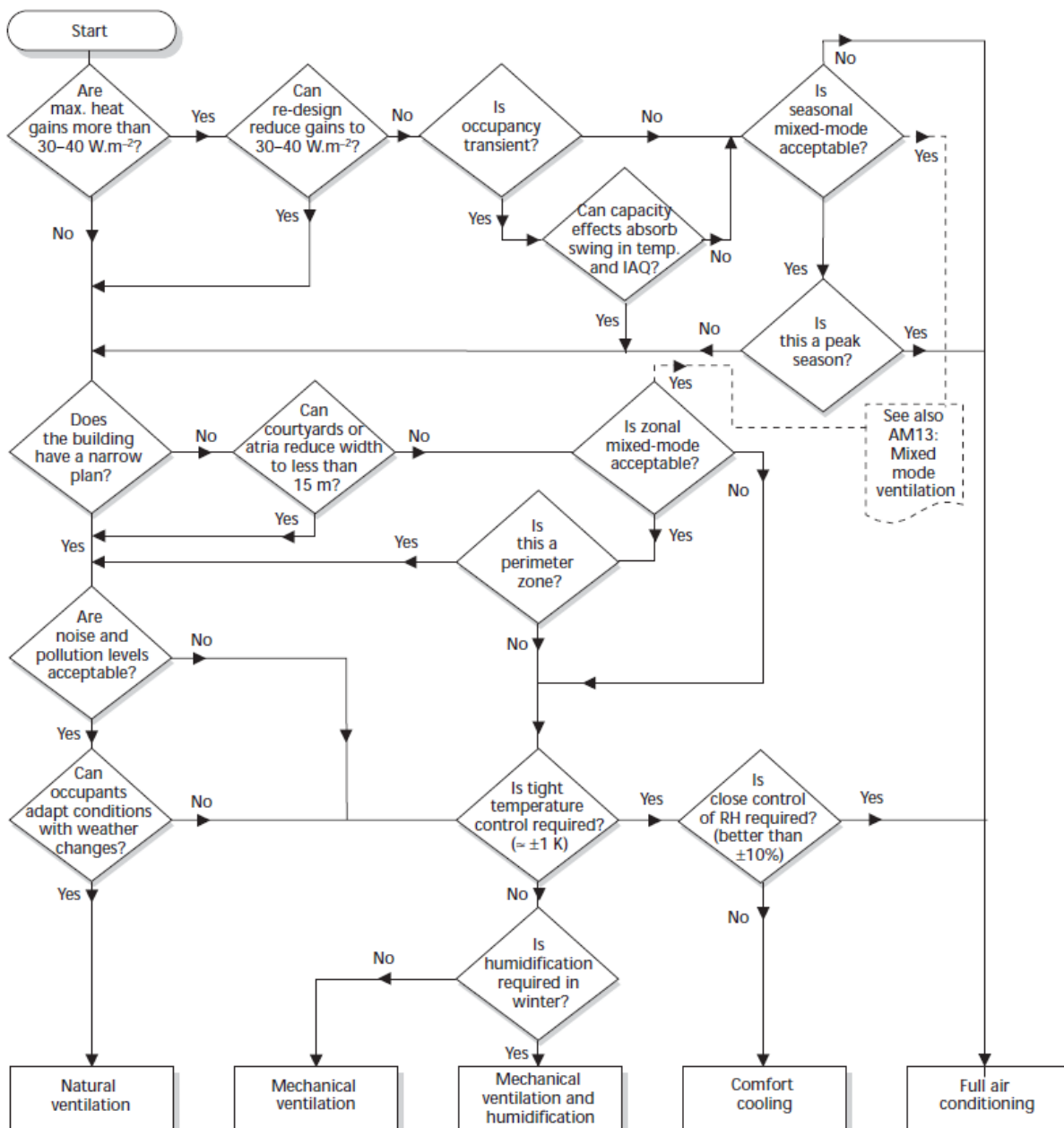


Figure 2.8 Selecting a ventilation strategy

Diagrama del manual AM10, March 2005, Natural Ventilation in Nondomestic Buildings

5. Recomendaciones / reflexiones

Se recomienda introducir en el documento HS3 conceptos y definiciones concretas referidos a la ventilación natural. En la UNE-EN 15251 es nombrada varias veces, entre ellas con una nota clave el capítulo 3 de dicha norma “Términos y Definiciones”: **“El sistema de ventilación también puede referirse a sistemas de ventilación natural haciendo uso de las diferencias de temperatura y del viento con rejillas en las fachadas en combinación con extracción (por ejemplo en pasillos, aseos etc.). Es posible la combinación de componentes mecánicos y no mecánicos (sistemas híbridos).”** La ventilación natural es considerada en todos los países citados, y definida claramente en otros muchos, como Estados Unidos, y tal como aconseja la norma y la experiencia de otros países.

Las recomendaciones elementales de diseño de la ventilación natural con parámetros geométricos y dimensiones de superficies acristaladas y ventanas abatibles en función de la disposición geométrica del edificio, localización y clima son básicos para cubrir de una forma completa necesidades fundamentales como salud y parámetros fisio-psicológicos, iluminación natural, ventilación y ruido, tal como considera la propia EN 15251, que además establece que como sistema de refrigeración natural son determinantes y de importancia primaria para regular las condiciones térmicas en condiciones de verano.

Las ordenanzas municipales y las ordenanzas de diseño de viviendas de protección oficial y pública en todas las localidades de España establecen claramente las dimensiones mínimas que deben tener los acristalamientos en una habitación en función de su superficie y qué parte de él debe poderse abrir para ventilación. Estas elementales reglas deben estar también incluidas en un CTE, aunque, por supuesto, sobre ellas después se puedan establecer dispositivos o sistemas más sofisticados.

Se recomienda integrar las definiciones de estrategias de ventilación natural e híbrida en la normativa. Para eso, haría falta detallar perfiles de funcionamiento y técnicas de implementación. Deberían ser integradas en el diseño general del edificio y definidas, controladas e integradas las soluciones pasivas necesarias para su buen funcionamiento.

A continuación se listan a modo de resumen los argumentos principales a favor de la ventilación natural. Estos argumentos se basan en las normativas reflejadas anteriormente:

- Condiciones internas y externas del edificio

En normativas de varios países, en certificaciones medioambientales y en la propia EN 15251 se introducen para la evaluación de la estrategia de ventilación natural parámetros que consideran las calidades ambientales del contorno de las estancias (externas e internas).

a) Emisiones de los materiales de construcción

Las emisiones de componentes orgánicos volátiles procedentes de los propios materiales de revestimiento y construcción deberían influir a la hora de diseñar las estrategias de ventilación. Además de estos contaminantes, se han de tener en cuenta las emisiones derivadas por los muebles y los propios usuarios de las estancias.

A modo de ejemplo, si un edificio tuviera muy bajas emisiones del tipo VOC, la ventilación en general puede ser reducida, favoreciendo así estrategias de ventilación natural.

b) Condicion es microclimáticas

El clima de la zona y el microclima del emplazamiento influyen tanto en el comportamiento de un posible sistema de ventilación natural como en el rendimiento de un sistema mecánico. Hay que tener en cuenta edificios vecinos que puedan causar una matización local sobre la acción del viento.

La consideración del emplazamiento, la categoría y escala de la intervención tienen una gran importancia en la selección del sistema de ventilación. **La calidad del aire con posibles contaminantes y la calidad acústica varían mucho especialmente entre un entorno urbano y rural.** Un sistema inadecuado, a pesar de estar correctamente dimensionado, puede originar una mala calidad de aire interior por no adaptarse correctamente a su uso.

Hay que tener en cuenta además las diferencias de temperatura (elevación térmica - efecto chimenea) para el diseño de una ventilación natural o híbrida.

Se ha de considerar que las condiciones microclimáticas descritas anteriormente pueden variar durante el día. Por tanto es oportuno introducir diferentes estrategias de ventilación para un mismo edificio, para poder combinar diferentes soluciones, en función de la volatilidad de las condiciones climáticas.

Tal como en el ejemplo de la normativa de Portugal se podrían diferenciar caudales según las estaciones del año y en función de los diferentes condiciones climáticas de cada zona climática.

- Condiciones culturales

Los hábitos culturales de ventilación y la percepción individual de aire seco por parte de los ocupantes es otro factor de interés en la selección de los sistemas de ventilación.

- Demanda energética y confort

Un elevado caudal de ventilación contradice a la intención de reducir los consumos energéticos, tanto para verano como invierno. Por eso, los edificios llamados nZEB tienden a reducir los caudales de ventilación (ver p.ej. Passivhaus, con caudales reducidos de ventilación: 0,3/h en residencial, aceptando IDA 3 para escuelas). En invierno, la reducción de los caudales de ventilación disminuiría además el desconfort por corriente de aire .y reduciría el peligro de aire demasiado seco en clima continental.

Para garantizar por un lado una alta calidad de aire interior, elevado nivel de confort e higiene, e impedir la formación de condensaciones y moho, y mantener por otro lado un nivel de consumo energético en un margen razonable, hay que diferenciar entre edificios con un caudal de infiltraciones alto y edificios sin infiltraciones considerables. Es el caso de edificios con infiltraciones altos (supongamos el caso de la rehabilitación), sería posible adaptar estrategias de ventilación natural sin la necesidad de recurrir a conceptos mecánicos.

- **Conceptos de ventilación variable**

En varias normativas se establecen diferentes estrategias de ventilación en función del uso intermitente del edificio (tanto residencial como no-residencial). Se definen temporadas aceptables de baja ventilación / baja calidad de aire interior en situaciones en que la ventilación natural no puede garantizar el caudal óptimo, p.ej. por clima, temporadas sin o con escaso uso del edificio.

Se puede distinguir entre modalidades según ocupación, uso y factores climáticos. En la normativa alemana se define a modo de ejemplo una ventilación mínima, cuando hay una baja carga de humedad en el interior, una ventilación reducida cuando el edificio está sin ocupar, y una ventilación normal en fase de uso convencional.

En la normativa portuguesa se propone incentivar medidas de mejora de CAI (Calidad del Aire Interior) si la tasa de renovación es baja ($<0,4/h$), e incentivar mejoras de eficiencia energética o confort si la tasa de renovación es alta (mayor de $0,6/h$).

La EN 15251 define en su apartado 7.3.2.2 un concepto de ventilación mínima, aplicable durante los periodos de desocupación.

- **Control del caudal de ventilación**

Al contrario del DB-HS3, varias normativas definen sistemas de control múltiple: tanto manuales (por el propio usuario !) o automáticos. El tipo de control suele estar relacionado tanto con el tipo como el modo de ventilación. En el sello Passivhaus, no es posible certificar un edificio si el usuario no dispone de un control directo sobre el sistema de ventilación.

6. Tabla de comparación de caudales

A continuación se lista una comparativa de caudales de ventilación de varios países europeos :

COMPARACIÓN DE CAUDALES					
Concepto	España HS3	UK	Italia	Portugal	Países Bajos
Distinción vent natural o mecánico	no		si	no	
Ocupación considerada	Si	Si	No	Si	
Manera de calcular	por cantidad de dorm. Dorm.Doble 2 ocup. Dorm. sencillo 1 ocup	por cantidad de dorm. Dorm. Principal 2 ocup. Otros 1 ocup	por m3 utiles, incl zonas de extracción (baños, cocinas...)		
		por dorm. o ocupante add.			
Definición caudal mínimo / máximo	en comedor y salón se considera igual a suma de dorm.	tasas mínimas no menos que 0,3l/s per m2 útil			
Caudal medido en ... Caudal de ventilación (aire exterior) tipo de uso	mínimo	mínimo	mínimo	máximo	mínimo dm3/s (/ m2 superficie)
	l/s	l/s	m3/s	l/s/p o Rph	
			$q_{ve,0} = n \times V / 3600$	Rph entre vde 0,4 y 0,6 h-1	
Area de estancia área de estancia con cocina para 1 - 3 personas					0,9; mín. 7 dm ³ /s total
Dormitorio doble	10 l/s	13 l/s		max 5 l/s/p o 0,5 RPH	
Dormitorio sencillo	5 l/s	4 l/s		max 5 l/s/p o 0,5 RPH	
Salón	3 l/s/p				0,7; mín. 7 dm ³ / s total
Comedor	3 l/s/p			max 6 l/s/p o 0,5 RPH	
Extracción vent / tipo de uso	2 l/s/m2 o 50 por local	continua: 13 l/s intermittente: 30 / 60 l/s		minimo base caldera:2RPH	
Baño	15 l/s	continua: 8 l/s intermittant: 15 l/s		continua: max 12,5 l/s o 4 RPH; intermitente: max 25 l/s o 8 RPH	14 dm / s total
Aseo	15 l/s	continua: 6 l/s intermittant: 6 l/s			7 dm ³ / s total
Trasteros / zonas comunes	0,7 l/s/m2				
Almacén residuos:	10 l/s/m2				
Infiltraciones consideradas	no	edificios con infiltraciones > 5m3 /(h.m2) a 50 Pa	factor de correcciones por infiltraciones	factor de correcciones por infiltraciones	
		vivienda con infil. <= 5 m3 /(h.m2) a 50 Pa - tasa de ventilación mas alta	suponiendo una tasa del proyecto de intercambio de aire ascendió hasta 0.5 h-1		

7. Bibliografía

Elisabeth Heseltine and Jerome Rose. (2009). *WHO guidelines for indoor air quality : dampness and mould; World Health Organization*. Copenhagen: World Health Organization.

AENOR. (2008). • *UNE-EN 15251 "Parámetros del ambiente interior a considerar para el diseño y la evaluación de la eficiencia energética de edificios incluyendo la calidad del aire interior, condiciones térmicas, iluminación y ruido"*. Madrid: AENOR.

AENOR. (2006). • *prEN 15251 "Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics.CEN*

BRIS bouwbesluit online. (2012). *Artikel 3.29. Luchtverversing verblijfsgebied, verblijfsruimte, toiletruimte en badruimte*. Recuperado el 10 de 12 de 2015, de <http://www.bouwbesluitonline.nl/Inhoud/docs/wet/bb2012/hfd3/afd3-6/par3-6-1/art3-29>

Bundesverband für Wohnungslüftung e.V. (2014). *Lüften nach Konzept*. Frankfurt: VFW Bundesverband für Wohnungslüftung e.V.

(2013). *DL118/2013 de 30 de Agosto. Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação (REH)*.

European Commission - Joint Research Centre - Institute for Health & Consumer Protection - Physical & Chemical Exposure Unit. (2003). *Report No 23 Ventilation, Good Indoor Air Quality and Rational Use of Energy*. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities.

HM Government Department for Communities and Local Government. (2010). *domestic ventilation compliance guide: Section 2: Natural ventilation and intermittent extract systems*. London: NBS, part of RIBA Enterprises Ltd.

HM Government. (2010). *HM Government Buildings Regulation. Ventilation*. London: NBS, part of RIBA Enterprises Ltd.

Ministère de l'Écologie, d. D. (4 de julio de 2012). <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Aeration-Ventilation,12909.html>. Recuperado el 11 de 12 de 2015, de Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie - Bâtiment et ville durables: <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Aeration-Ventilation,12909.html>

Ministerio de Fomento. Secretaría de Estado de Infraestructuras, T. y. (2009). *Documento Básico HS Salubridad, Parte HS 3 Calidad del aire interior. Con comentarios de 2015*. madrid.

Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Secretaria de Estado de Energía. (2013). *Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios RITE. Version consolidada*. Madrid.

Pinto, A. (2013). *Ventilação REH*. Lisboa: Laboratorio nacional de Engenharia Civil.

(2014). *UNI-TS_11300-1_2014_ventilazione* . UNI.