

# Ventilación en Aulas para prevención de COVID-19:

## Límites de CO<sub>2</sub> recomendados en periodo de emergencia.



V3, 28 Enero 21, SDA

# Índice

**01**

El CO<sub>2</sub> como  
indicador de la  
calidad del aire  
interior

**02**

Límites  
recomendados de  
CO<sub>2</sub> para aulas

**03**

Diferencia  
respecto a otras  
recomendaciones

**04**

Relación entre  
concentración de  
CO<sub>2</sub> y riesgo de  
transmisión

**05**

Lugares con  
mayor nivel de  
CO<sub>2</sub> en el aire  
exterior

**06**

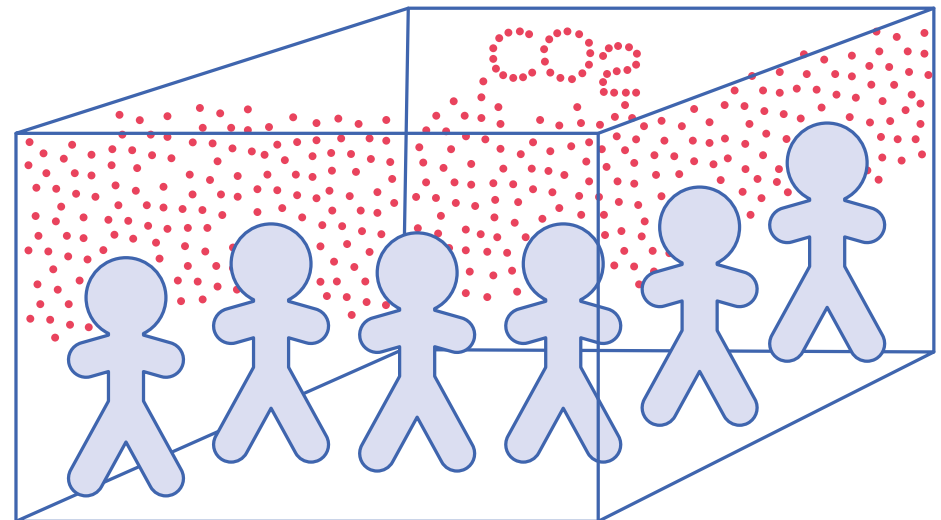
Uso de sistemas  
de filtrado

# 01 El CO<sub>2</sub> como indicador de la calidad del aire interior

La concentración de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) en el interior de locales ocupados es habitualmente utilizado como indicador de la calidad del aire interior debido a su relación con la acumulación de aire exhalado por los ocupantes. De esta manera es posible relacionar esta concentración con la acumulación de diversos contaminantes en recintos cerrados, así como con la capacidad de la ventilación para diluirlos, en especial para locales con densidades de ocupación elevada —como puede ser el caso de las aulas.

En virtud de esta relación la medida del nivel de CO<sub>2</sub> en los espacios interiores resulta un indicador muy útil para evaluar el riesgo de transmisión de la COVID-19, dado que los ocupantes emiten CO<sub>2</sub> junto a la exhalación de aerosoles que pueden transmitir esta enfermedad.

Como se indica más abajo, los límites recomendados de concentración de CO<sub>2</sub> pueden indicar el nivel de riesgo al que los ocupantes se expondrán, así como del tiempo de permanencia. En este documento se indican los límites propuestos para la reducción del riesgo de exposición frente al COVID-19 en espacios interiores compartidos.



## 02 Límites recomendados de CO<sub>2</sub> para aulas

Como medida general preventiva de transmisión de COVID-19 en las aulas se recomienda mantener una concentración de CO<sub>2</sub> por debajo de **700 ppm**.

Por debajo de este valor se consigue una dilución suficiente de los aerosoles exhalados por las personas presentes en el aula. De forma que es posible mantener un riesgo bajo de transmisión aérea durante el desarrollo de actividades que supongan la permanencia durante largos periodos en el ambiente interior<sup>1</sup>, sobretodo si se combina con otras capas de protección como mascarillas, etc.

El riesgo de contagio aumenta en relación directa con el incremento del nivel de CO<sub>2</sub> (ver más abajo) —al aumentar la presencia en el ambiente de aire exhalado por los ocupantes en el local, por lo que, en caso de superarse frecuentemente el valor de **700 ppm** durante el desarrollo de la actividad, deben adoptarse medidas correctoras.

En general, se ha comprobado que, en la mayor parte de las aulas, es factible respetar el límite de 700 ppm (más aún 800 ppm) mediante ventilación natural y/o mecánica (en caso de disponer de esta). En la mayoría de los casos es suficiente una cierta apertura de los huecos —en configuración de ventilación cruzada distribuida<sup>2</sup>— si estos se mantienen abiertos de forma constante durante el uso del aula. Cuando la configuración del espacio no permita mantener estos límites deben aplicarse otro tipo de medidas para mejorar la ventilación o bien utilizar medios complementarios a la renovación de aire (p.ej. filtrado, reducción de ratio o uso de otros espacios de mayor volumen), de manera que sea posible reducir el riesgo.

En pasillos y zonas comunes que comunican con las aulas, se recomienda adoptar un límite de **550 ppm**. Esto facilita la correcta ventilación de algunas aulas (en bastantes casos el aire entra a través de la puerta) y reduce el intercambio de aire entre ellas. Pequeñas o muy pequeñas aperturas de ventilación cruzada permiten no superar esos límites debido a que la presencia de alumnado —por tanto, contribución de aire respirado— no se mantiene durante mucho tiempo en las zonas comunes.

<sup>1</sup> Z. Peng, J.L. Jiménez. *Exhaled CO<sub>2</sub> as COVID-19 infection risk proxy for different indoor environments and activities*. 2020 (Preprint). DOI: 10.1101/2020.09.09.20191676

<sup>2</sup> Es recomendable que se produzca la apertura de ventanas en paredes opuestas o ventanas y puertas abiertas (“Ventilación Natural en las Aulas Guía Práctica”; LIFTEC 2020)

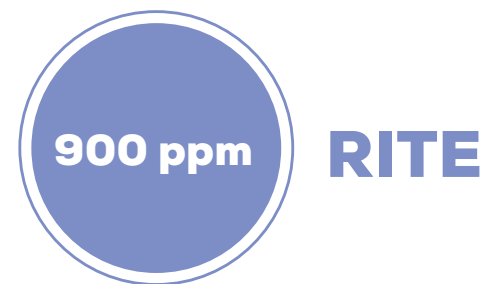
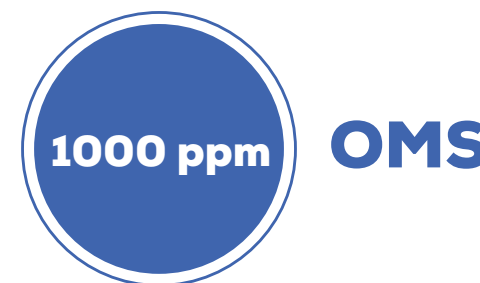
## 03 Diferencia respecto a otras recomendaciones

Existen otras referencias y normativas que recomiendan umbrales en la concentración de CO<sub>2</sub> para la evaluación de la calidad del aire interior. Por ejemplo:

- La OMS<sup>3</sup> recomienda un límite de 1000 ppm para considerar que un ambiente es saludable.
- El RITE<sup>4</sup> establece un límite equivalente a 900 ppm (expresado como incremento de 500 ppm sobre el nivel exterior) para espacios IDA2, que incluyen el caso de aulas.

Debe aclararse que no existe ninguna contradicción en estos términos. Estos umbrales se establecen frente riesgos de naturaleza muy distinta, relacionada con la presencia de distintos tipos de contaminantes y tóxicos en el ambiente, así como a los efectos de la exposición a medio y largo plazo a los ambientes.

El caso particular de la COVID-19 requiere un esfuerzo adicional para mantener la concentración de CO<sub>2</sub> por debajo de los límites indicados debido a la transmisión por vía aérea y el menor tiempo de exposición necesario para el contagio frente a los efectos en la salud de los contaminantes típicos de espacios cerrados —lo que puede suponer un enorme impacto social y económico, incluyendo el colapso del sistema sanitario. Se ha comprobado además que estos niveles son viables en la mayor parte de los casos mediante un uso adecuado y controlado de la ventilación.



<sup>3</sup>D. Penney, V. Benignus, S. Kephelopoulos, D. Kotzias, M. Kleinman, and Agnes Verrier, "Guidelines for indoor air quality," 2010. doi: 10.1186/2041-1480-2-S2-I1

<sup>4</sup>Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, RD 1027/2007, de 20 de julio, v. cons. septiembre 2013.

## 04 Límites recomendados de CO<sub>2</sub> para aulas

La concentración de CO<sub>2</sub> está directamente relacionada con la cantidad de aire que ya ha sido respirado por los ocupantes de la habitación y, por lo tanto, guarda relación directa con la cantidad de aerosoles, que podrían contener virus si hay una persona infectada en el local. Esto es un indicador del riesgo de contagio ya que este aumenta con la cantidad de aerosoles inhalados.

Con este simple razonamiento se puede estimar la relación existente entre los niveles de CO<sub>2</sub> y el riesgo de transmisión aérea de COVID-19.

Suponiendo una concentración típica de CO<sub>2</sub> en el aire exterior de 420 ppm:

- Si en el aula se miden 700 ppm esto quiere decir que el 0.7% del aire que inhalamos ya ha sido respirado por otras personas.
- Si aumenta a 800 ppm la cantidad de aire ya respirado crece al 0.95%. En consecuencia, el riesgo de contagio sería del orden de un 36% superior respecto a un ambiente con 700 ppm. Si bien no parece un nivel alarmante, estos números ya justificarían la adopción de medidas correctoras, teniendo en cuenta además la capacidad de persistencia en el aire del virus<sup>5</sup>.
- Y así sucesivamente...<sup>6</sup> P.ej., en caso de que el nivel llegue a 3000 ppm (frecuentemente alcanzado en aulas con mala o nula ventilación), el 6.5% del aire ya ha sido respirado. El riesgo de contagio se multiplica por 9.3 respecto al caso de referencia de 700 ppm. Obviamente, es una situación que siempre debe evitarse a toda costa durante usos prolongados del espacio.

<sup>5</sup>Se ha demostrado que el virus SARS-CoV-2 es estable en partículas en el aire con una vida media de más de una hora (N. van Doremalen, T. Bushmaker, D.H. Morris, M.G. Holbrook, A. Gamble, B.N. Williamson, et al. *Aerosol and surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1N. Engl. J. Med. (2020)*) y varios estudios con resultados similares.

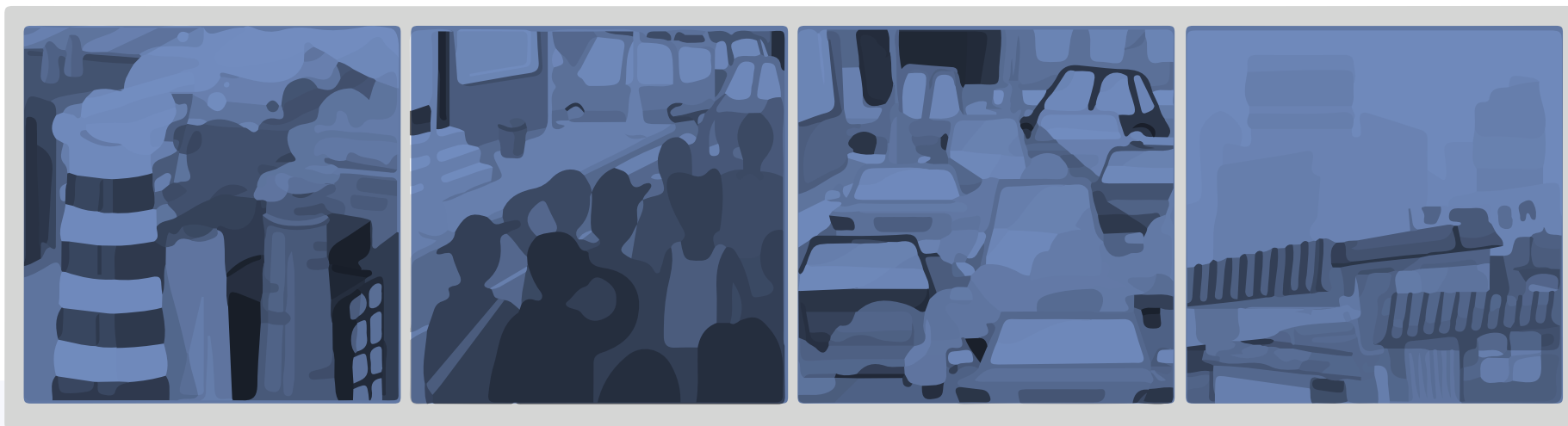
<sup>6</sup>De manera aproximada, por cada incremento de 400 ppm en la concentración CO<sub>2</sub> se estima que añade 1% de aire ya respirado.

<sup>5</sup>Associations of Cognitive Function Scores with Carbon Dioxide, Ventilation, and Volatile Organic Compound Exposures in Office Workers: A Controlled Exposure Study of Green and Conventional Office Environments. Allen, J.G. et al <http://dx.doi.org/10.1289/ehp.1510037>).

## 05 Lugares con mayor nivel de CO<sub>2</sub> en el aire exterior

En algunos lugares, la concentración de CO<sub>2</sub> en el aire exterior es significativamente superior al valor promedio en la atmósfera de 420 ppm. Este puede ser el caso de zonas industriales o centros urbanos con tráfico elevado, donde puede ser habitual encontrar niveles por encima de 500 ppm.

En este caso, los límites deben incrementarse de acuerdo con la diferencia entre la concentración ambiente y el valor de 420 ppm. P.ej., si en una zona existe una concentración de 550 ppm en el aire exterior, los límites indicados de 700/800 ppm deberían incrementarse en 130 ppm, hasta 830/930 ppm.



## 06 Uso de sistemas de filtrado

En algunos casos se utilizan equipos portátiles de filtrado del aire, con capacidad de retener de manera eficaz los aerosoles, lo cual contribuye a controlar el riesgo de transmisión. En estos casos su uso no se traduce en menores concentraciones de CO<sub>2</sub> en el interior del local, por lo que, si el equipo está bien dimensionado, podrían superarse los límites de concentración aquí indicados sin aumentar el riesgo de contagio.

En cualquier caso, la concentración de CO<sub>2</sub> nunca debe superar 1000 ppm de manera habitual. Esto es debido a que, por una parte, es necesario asegurar que no se incurre en un riesgo excesivo en caso de inadecuado funcionamiento del equipo de filtrado<sup>7</sup>, y, por otro lado, es conveniente mantener la calidad del aire interior general en valores aceptables para un aula, tal como ha sido definido anteriormente (p.ej. por la OMS) dado el riesgo de exposición a otros contaminantes químicos y el impacto en el rendimiento de procesos cognitivos.

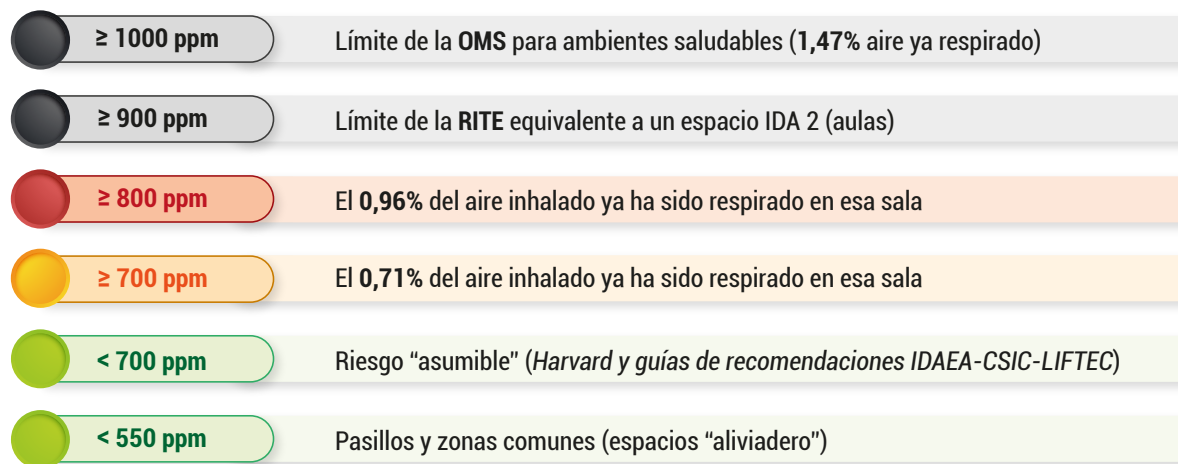
### LÍMITE DE CO<sub>2</sub> COMO INDICADOR INDIRECTO DE RIESGO DE INFECCIÓN

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

- Se evalúa mediante la **diferencia** de CO<sub>2</sub> entre **interior y exterior** ( $\Delta\text{CO}_2$ ).
- Si  $\Delta\text{CO}_2 > 0$ , ya existe **riesgo**.

#### NIVELES DE CO<sub>2</sub>

(considerando un valor exterior de 420 ppm)



 @MA\_Campano

<sup>7</sup>La eficiencia y correcto funcionamiento de un equipo de filtrado, especialmente los portátiles, es de compleja verificación con los medios normalmente disponibles (medir de forma fiable la cantidad de aerosoles requiere equipos especializados y, en cualquier caso, interpretar el resultado no resulta en absoluto trivial).



# 06 Uso de sistemas de filtrado

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

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

- Se evalúa mediante la **diferencia** de CO<sub>2</sub> entre **interior y exterior** ( $\Delta\text{CO}_2$ ).
- Si  $\Delta\text{CO}_2 > 0$ , ya existe **riesgo**.

NIVELES DE CO <sub>2</sub> (CO <sub>2,ext</sub> ≈ 420 ppm)	$\Delta\text{CO}_2$ int-ext	% del aire inhalado	Si se instala filtro HEPA	
≥ 1000 ppm	600 ppm	1,47%	<b>límite</b>	Límite de la OMS
≥ 900 ppm	500 ppm	1,21%	<b>atención</b>	Límite del RITE (IDA 2)
≥ 800 ppm	400 ppm	0,96%	<b>admisible</b>	-
≥ 700 ppm	300 ppm	0,71%	<b>adecuado</b>	-
< 700 ppm	300 ppm	0,71%	<b>adecuado</b>	Harvard/Guías IDAEA-CSIC-LIFTEC
< 550 ppm	150 ppm	0,33%	<b>adecuado</b>	Pasillos y ZZCC (espacios "aliviadero")

 @MA\_Campano



aireamos.org

