



## **Buenas prácticas.** **Ventilación**

**Crterios para prevenir la  
transmisión de la COVID-19**



# Buenas prácticas Ventilación

## Criterios para prevenir la transmisión de la COVID-19

© Asepeyo. Mutua Colaboradora con la Seguridad Social nº 151

Edición **mayo 2021**

**Autores:**

Javier Aniés Escartín, Consultor de la Dirección de Prevención

Manuel Cortizas Turégano, Consultor en Prevención

Santos Huertas Ríos, Director del Área de Innovación e Investigación, Dirección de Prevención

**Referencia:** R1E20217V02

[www.asepeyo.es](http://www.asepeyo.es)



## Ventilación

Criterios para prevenir la transmisión de la COVID-19



# Índice

1. Introducción	7
2. La vía aérea como forma de transmisión del SARS-CoV-2	7
3. Objeto de los sistemas de ventilación	11
4. Tipos de sistemas de ventilación	11
5. Mejoras de los sistemas para incrementar la protección de los ocupantes	12
Incremento de la renovación del aire y la extracción	
Uso de la ventilación natural (ventanas)	
Baños y aseos	
Mantener funcionando los equipos	
Control del nivel de dióxido de carbono CO <sub>2</sub>	
Humedad y temperatura del aire	
Sistemas con recuperador de calor	
No utilizar la recirculación del aire exclusivamente	
Intervención específica sobre las pautas de mantenimiento	
6. Normativa básica aplicable: Reglamento de Lugares de Trabajo e Instalaciones Térmicas de Edificios (RITE)	17
7. Dispositivos complementarios al sistema de ventilación para mejorar el nivel de protección	22
Filtros	
Purificadores de aire	
Tratamiento con Ultravioleta	
Ionización bipolar o de Plasma frío	
8. Ejemplo de cálculo para la verificación de niveles de ventilación en salas	27
9. Bibliografía	31



## Ventilación

Criterios para prevenir la transmisión de la COVID-19

## 1. Introducción

Un análisis y una adaptación de las condiciones de ventilación y climatización es condición necesaria para garantizar que un espacio cerrado ocupado por personas no implica un riesgo para éstas en su permanencia o tránsito. La vía aérea, como fuente de contagio de la COVID-19 por los aerosoles presentes en el ambiente, se ha descrito como la más importante forma de transmisión de la enfermedad y, por tanto, es fundamental considerar los sistemas de ventilación de un lugar de trabajo como elemento de protección colectiva.

Esta publicación aborda todos los conceptos de ventilación aplicables para que la calidad de aire en interiores sea óptima para la seguridad y salud de los trabajadores y resto de ocupantes.

Se exponen tanto las medidas específicas para evitar contagios mediante los sistemas de ventilación publicados por el Gobierno de España, como las recomendaciones de organismos, asociaciones o expertos de reconocida autoridad en la materia. Además, se desarrollan las normas sobre ventilación que establecen unos mínimos requisitos a cumplir, pero teniendo en cuenta diferentes circunstancias por la diversa normativa aplicable, o por el tipo de instalación. Así, se ha de considerar, de forma general, la necesidad de incrementar la renovación del aire. Existe una unanimidad, a nivel científico y técnico, sobre que una mala ventilación del interior de los recintos favorece los contagios, y en esas condiciones es donde se dan la gran mayoría de éstos. El objetivo debe ser eliminar los microorganismos que puedan estar presentes en el ambiente evacuando lo antes posible las partículas contaminadas que pueden generar un contagio.

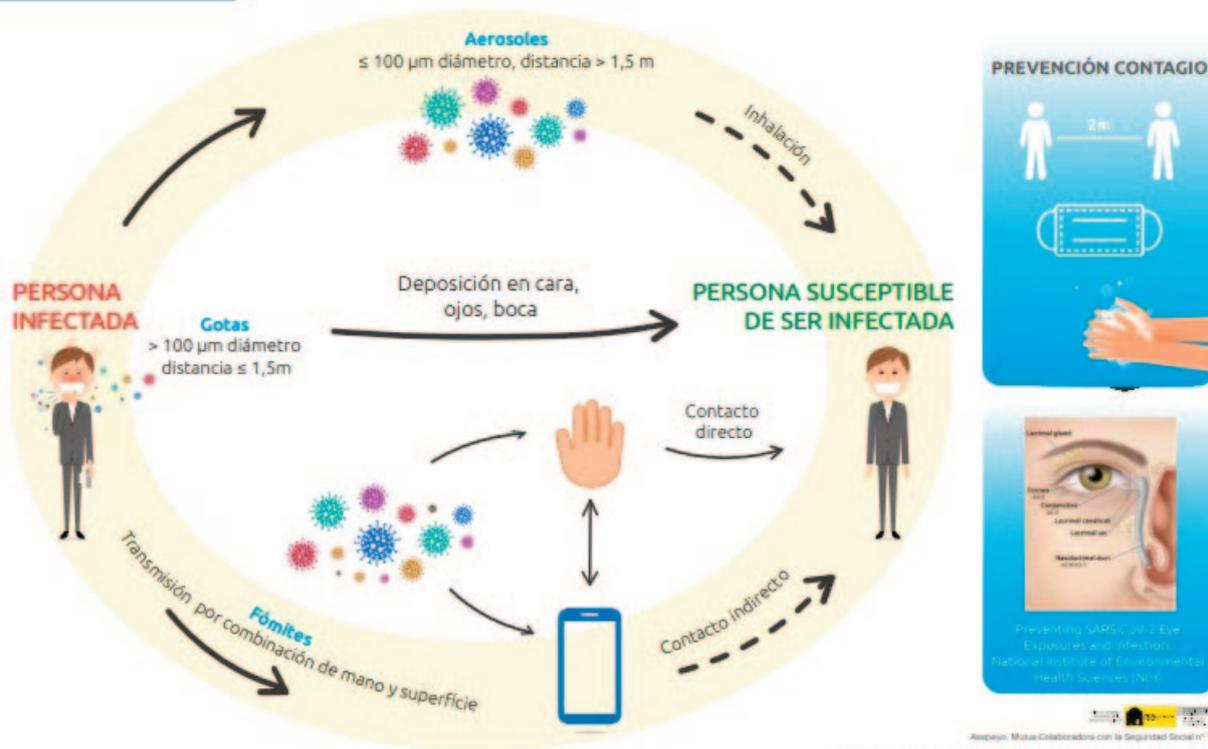
Algunas indicaciones o recomendaciones no pueden implementarse si no es en la fase de diseño de una instalación; en ese caso, se deben tener en cuenta para priorizar posibles reformas. En otros casos, las recomendaciones van dirigidas a un modo de funcionamiento u opciones disponibles con la instalación.

En un contexto de temporalidad y excepcionalidad para la consideración de la ventilación, como forma de evitar la propagación del SARS-CoV-2, se priorizan las opciones que mejoren la seguridad ante el contagio, por encima de criterios de eficiencia energética y bienestar térmico.

## 2. La vía aérea como forma de transmisión del SARS-CoV-2

La actividad humana implica la emisión de partículas por la boca y la nariz, especialmente. Hablar, gritar, toser o, simplemente, respirar, determina la cantidad y el tamaño de las partículas emitidas. Estas partículas tienen medidas muy diferentes entre sí. Desde partículas de diámetros superiores a 100  $\mu\text{m}$  hasta partículas de 0,1  $\mu\text{m}$ . Estas partículas contendrán virus que son los responsables del contagio. Los mecanismos y formas de distribución del virus están fuertemente condicionados por el tamaño de las partículas y también por los flujos de aire que puedan existir cuando son emitidas. Se considera que sólo partículas relativamente muy grandes (superiores a 100  $\mu\text{m}$ ) pueden comportarse aerodinámicamente como un proyectil e impactar en cara, ojos o boca de otra persona, pudiendo infectarla o quedar en la superficie sobre la que se depositan y si se tocan con las manos, de forma indirecta, infectar si la persona se lleva la mano a la boca, ojos o nariz. Si son más pequeñas su alcance o permanencia en el aire viene condicionada por la ventilación (flujos de aire, temperatura, humedad).

**NOTA:** La consideración de 5  $\mu\text{m}$  para partículas pequeñas (límite tradicional) se considera desfasada en diversos estudios recientes (p.e. Bourouiba, L. 2020: Turbulent gas clouds and respiratory pathogen emissions: Potential implications for reducing transmission of COVID-19, Yaxin Cao, Longyi Shao, Tim Jones, Marcos L.S. Oliveira, Shuoyi Ge, Xiaolei Feng, Luis F.O. Silva, Kelly BéruBé, Multiple relationships between aerosol and COVID-19: A framework for global studies, Gondwana Research, Volume 93, 2021, Pages 243-251, ISSN 1342-937X, <https://doi.org/10.1016/j.gr.2021.02.002>.)



En este sentido, aerosol se define como la suspensión en un medio gaseoso de partículas sólidas, líquidas o mezcla de ambas y que pueden permanecer flotando en el aire por un tiempo determinado en función de su tamaño y características aerodinámicas. Está bien contrastado que respirar en determinadas condiciones ese aerosol que contenga el virus, ocasionaría el contagio.

## ¿Por qué se considera la vía aérea como forma de transmisión de los agentes biológicos?

Existen estudios sobre la emisión de aerosoles en la actividad humana. Algunos puntos importantes que concluyen son:

- Las personas generan aerosoles a partir de los fluidos del tracto respiratorio. El diámetro de estas partículas exhaladas depende de la parte del tracto en el que se emiten (alveolos, laringe, tráquea, cuerdas vocales, boca).
- El tipo de actividad (hablar, cantar, soplar, gritar..) condiciona cómo se emiten los aerosoles (cuantitativamente y cualitativamente). Por ejemplo, elevar el volumen de la voz puede multiplicar hasta por diez la cantidad de partículas emitidas.
- Las partículas emitidas varían en su composición, pero todas ellas son susceptibles de contener virus. En general, es una mezcla de agua, proteínas (mucina), saliva, cloruro sódico, etc.
- Se contempla la existencia de personas o fases de la enfermedad que suponen una mayor emisión de partículas o que, por la forma de ser emitidas, las convierten en supercontagadoras. Eso incrementa la necesidad de considerar la necesidad de medidas preventivas incrementadas.
- Las partículas grandes, mayores de 100 µm, que van a caer por gravedad de forma rápida, son de

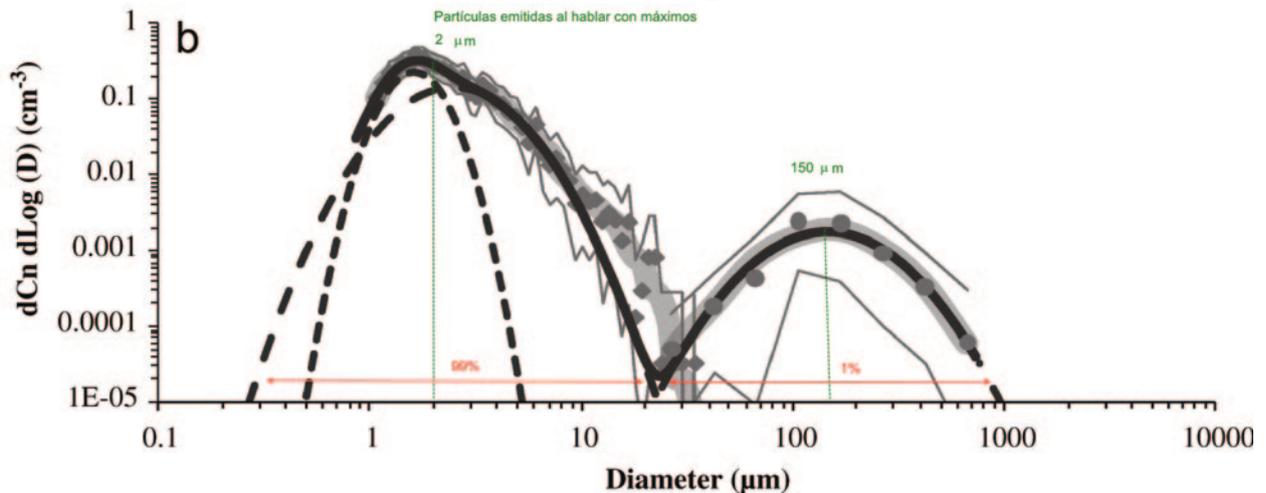
### Ventilación

Criterios para prevenir la transmisión de la COVID-19

forma general una pequeña parte de las partículas emitidas. Se emiten muchas más partículas pequeñas.

- La mayoría de partículas emitidas son susceptibles de permanecer en el ambiente suspendidas por periodos de tiempo que pueden ser desde varios minutos hasta unas pocas horas.
- La mayoría de aerosoles tienen tamaños entre 0,2 y 100 micras. El 80-90 % de los aerosoles tienen un tamaño inferior a 2,5 micras. La vida media del coronavirus en aerosoles es de 1,1 h.

G.R. Johnson, L. Morawska, Z.D. Ristovski, M. Hargreaves, K. Mengersen, C.Y.H. Chao, M.P. Wan, Y. Li, X. Xie, D. G.R.

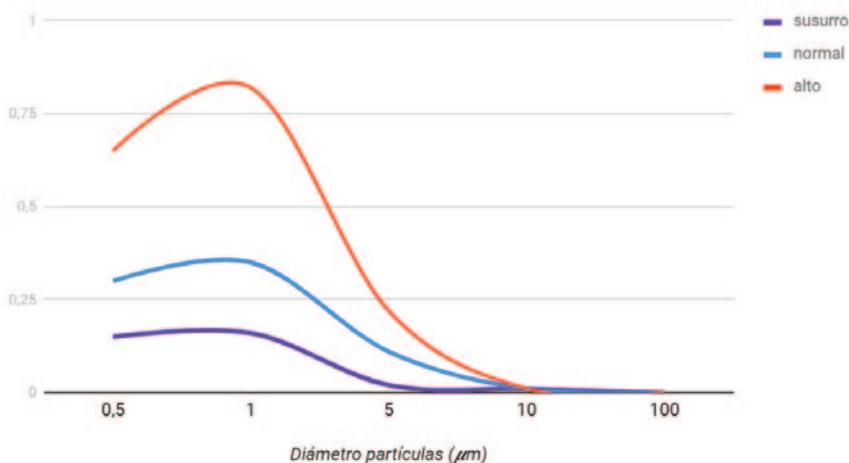


Johnson, L. Morawska, Z.D. Ristovski, M. Hargreaves, K. Mengersen, C.Y.H. Chao, M.P. Wan, Y. Li, X. Xie, D. Katoshevski, S. Corbett, Modality of human expired aerosol size distributions, *Journal of Aerosol Science*, Volume 42, Issue 12, 2011, Pages 839-851, ISSN 0021-8502, <https://doi.org/10.1016/j.jaerosci.2011.07.009>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021850211001200>)

En el cuadro se muestran diferentes curvas que estiman la concentración relativa de partículas emitidas (eje vertical) en función del diámetro de las partículas emitidas (eje horizontal).

- Al hablar, toser o estornudar generamos aerosoles de diferente tamaño, que son los que permanecen en el aire durante bastante tiempo. Son estas partículas las que nos interesa eliminar con la ventilación.

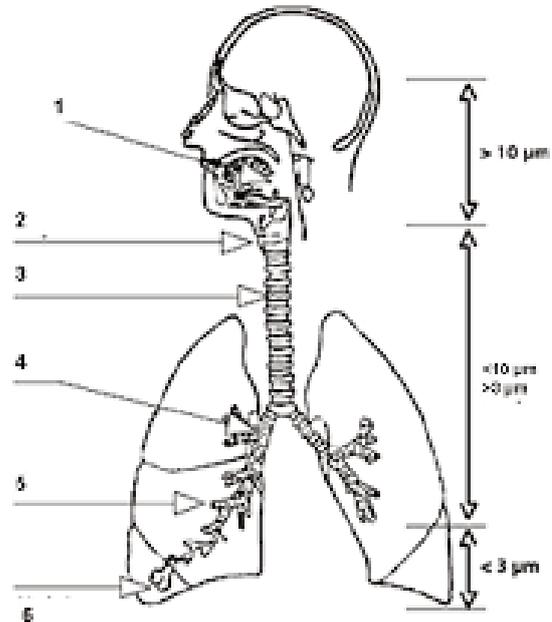
Partículas medidas por segundo al hablar (normalizada)



Asadi, Sima, et al. "Aerosol emission and superemission during human speech increase with voice loudness." *Scientific reports* 9.1 (2019): 1-10.

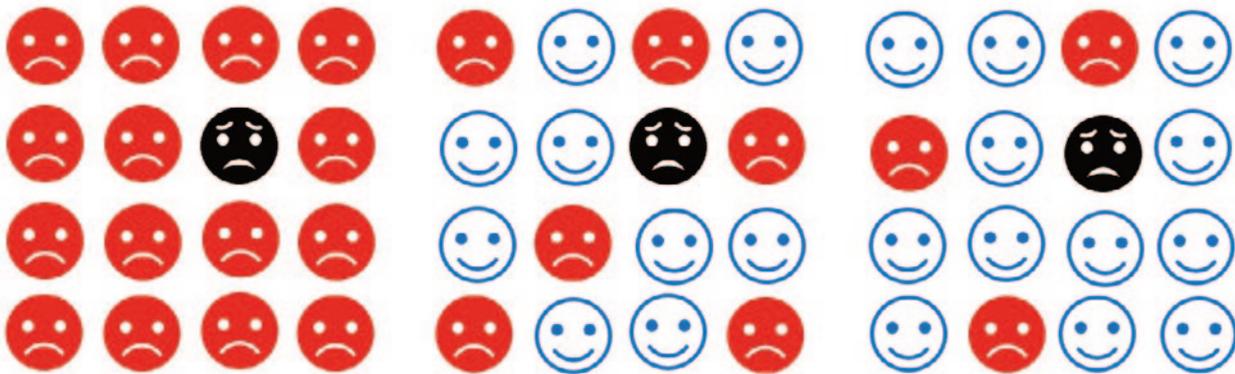
## ¿Qué cantidad de agentes infecciosos son necesarios para infectarse?

Es muy difícil calcular qué número de patógenos es suficiente para enfermar a una persona. Pero sí se conoce que el tamaño de la partícula es importante, ya que puede depositarse en determinadas zonas del aparato respiratorio y puede afectar a la probabilidad de infección. Esto es así por la facilidad de alcanzar la zona alveolar de una partícula muy pequeña ( $1\ \mu\text{m}$ ), mientras que partículas más grandes quedarían filtradas en zona buconasal ( $10\ \mu\text{m}$ ) o bronquios ( $2,5\ \mu\text{m}$ ).



Parte del cuerpo en el que se emiten.  
johnson et al. j. aerosol sc. (2011)

De entre las enfermedades víricas más estudiadas, los coronavirus SARS no son los más infecciosos. Si comparamos el número de reproducción  $R_0$ , nº de personas que infecta por contacto directo un enfermo, de varios virus podemos hacernos una idea del riesgo de contagio.



SARAMPIÓN  $R_0 = 12-18$

VIRUELA  $R_0 = 5-7$

SARS  $R_0 = 2-5$

Enfermedad	$R_0$
Ebola, 2014	1,51 a 2,53
H1N1 Influenza, 2009	1,46 a 1,48
Gripe Estacional	0,9 a 2,1
Sarampión	12 a 18
MERS	1
Polio	5 a 7
SARS	< 1 a 2,75
Viruela	5 a 7
SARS-CoV-2	2 a 5

**NOTA:** Algunos estudios consideran el  $R_0$  del SARS-CoV2 por encima de 5 (ver bibliografía).

**NOTA:** Es importante tener en cuenta que no todas las personas que están en contacto con un enfermo se infectan. Y no todos los enfermos propagan la enfermedad igual.

### Ventilación

Criterios para prevenir la transmisión de la COVID-19



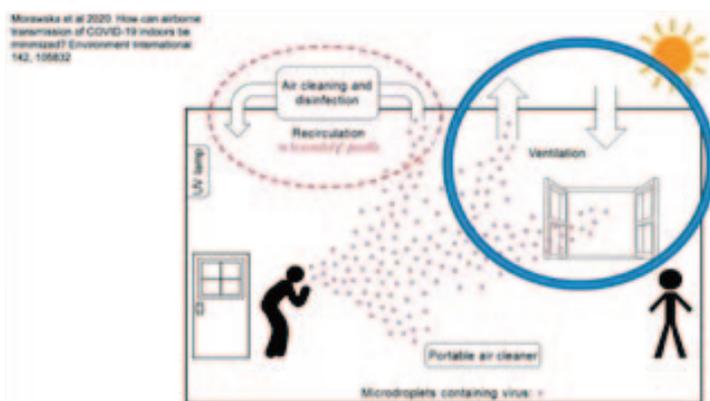
### 3. Objeto de los sistemas de ventilación

Se relacionan las funciones de los sistemas de climatización que tienen fuerte relación con la dispersión o distribución de la carga de microorganismos infecciosos que puedan emitirse en un recinto:

- Renovación de aire. Intercambio con el exterior del aire para evacuar aire viciado o contaminado por la actividad realizada dentro del recinto.
- La renovación permite, además de eliminar contaminantes, controlar olores y otros parámetros de confort.
- Filtrado de partículas. Tanto el aire exterior como el interior deben filtrarse para evitar la presencia de partículas. También es posible eliminar olores con filtros especiales.
- Acondicionamiento del aire. Adecuación de las condiciones térmicas y de humedad a la necesidad de las personas o actividades que se desarrollan.

### 4. Tipos de sistemas de ventilación

Se han de distinguir tres tipos de instalaciones, que condicionan las medidas que se pueden adoptar:

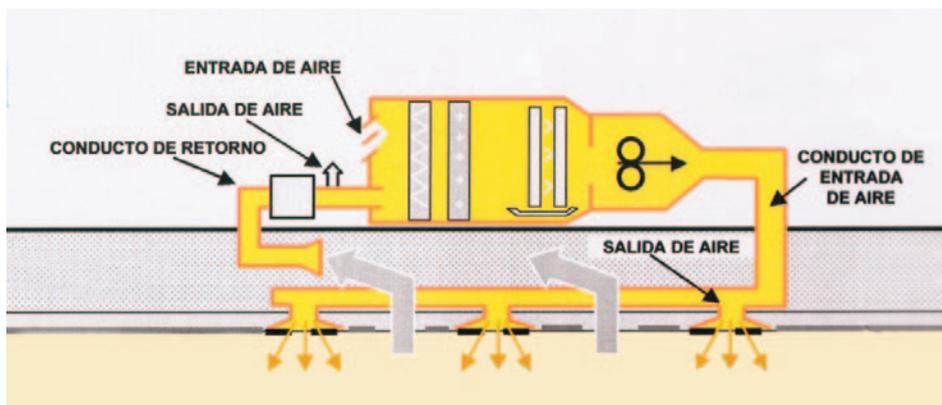


Relación ventilación con la generación de aerosoles Moravska et Al. How can airborne transm. Environmental international 142

- **Sistemas de climatización mediante equipos de pequeña potencia.** En muchos locales, la climatización se resuelve mediante equipos autónomos bomba de calor (con unidad interior y exterior o compactos) o mediante equipos fan-coil/ventiloconvectores (no producen su propia energía). Esta tipología de sistemas adolece, generalmente, de falta de aporte de aire exterior y si no va acompañada de un sistema independiente de ventilación puede repercutir en una inadecuada calidad del aire interior.
- **Sistemas de ventilación mecánicos.** Sistemas que realizan un tratamiento del aire interior con aporte del exterior, mediante un sistema de conductos para transportarlo hasta los locales o salas. El sistema de ventilación centralizado es una instalación de climatización constituida por Unidades Técnicas de Tratamiento de Aire que abastecen mediante conductos diferentes zonas o todo el edificio.

Se puede encontrar una única unidad o varias, en una única ubicación o distribuidas, en general, en los tejados o cubiertas de los edificios.

- **Sistema de ventilación natural.** Todo edificio cuenta con una ventilación natural por el aire que entra por aberturas específicas como ventanas, puertas y rejillas cuyo objetivo es ayudar a ventilar.



## 5. Mejoras de los sistemas para incrementar la protección de los ocupantes

Este apartado describe aquellas actuaciones sobre los sistemas de ventilación para evitar contagios. Pueden ser mejoras, controles adicionales, adaptaciones o recomendaciones a considerar.

### Recomendaciones:

#### Incremento de la renovación y la extracción del aire

- La renovación de aire implica aire limpio que entra en una sala. Es una magnitud que se cuantifica; es decir, se determina con un valor, que permite establecer si es adecuada y suficiente o no. Es la relación de aire introducido respecto al volumen de la sala, básicamente. Las renovaciones necesarias en una sala se diseñan teniendo en cuenta la ocupación y la actividad a realizar, los posibles contaminantes que se generen requieren de un filtrado y renovación determinados. El apartado 8 de la publicación se dedica a tratar con detalle cálculos relacionados para determinarlo.

Si el sistema permite impulsar aire limpio del exterior, la medida recomendada es aumentar la renovación del aire atendiendo a los siguientes puntos:

- Maximizar el aire nuevo aportado por el sistema y reducir al máximo la recirculación. La recirculación del aire permite cumplir requisitos de consumo energético al recuperar calor o frío.
- Cualquier pantalla de compartimentación (o separación) que se haya instalado con posterioridad a la fase de diseño cambia el modelo y cálculo realizado y esto perjudica la renovación del aire al modificar la circulación de sus flujos.
- Garantizar un caudal máximo de ventilación. Los equipos mecánicos deberán programarse para que las condiciones de diseño sean las óptimas y su caudal sea máximo.
- Si el sistema dispone de controles de calidad de aire (sondas de CO<sub>2</sub>) se buscará que su valor sea el mínimo posible, evitando las condiciones de diseño que buscan reducción de consumo, favoreciendo la renovación del aire.
- Los sistemas de recuperación de calor pueden tener fugas de aire, que deben sellarse para evitar recirculación.

#### Uso de la ventilación natural (ventanas y puertas)

- La ventilación natural, manteniendo puertas y ventanas abiertas, es una buena forma de renovar el aire del local cuando no se cuenta con un sistema centralizado para realizarlo, o como apoyo, cuando las

renovaciones por otros sistemas son insuficientes (esta conclusión se adoptaría a partir de cálculos o estimaciones que se introducen en apartados posteriores).

Se recomienda utilizar la ventilación natural para renovar el aire del interior, en continuo, si las condiciones climáticas lo permiten. Si no se puede hacer de forma intermitente, pero controlando el nivel de CO<sub>2</sub> para asegurar una renovación adecuada. Teniendo en cuenta que se requieren 15 minutos para conseguir una renovación de aire en una sala, ese podría ser el tiempo mínimo a abrir transcurrida una hora en la que se haya cerrado (por ejemplo, porque fuera las temperaturas son muy bajas).

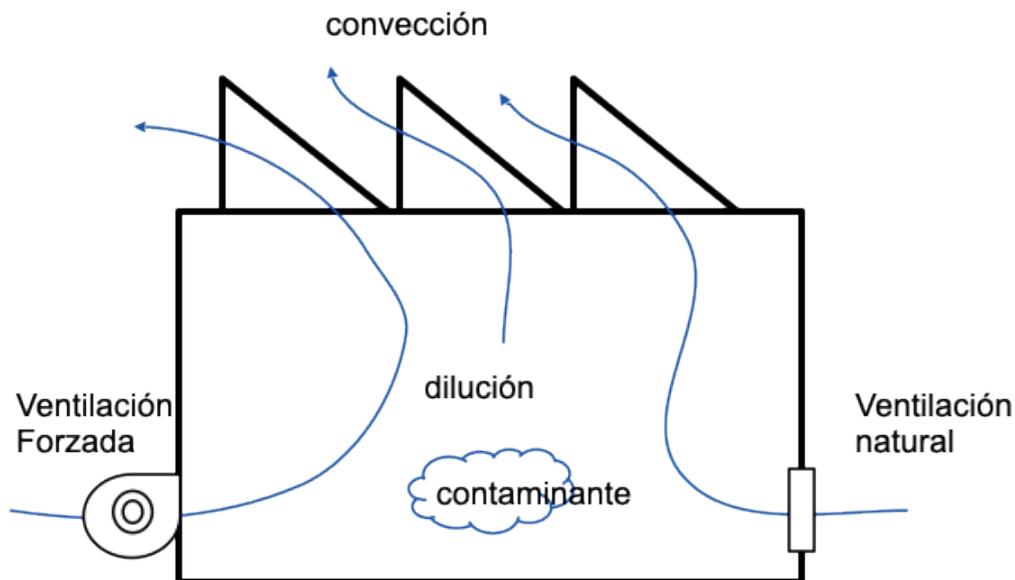
### Baños y aseos

- En baños y aseos que disponen de sistema de ventilación forzado independiente, o tipo shunt, con salida directa al exterior, se debe mantener encendido, si es posible, las 24 h y los 7 días de la semana.

La finalidad del sistema shunt del aseo es extraer los malos olores directamente al exterior. Se considera necesario mantener unos 15 l/s de aire extraído por aseo. De este modo, se logra una presión negativa respecto a los lugares anexos, evitando que los olores se dispersen hacia ellos. Si se abren las ventanas practicables de los aseos para ventilarlos es posible que esa presión negativa no se genere y se establezca un flujo de aire de los aseos al resto del edificio, generando contaminación fecal-oral.

### Ventilación en naves o recintos industriales

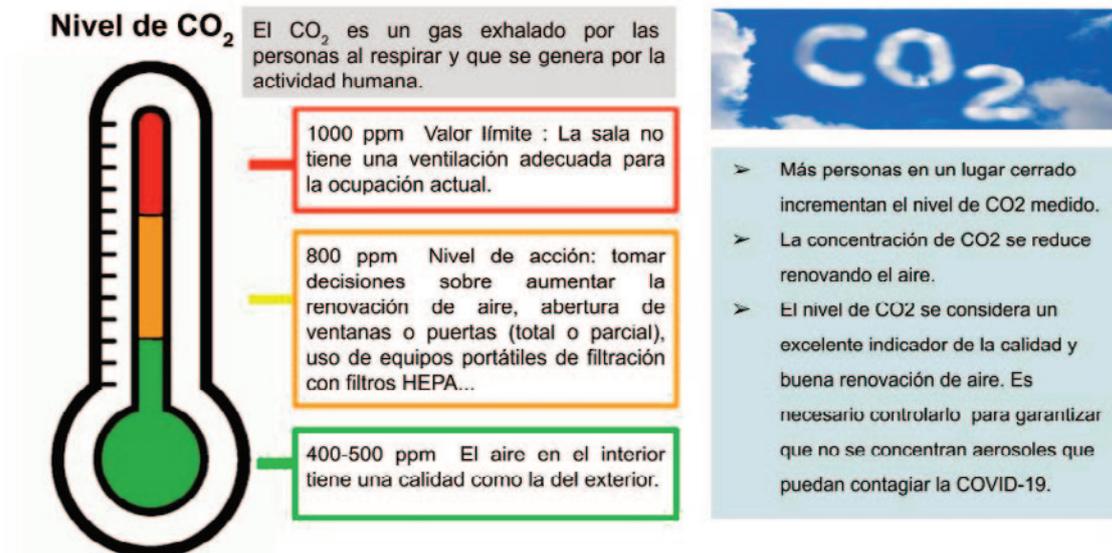
- Cuando se esté utilizando un sistema de ventilación por dilución, se considera válido que el aire que se introduce en la parte baja del recinto junto con las corrientes de convección que ascienden se forme un flujo en sentido ascendente con el aire “sucio” que sería evacuado por la parte superior. Evitar puestos de trabajo que puedan mantenerse en una corriente de aire antes de ser evacuado.



- En ocasiones se utilizan ventiladores para uso individual en puestos de trabajo con exposición a contaminantes o temperatura elevada. Los flujos de aire importantes que se generan no deben ir dirigidos hacia otros trabajadores.

### Control de nivel de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>

- El nivel de CO<sub>2</sub> permite medir muy fácilmente la contaminación generada por las personas y, si la concentración es muy elevada en comparación con el aire exterior, indicará que no se renueva el aire suficientemente. Se puede estimar la producción de CO<sub>2</sub> por persona en trabajos asimilados de oficina a 19 l/hora (Leer Apartado dedicado a RITE).



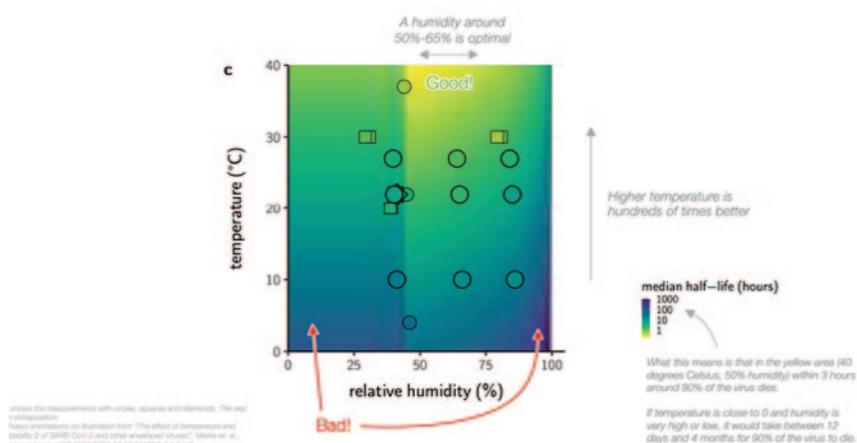
La medida del CO<sub>2</sub> es fácil y existen equipos accesibles y de lectura directa, que pueden ser usados en cualquier lugar. La tecnología basada en infrarrojo no dispersivo es la más adecuada. Permite, de forma instantánea, valorar si aumenta la concentración de CO<sub>2</sub> generando un aviso inmediato de una deficiencia en la ventilación que estaría suponiendo un aumento del riesgo de contagio.

Si el sistema de climatización controla el nivel de CO<sub>2</sub> debe programarse, siempre que sea posible, para que la diferencia de concentración del aire interior respecto al exterior no sea superior a 400 ppm. Eso supone garantizar una operación a velocidad nominal máxima (máxima renovación de aire). Debemos aclarar que un valor de 400 ppm se considera como la concentración estándar del aire exterior, y no deben confundirse ambos valores. Con una diferencia de 400 ppm, el sistema no permitiría un valor superior a 800 ppm de CO<sub>2</sub> en el interior, siendo asimilable a la mejor calidad de aire en interior (IDA1). Una baja diferencia de concentración de CO<sub>2</sub> entre el exterior e interior exige una alta renovación del aire.

### Humedad y temperatura del aire

- La Humedad Relativa (HR) y la temperatura (T) deben mantenerse dentro de los parámetros de confort normales (la HR entre 30 y 70 % , y la T entre 17° C y 27° C ), aunque un valor de humedad alta puede pensarse que contribuye a la transmisión de los agentes infecciosos transmitidos en aerosoles. A temperatura de 18°C o inferiores, éstos se conservan muy bien, y elevando la temperatura parece que se reduciría la infectividad.

### How Temperature and Humidity Affect the Survival of the Coronavirus



**EFFECTO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LA ESTABILIDAD DEL VIRUS** Tomas Pueyo et al The effect of temperature and humidity on the stability of SARS-CoV-2

### Ventilación

Criterios para prevenir la transmisión de la COVID-19

Se ha estudiado la resistencia de agentes infecciosos, como los virus, a determinadas condiciones ambientales de T y HR. Por ejemplo, el SARS-CoV-2 es sensible a HR > 80 % y T > 30°. Pero en esas condiciones, favorecemos más la presencia de otros microorganismos. Por otro lado, si la HR es baja, aumentamos la velocidad de evaporación de las gotículas, generando más cantidad de gotículas pequeñas (0,5-10  $\mu\text{m}$ ) en suspensión. Las membranas nasales son más sensibles a infecciones a HR bajas (por debajo del 30 %) porque favorecemos la sequedad de las mucosas. Esto ocurre normalmente en invierno, por lo que se recomienda siempre humectar el aire por encima del 30 % si la instalación lo permite.

**Resumiendo:** en condiciones normales, pequeñas variaciones de la humedad relativa y la temperatura no afectan significativamente a la infectividad, pero sí en el caso de humedades relativas extremas, como por ejemplo en la industria cárnica, donde se facilitan los contagios, por temperaturas y humedades relativas muy bajas.

### Programación de los equipos mecánicos de ventilación

- Mantener el funcionamiento de los sistemas de ventilación dos horas antes y después de la apertura del centro o la ocupación de recintos a la velocidad nominal (máxima permitida).

El tiempo debe ir en consonancia con las renovaciones de aire que permite la instalación. En la tabla 4, para 2 renovaciones por hora, en 2 h (120 minutos) estaríamos muy cerca de eliminar el 99 % de las partículas en suspensión. Ante un caso sospechoso de COVID-19, es necesario ventilar lo más posible el lugar donde ha permanecido esta persona. Por eso, se recomienda en instalaciones con renovación de aire, activarlo en nivel máximo de funcionamiento durante cuatro horas antes de acceder a realizar una limpieza. Esta ventilación también se recomienda si es natural.

- Si es posible, durante el tiempo en el que no haya ocupación de personas, debe mantenerse un régimen de funcionamiento de la instalación de climatización al mínimo caudal de impulsión, evitando su desconexión (recomendable un 25 % del régimen normal), logrando la recirculación y renovando el aire a la menor velocidad posible.
- Las unidades de fancoil, las unidades de expansión directa, tipo split y unidades interiores de inducción, se recomienda que funcionen de manera continua con locales ocupados, y siempre que estén activos otros sistemas de ventilación mecánica. Estas unidades sólo recirculan el aire y no lo filtran adecuadamente.

Estas unidades no disponen de filtros adecuados para eliminar los microorganismos del aire, por lo que se recomienda no apagarlos para evitar sedimentación o resuspensión de agentes contaminantes. Si es posible, para inactivar los microorganismos, deben trabajar en calor un corto intervalo de tiempo (1 h al día a 60°C o 1 día a 40°).

Esta recomendación evitaría la decantación de las partículas que puedan quedar en suspensión sobre las superficies de trabajo. Y una velocidad baja evitaría la dispersión. Esta recomendación es más fácil de cumplir cuando no implique un gasto energético importante o que penalice su adopción.

### Sistemas con recuperador de calor

- La norma (RITE) obliga a disponer de un sistema de recuperación de calor cuando tenemos sistemas de climatización con caudal expulsado al exterior superiores a 0,5 m<sup>3</sup>/s. El objetivo es ahorrar energía aprovechando el calor/frío del aire extraído, aunque este sistema no es obligatorio si se justifica un ahorro energético similar. La proporción de aire que no se recircula suele depender de la ocupación y calidad de aire del interior necesario. Y se considera que el aire expulsado puede alcanzar el 80 % del aire de ventilación.

No es necesario apagar los sistemas con recuperador de calor si se garantiza que no hay intercambios de aire entre la impulsión y la extracción.

Explicación: en las UTA se diseñan las salidas de aire para evitar contaminación con el aire extraído o con otras extracciones. Además, para evitar olores o contaminantes, se garantiza en los intercambiadores de calor que no existen pérdidas hacia el conducto de impulsión (UNE-EN 13779 Anexo A4). Debe realizarse el mantenimiento normal que pueda detectar cualquier problema en estos sistemas:

- Inspeccionar los recuperadores rotativos antes de su funcionamiento. Se puede realizar con un aerosol y contaje de partículas en impulsión. Se considera aceptable si el paso de partículas es inferior al 5 %. En caso contrario, deben sellarse las juntas y/o corregirse las diferencias de presión, además de realizarse by-pass en recuperación.
- Inspeccionar los recuperadores de placas, para evitar fugas. Si las fugas son excesivas debe realizarse un by-pass en sección de recuperación (si existen compuertas para hacerlo).

### **No utilizar la recirculación del aire exclusivamente**

- El uso de la recirculación del aire permite el ahorro de energía mezclando aire de extracción (sólo se permite si su calidad es buena, poco contaminado).

Evitar la recirculación de aire aunque disponga de unidades de filtrado y purificación del aire. Normalmente, no es posible, técnicamente, aumentar la efectividad de la filtración del aire recirculado en equipos centralizados por la pérdida de carga y de capacidad del sistema que implica filtros más tupidos. En el apartado 8 se desarrollan métodos de estimación del porcentaje de aire recirculado utilizados habitualmente.

### **Intervención específica sobre las pautas de mantenimiento**

- Limpieza de conductos de climatización

El mantenimiento de los conductos y su limpieza será el habitual (está normalizado). No es un factor que genere un incremento de la peligrosidad del virus. El cambio y sustitución de filtros, así como el tratamiento de los restos recogidos en cualquier proceso de limpieza del sistema, se realizará con especial cuidado y adoptando las medidas preventivas, como si estos restos puedan contener virus.

- Debe realizarse la limpieza de conductos que se hace normalmente, con atención a los elementos sustituidos y residuos generados en las tareas de mantenimiento.

- Filtros de unidad exterior

Tampoco el filtrado de aire que se introduce del exterior al interior requiere especial atención, aparte del mantenimiento y cambio de filtros habituales.

Los sistemas de ventilación modernos están equipados con filtros adecuados para filtrar partículas del exterior de 2,5PM. Aunque el tamaño de los virus (0.1PM) es menor, normalmente están fijados sobre partículas o fibras más grandes (y la eficacia de los filtros para estas partículas 1PM es del 60-90 % normalmente).

Cuando se tengan que retirar elementos o mantenimiento de los equipos de ventilación, hay que incrementar la protección para evitar que se dispersen elementos sucios.

Hay que realizar estos trabajos como si fueran activos microbiológicamente, incluyendo a los virus. Deben retirarse los filtros con los sistemas apagados y utilizando equipos de protección respiratoria y guantes, y deben introducirse en bolsas estancas.

## 6. Normativa básica aplicable: lugares de trabajo e instalaciones térmicas de edificios

Este apartado relaciona las medidas exigibles por la normativa aplicable relacionada con la ventilación y su correspondiente explicación. Suponen unos requisitos mínimos relacionados con la calidad del aire y unas mínimas garantías de protección.

### Condiciones ambientales laborales

- Real Decreto 486/1997 sobre lugares de trabajo

Define las condiciones ambientales que debe cumplir por legislación laboral en su Anexo III. Únicamente en su punto 3, apartado d, se definen las características de renovación de aire que deben existir en un lugar de trabajo dependiendo del tipo de actividad, la temperatura ambiental o la posible contaminación.

30 m3 de aire limpio por hora y trabajador	trabajos sedentarios y ambientes no calurosos, sin contaminación.
50 m3 de aire limpio por hora y trabajador	trabajos no sedentarios, ambientes sin neutralidad térmica o contaminados.

Tabla 1: caudales hora trabajador lugares de trabajo RD 486/1997

Estos valores mínimos de ventilación deben evitar un ambiente viciado, olores desagradables o posibles contaminantes que pueden generarse por la respiración de las personas. El CO<sub>2</sub> es el compuesto más representativo del metabolismo humano y es fácil de medir su concentración. Los caudales del RD 486/97 buscan mantener la concentración de CO<sub>2</sub> dentro de unos valores óptimos. En caso de no poderse mantener esta aportación de aire calculado para los ocupantes habituales, se reducirá la ocupación máxima admitida.

### ¿Por qué son necesarios estos caudales para garantizar la calidad de aire interior?

Imaginemos que tenemos una fuente de contaminación interior, pero que no es posible realizar una extracción localizada del contaminante. Para evitar alcanzar concentraciones elevadas se puede utilizar el método de dilución, consistente en renovar parte del aire interior introduciendo al recinto aire exterior. Cuando se introduce del exterior un volumen igual al del recinto se considera que se ha realizado una renovación de aire. Pero no implica que se haya renovado todo el aire, sino que hemos introducido el volumen del recinto. Es posible que existan zonas del recinto mal ventiladas al no llegar el flujo de aire impulsado.

La guía técnica que desarrolla esta disposición, elaborada por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST), amplía y describe con mayor detalle estos requisitos.

- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)

El RITE establece las condiciones que deben cumplir las instalaciones destinadas a atender la demanda de bienestar térmico e higiene a través de las instalaciones de calefacción, climatización y agua caliente sanitaria, para conseguir un uso racional de la energía. Está aprobado por el Real Decreto 1027/2007. Es importante considerar que es de aplicación a las construcciones o proyectos de reforma realizados con posterioridad a la publicación de la normativa. Por lo tanto, existen numerosos puestos de trabajo en instalaciones antiguas que no cumplen con los criterios exigibles por el RITE por ser antiguas y no haberse hecho proyectos de reforma que supongan adaptación a este RITE.

Las exigencias impuestas por el RD 486/97 y el RITE sobre calidad de aire interior procedían de la norma [UNE-EN 13779](#) (actualmente derogada por la UNE-EN 16798-3:2018) y del informe CR 1752 del CEN (actualmente anulado).

La norma exige que todos los edificios deben disponer de:

- Un sistema de ventilación mecánica (que impulse el aire).
- Un sistema de filtrado del aire exterior (y en determinadas circunstancias el interior).

El caudal de ventilación con aire exterior de los locales se establece en función de la calidad de aire interior que necesitemos. Existe una clasificación del aire interior según el uso del local:

Inglés	Español	Descripción
IDA1	INT1	Aire de óptima calidad: Hospitales, clínicas, laboratorios, guarderías y similares.
IDA2	INT2	Aire de buena calidad: Oficinas, residencias (estudiantes y ancianos), locales comunes de edificios hoteleros, salas de lecturas, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y similares, piscinas y similares.
IDA3	INT3	Aire de calidad media: Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de edificios hoteleros, restaurantes cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo las piscinas), salas de ordenadores y similares.
IDA4	INT4	Aire de calidad baja: Nunca se emplea, salvo casos especiales que deberán ser justificados.

Tabla 2: Categorías de aire interior en función del uso de los edificios. RITE.

El sistema de flujos de aire de un recinto se puede simplificar en la siguiente figura (en el RITE se consideran más tipos):

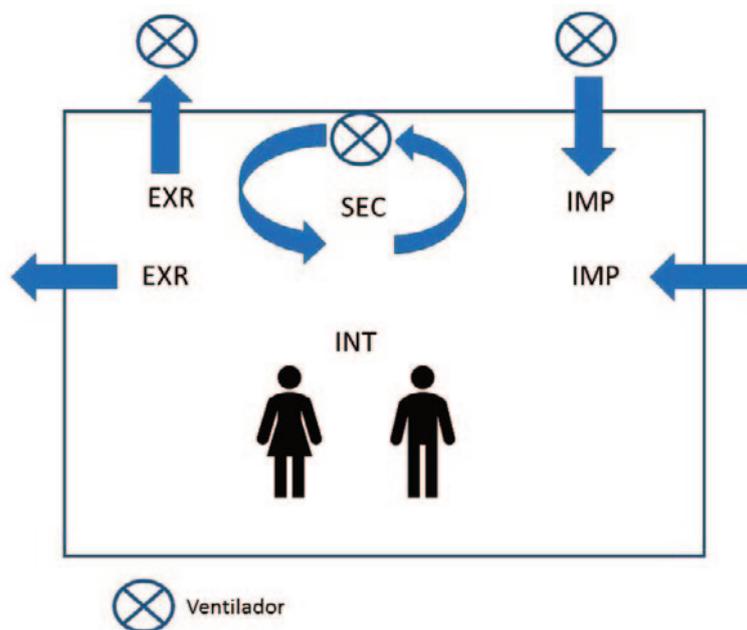


Figura 1

Figura 1: Esquema simplificado de flujos de aire en un local o recinto donde:

- INT (en inglés IDA) Aire interior del local. El que será respirable.
- IMP (en inglés SUP) el aire impulsado (introducido) en el recinto tras tratamiento del aire exterior (EXT u ODA). Procede normalmente de Unidades de Tratamiento de Aire (UTA) y suele recibir un tratamiento de purificación o filtrado de partículas.
- EXR (en inglés ETA) el aire extraído del recinto. Es el que se extrae mecánicamente, o el que se fuga a otros recintos o al exterior, principalmente por puertas y ventanas.
- SEC (en inglés SEC) el aire secundario (el que se recircula), es al que se mueve con un ventilador, o es enfriado o calentado en una unidad convectiva. No tiene sistema de filtrado adecuado y el nivel de calidad de aire es el mismo que el que existe en la sala.

## ¿Cómo se diseña el sistema de climatización?

Dependiendo de la contaminación del aire interior y exterior, el sistema de climatización del aire tendrá que ser filtrado para que el aire que se introduce en el local (IMP), al mezclarse con el aire interior (dilución), tenga finalmente los parámetros de calidad que precisemos (temperatura, humedad, partículas, otros contaminantes).

Categoría	Tasa de ventilación por persona	Método olfativo (CR 1752)	"Concentración CO <sub>2</sub> (INT)(Sobre aire EXR)"	Tasa de ventilación por unidad de superficie
	(L/s)	(dp)	(ppm)	(L/(s·m <sup>2</sup> ))
INT1 / IDA1	20	0,8	350	No aplicable
INT2 / IDA2	12,5	1,2	500	0,83
INT3 / IDA3	8	2,0	800	0,55
INT4 / IDA4	5	3,0	1.200	0,28

Tabla 3: Métodos de cuantificación de caudal de aire impulsado según categoría aire interior

La cantidad de aire IMP que necesitamos se puede cuantificar, de acuerdo con el RITE, mediante cuatro métodos:

1. Tasa de aire exterior por persona de acuerdo con la actividad que realiza. Valores válidos donde se dan emisiones de baja intensidad (metabolismo cercano a 1,2 met que corresponde a una actividad sedentaria).
2. Calidad de aire percibido. Dependiendo de los olores percibidos. Se utiliza como factor de confort en ambientes sin contaminantes peligrosos para la salud.
3. Nivel de CO<sub>2</sub>. Aunque no se alcanzan concentraciones peligrosas en los locales, es un buen indicador de la emisión de biofluentes humanos. Podemos valorar la renovación del aire de un recinto con su medida.
4. Tasa de aire exterior por unidad de superficie: se utiliza cuando no hay una ocupación humana permanente).

Por ejemplo, si queremos calcular el caudal que necesitamos impulsar mediante el método de Tasa de Ventilación.

Calidad de aire	Caudal por persona	Caudal en m3/h por persona
IDA1 p.e. una Clínica	20 l/s	= 20 l/s · 0,001 m³/l · 3600s/ h = 72 m³/h
IDA2 p.e. una Oficina	12,5 l/s	= 12,5 l/s · 0,001 m³/l · 3600s/ h = 45 m³/h
IDA3 p.e. un Cine	8 l/s	= 8l/s · 0,001 m³/l · 3600s/ h = 28,8 m³/h

Tabla 4: Ejemplos de caudal de aire para diferentes ejemplos

Aproximadamente, la ventilación para IDA2 se corresponde con los 50 m³/h y la de IDA3 con los 30 m³/h indicados en el RD 486/97.

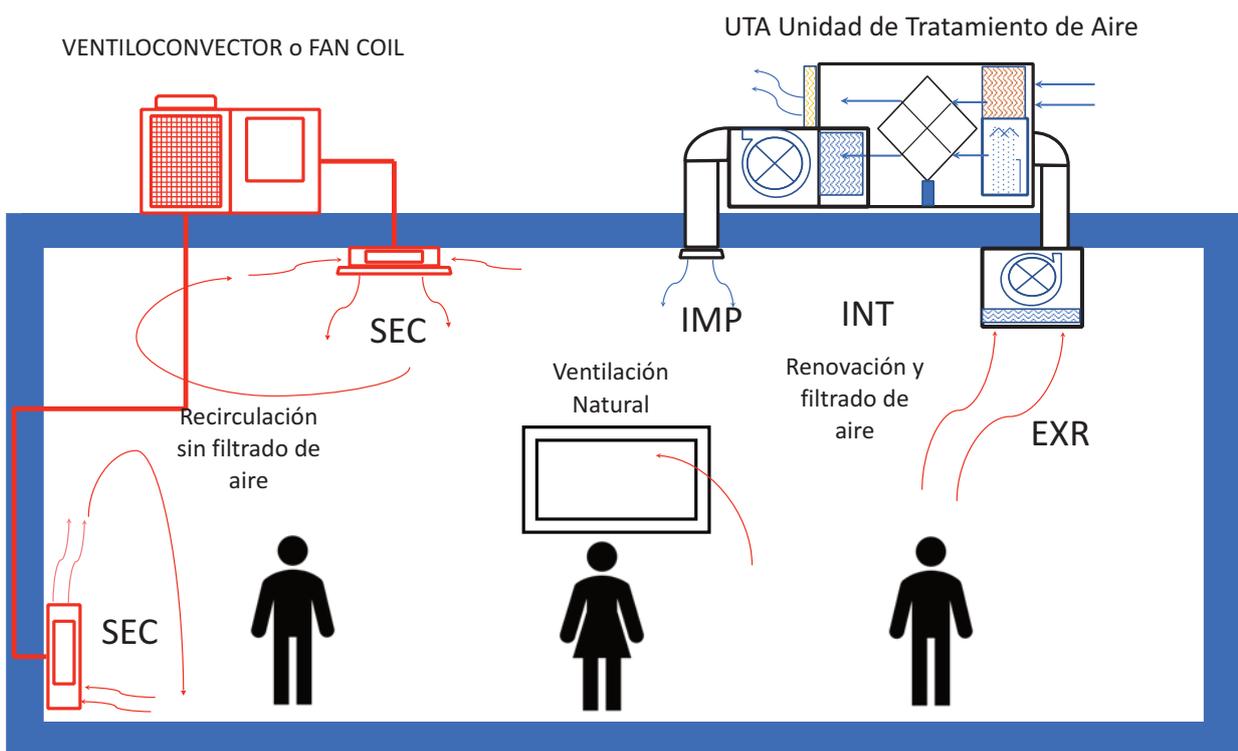


Fig 2: Esquema de sistemas de impulsión UTA y FAN COIL

## Ambientes interiores y enfermedades infecciosas

El diseño de la ventilación debe garantizar un filtrado y renovación de aire suficientes, además de mantener unas condiciones de confort, para reducir la concentración de agentes infecciosos.

## ¿Cuántas renovaciones de aire necesitamos para eliminar un aerosol que esté en suspensión?

El problema que supone un agente biológico es el desconocimiento sobre la concentración necesaria para infectarse y la que genera una persona enferma al exhalar.

De acuerdo con algunos estudios, se ha calculado el tiempo en eliminar las partículas en suspensión:

Renovaciones/hora	Tiempo en eliminar el 99 % de las partículas en suspensión (min)	Tiempo en eliminar el 99,9 % de las partículas en suspensión (min)
2	138	207
4	69	104
8	35	52
10	28	41
15	18	28
20	14	21
50	6	8

Tabla 5: Fuente: Rapporto ISS COVID-19 · n. 33/2020

La tabla 5 nos ayuda a comprender la dificultad que tenemos en un ambiente de interior para eliminar un contaminante. Si garantizamos 30 m<sup>3</sup>/h por trabajador, estaremos realizando en una hora una renovación de un espacio muy pequeño, aproximadamente una habitación de 3x3x3 m<sup>3</sup>. Además, tenemos que tener en cuenta que aunque introduzcamos aire en una sala, pueden quedar zonas donde el aire no se renueve porque no llegue allí.

Para explicar el motivo de recomendar 5 renovaciones/hora:

- Con 1 renovación/hora de aire, al mezclarse con el aire interior, en 1 hora sólo se renueva el 60 % del aire interior.
- Con 2 renovaciones/hora, en 1 hora, se renueva el 85 % aproximadamente.
- Con 3 renovaciones/hora alcanzamos el 95 % en 1 hora.
- A partir de 5 renovaciones/hora podemos garantizar que el 100 % del aire se ha renovado completamente en 1 hora.

Las renovaciones/hora en inglés se denomina ACH (Air Changes per Hour), y antiguamente se utilizaba en normativa para evaluar la ventilación. Ya no se utiliza este sistema porque se prefiere hacer referencia al aforo, tipo de lugar, dimensiones del local, etc. (Por ejemplo en garajes se recomendaban 6 ACH y ahora se exige 120 L/s por plaza de vehículo). Se considera que la ventilación es:

- Ideal (6 ACH)
- Excelente (5-6 ACH)
- Bueno (4-5 ACH)
- Mínimo (3-4)
- Bajo (<3 ACH)

También es necesario recordar las limitaciones de velocidad de las corrientes de aire. En el puesto de trabajo no debe superar 0,25 m/s, 0,50 m/s o 0,75 m/s, dependiendo de la actividad y condiciones climáticas (Real Decreto 486/97 anexo III 3.c). Su objetivo es evitar el desconfort del trabajador. Además, es necesario valorar los flujos de aire si queremos evitar la dispersión de un contaminante en suspensión. Una corriente de aire nos transporta un contaminante hacia donde puede no ser deseable que se acumule.

Es necesario entender que si queremos aumentar el nivel de ventilación, seguramente generará una pérdida de confort, por corrientes de aire o por la temperatura percibida. Y ha de ser asumida si se requiere una mejor calidad de aire.

## 7. Dispositivos complementarios al sistema de ventilación para mejorar el nivel de protección

### Filtros

La finalidad del filtrado integrado en el sistema de ventilación es cumplir los requisitos del aire interior en el edificio, independientemente de las características del aire interior y exterior. Las instalaciones tienen diversos tipos de filtros instalados para lograr reducir la presencia de partículas, gases y olores. En general, se agruparán en dos apartados, de menor a mayor potencial filtración.

- a) Filtros de aire usados en ventilación general
- b) Filtros de aire de alta eficiencia

Con carácter general los sistemas de ventilación cuentan con unos prefiltros que facilitan el mantenimiento y funcionamiento, evitando que determinadas partículas entren en el sistema y deterioren sus componentes. Los filtros propiamente dichos se aplican directamente sobre el aire que se introduce por el sistema en una sala y determina la pureza de éste.

La capacidad de filtrado es la que permite clasificarlos en diferentes grupos, en general por la capacidad de retener mayor o menor cantidad de partículas, y por el tamaño de las partículas que pueden retener.

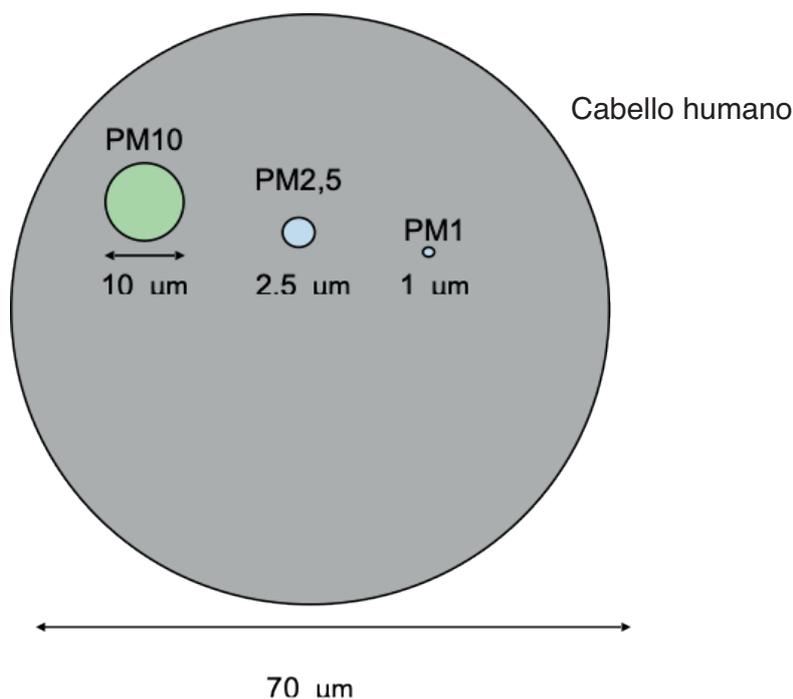
#### a) Filtros de aire usados en ventilación general

Cualquier sistema de ventilación ajustado a norma (RITE), cuenta con un sistema de filtración. Este sistema y los requisitos que cumpla están recogidos en la norma EN UNE-EN ISO 16890, que sustituye a la EN 779. Se pueden encontrar gran cantidad de filtros pero se describen los aspectos más significativos en relación a la eliminación de aerosoles con tamaños superiores a 1 µm.

A continuación se describen los tipos recogidos en la norma 16890 y la equivalencia con otras normas.

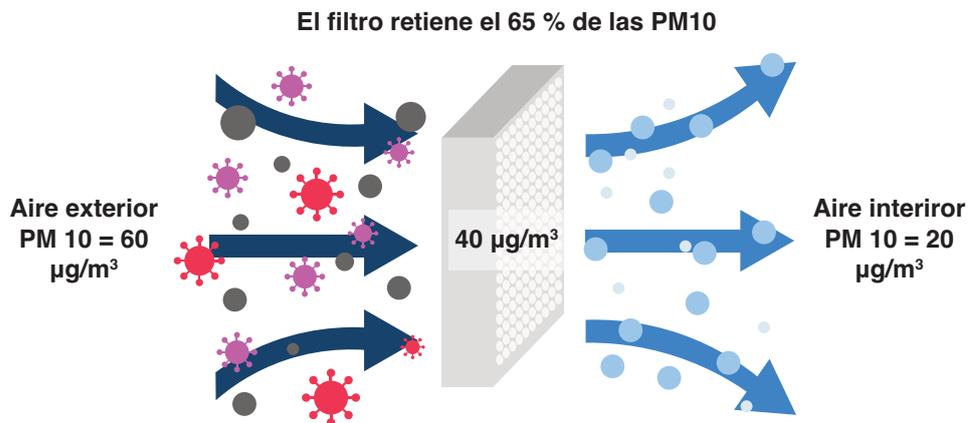
ISO16890			EN 779	
"ePM11 $\mu\text{m}$ (micrón)"	"ePM2.5 2,5 $\mu\text{m}$ = 0,0025 mm"	"ePM10 10 $\mu\text{m}$ = 0,01 mm"	grueso	
-	-	-	>50%	<b>g3</b>
-	-	-	>60%	<b>g4</b>
-	-	> 50%	-	<b>m5</b>
-	> 50%	> 65%	-	<b>m6</b>
> 50%	> 65%	> 80%	-	<b>f7</b>
> 65%	> 80%	> 90%	-	<b>f8</b>
> 80%	> 90%	> 90%	-	<b>f9</b>

Tabla 6: Criterios de clasificación de filtros usados en ventilación general



La categoría de clasificación permite elegir mejor los filtros para tratar el aire que se va a introducir en el ambiente. En general, se tiene en cuenta la calidad de aire que se capte en el exterior y qué nivel de calidad se requiere en el interior. Por ejemplo: el aire exterior tiene 60  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de partículas PM10 y deseamos 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de partículas PM10 en el interior. Así, necesitaremos un filtro que retenga un 66 % de este tipo de partículas.  $(60-20)/60 \times 100$ .

Utilizaremos un filtro ePM10 65 %.



### b) Filtros de aire de alta eficiencia

Son filtros diseñados para poder tener ambientes muy limpios; entre otros, para quirófanos, aviones, salas de investigación...

Se definen tres categorías de este tipo de filtros:

- Los filtros EPA (Efficient Particulate Air filter)
- Los filtros HEPA (High Efficient Particulate Air filter)
- Los filtros ULPA (Ultra Low Penetration Air filter)

La norma que los regula es la EN 1822:2010.

Esta norma clasifica los filtros de alta eficiencia en tres grupos:

Tipo de filtro"		Valor medio	
		Eficiencia %	Penetración %
EPA	E10	>85%	<15%
	E11	>95%	<5%
	E12	>99,5%	<0,5%
HEPA	H13	>99,95%	<0,05%
	H14	>99,995%	<0,005%
ULPA	U15	>99,9995%	<0,0005%
	U16	>99,99995%	<0,00005%
	U17	>99,999995%	<0,000005%

Tabla 7: Criterios de clasificación de filtros de alta eficiencia según norma EN 1822:2010

Para entender lo que retiene un tipo de filtro podemos dar valores para tener una idea aproximada:

- Para un filtro HEPA H13 el porcentaje de penetración 0,05 % indica que de cada 2.000 partículas en aire, dejaría pasar sólo 1 partícula.
- Para un filtro EPA E12 el porcentaje de penetración 0,5 % indica que de cada 2.000 partículas en aire, dejaría pasar sólo 10 partículas.

**Nota:** El porcentaje de penetración se calcula midiendo las partículas MMPS, que tienen un tamaño entre 0,1-0,2  $\mu\text{m}$  (Most Penetrating Particulate Size) . Estas partículas son las más difíciles de captar en un filtro y se consideran las partículas más penetrantes.

Un filtro EPA E12 filtra 10 veces menos que uno HEPA H13.

Un filtro HEPA de clase 13 se considera que es efectivo para retener partículas de las medidas del SARS-CoV-2. Dicha categoría garantiza una eficacia del 99,95 % en la cantidad de partículas de diámetro superior a 100 nm retenidas por el sistema. El tipo de virus que produce la COVID tiene un diámetro algo superior y, por tanto, quedaría atrapado en ese tipo de filtro. No obstante, como difícilmente se encontrará un virus aislado en el aire, un filtro de clase inferior también sería efectivo para retener aerosoles que puedan albergar estos virus.

No se pueden sustituir los filtros de la instalación por filtros HEPA de forma generalizada, ya que cada equipo se ha dimensionado en conjunto y seguramente no garantice los caudales de aire necesarios para la ventilación de la instalación.

Existen sistemas que pueden recircular más de 5 veces por hora el aire de un local, aunque no lo renueve con aire exterior, gracias al sistema de filtración. Con lo que garantizarían suficientemente que las partículas que filtran, entre los que estarían los microorganismos, no estén presentes en el ambiente. De todas formas, se aconseja ventilar.

Los filtros pierden efectividad si se saturan, lo que significa que han retenido demasiadas partículas, y dejan al sistema sin funcionar. Por tanto, el mantenimiento y el cambio de filtros ha de realizarse escrupulosamente de acuerdo a las indicaciones de mantenimiento del fabricante o instalador.

En muchos países se usa la clasificación MERV (Minimum Efficiency Reporting Value) propia de ASHRAE para categorizar los filtros en función de su capacidad de filtración. El principio de clasificación sería similar a la desarrollada en puntos anteriores, ya que determina unos niveles mínimos de filtrado para partículas, en diferentes categorías, que van de 1 a 20. En esa clasificación un filtro con un valor MERV superior a 16 podría corresponder a un filtro HEPA.

## Purificadores de aire

Recibe esta denominación un tipo de dispositivo comercializado entre otras cosas para uso doméstico y dirigido a público general por fabricantes de electrodomésticos. Para ser útiles y tener eficacia contrastada para evitar contagios por aerosoles han de basar su funcionamiento en sistema de filtración de aire.

En los equipos portátiles la identificación de los filtros puede ser diferente, si no aparece la norma EN 1822 puede que se identifiquen sólo por True HEPA. El filtro True HEPA cumple las especificaciones americanas y filtra el 99,97 % de las partículas de 0,3 micras de tamaño, sería similar a un HEPA H13. Otros filtros que no sean True HEPA o H13 no están normalizados de acuerdo a lo requerido en normativa europea o equivalente.

También pueden incorporar filtros de carbón activo u otros elementos como ionizadores etc., pero sería menos relevante en relación a la eliminación de los aerosoles.

El parámetro para valorar la cantidad de aire que es capaz de filtrar y, por tanto, su adecuación al tamaño y número de personas de una sala es el CADR (Clean Air Delivery Rate). Se puede interpretar directamente como el volumen de aire que purifica. También pueden indicar la superficie de la sala óptima en vez del caudal.

Para ver si el CADR de un equipo de purificación es óptimo para una sala tendremos que calcular las movimientos/hora que puede aportar de aire limpio.

Por ejemplo:

- Si tenemos una sala de 50 m<sup>3</sup> sin ventilación, y se instala un purificador con un CADR de 300 m<sup>3</sup>/h, tendremos  $300/50 = 6$  movimientos por hora.
- Si se considera un valor adecuado un mínimo de 5 renovaciones/hora, este purificador sería óptimo para esta hipotética situación.
- Para la colocación del equipo se considerará que esté en una ubicación céntrica, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Hablamos de movimientos en vez de renovaciones ya que un equipo de filtrado no aporta aire nuevo, sólo lo filtra.

## Tratamiento con ultravioleta

Un complemento al sistema de tratamiento del aire utiliza la eficacia de la luz ultravioleta UVC para eliminar agentes biológicos. En ocasiones se utiliza dentro de los locales, bajo estrictas medidas de seguridad, para la desinfección de las superficies y el aire.

La eficacia de los UVC en general para eliminar virus y bacterias se considera probada y, por tanto, su eficacia está contrastada por numerosas pruebas y experiencias para diferentes tipos de microorganismos y condiciones.

Las lámparas insertadas en los conductos por los que se canaliza el aire de ventilación realizan la desinfección al incidir sobre los posibles microorganismos y destruir sus moléculas más fundamentales. Es una técnica que mantiene la radiación confinada dentro del sistema de ventilación y, por tanto, no existiría contacto con los ocupantes de las salas ventiladas. La luz es difícil que salga si está correctamente instalada. También puede estar incorporada delante de la batería de intercambio térmico (acero o cobre y aluminio generalmente) para proteger de esta forma la formación de limos y biocapa en el aleteado de las baterías.

**Nota:** Aplicar luz UV sobre un filtro mecánico de partículas, de un sistema de aire acondicionado, está totalmente desaconsejado por los fabricantes, puesto que los daña y acaban perdiendo eficacia.

Se puede aumentar la información en el siguiente enlace específico que desarrolla la cuestión:

<https://prevencion.asepeyo.es/wp-content/uploads/USO-DE-ULTRAVIOLETAS-PARA-DESINFECCI%C3%93N-DE-VIRUS-SARS-COV-2.pdf>

## Ionización bipolar de plasma frío

Se trata de otro sistema complementario al sistema de ventilación para mejorar la calidad del aire del interior de un recinto. Está basado en tratar el aire que introduce el sistema, haciéndole pasar por unos electrodos que, mediante una descarga eléctrica, generan un plasma frío, y mediante la ionización del aire asociado, desactivan cualquier agente biológico, incluidos los virus. Dicho mecanismo de ionización de aire también puede comportar la eliminación de otras sustancias consideradas tóxicas presentes en el aire del lugar de trabajo.

Es una técnica innovadora, como mecanismo germicida, y se está utilizando en sectores como el de seguridad alimentaria, con resultados bien acreditados, ya que no implica alteración de los alimentos y sus propiedades. Respecto a su uso en ventilación, las condiciones de aplicación están desarrollándose, y se está validando su uso en diferentes entornos.

Este tipo de sistemas requieren, en general, de una instalación por parte de empresas especializadas que garanticen los resultados requeridos, y que establezcan unas condiciones seguras de uso.

El principal aspecto que hay que considerar de este sistema es que se pueden generar otras sustancias tóxicas, subproductos de la ionización, y todavía no se han podido evaluar sus riesgos para las personas expuestas.



## 8. Ejemplo de cálculo para la verificación de niveles de ventilación en salas

Se van a describir de forma práctica en la primera parte cómo obtener valores de niveles de ventilación y también una estimación de los caudales de aire introducidos en una sala necesarios en el cálculo de las renovaciones de aire. También se aplica un ejemplo de cálculo del % de aire exterior incorporado a partir de mediciones de CO<sub>2</sub>. Para ello se aplican expresiones y métodos que figuran en la Guía técnica para la evaluación y la prevención de los riesgos relativos a la utilización de los lugares de trabajo (edición 2015).

### A. Cálculos de caudales de aire introducidos por el sistema de ventilación

**Aplicable a los sistemas de ventilación centralizados mediante difusores siempre que el de climatización sea de Aire Primario (100% aire exterior):**

**A.1. Con un balómetro**, que es un dispositivo como el que se muestra en la figura 5, con el cual se mide directamente el caudal de aire que sale de una abertura ubicando dicha salida en el interior del cuadro y haciendo circular todo el aire por esa campana.

Valor medido en cada uno de los difusores de una sala.

- Difusor 1: 20m<sup>3</sup>/h
- Difusor 2: 21m<sup>3</sup>/h
- Valor del caudal total: Suma de los caudales aportados por todos los difusores: 20+21=41m<sup>3</sup>/h

El apartado B de este punto permite calcular, de este volumen de aire introducido qué cantidad corresponde a aire exterior.

En caso que no se recircule aire, el valor de aire introducido se usa para valorar las renovaciones de aire.



Figura 5

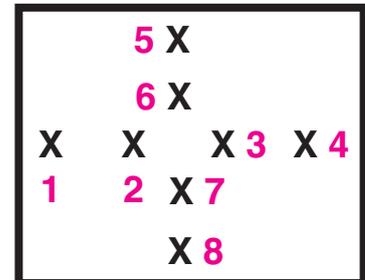
## A.2. Con un termoanemómetro

### Cálculo del caudal en una rejilla:

En el difusor se trazan dos ejes y se toman ocho puntos de medida de la velocidad de aire de salida:



Sección  
difusor



Velocidades en cada uno de los puntos medidos:

	1	2	3	4	5	6	7	8
Velocidad de aire /ms <sub>-1</sub>	2,15	2,45	2,6	2,3	2,75	2,3	2,4	2,8

Velocidad de aire:

Cálculo del valor medio:

$$v = \frac{2,15 + 2,45 + 2,6 + 2,3 + 2,75 + 2,3 + 2,4 + 2,8}{8} = 19,75/8 = 2,46 \text{ m/s}$$

Superficie del difusor de aire: 0,3 m<sup>2</sup>

El caudal de aire se obtiene multiplicando la superficie total del difusor (en m<sup>2</sup>) por el valor medio de los ocho valores de velocidad de aire medidos.

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = v \text{ (m/s)} \times \text{Sección (m}^2\text{)}$$

$$Q = 2,46 \text{ m/s} \times 0,30 \text{ m}^2 = 0,74 \text{ m}^3\text{/s}$$

Este cálculo se hará para cada uno de los difusores y se sumarán todos los caudales de los diferentes difusores en una sala (si los hubiera), para conocer el caudal total.

**Nota:** Para rejillas se puede utilizar con un margen de error grande, pero para rotacionales con flujos turbulento este método es extremadamente inexacto (las mediciones de velocidad son muy dispares dependiendo del punto de medición y es imposible hacer un buen promedio). Para rotacionales exclusivamente uso de balómetros y para rejillas de lamas planas se podría recomendar el uso de un termoanemómetro.

## B. Determinación del caudal de aire exterior introducido por persona

En general el caudal de aire renovado se calcula en metros cúbicos por hora m<sup>3</sup>/s. Se pasaría fácilmente el volumen a litros.

$$0,74 \text{ m}^3\text{/s} \times \frac{1000 \text{ l}}{1 \text{ m}^3} = 740 \text{ l/s}$$

Si la sala la ocupan 6 personas, en el ejemplo:  $740/6=123 \text{ l/s y persona}$ , sería el caudal de aire introducido por persona.

Con estos parámetros se puede acceder a herramientas de cálculo desarrolladas para permitir valorar niveles de ventilación en diferentes situaciones, de acuerdo a criterios adoptados por investigadores de reconocido prestigio:

<https://prevencion.asepeyo.es/documento/calculo-simplificado-de-ventilacion-en-una-sala/>

<https://calculadora-cadr.web.app/>

## C. Cálculo del caudal de aire exterior introducido por el sistema de ventilación

La siguiente expresión permite estimar, mediante valores de CO<sub>2</sub> medidos, el tanto por ciento de aire exterior que se introduce en un sistema de ventilación.

$$\% \text{ aire exterior} = \frac{CR - C_s}{CR \cdot C_o} \times 100$$

(\*) NTP 549 del INSST

## Ventilación

Criterios para prevenir la transmisión de la COVID-19



Donde:

- Cs:=ppm de CO<sub>2</sub> en el aire de suministro o salida del difusor (si se mide en un local) o ppm de CO<sub>2</sub> en el aire de mezcla (si se mide en la unidad de tratamiento de aire)
- CR = ppm de CO<sub>2</sub> en el aire de retorno
- Co = ppm de CO<sub>2</sub> en el aire exterior

En el cálculo propuesto si la concentración de CO<sub>2</sub> del aire suministrado coincide con la concentración de CO<sub>2</sub> del aire exterior, el valor de porcentaje de aire exterior calculado sería 100, que es lo recomendable para evitar aerosoles.

Con unos valores tomados de ejemplo se puede hacer el cálculo:

$$\% \text{ aire exterior} = 100 \times \frac{850 - 650}{850 - 480} = 54\%$$

- Cr :850 ppm aire en el interior de retorno
- Cs :650 ppm aire aportado por el sistema
- Co:480 ppm aire en el exterior

En el punto B se ha calculado un caudal a través de la rejilla que se introducía por persona (123 l/s), teniendo en cuenta que en este ejemplo el 54 % de ese flujo calculado corresponde a aire exterior se calcula,

Aire exterior introducido:  $123 \text{ l/s} \times 0,54 = 64,4 \text{ l/s}$

Es superior a los 12,5 l/s por trabajador, que se considera el valor mínimo de aire exterior que se establece necesario aportar en una sala.

#### D. Cálculo de renovaciones de aire con medidor de CO<sub>2</sub> en sala sin ocupación

Es posible estimar la renovación generada por un sistema de ventilación. Para eso necesitaríamos:

- a) Concentración de CO<sub>2</sub> en el local sin ocupantes y con el sistema de ventilación apagado.
- b) Concentración de CO<sub>2</sub> con la instalación encendida durante un tiempo T.
- c) Valor de CO<sub>2</sub> en el exterior.

$$n^{\text{a}} \text{ de renovaciones} = \frac{1}{T} \cdot \ln \left( \frac{C_i - C_o}{C_f - C_o} \right)$$

Donde:

- Ci = concentración inicial (ppm)
- Cf = concentración final (ppm)
- Co = concentración en el exterior (ppm)
- T = tiempo (horas)

## Ejemplo de uso de la hoja de cálculo simplificado

En el siguiente enlace se puede acceder a la hoja de cálculo que ayuda a calcular el nivel de ventilación, se propone un ejemplo de utilización:

<https://prevencion.asepeyo.es/documento/calculo-simplificado-de-ventilacion-en-una-sala/>

Queremos conocer la ventilación natural que tenemos en una sala, y lo haremos con un método simplificado. Para poder calcularlo necesitaremos:

- Un equipo que mida la concentración de CO<sub>2</sub>, preferiblemente con tecnología NDIR
- Un flexómetro, para medir el volumen del recinto.
- Un reloj o cronómetro

Opcionales:

- Un medidor de caudal (véase apartado X)
- Una aplicación con brújula y datos ambientales.

Antes de medir se deberá conocer el volumen de aire, medir la altura del techo, el largo y ancho. Si no tiene forma regular, es mejor dividirla en volúmenes que sean fáciles de calcular. Mide también las aberturas de las ventanas que están abiertas, permitirá comparar mediciones en días diferentes. Hacer un croquis de dónde se realiza la medición.



**TOMA DE DATOS EN EXTERIOR**

Hora: 8:16  
Temperatura: 7 °C  
Humedad: 95 %  
CO<sub>2</sub>: 400 ppm  
Viento: 3 km/h



Previsión  
Toma de datos para cálculo de ventilación en una sala

Técnico:  
Fecha:  
Lugar:

Los datos se han obtenido de: **medición directa** / estación metereológica / **app o intern**

Hora: 10:10  
Temperatura: 7 °C  
Humedad: 96 %  
CO<sub>2</sub>: 404 ppm  
Viento: 5 km/h

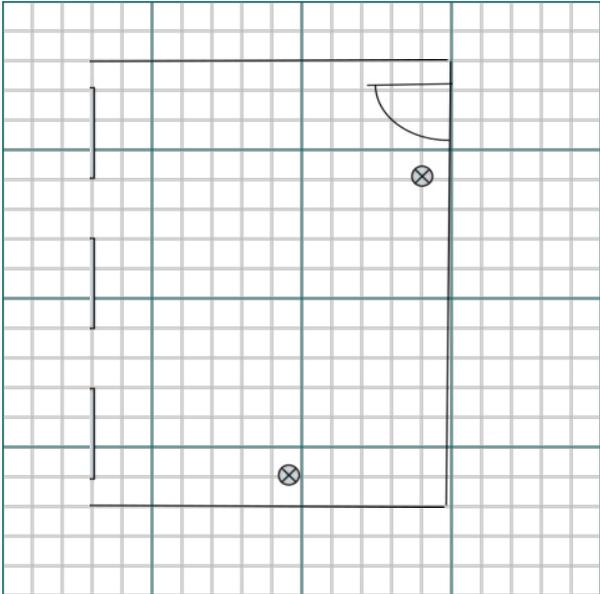


**DIMENSIONES DE LA SALA**

Orientación de la sala:



Dimensiones de la sala:



Nº de personas: 2 profesores y 17 alumnos

Altura de techo: 2,6 m

Largo: 9,1 m

Ancho: 6 m

Ventanas: 3 ventanas doble cristal

Anchura: 1,1 m

Altura: 1 m

Abertura: 0,2 m

1. Medir primero la concentración de CO<sub>2</sub> en el exterior del edificio y a la hora a la que haces la medición. Su valor debe estar cercano a los 400 ppm, aunque puede ser superior a este valor. Recuerda que los medidores tienen un error de ±50 ppm, y lo importante es calcular la diferencia entre el exterior y el interior.

Recuerda que debes volver a medir el CO<sub>2</sub> exterior al finalizar las mediciones del interior. De esta forma puedes comprobar si hay variación con la medida inicial, si la medida es muy diferente hay que dudar de las medidas interiores obtenidas.

Opcionalmente, registrar también la Temperatura, Humedad Relativa y velocidad del viento y su orientación, si no se dispone de equipo de medida, estos datos pueden obtenerse de internet o una aplicación para el móvil. Servirá para poder comparar mediciones en días diferentes.

2. Medir CO<sub>2</sub> en el interior durante un tiempo prudencial mientras está ocupada la sala, no es recomendable realizar una medición puntual, lo recomendable es al menos tener el equipo midiendo durante 15 minutos y comprobar que el valor sea estable.

Con el número de ocupantes de la sala (a ser posible máximo aforo), el volumen y las concentraciones en exterior e interior de la sala, podemos calcular de forma simplificada la ventilación existente.

3. Elegir el nivel de calidad de aire de acuerdo con el RITE para estimar la ventilación teórica necesaria por aforo. Este nivel será el IDA 1 ó IDA 2 mínimo, que corresponden con 72 ó 45 m<sup>3</sup>/h por ocupante. Se calculará las renovaciones teóricas necesarias para alcanzarlo.

ASEPEYO

Prevención

Cálculo simplificado de la ventilación de una sala

**1 DIMENSIONES DE LA HABITACIÓN O SALA**

Altura = 2,6 m

Anchura = 6 m

Longitud = 9,1 m

**Volumen = 141,96 m<sup>3</sup>**

**2 NÚMERO DE OCUPANTES**

N = 19 Ocupantes

**3 NÚMERO DE RENOVACIONES DE AIRE DE LA SALA MÍNIMA TEÓRICAS**

Elija el nivel de calidad de aire adecuado para la actividad a realizar en la sala, tiene 4 opciones en la tabla de abajo

El valor por defecto recomendado mínimo para el COVID es 45 m<sup>3</sup>/hora

Se calcula el caudal a impulsar multiplicando el valor RITE por el número de ocupantes

Caudal/persona = 45 m<sup>3</sup>/h persona

Caudal aire a impulsar = 855 m<sup>3</sup>/h

<b>Renovaciones/hora teóricas =</b>	<b>6,02</b>	= Caudal a impulsar / Volumen de la sala
-------------------------------------	-------------	--

**RITE: Caudal mínimo por persona para calidad de aire**

72 m <sup>3</sup> /h persona	IDA 1 (aire de óptima calidad): hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.
45 m <sup>3</sup> /h persona	IDA 2 (aire de buena calidad): oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
28,8 m <sup>3</sup> /h persona	IDA 3 (aire de calidad media): edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.
18 m <sup>3</sup> /h persona	IDA 4 (aire de calidad baja)

ASEPEYO

Ventilación

Criterios para prevenir la transmisión de la COVID-19

● 33 ●

4. Con los valores de concentración de CO<sub>2</sub> exterior e interior medidos se calculará las renovaciones reales estimadas. Como ejemplo, podemos haber medido 1000 ppm en el interior de la sala y 400 ppm en el exterior. Recuerda que la recomendación es que no sea superior a 700 ppm, así éste es sólo es un valor para este ejemplo.

Cuanto más cercano sea el valor de CO<sub>2</sub> medido en el interior al exterior mejor ventilación tendremos. Por este motivo se recomienda siempre que sea inferior a 700 ppm en el interior (una diferencia menor a 300 ppm entre el interior y exterior).

En la imagen se visualizan los parámetros comentado y cómo están introducidos en las correspondientes celdas de la calculadora.

#### 4 NÚMERO DE RENOVACIONES DE AIRE DE LA SALA QUE PERMITE LA INSTALACIÓN DE CLIMATIZACIÓN



##### UTILICE SÓLO UNO DE LOS TRES MÉTODOS

**Método 1:** Si dispone de instalación con impulsión/extracción de aire, y conoce las renovaciones/hora de aire limpio Este caudal se considera que tiene un nivel de CO<sub>2</sub> similar al aire exterior

Renovaciones/hora =

**Método 2:** Si no lo conoce, puede calcularlo midiendo el nivel de CO<sub>2</sub> en interior y exterior. Con la sala vacía y la instalación funcionando, se apaga y se miden valores CO<sub>2</sub> en un periodo de tiempo. El nivel de CO<sub>2</sub> aumentará.

CO<sub>2</sub> en el exterior del edificio =  ppm CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> inicial de la sala =  ppm CO<sub>2</sub>

CO<sub>2</sub> final de la sala =  ppm CO<sub>2</sub>

tiempo de medición =  horas

Renovaciones/hora =  0 NTP 549:  $R = (1/t) * \ln((CO_{2\text{inicial}} - CO_{2\text{ext}}) / (CO_{2\text{final}} - CO_{2\text{ext}}))$

**Método 3:**

Las personas al respirar generan CO<sub>2</sub>. Calculamos la diferencia de nivel CO<sub>2</sub> (ppm) con el exterior.

Existe una relación entre esta diferencia de nivel CO<sub>2</sub> con la calidad de aire IDA1, IDA2, IDA3 o IDA4

medición en el exterior del edificio =  400 ppm CO<sub>2</sub>

medición FINAL en el interior del edificio =  1000 ppm CO<sub>2</sub>

Renovaciones/hora =  4,78

#### 5 RESULTADO DE LOS CÁLCULOS

Renovaciones Teóricas =	6,02
Renovaciones Medidas =	4,78
Renov. Medidas - Teóricas =	-1,24

##### RITE: valores de cálculo de las renovaciones

- > 5 buena ventilación
- 5-8 para oficinas, aulas, cines y teatros, y similares
- 8-12 restaurantes, cafeterías, wc, laboratorios
- 3-8 habitaciones hoteles

LA RENOVACIÓN DE LA SALA ES: **INSUFICIENTE**

ES NECESARIO AUMENTAR CAUDAL DE AIRE EN = **175,864 m3/h**

Si dispone de equipo portátil con filtrado alta eficacia, puede estimar caudal filtrado que aporta a la sala:



Caudal impulsado (CADR) =  200 m3/h

Filtro final EN 1822 =  H13

Caudal filtrado =  199,9 m3/h

Estos equipos no reducen el nivel de CO<sub>2</sub> Recirculan el aire filtrándolo con filtros de alta eficacia (H14, H13, E12, E11, E10)

Si no dispone de equipo portátil con filtrado, deberá aumentar con ventilación natural o forzada la sala con aire del exterior

Si la diferencia entre las renovaciones medidas y las teóricas son muy parejas o es negativa, deberá aumentarse la ventilación:

- Abriendo más las ventanas y puertas de la sala, favoreciendo las corrientes de aire.
- Utilizando uno o varios filtros de aire.

En el ejemplo, con un filtro de CADR igual a 200m<sup>3</sup>/h logramos igualar la carencia de caudal necesario para igualar las renovaciones teóricas necesarias. El filtrado no debe sustituir a la renovación de aire, sea forzada o natural, porque sólo retiene partículas y no otros contaminantes como puede ser el CO<sub>2</sub>.

## VALOR CO<sub>2</sub> COMO INDICADOR INDIRECTO DEL RIESGO DE INFECCIÓN

El riesgo de infección considerando los aerosoles es proporcional a la concentración de CO<sub>2</sub>:

- Se calcula mediante la **diferencia** entre el CO<sub>2</sub> del **interior** y el CO<sub>2</sub> medido en el **exterior**
- Si la diferencia es mayor que cero se considera que existe riesgo

VALOR CO <sub>2</sub> (CO <sub>2</sub> ext = 400 ppm)	CO <sub>2</sub> int - CO <sub>2</sub> ext	% de aire ya respirado	Si tenemos un filtro HEPA	VLA-ED (ppm)
> 5000 ppm	> 4500 ppm	---	--	
> 1000 ppm	> 600 ppm	1,47 %	límite	límite RD 486
> 900 ppm	> 500 ppm	1,21 %	peligroso	RITE límite IDA2
> 800 ppm	> 400 ppm	0,96 %	aceptable	
> 700 ppm	> 300 ppm	0,71 %	adecuado	RITE límite IDA1
< 700 ppm	< 300 ppm	0,71 %	adecuado	Recomendaciones COVID-19
< 550 ppm	< 150 ppm	0,33 %	adecuado	Recomendaciones pasillos y zonas comunes

Fuente M.A. Campano

## 9. Bibliografía

- Guía Recomendaciones sobre el uso de sistemas de climatización y ventilación para prevenir la expansión del COVID-19. Gobierno de España.

[https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Recomendaciones\\_de\\_operacion\\_y\\_mantenimiento.pdf](https://www.mscbs.gob.es/en/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov-China/documentos/Recomendaciones_de_operacion_y_mantenimiento.pdf)

- REHVA COVID-19 guidance document: Guía de referencia que se mantiene actualizada.

<https://www.rehva.eu/activities/covid-19-guidance>

- Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE-2007)

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10540\\_Comentarios\\_RITE\\_GT7\\_07\\_2200d691.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10540_Comentarios_RITE_GT7_07_2200d691.pdf)

- Guía técnica Instalaciones de climatización con equipos autónomos

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_17\\_Guia\\_tecnica\\_instalaciones\\_de\\_climatizacion\\_con\\_equipos\\_autonomos\\_5bd3407b.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_17_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_con_equipos_autonomos_5bd3407b.pdf)

<https://didascalía.es/como-mantener-calidad-aire-interior/>

- Guía para ventilación en aulas Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, IDAEA-CSIC

[https://www.csic.es/sites/default/files/guia\\_para\\_ventilacion\\_en\\_aulas\\_csic-mesura.pdf](https://www.csic.es/sites/default/files/guia_para_ventilacion_en_aulas_csic-mesura.pdf)

- Guía para el control ambiental de infecciones

<https://www.cdc.gov/infectioncontrol/guidelines/environmental/index.html>

- EN 13779 Ventilation for non-residential buildings - Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems. Comentarios al Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE-2007)

- Jonathan Ciencewicki & Ilona Jaspers (2007) Air Pollution and Respiratory. Viral Infection, Inhalation Toxicology, 19:14, 1135-1146, DOI: 10.1080/08958370701665434

<https://doi.org/10.1080/08958370701665434>

- Viruses And Indoor Air Pollution Robert B. Couch, M.D. Department of Microbiology and Immunology Baylor College of Medicine Houston, Texas

- Indicazioni sugli impianti di ventilazione/climatizzazione in strutture comunitarie non sanitarie e in ambienti domestici in relazione alla diffusione del virus SARS-CoV-2. Gruppo di Lavoro Ambiente-Rifiuti COVID-19

- Enhanced spread of expiratory droplets by turbulence in a cough jet. Jianjian Wei\*, Yuguo Li. Department of Mechanical Engineering, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong

- Identifying airborne transmission as the dominant route for the spread of COVID-19. Renyi Zhanga,b,1, Yixin Lib, Annie L. Zhangc, Yuan Wangd, and Mario J. Molinae.

- High Contagiousness and Rapid Spread of Severe Acute Respiratory Syndrome Coronavirus 2

[https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0282\\_article](https://wwwnc.cdc.gov/eid/article/26/7/20-0282_article)

<https://science.sciencemag.org/content/early/2020/10/02/science.abf0521>

- Ventilación natural para el control de las infecciones en entornos de atención de la salud. Organización Panamericana de la salud (OMS)

- Ventilación Natural de Edificios. Eduardo Yarke 2005

- Etheridge, D. y Sandberg, M. Building Ventilation Theory and Measurement, Jhon wiley & Sons, 1996.
- Meter, W. y Grieve, M.Sc. La medida de la ventilación utilizando gases trazadores, Brüel & Kjær Ibérica, S.A. Madrid 1995.
- Skaaret, E. and Mathisen, H.M. Test procedures for ventilation field measurements, Proceedings of CIB Symposium on Recent Advances in Control and Operation of Building HVAC Systems, Trondheim, Norway, 64-75 (1985).
- Persily, A.K., Dols, W.S. and Nabinger, S.J.. Ventilation effectiveness measurements in two modern office buildings, Proceeding of Indoor Air 93, 6th International conference on indoor air quality and climate, 195-200 (1993).
- Sandberg, M. and Sjöberg, M. The use os moments for assessing air quality in ventilated rooms, Building and environment 18, 181-197 (1993).
- Zafra, M., & Salas, J. (2021, March 28). No respire el aire de otro: cómo esquivar el coronavirus en interiores. Consultado el 12 de Abril, 2021, de EL PAÍS web:  
<https://elpais.com/ciencia/2021-03-28/no-respires-el-aire-de-otro-como-esquivar-el-coronavirus-en-interiores.html>
- Allen, J., Spengler, J., Jones, E., & Cedeno-Laurent, J. (n.d.). Guía en pasos para medir la tasa de renovación de aire en aulas. Consultado el 12 de Abril, 2021, de Forhealth.org web:  
<https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2020/10/Harvard-Healthy-Buildings-program-How-to-assess-classroom-ventilation-10-30-2020-ES.pdf>



Cuidamos de tu empresa



Asepeyo, Mutua Colaboradora con la Seguridad Social nº 151