

# Estudio de Ventilación en las Aulas como estrategia de prevención del SARS-CoV-2



*Actualizado a 30 de Enero de 2021*

## INDICE

<b>INDICE.....</b>	<b>2</b>
<b>I.- 1ª PARTE.- ¿Por qué medir la Concentración de CO<sub>2</sub>? OBJETIVO DEL ESTUDIO.....</b>	<b>3</b>
1.- INTRODUCCIÓN .....	3
2.- ¿POR QUÉ ESTUDIAR LA CONCENTRACIÓN DE CO <sub>2</sub> ? .....	3
3.- EL EQUILIBRIO ENTRE LA VENTILACIÓN Y EL CONFORT TÉRMICO EN UN AULA. ....	5
4.- ¿QUÉ ENTENDEMOS POR UNA BUENA VENTILACIÓN EN EL AULA?.....	6
5.- OBJETIVO DE VENTILACIÓN QUE NOS MARCAMOS COMO CENTRO DURANTE LA PANDEMIA. ....	7
6.- RELACIÓN ENTRE LA VENTILACIÓN Y LA CONCENTRACIÓN DE CO <sub>2</sub> .....	8
7.- PASOS A SEGUIR PARA CONTROLAR EL NIVEL DE CO <sub>2</sub> EN EL AULA. ....	12
<b>II - 2ª PARTE: ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN LAS AULAS DEL CENTRO.....</b>	<b>13</b>
II-A) FORMA DE TOMAR LAS MEDIDAS.....	13
II-B) POSIBLES COMBINACIONES DE VENTILACIÓN NATURAL EN LAS AULAS.....	14
<b>III.- 3ª PARTE: RESULTADOS DE LA PRIMERA FASE DEL ESTUDIO (FASE 1).....</b>	<b>16</b>
III-A) MEDICIONES REALIZADAS EN LA PRIMERA FASE. CLASES, ZONAS COMUNES Y PASILLOS.....	16
III-B) CONCLUSIONES E HIPÓTESIS INICIALES AL CONCLUIR LA PRIMERA FASE. ....	24
<b>IV.- 4ª PARTE: RESULTADOS DE LA SEGUNDA FASE DEL ESTUDIO (FASE 2) .....</b>	<b>26</b>
IV-A) MEDICIONES REALIZADAS EN LA SEGUNDA FASE DEL ESTUDIO.....	28
IV- B) CONCLUSIONES FINALES DEL ESTUDIO DESPUÉS DE LA SEGUNDA FASE DE MEDIDAS .....	43
<b>V.- 5ª PARTE: RESUMEN DE CONDICIONES DE VENTILACIÓN SEGÚN AULAS.....</b>	<b>45</b>
<b>VI.- 6ª PARTE: SEGUIMIENTO Y CONTINUIDAD DEL ESTUDIO.....</b>	<b>47</b>
<b>VII.- BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS. ....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO: GUÍA RÁPIDA DE VENTILACIÓN DEL INSTITUTO .....</b>	<b>49</b>

*Este estudio ha sido realizado por Pedro Salgado Astillero, profesor de Física y Química en el I.E.S. Aldonza Lorenzo, de Puebla de Almoradiel (Toledo).*

*Desde aquí agradezco la ayuda, colaboración y paciencia de todos los profesores/as del centro que han colaborado. También agradecer al centro la adquisición del medidor y a los alumnos de Física de 2ºBCN su ayuda y colaboración para hacer algunas mediciones.*

*En Puebla de Almoradiel, a 30 de Enero de 2021*

# I.- 1ª PARTE.- ¿Por qué medir la Concentración de CO<sub>2</sub>? OBJETIVO DEL ESTUDIO.

## 1.- INTRODUCCIÓN

En el presente documento, se recoge el estudio realizado en el I.E.S. Aldonza Lorenzo de Puebla de Almoradiel (Toledo), en relación con los niveles de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que hay en los distintos espacios físicos del centro, en diferentes condiciones, exteriores e interiores, con la idea última de elaborar una *guía práctica de ventilación aplicada en particular a nuestro centro*, que nos permita alcanzar los objetivos de ventilación que nos hemos propuesto como estrategia preventiva ante la pandemia de COVID-19.

Por lo tanto, todas las medidas realizadas tienen como objetivo final el establecimiento de una serie de recomendaciones fáciles a seguir tanto por alumnado como por profesorado y personal de limpieza, de cara a ofrecer un entorno más seguro frente a la posible presencia de aerosoles del virus y de lograr un equilibrio entre la ventilación y el confort térmico dentro del aula.

Si lo prefieres, puedes ver directamente la Guía resumida de ventilación del IES. Tardarás menos de 5 minutos en leerla. [Enlace a la guía rápida de ventilación \(click aquí\)](#)

## 2.- ¿POR QUÉ ESTUDIAR LA CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub>?

Cada vez tenemos más evidencia científica de que la principal vía del contagio del SARS-CoV-2 es la presencia del virus en aerosoles. Esto no quiere decir que no se pueda transmitir a través de gotículas en superficies, sino que **la vía mayoritaria de contagio** es la presencia del virus en el aire durante un determinado tiempo.

### ¿Qué es un aerosol?

De forma sencilla, podríamos definir un aerosol como una partícula de tamaño menor a 100 µm (micras). (1 micra es la millonésima parte de un metro, o dicho de otro modo un milímetro dividido en 1000 partes).

Lógicamente, cuanto más pequeño sea un aerosol, más tiempo puede estar en el aire y más persistente es su concentración. Sin embargo, las gotículas de más de 100 micras se comportan como pequeños proyectiles que caen rápidamente al suelo (la famosa distancia de 1,5-2m). Todo esto, se puede ver en la Figura 1. Hay que recordar que el SARS-CoV-2 mide 0,1 µm.

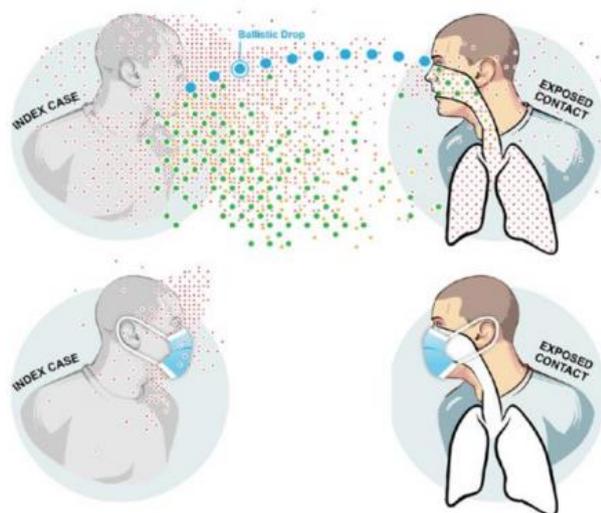


Figura 1: En azul están las gotículas balísticas (más grandes). En verde, aerosoles grandes (entre 15 y 100 µm), en rojo los aerosoles pequeños (menores de 15 µm). Observa la distancia de propagación y la acción del uso de mascarilla. Fuente: Milton

## ¿Y qué tiene que ver el CO<sub>2</sub> en todo esto?

El dióxido de carbono o CO<sub>2</sub> es una molécula mucho más pequeña que el SARS-CoV-2 (más de 300 veces más pequeña), que desprendemos en pequeña cantidad con el aire exhalado. Su pequeño tamaño hace que pueda atravesar fácilmente una mascarilla y distribuirse de forma rápida por el ambiente de una clase, siendo su concentración bastante persistente si no hay buena ventilación.

Por lo tanto, la presencia de grandes concentraciones de CO<sub>2</sub> podría resultar **un indicador indirecto** de la presencia de concentraciones serias de aerosoles en el ambiente, en este caso posibles aerosoles del virus en determinadas circunstancias (si hay un infectado en el aula).

**¿Quiere decir que si hay una gran concentración de CO<sub>2</sub> es probable que nos infectemos del virus?: NO.** Quiere decir que si por determinadas circunstancias hay alguien infectado, hay más probabilidades de que la concentración de aerosoles del virus en el ambiente sea más alta, y por lo tanto, más probabilidad de contagio para las personas que estén en dicho espacio. Sin embargo, se deben cumplir dos condiciones:

- Que haya alguien infectado (o varios) y que sus aerosoles de virus se esparzan por el ambiente. (Suponemos que para esa persona infectada no ha funcionado su barrera de seguridad de su propia mascarilla o barrera de seguridad 1)
- Que las personas que se encuentran en ese espacio no estén protegidas con una mascarilla adecuada (su barrera de seguridad 2).

A estas dos barreras de seguridad, le podemos añadir una barrera más (Barrera 0), que sería una buena ventilación (concentraciones bajas de CO<sub>2</sub>), con objeto de que si por un casual, hay aerosoles de virus en el ambiente (es decir, si se van a romper las barreras 1 y 2), la probabilidad de contagio sea menor.

Por lo tanto, con esta nueva medida o barrera preventiva **tendríamos tres barreras** o protecciones ante el contagio:

- **Barrera 0: Mantener una buena ventilación (concentraciones bajas de CO<sub>2</sub>) para que la presencia de aerosoles en el ambiente sea menor.**
- Barrera 1: Uso de la mascarilla por parte del posible emisor.
- Barrera 2: Uso adecuado de mascarilla por parte del resto de posibles receptores.

Por lo tanto, nos contagiaríamos cuando hayamos logrado romper las 3 barreras, suponiendo entonces la barrera del CO<sub>2</sub>, una seguridad “extra”.

Este modelo de barreras de seguridad (**modelo del queso suizo o de Reason**) se usa mucho en aviación y en procesos potencialmente peligrosos, donde no nos podemos permitir fallos y poner barreras de seguridad extra aumenta drásticamente la seguridad del proceso global. (Ver Figura 2).

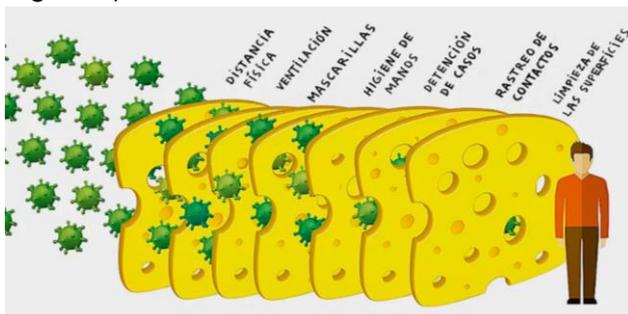


Figura 2: Modelo del Queso Suizo de Gestión de Riesgos. Fíjate que para que ocurra un accidente o un riesgo se transforme en daño, se deben traspasar todas las barreras de seguridad. Está claro que cuantas más barreras pongamos, mejor. Fíjate también que **un buen proceso de seguridad hace que los posibles fallos de la primera loncha choquen con otra posterior**. De esta forma obtenemos un proceso seguro.

### ¿Tiene sentido añadir una barrera 0 midiendo el CO<sub>2</sub> en un aula?

**Sí.** Tiene mucho sentido. Hay que pensar que como se ha demostrado en algunos estudios, muchos de los jóvenes son asintomáticos y por otro lado, el uso de la mascarilla que hacen es deficiente. (Pensemos en mascarillas deterioradas que llevan los alumnos o bien usadas muchas más horas que las 4 recomendadas, por ejemplo, para una mascarilla quirúrgica. Claramente, no podemos confiar todo el proceso en la barrera de las mascarillas.

### 3.- EL EQUILIBRIO ENTRE LA VENTILACIÓN Y EL CONFORT TÉRMICO EN UN AULA.

Como hemos visto anteriormente, y como se ha demostrado ya en muchos estudios científicos y análisis de casos (Ver 7) , la mayoría de contagios se producen en sitios cerrados, especialmente en el entorno familiar y social. Está claro por tanto que en el exterior o en sitios bien ventilados, el riesgo de contagio del virus es muy bajo.

Sin embargo, la mayoría de nuestra actividad docente se hace en interiores, con lo cual se hace necesaria una buena ventilación de cara a disminuir la probabilidad de contagio en caso de presencia de aerosoles con el virus SARS-CoV-2.

El dilema está entre establecer un equilibrio entre una buena ventilación natural en el aula (por ejemplo, puertas y ventanas abiertas de par en par todo el día) y que en el aula haya un confort térmico óptimo, de forma que no haya corrientes de aire molestas y baje mucho la temperatura. El disconfort térmico puede ser perjudicial para el alumnado, haciendo que no esté a gusto en clase y que no mantenga un nivel de concentración adecuado.

En la figura 3 puedes observar una figura que demuestra la batalla entre estos dos factores que es necesario equilibrar para llegar a una solución aceptable y por supuesto, saludable.



Figura 3: En azul, la ventilación. En rojo, el confort térmico. En ningún caso podemos hacer que gane el confort térmico sobre la salud, pero tampoco queremos que nuestros alum@s no estén a gusto en clase. La batalla es difícil pero no podemos hacer que ninguno de los dos gane y por supuesto, en ningún caso, el boxeador rojo.

#### 4.- ¿QUÉ ENTENDEMOS POR UNA BUENA VENTILACIÓN EN EL AULA?

Existen varias formas para averiguar si un aula está bien ventilada. Para cuantificarlas, existe una unidad de medida que son los **ACH** (*Air Change per Hour*) o Cambios de aire por hora. 1 ACH significa que en 1 hora, se ha renovado el mismo volumen de aire que el que había en la habitación, con lo cual, supone que según la mezcla de aire, el 63% del aire interior ha sido reemplazado por aire exterior. Con 2 renovaciones (2 ACH) se reemplaza el 86 % y con 3 renovaciones, el 95%.

También es común expresar la ventilación en litros por persona y segundo de aire renovado.

##### ¿Cuántas renovaciones de aire (ACH) son suficientes para considerar un aula ventilada?

Depende del volumen de aire del aula, del número de ocupantes, de la actividad que estén haciendo y por supuesto, del riesgo que se quiera asumir, es decir, del número de ACH que queremos establecer como objetivo para una determinada aula.

En este sentido, hay varios criterios que se pueden tener en cuenta:

1.- **Guía de Salud de la Universidad de HARVARD** (T.H.Chan), que nos propone 5 pasos para lograr una buena ventilación en el aula (*Ver 1, 2*)

Esta Guía establece como criterio general que un aula puede estar bien ventilada cuando mantenga un **nivel superior a 5 ACH** (Fija 5-6 ACH como ideales y 4-5 ACH como nivel bueno de ventilación). Esta guía, a su vez, toma como referencia el estándar americano ASHRAE 62.1 para interiores (*Ver 3*), el cual toma como referencia un aula de 25-35 ocupantes y 100m<sup>2</sup>, muy lejos de la ocupación que tenemos en los institutos habitualmente, en el que la superficie se reduce a la mitad con prácticamente los mismos alumnos.

Sin embargo, en el mismo documento de HARVARD, son conscientes de esto, y proponen, en caso de que la densidad de ocupación del aula sea mayor, pasar de una tasa de renovación de aire de 7 litros por persona y segundo a una tasa mayor, de **14 litros por persona y segundo**, superando por tanto, las 5 ACH.

2.- **Guía de Ventilación en las aulas de CSIC-IDAEA-Mesura**, publicada recientemente y con actualización en el mes de Noviembre. (*Ver 4*)

Esta guía recoge el criterio de la guía de salud en interiores de HARVARD, tomando como referencia las 5 ACH en sus anexos, pero nos dice claramente que si queremos reducir el riesgo de contagio, debemos mantener una tasa de renovación de aire de **14 litros por persona y segundo**.

##### 3.- **Legislación actual sobre ventilación en interiores en España. Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).**

El Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio (*Ver 6*), por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, establece diferentes categorías de aire interior (IDA) que se deberán alcanzar en función del uso del edificio o local, con el fin de que las instalaciones térmicas garanticen el aporte de un caudal suficiente de aire exterior en los locales ocupados por personas (litros por persona y segundo). Para mantener un aire de buena calidad (IDA 2) se recomienda un **aporte mínimo de 12,5 litros de aire exterior por segundo y persona**. No obstante este Reglamento se fundamenta en términos de eficiencia y ahorro energético y en la situación de pandemia podrían establecerse nuevos valores al prevalecer los criterios sanitarios

Para obtener el valor de ACH (renovaciones de aire por hora) a partir de la tasa de renovación de aire por persona y segundo, usamos la siguiente expresión (Tomando por ejemplo 14 litros por persona y segundo como referencia)

$$ACH = \frac{14 \text{ litros}}{\text{persona. seg.}} \cdot \frac{3600 \text{ seg}}{\text{hora}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} \cdot \frac{1}{\text{Volumen Clase m}^3} \cdot n^{\circ} \text{ personas}$$

Por ejemplo, para un aula tipo de nuestro centro, de 150 m<sup>3</sup>, ocupada por 20 alumn@s y 1 docente:

$$\frac{14 \text{ litros}}{\text{persona. seg.}} \cdot \frac{3600 \text{ seg}}{\text{hora}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ litros}} \cdot \frac{1}{150 \text{ m}^3} \cdot 21 \text{ personas} = 7,06 \text{ ACH}$$

## 5.- OBJETIVO DE VENTILACIÓN QUE NOS MARCAMOS COMO CENTRO DURANTE LA PANDEMIA.

Como hemos visto, hay varios criterios que se pueden utilizar para saber cómo debemos ventilar un aula: En resumen, de más restrictivo a menos restrictivo:

- 1.- Tasa de renovación de 14 litros por persona y segundo (**recomendación del CSIC**)
- 2.- Tasa de Renovación de 12,5 litros por persona y segundo (Reglamento RITE)
- 3.- Entre 5-6 ACH (mínimo 5ACH), según HARVARD.

A continuación, a modo comparativo, se expone un resumen en forma de tabla, donde se muestran las diferencias que hay según el criterio de ventilación que se escoja para un aula tipo de 150m<sup>3</sup>, que es habitual en nuestro centro. Para los cálculos se ha usado la expresión anterior (*apartado 4*), la cual se ve facilitada en la hoja de cálculo EXCEL proporcionada en los anexos del documento del CSIC (*Ver 4*)

Tabla 1: Comparativa entre los posibles objetivos de ventilación que nos podemos poner en ACH, según los 3 criterios que hemos visto. En la tabla se han tomado valores para distintas aulas tipo del centro.

Aula 150m <sup>3</sup> , según ocupación de alumnado	ACH Según CSIC(14l/p.s)	ACH Según RITE(12,5l/p.s)	ACH Segun HARVARD
15 alumnos	5,4	4,8	5
20 alumnos	7,0	6,3	5
25 alumnos	8,7	7,8	5
30 alumnos(*)	5,7	5,1	5

(\*) En nuestro centro, las aulas de más de 24 alumnos tienen un volumen mayor (tomamos aquí para el cálculo un volumen útil de 275m<sup>3</sup>)

Consideramos que lo ideal sería **ACERCARNOS LO MÁXIMO POSIBLE a la recomendación de 14 litros por persona y segundo**, sobre todo teniendo en cuenta que las recomendaciones del RITE se hicieron fuera del período de pandemia y también que la guía de salud de HARVARD tiene en cuenta ocupaciones de aula bastante más bajas de las que tenemos en realidad.

## 6.- RELACIÓN ENTRE LA VENTILACIÓN Y LA CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub>

Una vez establecido el objetivo de ventilación en el centro (**acercarnos a 14 litros por persona y segundo**), necesitamos “traducir” este objetivo de ventilación a una máxima concentración de CO<sub>2</sub> que podemos permitir en un aula.

Para ello, existen varios métodos recomendados en la Guía del CSIC (Ver 4). Nosotros nos decantamos por el **método del estado estacionario**, el cual relaciona el objetivo de ventilación marcado (ACH o litros/persona y segundo) con un nivel máximo de CO<sub>2</sub> en ppm (partes por millón), conociendo la ocupación del aula y la tasa de CO<sub>2</sub> desprendido por alumn@ en un minuto.

La tasa de CO<sub>2</sub> desprendido por un alumn@ en una unidad de tiempo, depende de varios factores, como la edad, el sexo, la actividad que se esté haciendo, etc...podemos consultar valores en la siguientes tablas de las figuras 4 y 5 que se muestran en esta página y en la siguiente.

- Un valor medio para adolescentes podría ser 0,044 litros CO<sub>2</sub> por segundo, lo cual equivale a 0,264 litros por minuto exhalados. Para tomar este valor se considera que los alumnos están bastante tranquilos.
- En el caso de un docente hablando, la tasa de CO<sub>2</sub> exhalado sería de 0,0061 litros por segundo, o bien 0,3660 litros de CO<sub>2</sub> por minuto.

Es interesante tener en cuenta que todas aquellas actividades que impliquen algún desplazamiento o actividad “más movida” generarán más CO<sub>2</sub>, con lo cual la tasa podría llegar a 0,0050 o 0,0060 litros por segundo, suponiendo un aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> por encima del que habíamos calculado.

TABLE 4 CO<sub>2</sub> generation rates at 273 K and 101 kPa for ranges of ages and level of physical activity (based on mean body mass in each age group)

Age (y)	Mean body mass (kg)	BMR (MJ/day)	CO <sub>2</sub> generation rate (L/s)						
			Level of physical activity (met)						
			1.0	1.2	1.4	1.6	2.0	3.0	4.0
<b>Males</b>									
<1	8.0	1.86	0.0009	0.0011	0.0013	0.0014	0.0018	0.0027	0.0036
1 to <3	12.8	3.05	0.0015	0.0018	0.0021	0.0024	0.0030	0.0044	0.0059
3 to <6	18.8	3.90	0.0019	0.0023	0.0026	0.0030	0.0038	0.0057	0.0075
6 to <11	31.9	5.14	0.0025	0.0030	0.0035	0.0040	0.0050	0.0075	0.0100
11 to <16	57.6	7.02	0.0034	0.0041	0.0048	0.0054	0.0068	0.0102	0.0136
16 to <21	77.3	7.77	0.0037	0.0045	0.0053	0.0060	0.0075	0.0113	0.0150
21 to <30	84.9	8.24	0.0039	0.0048	0.0056	0.0064	0.0080	0.0120	0.0160
30 to <40	87.0	7.83	0.0037	0.0046	0.0053	0.0061	0.0076	0.0114	0.0152
40 to <50	90.5	8.00	0.0038	0.0046	0.0054	0.0062	0.0077	0.0116	0.0155
50 to <60	89.5	7.95	0.0038	0.0046	0.0054	0.0062	0.0077	0.0116	0.0154
60 to <70	89.5	6.84	0.0033	0.0040	0.0046	0.0053	0.0066	0.0099	0.0133
70 to <80	83.9	6.57	0.0031	0.0038	0.0045	0.0051	0.0064	0.0095	0.0127
≥80	76.1	6.19	0.0030	0.0036	0.0042	0.0048	0.0060	0.0090	0.0120
<b>Females</b>									
<1	7.7	1.75	0.0008	0.0010	0.0012	0.0014	0.0017	0.0025	0.0034
1 to <3	12.3	2.88	0.0014	0.0017	0.0020	0.0022	0.0028	0.0042	0.0056
3 to <6	18.3	3.59	0.0017	0.0021	0.0024	0.0028	0.0035	0.0052	0.0070
6 to <11	31.7	4.73	0.0023	0.0027	0.0032	0.0037	0.0046	0.0069	0.0092
11 to <16	55.9	6.03	0.0029	0.0035	0.0041	0.0047	0.0058	0.0088	0.0117
16 to <21	65.9	6.12	0.0029	0.0036	0.0042	0.0047	0.0059	0.0089	0.0119
21 to <30	71.9	6.49	0.0031	0.0038	0.0044	0.0050	0.0063	0.0094	0.0126
30 to <40	74.8	6.08	0.0029	0.0035	0.0041	0.0047	0.0059	0.0088	0.0118
40 to <50	77.1	6.16	0.0029	0.0036	0.0042	0.0048	0.0060	0.0090	0.0119
50 to <60	77.5	6.17	0.0030	0.0036	0.0042	0.0048	0.0060	0.0090	0.0120
60 to <70	76.8	5.67	0.0027	0.0033	0.0038	0.0044	0.0055	0.0082	0.0110
70 to <80	70.8	5.45	0.0026	0.0032	0.0037	0.0042	0.0053	0.0079	0.0106
≥80	64.1	5.19	0.0025	0.0030	0.0035	0.0040	0.0050	0.0075	0.0101

Figura 4: Tasa de CO<sub>2</sub> exhalado en litros por persona y segundo. Fuente: Guía CSIC-Mesura

**TABLE 3** Values of physical activity levels (M) from compendium <sup>41</sup>

Activity	M (met)	Range
Calisthenics—light effort	2.8	
Calisthenics—moderate effort	3.8	
Calisthenics—vigorous effort	8.0	
Child care		2.0 to 3.0
Cleaning, sweeping—moderate effort	3.8	
Custodial work—light	2.3	
Dancing—aerobic, general	7.3	
Dancing—general	7.8	
Health club exercise classes—general	5.0	
Kitchen activity—moderate effort	3.3	
Lying or sitting quietly		1.0 to 1.3
Sitting reading, writing, typing	1.3	
Sitting at sporting event as spectator	1.5	
Sitting tasks, light effort (e.g., office work)	1.5	
Sitting quietly in religious service	1.3	
Sleeping	0.95	
Standing quietly	1.3	
Standing tasks, light effort (e.g., store clerk, filling)	3.0	
Walking, less than 2 mph, level surface, very slow	2.0	
Walking, 2.8 mph to 3.2 mph, level surface, moderate pace	3.5	

Figura 5: Clasificación de niveles de actividad para usar en la tabla de la Figura 4. Fuente CSIC-Mesura

Para calcular la relación entre la concentración de CO<sub>2</sub> permitida en “estado estacionario” y el objetivo de ventilación fijado en ACH, usamos la siguiente fórmula:

$$C_{\text{estado estable en ppm}} = \frac{\text{Generación total de CO}_2 + \text{Caudal Aire Exterior Objetivo} * C_{\text{exterior CO}_2} * 10^{-6}}{\text{Caudal Aire exterior objetivo} * 10^{-6}}$$

Podemos ayudarnos de la hoja Excel proporcionada en el anexo del documento del CSIC (ver 4). De esta forma podemos ir sustituyendo valores y calculando la concentración en ppm que va asociada a un determinado nivel objetivo de ventilación en ACH.

En la Figura 6 de la página siguiente, se muestra una captura de pantalla de la hoja de Cálculo, aplicada con datos de nuestro centro. El enlace a la hoja de cálculo se encuentra como bibliografía al final.

Portapap...	Fuente	Alineación			Número	
A	B	C	D	E	F	G
1	Casilla para introducir valores					
2	Resultado intermedio					
3	Resultado					
4		ejemplo	ejemplo	caso	Notas	
5	Cexterior CO2 (ppm) antes	380	380	380		
6	Cexterior CO2 (ppm) después	390	390	390		
7	Cambiant CO2 (ppm)	385	385	385		
8						
9	Largo (m)	7,2	7,2	7,2		
10	Ancho (m)	7,2	7,2	7,2		
11	Alto (m)	2,9	2,9	2,9		
12	Volumen (m <sup>3</sup> )	150	150	150		
13						
14	Docentes (número)	1	1	1		
15	Generación CO2/docente (l/s)	0,0061	0,0061	0,0061	este valor se ha de consultar en la tabla adjunta	
16	Generación CO2/docente (lpm)	0,3660	0,3660	0,3660		
17	Estudiantes (número)	10	15	20		
18	Generación CO2/estudiante (l/s)	0,0044	0,0044	0,0044	este valor se ha de consultar en la tabla adjunta	
19	Generación CO2/estudiante (lpm)	0,264	0,264	0,264		
20	Generación CO2 (lpm)	3,006	4,326	5,646		
21						
22	ACH	3,7	5,4	7	5 según Guía Harvard, se puede incrementar	
23	litros por persona y segundo	14	14	14	14 según Guía Harvard, se puede incrementar	
24	ACH según lps	3,7	5,4	7,0	se puede usar este valor en la casilla ACH como criterio al	
25						
26	Caudal aire exterior objetivo (lpm)	9271	13530	17539		
27						
28	Cestado estable CO2 (ppm)	709	705	707		
29						

Figura 6: Hoja Excel para calcular concentraciones de CO<sub>2</sub> por el método del estado estacionario o estable. En este ejemplo, se ha tomado una media de 385ppm en el exterior y un aula tipo de 150 m<sup>3</sup> de 20 alumnos y un docente. El objetivo fijado es de **7,0 ACH** (según criterio CSIC de 14 l.p.s). Como se puede ver, el resultado final es que **no se debería sobrepasar un nivel de 707 ppm de CO<sub>2</sub> para dicho aula**. También se muestran ejemplos para ocupaciones menores.

Usando esta herramienta de la hoja de cálculo y llevando a ella los objetivos de ventilación que nos hemos marcado como centro (ver apartado 5). Podemos obtener una tabla final que nos relacione el número de alumnos del aula tipo, el objetivo de ventilación en ACH y la concentración de CO<sub>2</sub> en ppm(partes por millón) permitida para poder cumplir dicho objetivo.

Por lo tanto, para la tabla se han tomado para todos los supuestos, una tasa de renovación de aire de 14 litros por persona y minuto.

Tabla 2: En la tabla, se muestra la relación entre el objetivo de ventilación en ACH que nos marcamos como centro (14 lps. en negrita en la Tabla 1) y la concentración de CO<sub>2</sub> permitida en ppm para poder lograr dicho objetivo. Para todos los cálculos se ha tomado aula tipo de 150 m<sup>3</sup>

Aula 150m <sup>3</sup> , según ocupación de alumnado	ACH Según CSIC(14l/p.s) Objetivo Marcado	Concentración CO <sub>2</sub> en ppm permitida
10 alumn@s	<b>3,7</b>	<b>709</b>
15 alumnos	<b>5,4</b>	<b>705</b>
20 alumnos	<b>7,0</b>	<b>707</b>
25 alumn@s	<b>8,7</b>	<b>705</b>

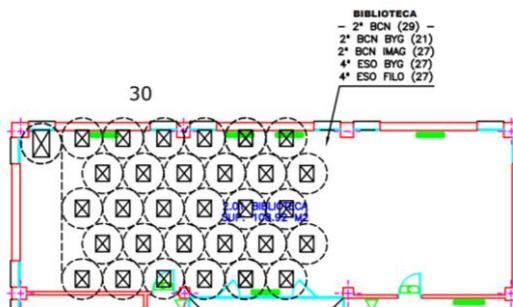
Como se ve en la Tabla 2, a medida que va aumentando la ocupación en el aula, aumentan las exigencias de ventilación, pero sin embargo, el indicador de **la concentración de CO<sub>2</sub> en estado estable se mantiene alrededor de las 700 ppm**. Quiere esto decir, que **si mantenemos un aula por debajo de esta concentración, estamos logrando el objetivo de ventilación previsto.**

**Anotaciones relacionadas con el volumen útil de aire de las aulas:**

Para estas tablas tipo, se ha tomado un aula de 150m<sup>3</sup>, habitual en nuestro centro, pero también existen aulas de 170 m<sup>3</sup>.

Debido al protocolo COVID de separación entre alumn@s, existen unas pocas aulas digamos “especiales”, donde el número de ocupantes es mayor de 25, las cuales tienen mayor superficie y por lo tanto, mayor volumen. En estas aulas el volumen puede llegar a superar los 300m<sup>3</sup>, sin embargo, los alumnos suelen estar ocupando sólo una parte del aula, con lo cual el volumen útil de aire puede resultar engañoso, ya que puede haber mucha diferencia entre la parte donde se encuentran los alumnos y la parte libre.

Figura 7 y Tabla 3: Aulas “especiales” del centro. Hay que tener en cuenta que sería engañoso tomar el volumen real del aula debido a la desigual ocupación de la misma, como se ve en la figura



Aula “Especial Ocupación”	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )
Biblioteca	108	313
Taller Tecnología	122	350
Aula Dibujo (2ªplanta)	91	263

Por lo tanto, como resumen de este apartado 6, podemos decir, de forma razonada, que nuestra idea sería **establecer un objetivo de una máxima concentración de CO<sub>2</sub> que se acerque a 700ppm**, estableciendo un margen de error superior de +50ppm de seguridad, con el fin de lograr el objetivo de ventilación propuesto.

**Concentración máxima de CO<sub>2</sub> OBJETIVO GENERAL DE CENTRO : 700 ppm (+50ppm)**

## 7.- PASOS A SEGUIR PARA CONTROLAR EL NIVEL DE CO<sub>2</sub> EN EL AULA.

Debemos partir de la base de que el CO<sub>2</sub> es un indicador indirecto de la presencia de aerosoles en el aula, y por lo tanto de su posible “peligrosidad” ante la posible presencia del virus. Sin embargo, resulta inviable colocar un medidor de CO<sub>2</sub> por cada una de las aulas del centro.

La forma más operativa de trabajar con los recursos de los que disponemos es la siguiente:

- Adquirir un buen medidor de CO<sub>2</sub> con **tecnología NDIR (Infrarrojo no dispersivo)** y posibilidad de descargar datos en un PC.
- Realizar un estudio exhaustivo de medidas en el centro, en dos fases** y en diferentes aulas tipo, con distintas ocupaciones, situaciones y climatología y averiguar las condiciones de ventilación natural del aula que son compatibles con el objetivo marcado de un **máximo de 700ppm** de CO<sub>2</sub>, siempre teniendo en cuenta que la ventilación natural es suficiente para llegar al objetivo marcado.
- Elaborar una **guía de ventilación**, en base a apertura de puerta y ventanas, con varias posibilidades de ventilación, para que indirectamente, observando la ventilación en el aula y las condiciones, podamos asegurarnos de que no estamos sobrepasando las 700ppm, sin necesidad de tener el medidor delante, usando los datos del estudio realizado.
- Realizar un folleto o **guía rápida de ventilación**, con objeto de educar e implicar al alumnado, profesorado, conserjes y personal de limpieza sobre la estrategia de ventilación para llegar al objetivo.
- Usar el medidor para comprobar situaciones especiales e ir actualizando la guía según se vayan produciendo nuevos cambios y vayamos ampliando conocimientos.

### Medidor de CO<sub>2</sub> y accesorios adquiridos por el IES Aldonza Lorenzo.

#### Medidor Modelo AZ7755

##### Características básicas.

- Tecnología de Infrarrojos no dispersiva (NDIR)**
- Medida de Temperatura y Humedad Relativa.
- Resolución 1ppm. Exactitud (+/- 50ppm en rango 0-2000ppm).
- Certificado de calibración en fábrica.
- Promedio de datos TWA y STEL (8h y cada 15 min).
- Salida de datos al PC cada 2s. Conexión RS232 /USB



Figura 8: Medidor AZ7755 de CO<sub>2</sub> usado en los ensayos.

## II - 2ª PARTE: ESTUDIO DE LA CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub> EN LAS AULAS DEL CENTRO.

El estudio se ha realizado en dos fases:

### 1ª Fase:

Se tomaron medidas en diferentes aulas, con diferentes ocupaciones y situaciones, cambiando condiciones de ventilación (apertura de puerta y ventanas de diferentes formas).

Estos fueron los objetivos de la primera fase:

- Averiguar si la ventilación natural producida por apertura de puertas y ventanas y la ayuda del pasillo eran suficientes para llegar al objetivo propuesto o sin embargo, era necesario contar con ventilación forzada externa.
- En caso de que la ventilación natural fuera suficiente, sacar algunas ideas o conclusiones primitivas (las podríamos llamar hipótesis iniciales) sobre los factores que influyen de forma más importante en lograr el objetivo de ventilación de centro (no superar las 700ppm), manteniendo el confort térmico adecuado, especialmente en los días fríos.

### 2ª Fase:

Una vez establecido el tipo de ventilación que necesitamos para lograr el objetivo de centro de no superar las 700ppm de concentración de CO<sub>2</sub> máxima, tendríamos que comprobar si son correctas las hipótesis iniciales que habíamos propuesto en la primera fase.

Para ello, se tomaron medidas en aulas tipo, controlando las variables detectadas como fundamentales en la primera fase, tomando datos a lo largo del tiempo y comprobando si las estrategias de ventilación que habíamos propuesto en las hipótesis iniciales eran suficientes.

No olvidemos que el objetivo del estudio es mantener un equilibrio entre un nivel de seguridad óptimo (**No superar las 700ppm de CO<sub>2</sub>**) y al mismo tiempo, tener también un confort térmico adecuado en el aula.

Escogiendo aulas tipo con más ocupación, podemos extrapolar muchos resultados y conclusiones al resto de aulas de menor ocupación, de cara a elaborar la Guía Rápida de Ventilación del Centro.

### II-A) FORMA DE TOMAR LAS MEDIDAS.

Para conocer la concentración de dióxido de carbono, se ha colocado el medidor a una altura aproximada de 1m, que es la que podría tener un alumn@ sentado en una mesa de un aula. Se puede ver en la Figura(s) 9 la forma de tomar las muestras.

El medidor se ha colocado de forma general en el centro de la clase, si bien en algunas clases, se ha buscado también rincones y lugares donde podíamos suponer que la concentración era más alta, con objeto de ponernos en la peor situación posible, pensando en una máxima concentración a controlar.

Cada día de medición se han anotado las condiciones meteorológicas externas, para lo cual se ha consultado la página de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (*Ver9*)

- Temperatura mínima y máxima.
- Viento (Km/h), dirección del viento e intensidad de las Rachas.
- Presencia/Ausencia de Sol, nubes y niebla.

Figuras 9: Colocación del medidor en la clase a una altura de 1m aproximadamente.



Se intenta colocar el medidor en una zona que esté al menos separada 1,5m de los alumnos, pero en medio de la clase, tal y como se muestra en estas figuras.



## II-B) POSIBLES COMBINACIONES DE VENTILACIÓN NATURAL EN LAS AULAS.

Básicamente, se puede jugar con la combinación entre la puerta y las distintas ventanas que hay en el aula. Como sabemos, la ventilación más efectiva es la cruzada, con puerta y ventanas en diagonal.

Las aulas tienen habitualmente una puerta que da al gran pasillo central y varias ventanas (Habitualmente 4), en la fachada que da al exterior. Se puede combinar la puerta abierta o cerrada con la apertura de las ventanas en mayor o menor medida. Se han establecido las siguientes posibilidades de apertura de una ventana, tal y como se ilustra en la Figura 10:

- Ventana Abierta completamente.
- Ventana abierta 1 palmo (20-25cm aproximadamente)
- Ventana abierta 4 dedos (10 cm aproximadamente)
- Apertura especial para días de viento exclusivamente (sólo usar en una ventana)

*Figura 10: Distintas aperturas de la ventana*



*Apertura de la ventana 4 dedos (10cm aprox.)*



*Apertura de ventana 20cm (1 palmo aprox.)*



*Apertura especial para días de viento. El aire entra por la parte de abajo 1cm y las rendijas. Sólo sería válida para días especiales donde veamos que hay mucho viento y corrientes de aire. Deberíamos usarla en las ventanas por donde entre más aire, pero no en todas.*



*Cartón protector para las ventanas traseras que coincidan con el puesto de un alumno. El aire sigue entrando por arriba con espacio suficiente y en días muy fríos o con mal tiempo, puede ser interesante.*

### III.- 3ª PARTE: RESULTADOS DE LA PRIMERA FASE DEL ESTUDIO (FASE 1)

El objetivo de esta primera fase, como hemos dicho, es diverso: Por un lado, familiarizarse con el uso del medidor y por otro, observar cómo puede influir la mayor o menor ventilación en determinadas aulas tipo, con objeto de sacar conclusiones e hipótesis iniciales y comprobarlas en la segunda fase.

Hay que recordar que el objetivo de este estudio es establecer el mejor equilibrio posible entre una ventilación óptima (la fijada como objetivo del centro) y un confort térmico adecuado.

Las medidas fueron realizadas entre los días 15 y 21 de Diciembre de 2020, completándose con algunas medidas adicionales durante los primeros días de clase de Enero de 2021.

Los resultados se exponen a continuación en tablas numeradas, comenzando por las medidas realizadas en aulas y terminando por las medidas realizadas en zonas comunes. Al final de cada tabla hay una fila donde se hace una reflexión de lo que puede aportar dicha tabla de medidas al estudio general.

#### III-A) MEDICIONES REALIZADAS EN LA PRIMERA FASE. CLASES, ZONAS COMUNES Y PASILLOS

Tabla II-1

DÍA: 15 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: 2º ESO B (2ª hora)</b>	9:39	560	Buena ventilación: Puerta abierta y ventana 1 palmo.	
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>170</b>	9:40	570	Todo cerrado	Cerramos puerta y ventanas
Nº Alumnos: <b>16</b> Nº Profesores: <b>1</b>	9:46	730		
Objetivo Ventilación: <b>5 ACH (710 ppm)</b>	9: 47	763		
Observaciones: Partimos de un buen nivel base de 560 ppm alumnos callados.	9:49	800		En 10 min sube la concentración a 800 ppm
	9:52	833		
	9:58	998		
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min.(°C): 7 Temp. max.(°C): 12 <b>Viento:</b> 0-8 Km/h Oeste. Calmado. <b>Rachas:</b> 5-20 Km/h <b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves.	10:00	1022		En 20 minutos superamos las 1000ppm, partiendo de buena ventilación.
	10:01	1050		
	10:03	908	Abrimos puerta y 2 ventanas 1 palmo.	
	10:05	733		
	10:06	700		En 5 min baja la concentración a 700ppm.
	10:09	612		
<b>Valoraciones y conclusiones:</b> Se puede observar que <b>la puerta parece que tiene más influencia</b> que las ventanas a la hora de establecer una buena estrategia de ventilación.				

Tabla II-2

DÍA: 15 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: 2º BACH.CCSS</b> <b>(4ª hora)</b>	12:30	800	Se mantiene todo cerrado cuando se llega a clase.	
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>263(*)</b> <b>(*)Distribución no uniforme</b>	12:40	1100	En 5 -10 minutos la concentración sube por encima de las 1100 ppm. Se interrumpe el ensayo, pero podría seguir subiendo.	
Nº Alumnos: <b>16</b> Nº Profesores: <b>1</b>				
Objetivo Ventilación: <b>5 ACH(*) (701 ppm)</b>	Este ensayo se hizo para comprobar que con puerta y ventanas cerradas, rápidamente, en menos de 10 minutos puede subir rápidamente la concentración de CO2			
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 7°C; Temp. max.12°C. <b>Viento:</b> 0-8 Km/h Oeste. Calmado. <b>Rachas:</b> 5-20 Km/h <b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves				
<b>Valoraciones y conclusiones:</b> Como vemos otra vez, la puerta cerrada parece ser que no es una buena opción.				

Tabla II-3

DÍA: 16 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: PMAR I</b> <b>(1ª hora)</b>	8:30	470		Ventilación buena 1ªhora.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>140</b>			Se cierran puertas y ventanas	
Nº Alumnos: <b>7</b> Nº Profesores: <b>1</b>	8:58	676		Sigue cerrado todo.
	9:10	750	Sigue cerrado	En 40 minutos de clase superamos 750 ppm.
Objetivo Ventilación: <b>3,2 ACH (717ppm)</b>	9:10	750	Se abre puerta y ventana trasera 1 palmo	Comienza ventilación.
	9:20	560		En 10 minutos bajamos mucho la concentración.
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 5°C; Temp. max.13°C. <b>Viento:</b> 5-13 Km/h SE-S.. <b>Rachas:</b> 25 Km/h <b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves				
<b>Valoraciones y Conclusiones:</b> Con pocos alumnos, tampoco es una buena opción la puerta cerrada, ya que aunque tenemos más margen de maniobra, superamos las 700ppm. Eso sí, en algo más de tiempo. Otra conclusión es que en 10 minutos, se puede hacer una buena ventilación.				

Tabla II-4

DÍA: 16 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: 1º BCN</b> <b>(2ª hora)</b>	9:20		Se mantiene puerta abierta y ventanas cerradas.	<b>En el pasillo exterior hay una concentración 540 ppm.</b> El medidor se coloca en una mesa en el centro de la clase.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>155</b>	9:57	710	En poco más de 30 minutos la concentración sube. Es posible que siguiera subiendo aún más si siguen condiciones anteriores. En este momento, se abren ventanas. Dos ventanas en total: 1 delante y una detrás 1 palmo cada una de ellas.	
Nº Alumnos: <b>21</b> Nº Profesores: <b>1</b>	10:15	625	Siguen ventanas 2, 1 palmo.	Concentración estable. Toca el timbre.
Objetivo Ventilación:				

<b>7,2 ACH (704 ppm)</b>				
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 5°C; Temp. max.13°C. <b>Viento:</b> 5-13 Km/h SE-S.. <b>Rachas:</b> 25 Km/h <b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves				
<b>Valoraciones y Conclusiones:</b> Con la puerta abierta y ventanas cerradas tampoco es una opción, ya que aunque es más importante que las ventanas, va subiendo poco a poco la concentración, eso sí, más despacio. Hay que abrir, aunque sea un poquito, las ventanas.				

Tabla II-5

DÍA: 16 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: PMAR I</b> <b>(Física 3ª y 4ª hora)</b>	10:20	>750	Con ventanas y puertas cerradas	Poco a poco sube la concentración hasta superar las 750 ppm.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>140</b>	11:10		En el recreo se deja todo cerrado para ver como responde la clase sin alumnos	
Nº Alumnos: <b>6</b> Nº Profesores: <b>1</b>	11:40	>700	Sigue cerrado todo	A pesar del recreo, si no abrimos ventanas y puerta, la concentración no baja mucho.
Objetivo Ventilación: <b>2,5 ACH (717 ppm)</b>	11:50	<650	Se abre la puerta y un poco(dos palmos) una ventana	Rápidamente la concentración baja por debajo de 650ppm.
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 5°C; Temp. max.13°C. <b>Viento:</b> 5-13 Km/h SE-S.. <b>Rachas:</b> 25 Km/h <b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves				
<b>Valoraciones y Conclusiones:</b> En este ensayo se puede ver que en recreo, es recomendable dejar la puerta abierta, ya que si no lo hacemos así, la clase mantiene durante mucho tiempo la concentración de CO2				

Tabla II-6

DÍA: 17 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: BIBLIOTECA</b> <b>2ºBCN (6ª hora)</b>	2ª y 3ª hora(hasta recreo)	930	Solamente la puerta abierta.	Se ha mantenido bastante constante en estas cifras
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>313(*)</b> <b>(*)Aula especial ocupación no uniforme</b>	11:10	753	Puerta abierta más dos ventanas 1 palmo cada una de ellas.	Se sale al recreo y se comienza una buena ventilación con todo abierto
Nº Alumnos: <b>21</b> Nº Profesores: <b>1</b>	11:45	480	A la vuelta del recreo con todo ventilado	
Objetivo Ventilación: <b>7,2 ACH (704 ppm)</b>	12:00	643	Puerta abierta. Dos ventanas de delante y dos detrás un palmo cada una de ellas.	En 15 min sube la concentración.
	12:15	561	Puerta abierta. Dos ventanas de delante abiertas del todo y dos detrás un palmo cada una de ellas.	
	12:35	650	Una ventana delantera abierta del todo y dos de detrás un palmo. La puerta sigue abierta	Hay un alboroto en clase debido a la caída de una estantería. La concentración de CO2 sube.
	13:30	517	Se hace una buena ventilación.	
	13:50	661	La puerta abierta. Una ventana de delante y tres de atrás un palmo cada una de ellas.	
	14:05	680	Se continúa la ventilación anterior	
	14:15	590	Se continúa ventilación	En este último periodo de clase,

			anterior	los alumnos están más callados sin levantarse.
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 6°C; Temp. max.13°C. <b>Viento:</b> 4-7 Km/h SE-S.. <b>Rachas:</b> 12 Km/h				
<b>Observaciones:</b> Soleado. Día de calma con temperaturas relativamente suaves				
<b>Valoraciones y conclusiones:</b> En este ensayo se ve que no es bueno dejar que suba mucho la concentración, ya que tardamos más tiempo en ventilar a no ser que hagamos ventilación completa, como en el recreo. Es mejor mantener un nivel que hacer picos .				

Tabla II-7

DÍA: 18 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: 3º ESO B</b> (2ª hora)	10:00	1400	Al entrar, la puerta de la clase estaba cerrada y una ventana trasera abierta.	Los alumnos estaban haciendo un examen. El nivel de CO2 continúa subiendo.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>142</b>	10:15	2106	Sigue puerta cerrada y ventana abierta.	Termina el examen y toca el timbre para cambio de clase.
Nº Alumnos: <b>20</b> Nº Profesores: <b>1</b>	Este ensayo nos muestra que en una clase con la puerta cerrada, la concentración de CO2 puede ir subiendo progresivamente hasta superar las 2000 ppm, aun estando una ventana abierta. También puede influir los nervios o la tensión que pueden tener los alumnos al realizar un examen y exhalar más CO2.			
Objetivo Ventilación: <b>7,4 ACH (707 ppm)</b>				
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 3°C; Temp. max.11°C. <b>Viento:</b> 4-7 Km/h SE. Calmado. <b>Rachas:</b> 12Km/h				
<b>Observaciones:</b> Niebla a primeras horas. Temperaturas exteriores bajas hasta el recreo.				
<b>Valoraciones y Conclusiones:</b> En ningún caso podemos dejar la puerta cerrada durante mucho tiempo, ya que subiría muchísimo la concentración. Hay que tener esto en cuenta en los exámenes. Puede que un examen aumente el nivel de CO2 con respecto a una clase ordinaria.				

Tabla II-8

DÍA: 18 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: 1º BCN</b> (4ª hora)	12:00	600	Ventana trasera y delantera abiertas ambas 1 palmo. La puerta permanece abierta.	La ventilación se mantiene toda la hora.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>155</b>	12:10	650	Mantenemos ventilación anterior.	La concentración de CO2 se mantiene en estos niveles.
Nº Alumnos: <b>21</b> Nº Profesores: <b>1</b>	12:35	775	Puerta abierta y ventanas delantera y trasera 1 palmo.	En los últimos 10 min. Los alumnos se han levantado a decorar la puerta y se han movido más.
Objetivo Ventilación: <b>7,2 ACH (704 ppm)</b>				
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 3°C; Temp. max.11°C. <b>Viento:</b> 4-7 Km/h SE. Calmado. <b>Rachas:</b> 12Km/h				
<b>Observaciones:</b> Niebla a primeras horas. Temperaturas exteriores bajas hasta el recreo.				
<b>Valoraciones y conclusiones:</b> Una clase como ésta, puede alcanzar un nivel estable siempre y cuando se mantenga la ventilación. Hay que fijarse que el día está muy calmado y cuando no hay aire, necesitamos una apertura mayor de ventanas.				

Tabla II-9

DÍA: 18 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: 2º BACH.CCSS (5ª hora)</b>	12:35	1400	Se deja la puerta abierta y dos ventanas (profesor y trasera) abiertas un palmo	Cuando llegamos a la clase hay 1400ppm. Los alumnos van a hacer un examen.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>263(*)</b> <b>(*)Distribución no uniforme</b>	12:40	1257	Mantenemos ventilación	
Nº Alumnos: <b>27</b> Nº Profesores: <b>1</b>	12:50	921	Mantenemos ventilación	
Objetivo Ventilación: <b>5 ACH(*) (701 ppm)</b>	13:00	723	Sigue ventilación	
	13:05	705	Puerta abierta y ventanas abiertas(ambas) 4 dedos en vez de un palmo	Se reduce la ventilación hasta 4 dedos por ventana (10cm) para ver si se estabiliza la concentración.
	13:10	668	Mantenemos ventilación anterior.	
	13:20	655	Fin del ensayo. Se ha mantenido constante la última ventilación.	
	Este ensayo vuelve a demostrar la importancia de la puerta sobre las ventanas. Durante el ensayo, la concentración de CO2 en el pasillo superior medida era de 570 ppm.			
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 3°C; Temp. max.11°C. <b>Viento:</b> 4-7 Km/h SE. Calmado. <b>Rachas:</b> 12Km/h <b>Observaciones:</b> Niebla a primeras horas. Temperaturas exteriores bajas hasta el recreo.				
<b>Valoraciones y conclusiones:</b> En este ensayo, vemos otra vez la importancia de dejar la puerta abierta, ya que los alumnos partían de una clase en la que estaba cerrada previamente. La clase puede tener un nivel estable solamente con 4 dedos en vez de 1 palmo.				

Tabla II-10

DÍA: 21 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: 1ºBCN (3ª hora)</b>	10:35		Puerta cerrada y tres ventanas abiertas de forma completa. Dos detrás y una delante(profesor)	Los alumnos comienzan un examen durante toda la hora y el recreo.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>155</b>	10:40	806	Siguen las condiciones anteriores	
Nº Alumnos: <b>21</b> Nº Profesores: <b>1</b>	10:50	732	Siguen las 3 ventanas abiertas enteras.	
Objetivo Ventilación: <b>7,2 ACH(704 ppm)</b>	10:53	703	Se cierra la ventana delantera, se mantienen dos ventanas abiertas de forma completa.	
Observaciones: Se hace una toma exhaustiva de datos con el tiempo para observar la rapidez en los cambios.	11:00	740		
	11:02		Se deja sólo la ventana trasera abierta. La puerta sigue cerrada desde el principio.	Recordamos sigue puerta cerrada.
	11:04	793		
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min.(°C): 4 Temp. max.(°C): 11	11:08	875		Seguimos con sólo una ventana.
	11:10	955		
	11:12	1000	La directora abre la puerta un	

<b>Viento:</b> 2-7 Km/h SE combinado SO y O. Calmado. <b>Rachas:</b> 12 Km/h <b>Observaciones:</b> Día de niebla cerrada. Viento calmado			minuto para decir algo a los alumnos. Sigue todo como antes.	
	11:14	988		
	11:17	1030		Vuelve a empezar a subir la concentración.
	11:20	1104		Salen algunos alumnos que han acabado el examen.
	11:23	1133	<b>Abrimos puerta y dejamos abierta sólo la ventana del profesor 4 dedos.</b>	
	11:27	1057	Seguimos 4 dedos ventana profesor y puerta abierta.	
	11:30	849		
	11:32	770		
	11:33		<b>Se cierra puerta. Dos ventanas delante y detrás abiertas 4 dedos.</b>	Muchos alumnos han salido ya de clase al acabar el examen quedan menos de 8.
	11:37	801		
	11:40	853		
	11:43	900	Fin del ensayo.	Sólo quedan en clase 4 personas.
	Los datos de este ensayo se pasan a una gráfica para que sea más visible el efecto de la ventilación con el tiempo. Se vuelve a demostrar la importancia de la puerta en la ventilación.			
<b>Valoraciones y conclusiones:</b> En este ensayo, que se ha graficado posteriormente (ver gráfica en el apartado siguiente), se vuelve a ver de nuevo la importancia de tener la puerta abierta para una buena ventilación. El efecto es muy llamativo.				

Tabla II-11

DÍA: 21 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: APOYO GOYI (6ª hora)</b>	13:30		La puerta y las ventanas estaban cerradas al llegar a clase.	Es un aula de apoyo de muy poca ocupación (unas 6 personas). Hoy faltan algunos alumnos a clase.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>56</b>				
Nº Alumnos: <b>2</b> Nº Profesores: <b>1</b>	13:35	1240	En este momento, abrimos la puerta solamente.	La ventana sigue cerrada
Objetivo Ventilación: <b>2,7 ACH (735 ppm)</b>	13:45	530		Sólo con la puerta, el aula se ventila casi completamente en 10 min.
			Entornamos la puerta y la dejamos abierta sólo 4 dedos, al igual que una ventana.	
	13:59	595		La concentración puede estabilizarse por debajo de 600ppm entornando la puerta.
En este ensayo se vuelve a demostrar la importancia de la puerta en la ventilación. También, con poca ocupación, se puede entornar un poco la puerta.				
<b>DATOS AEMET:</b> Temp. min.(°C): 4.Temp. max.(°C): 11. <b>Viento:</b> 2-7 Km/h SE combinado SO y O. Calmado. <b>Rachas:</b> 12 Km/h. <b>Observaciones:</b> Día de niebla cerrada. Viento calmado				
<b>Valoraciones y conclusiones:</b> En clases con pocos alumnos hay más margen de maniobra, pero sigue siendo fundamental la puerta sobre las ventanas. En estas clases, podríamos jugar con entornar incluso la puerta.				

Tabla II-12

DÍA: 21 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>CLASE: 1ºBACH.CCSS</b> (6ª hora)	14:05	1520	La puerta y las ventanas estaban cerradas al llegar a clase.	Es un aula de especial ocupación. Los alumnos están acumulados delante, con su distancia.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>350 (*)</b> Ocupación no uniforme.	14:07	1568	En este momento, abrimos la puerta solamente, pero la entornamos.	Los alumnos están bastante dispersos en la clase y poco concentrados. Hay algo de jaleo.
Nº Alumnos: <b>29</b> Nº Profesores: <b>1</b>				
Objetivo Ventilación: <b>4,3 ACH (704 ppm)</b> Ojo, datos engañosos por el volumen tan grande	14:17	1430		La concentración ha bajado algo, pero no mucho.
La ocupación de esta clase es muy alta y depende mucho de dónde se coloque el medidor para obtener una medida u otra. Las aulas grandes se ventilan peor que las pequeñas.				
<b>DATOS AEMET:</b> Temp. min.(°C): 4.Temp. max.(°C): 11. <b>Viento:</b> 2-7 Km/h SE combinado SO y O. Calmado. <b>Rachas:</b> 12 Km/h. <b>Observaciones:</b> Día de niebla cerrada. Viento calmado				
<b>Valoraciones y conclusiones:</b> no se pueden sacar muchas conclusiones de esta tabla, ya que los datos no corresponden con lo que debería tener este aula con la puerta abierta. Hay que medir con detalle este aula en la fase 2. En todo caso, la puerta cerrada no es una opción para esta clase.				

Tabla II-13

DÍA: 15 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>ZONA COMÚN</b> <b>Sala Profesores</b>	10:50	584	Buena ventilación: Puerta abierta 1 ventana abierta y otra 1 palmo.	
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>150</b> Ocupación: <b>4 personas</b>	11:00	575		Se mantiene
<b>DATOS AEMET:</b> Temp. min.(°C): 7 Temp. max.(°C): 12 <b>Viento:</b> 0-8 Km/h Oeste. Calmado. <b>Rachas:</b> 5-20 Km/h <b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves				

i

Tabla II-14

DÍA: 15 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>ZONA COMÚN</b> <b>Conserjería</b>	10:45	430	Se mantiene siempre la puerta abierta. Hasta las 9:00 se abren también ventanas. Luego se cierran.	Hay que tener en cuenta que las puertas principales del centro están abiertas.
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>98</b> Ocupación: <b>3 personas</b>	11:05	455		Se mantiene
<b>DATOS AEMET:</b> Temp. min.(°C): 7 Temp. max.(°C): 12 <b>Viento:</b> 0-8 Km/h Oeste. Calmado. <b>Rachas:</b> 5-20 Km/h <b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves				

Tabla II-15

DÍA: 15 DIC. 2020	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>ZONA DESPACHOS</b> <b>Secretaría</b>	11:15	800	La puerta está siempre cerrada. Ventana también cerrada. Ventanilla abierta.	Se les dice que abran la ventana izda. 1 palmo
Volumen (m <sup>3</sup> ): <b>55</b> Ocupación: <b>2 personas</b>	11:40	460		Después del recreo baja espectacularmente
<b>DATOS AEMET:</b> Temp. min.(°C): 7 Temp. max.(°C): 12 <b>Viento:</b> 0-8 Km/h Oeste. Calmado. <b>Rachas:</b> 5-20 Km/h <b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves				

Tabla II-16

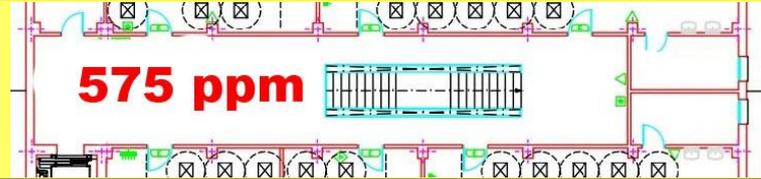
<b>DÍA: 18 DIC. 2020</b>	<b>Mediciones en zonas de Pasillo</b>	
<b>ZONA PASILLOS</b> <b>Pasillo 2ª Planta</b>		
<b>Hora: 9:30</b>		
<b>Observaciones:</b> Las ventanas del pasillo de la primera planta estaban cerradas		
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 3°C; Temp. max.11°C. <b>Viento:</b> 4-7 Km/h SE. Calmado. <b>Rachas:</b> 12Km/h		
<b>Observaciones:</b> Niebla a primeras horas. Temperaturas exteriores bajas hasta el recreo.		

Tabla II-17

<b>DÍA: 16 DIC. 2020</b>	<b>Mediciones en zonas de Pasillo</b>	
<b>ZONA PASILLOS</b> <b>Pasillo Planta Baja</b>		
<b>Hora: 12:40</b>		
<b>Observaciones:</b> Las ventanas del pasillo de la primera planta estaban abiertas.		
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 5°C; Temp. max.13°C. <b>Viento:</b> 5-13 Km/h SE-S.. <b>Rachas:</b> 25 Km/h		
<b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves		

Tabla II-18

<b>DÍA: 16 DIC. 2020</b>	<b>Mediciones en zonas de Pasillo</b>	
<b>ZONA PASILLOS</b> <b>Pasillo Planta Primera</b>		
<b>Hora: 12:40</b>		
<b>Observaciones:</b> A la derecha de este pasillo hay una ventana que está algo abierta muchas veces, como hoy		
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 5°C; Temp. max.13°C. <b>Viento:</b> 5-13 Km/h SE-S.. <b>Rachas:</b> 25 Km/h		
<b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves		

Tabla II-19

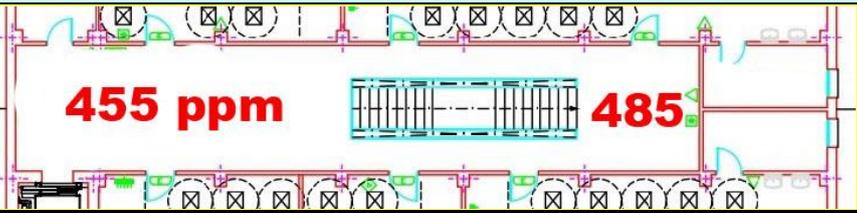
<b>DÍA: 16 DIC. 2020</b>	<b>Mediciones en zonas de Pasillo</b>	
<b>ZONA PASILLOS</b> <b>Pasillo Planta Segunda</b>		
<b>Hora: 12:40</b>		
<b>Observaciones:</b> La ventana del pasillo de la primera planta estaba abierta (1 de ellas) no completamente. A segunda hora, había 540 ppm, porque no estaba abierta dicha ventana.		
<b>DATOS AEMET</b> Temp. min. 5°C; Temp. max.13°C. <b>Viento:</b> 5-13 Km/h SE-S.. <b>Rachas:</b> 25 Km/h		
<b>Observaciones:</b> Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves		

Tabla II-20

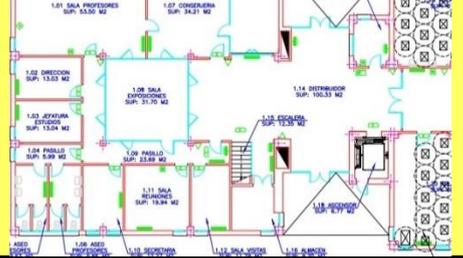
DÍA: 16 DIC. 2020	<b>Mediciones en zonas comunes y pasillos.</b>	
ZONA PASILLOS Entrada y pasillo Biblioteca		ZONA VESTÍBULO: <b>432 ppm</b>
Hora: 12:40		ZONA BIBLIOTECA: <b>475 ppm</b>
Observaciones: Son las zonas más ventiladas del centro, ya que se mantienen abiertas las puertas de entrada y de salida al recreo, con lo cual hay muchísima ventilación.		
DATOS AEMET Temp. min. 5°C; Temp. max.13°C. Viento: 5-13 Km/h SE-S.. Rachas:25 Km/h		
Observaciones: Nubes y sol. Día con temperaturas relativamente suaves		

Tabla II-21

DÍA: 18 DIC. 2020	<b>Mediciones en zonas de Pasillo</b>	
ZONA PASILLOS Pasillo 2ª Planta		
Hora: 10:00		
Observaciones: Las ventanas del pasillo de la primera planta estaban cerradas		
DATOS AEMET Temp. min. 3°C; Temp. max.11°C. Viento: 4-7 Km/h SE. Calmado. Rachas:12Km/h		
Observaciones: Niebla a primeras horas. Temperaturas exteriores bajas hasta el recreo.		

Tabla II-22

DÍA: 21 DIC. 2020	<b>Mediciones en zonas de Pasillo</b>	
ZONA PASILLOS Pasillo Biblioteca	Medida tomada a 5ª hora (12: 35 h) <b>450 ppm</b>	
Observaciones: Esta zona suele estar bien ventilada debido a la presencia próxima de las puertas de entrada, las cuales permanecen abiertas.		
DATOS AEMET: Temp. min.(°C): 4.Temp. max.(°C): 11. Viento: 2-7 Km/h SE combinado SO y O. Calmado. Rachas: 12 Km/h. Observaciones:Día de niebla cerrada. Viento calmado		

### III-B) CONCLUSIONES E HIPÓTESIS INICIALES AL CONCLUIR LA PRIMERA FASE.

Se pueden extraer, después de la lectura detallada de todas las medidas de la fase 1, las siguientes conclusiones:

1.- **CON LA VENTILACIÓN NATURAL** es muy posible que sea **SUFICIENTE** para poder llegar al objetivo marcado de no sobrepasar las 700 ppm de concentración de CO2. Quiere esto decir, que **no será necesaria ventilación externa o equipos auxiliares de ventilación**. Únicamente combinando una correcta apertura de puertas y ventanas en las distintas aulas según su ocupación y su capacidad, podremos lograr el objetivo marcado.

Para poder llegar a esta conclusión, nos apoyamos en dos datos:

- Los picos máximos de CO<sub>2</sub> alcanzados no son muy altos (Ver tablas II-1 a II-12) **y su duración en el tiempo es pequeña**, ya que sólo se mantienen durante los períodos de tiempo en los que no hay nada de ventilación natural.
- Con muy poca ventilación logramos no sobrepasar de 700ppm, sin necesidad de tener completamente abiertas las ventanas, lo cual sería inviable en invierno.

## 2.- EL PASILLO DEL INSTITUTO es MUY IMPORTANTE de cara a mantener una ESTRATEGIA DE VENTILACIÓN adecuada.

Al ser un pasillo tan largo, ofrece una forma de ventilación natural muy buena para todas las aulas, máxime cuando las puertas de entrada al instituto permanecen siempre abiertas (una enfrente de otra, como se puede ver en la tabla II-20).

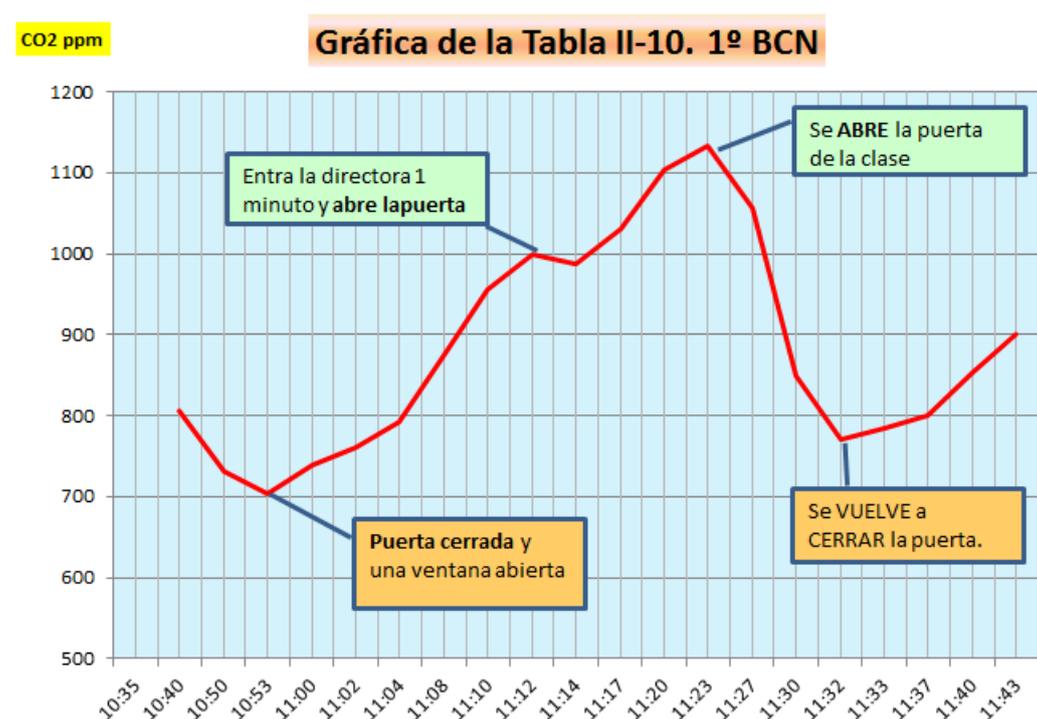
En relación con esta conclusión, es interesante también **MANTENER ALGUNA VENTANA DEL FINAL DEL PASILLO de la primera planta ALGO ABIERTA**, ya que contribuye a una mejor ventilación de todos los pasillos del centro (Ver datos tablas II-17 y II-21)

## 3.- LA APERTURA DE LA PUERTA DE CLASE ES CLAVE PARA UNA BUENA VENTILACIÓN.

En todos los ensayos realizados, se ha puesto de manifiesto que la apertura de la puerta de la clase es fundamental **y su efecto es MUY SUPERIOR al hecho de tener las ventanas abiertas**. De hecho, en prácticamente la totalidad de los ensayos no se han superado las 1000ppm si la puerta estaba abierta, aunque las ventanas estuvieran cerradas. (Ver tablas, especialmente la II-1 y de II-5 a II-10), cosa que no fue así a la inversa, en otros ensayos donde se cerraron las puertas con ventanas abiertas.

La apertura de la puerta de clase, por tanto, será un factor clave a estudiar en la estrategia de ventilación del centro, ya que podemos aprovechar de esta forma el efecto de “extractor natural” que hace el pasillo tan grande de nuestro centro.

En el gráfico siguiente, elaborado a partir de la tabla II-10 se muestra la importancia de la apertura de puertas en la estrategia de ventilación.



#### 4.- NO ES NECESARIO TENER LAS VENTANAS ABIERTAS DE PAR EN PAR.

Como hemos visto, cada clase, según la ocupación, tiene sus características, desde la clase de apoyo, donde sólo con la puerta podría ser suficiente, hasta otras de más ocupación donde además de la puerta, debemos abrir las ventanas un poco durante la clase. **ES MUY POSIBLE**, como comprobaremos en la FASE 2, que una pequeña apertura de unos 10cm con ventilación cruzada (ventanas delante y detrás y opuestas a la puerta) sea suficiente para lograr el objetivo de centro marcado de no superar las 700ppm.

Hay que tener en cuenta que el hecho de tener las ventanas abiertas hace que disminuya muchísimo la temperatura en relación a tener la puerta del pasillo abierta, pero esta reducción puede ser menor si la apertura de las ventanas se reduce a “rendijas” de 10cm. **La mayor apertura de ventanas es peor estrategia desde el punto de vista del confort térmico.**

#### 5.- LA ACTIVIDAD QUE SE HAGA DURANTE LA CLASE CONDICIONA LA ESTRATEGIA DE VENTILACIÓN

Como hemos podido observar en muchas tablas, especialmente la II-6 y la II-12, la mayor “activación” de los alumnos supone una subida significativa de la concentración de CO<sub>2</sub>, y por lo tanto un mayor riesgo si se quiere tener el aula bien ventilada. Debemos ser conscientes que una actividad más movida, llevará asociada una mayor apertura de ventanas y por supuesto, la puerta, con lo cual el profesor podría cambiar la estrategia de ventilación según sea su clase.

#### 6.- LA VENTILACIÓN DE UN AULA ES MUY RÁPIDA Y PUEDE HACERSE EN MENOS DE 10 MINUTOS.

Un aula con una concentración de CO<sub>2</sub> alta, puede bajar a un nivel óptimo en un tiempo inferior a 10 minutos, como se puede ver en prácticamente todas las tablas. Esto quiere decir que si el ambiente se ha cargado, pongamos a un nivel de 800ppm, podemos volver a un nivel de 600ppm **en una simple ventilación de 5 minutos**, la cual podría ser entre clase y clase o en un momento determinado de la clase.

También podemos usar los recreos para ventilar, aunque no es conveniente abrir demasiado las ventanas, ya que reduciríamos mucho la temperatura de cara a la 4ª hora. Lo más recomendable es dejar la puerta de la clase ABIERTA Y también alguna rendija en las ventanas. Con esto sería suficiente.

## IV.- 4ª PARTE: RESULTADOS DE LA SEGUNDA FASE DEL ESTUDIO (FASE 2)

El objetivo de esta segunda fase, es **comprobar**, mediante medidas realizadas a lo largo de un tiempo más o menos largo, como por ejemplo, el desarrollo de una, dos o más clases, **si la estrategia de ventilación propuesta es válida para no sobrepasar el umbral objetivo de CO<sub>2</sub> establecido por el centro de 700ppm (+/-50ppm).**

Teniendo en cuenta las conclusiones obtenidas de la fase 1, se plantean las siguientes estrategias de ventilación, ordenadas de mayor a menor confort térmico:

- Estrategia D) Puerta abierta de la clase y una ventana del fondo abierta 4 dedos (unos 10cm) Es posible que fuera adecuada para clases poco concurridas (inferiores a 15 alumnos, en aula tipo de 150 m<sup>3</sup>)

- Estrategia C) Puerta abierta de la clase y dos ventanas del fondo o bien una del fondo y la del profesor (ver II-B) abiertas 4 dedos.
- Estrategia B) Puerta abierta de la clase y dos ventanas abiertas del fondo 1 palmo (unos 20cm)
- Estrategia A) Puerta abierta de la clase y más de dos ventanas (3 o 4) abiertas 1 palmo.
- Otras estrategias para determinadas aulas especiales y condiciones meteorológicas cambiantes, como por ejemplo días de mucho aire.

Es muy posible que con la estrategia de ventilación A sea suficiente para no sobrepasar el nivel límite de 700ppm, pero recordemos que nos interesa ESTABLECER UNA ESTRATEGIA QUE NOS PERMITA EL MAYOR CONFORT TÉRMICO POSIBLE, con lo cual nos interesa que la temperatura de la clase sea lo más confortable posible. Es por ello, por lo que también se tomarán mediciones de la temperatura.

Asimismo, hay que comprobar la eficacia de estas medidas con una ventilación más intensa entre clase y clase (por ejemplo, abrir 5 minutos un par de ventanas entre clase y clase).

Por lo tanto, para realizar estas medidas de la fase 2, nos interesa contar con un equipo que recoja datos en un tiempo más o menos largo, como una o dos horas, para establecer conclusiones adecuadas.

Para ello, contamos con un programa, que conecta el medidor al PC y permite, mediante una conexión RS 232 medir en tiempo real la concentración de CO<sub>2</sub> sin necesidad de estar apuntando manualmente los niveles.

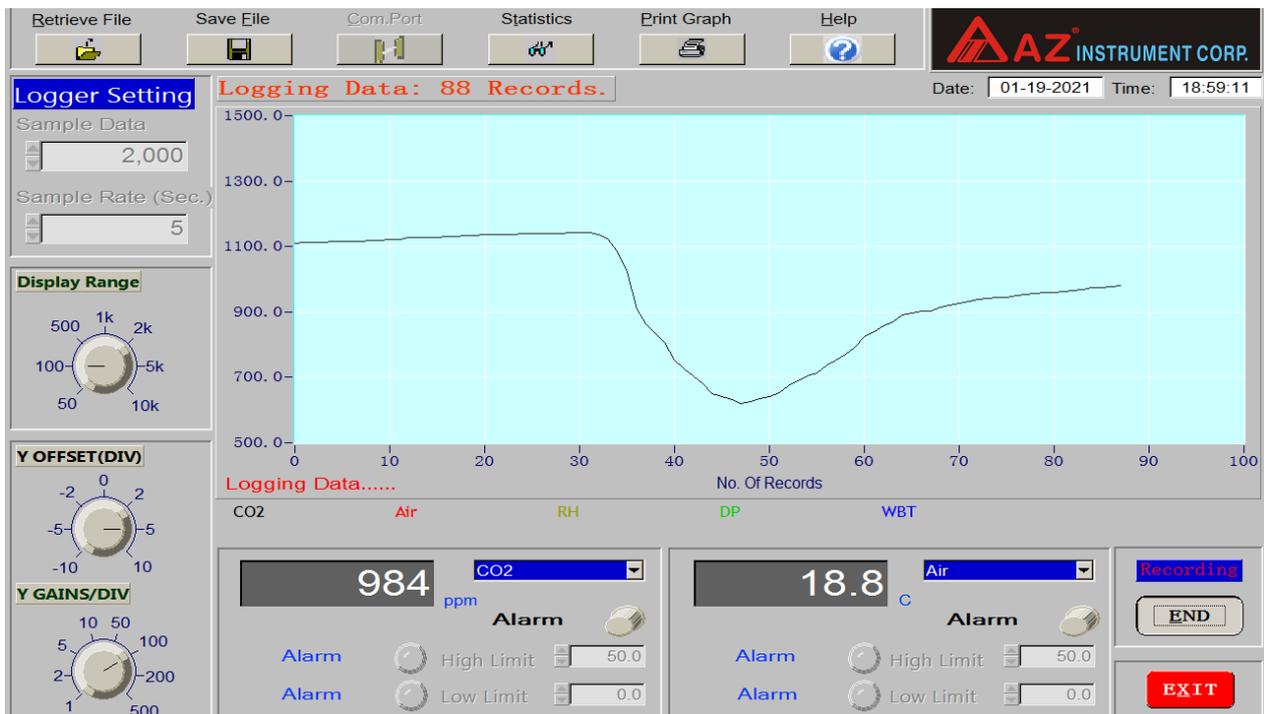


Figura 11: Programa informático para registrar el nivel de CO<sub>2</sub> y la temperatura durante un intervalo de tiempo.

Index	---date---	--time--	CO2	unit	Air
1	01-19-2021	18:51:49	1110	ppm	19.6
2	01-19-2021	18:51:54	1112	ppm	19.6
3	01-19-2021	18:51:59	1113	ppm	19.6
4	01-19-2021	18:52:04	1114	ppm	19.6
5	01-19-2021	18:52:09	1115	ppm	19.6
6	01-19-2021	18:52:14	1115	ppm	19.6
7	01-19-2021	18:52:19	1115	ppm	19.6
8	01-19-2021	18:52:24	1117	ppm	19.6
9	01-19-2021	18:52:29	1118	ppm	19.6
10	01-19-2021	18:52:34	1119	ppm	19.6
11	01-19-2021	18:52:39	1121	ppm	19.6

Figura 12: Los datos se exportan en formato txt desde el propio medidor en archivo como éste (es un ejemplo) a una hoja Excel, para posteriormente tratarlos y elaborar una gráfica.

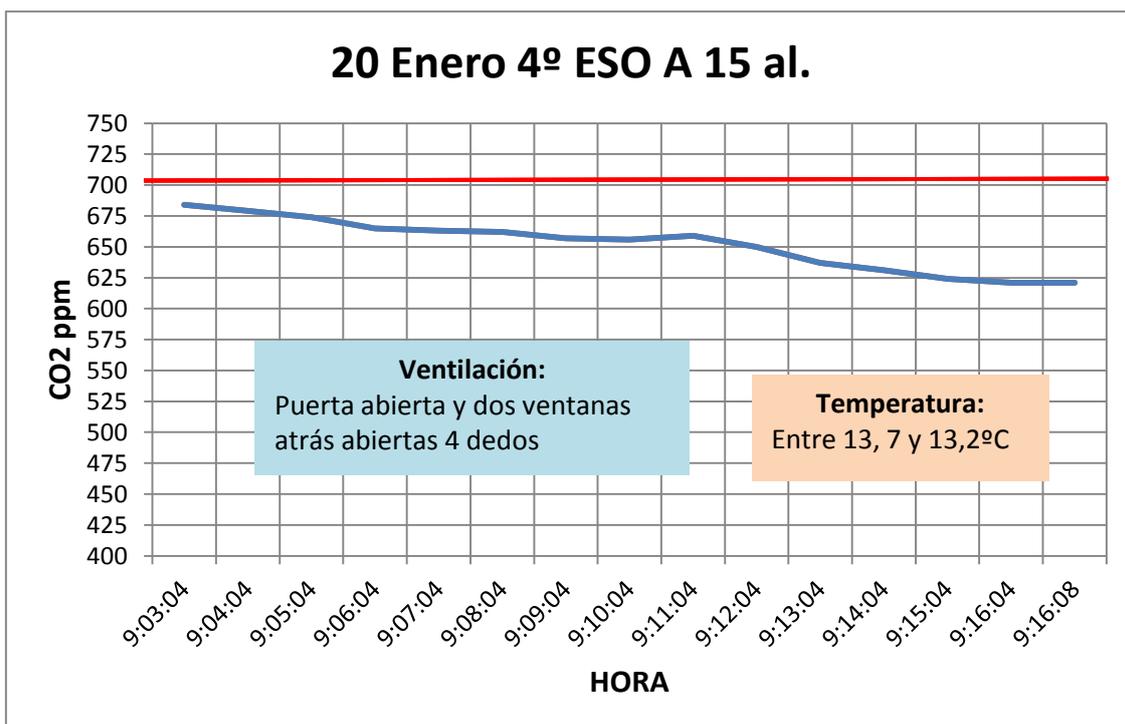
### IV-A) MEDICIONES REALIZADAS EN LA SEGUNDA FASE DEL ESTUDIO.

A continuación, se exponen en orden cronológico, las tablas y gráficos de resultados obtenidos en la segunda fase del estudio. Las gráficas van acompañadas de comentarios para su mejor comprensión.

Recordemos que el objetivo de esta segunda fase es COMPROBAR si las estrategias de ventilación propuestas son SUFICIENTES para lograr el umbral objetivo de ventilación, de no sobrepasar las 700ppm y al mismo tiempo, mantener un confort térmico óptimo.

#### Gráfica IV-1

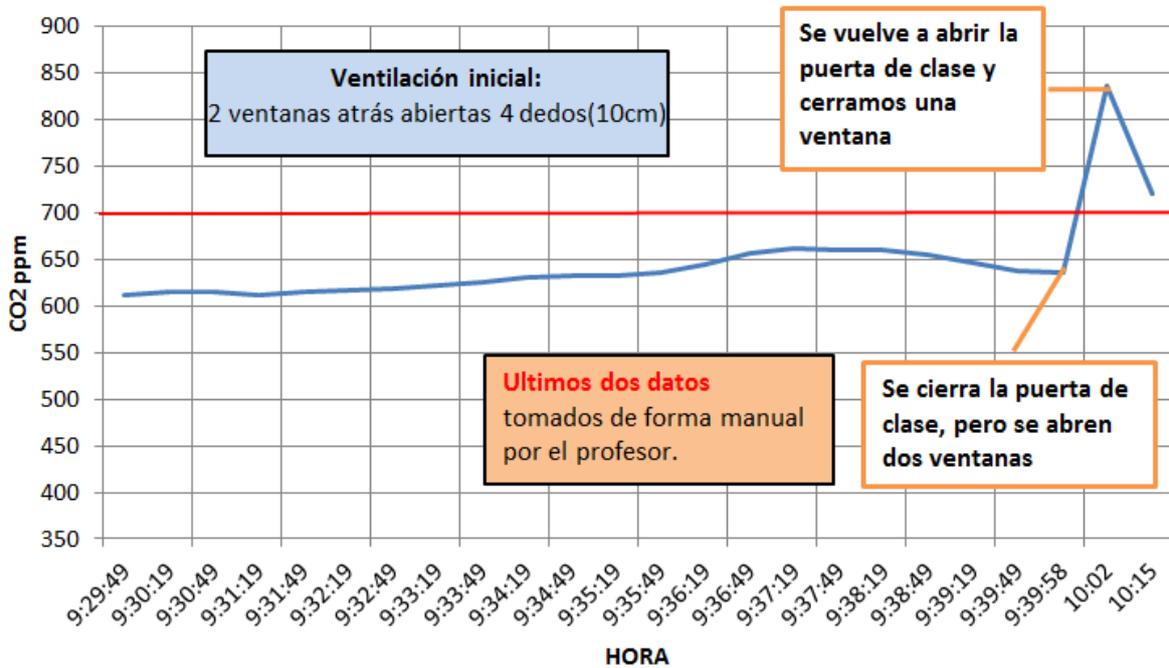
<b>DÍA: 20 Enero 2021. 1ªhora.</b>	<b>Aula 4º ESO A</b>	<b>Ocupación 15 al.+ 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 3ºC Tmax. 10ºC Viento S. 14-28 Km/h con rachas de 30 Km/h. Día nublado con algo de lluvia, aunque poca. HR superior al 80%.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta y dos ventanas detrás abiertas 4 dedos.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> Se puede estabilizar el nivel con esta ventilación. Los alumnos estaban en una guardia y por lo tanto más alterados de lo normal.		



**Gráfica IV-2**

<b>DÍA: 20 Enero 2021. 2ªhora.</b>	<b>Aula Musica 3º ESO</b>	<b>Ocupación: 15 al.+ 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 3°C Tmax. 10°C Viento S. 14-28 Km/h con rachas de 30 Km/h. Día nublado con algo de lluvia, aunque poca. HR superior al 80%.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta y dos ventanas detrás abiertas 4 dedos. Luego se cierra la puerta y se abren las ventanas del profesor. La puerta se vuelve a abrir al final		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> Los últimos datos se toman de forma manual por el profesor de la clase, pero <b>se observa claramente la influencia de la puerta de nuevo</b> y de su importancia de que permanezca siempre abierta. La actividad en la clase de música es movida.		

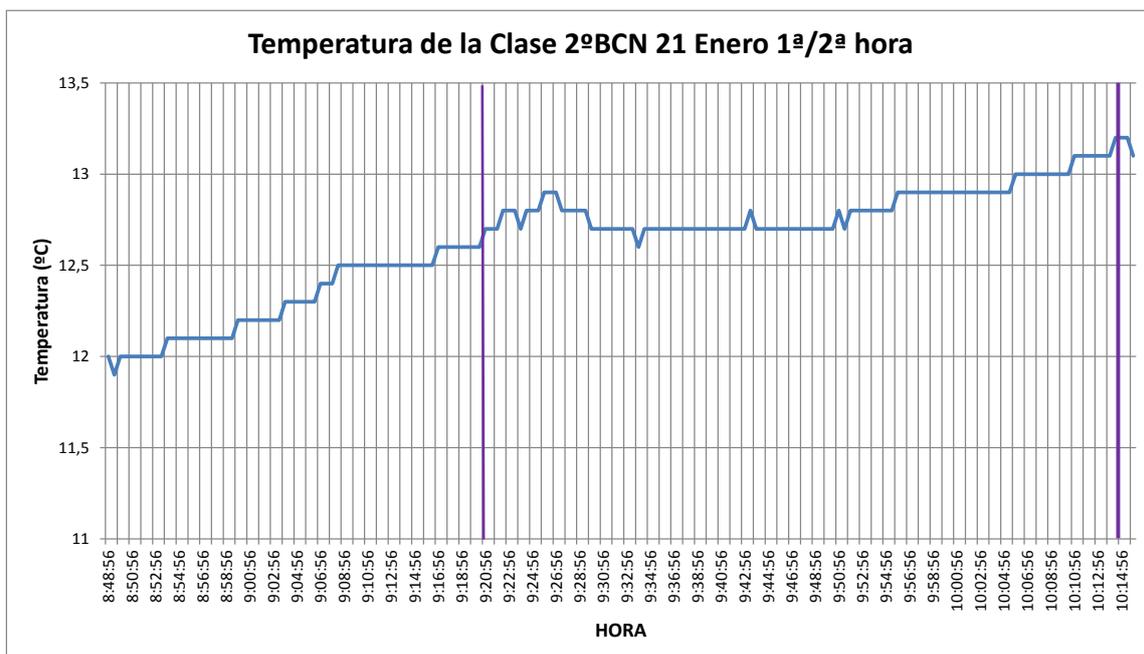
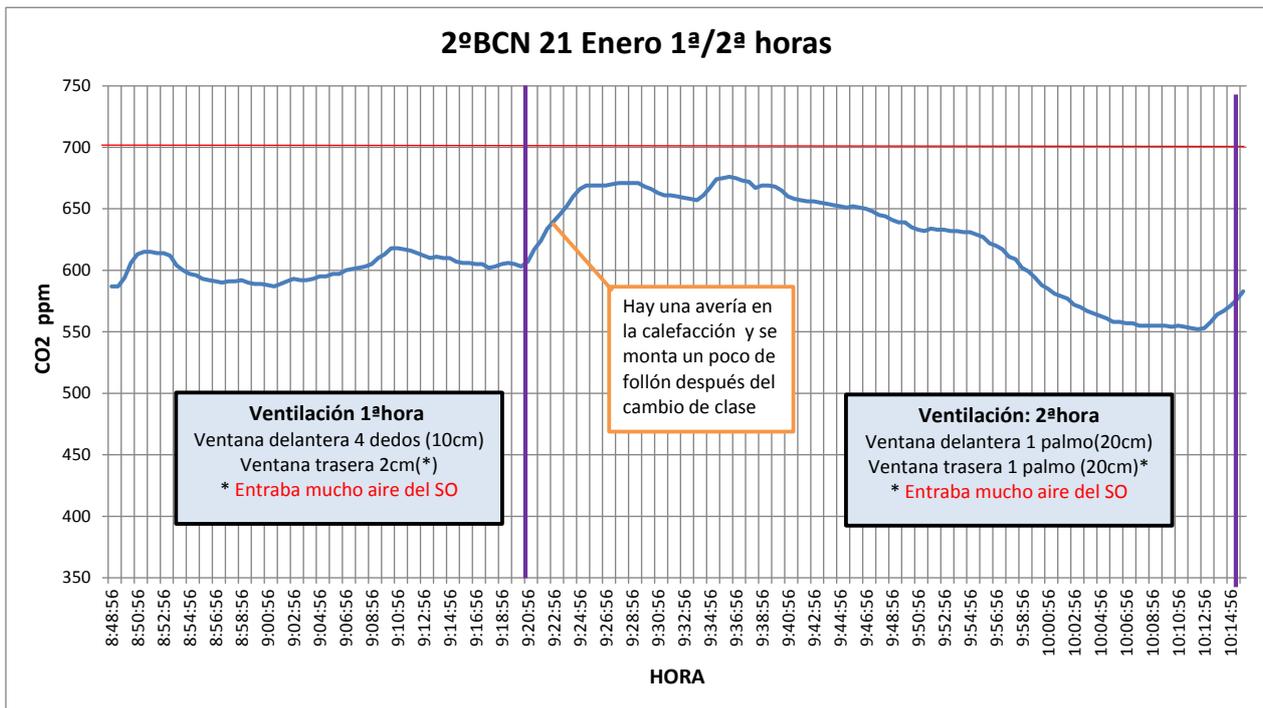
**Aula Música 2ªhora 21 Enero 15 al**



Como se vuelve a demostrar en el anterior gráfico, la puerta abierta en las clases es un requisito imprescindible de cara a establecer una buena estrategia de ventilación. Se trata por tanto, de combinar sabiamente la apertura de ventanas para lograr el mejor confort térmico posible con una buena ventilación.

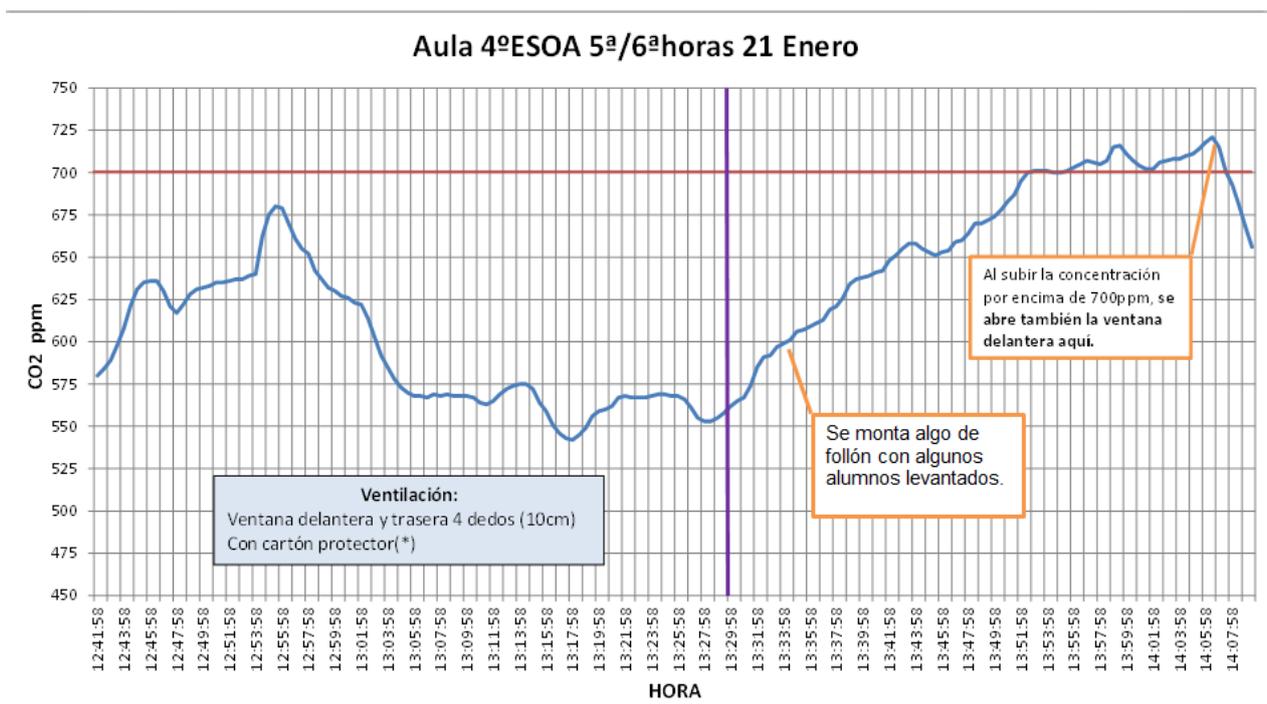
**Gráfica IV-3**

<b>DÍA: 21 Enero 2021. 1ª y 2ª horas.</b>	<b>Aula: Biblioteca 2ºBCN</b>	<b>Ocupación: 25 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 5°C Tmax. 12°C Viento SO. 16-25 Km/h con rachas de 30-40 Km/h. Día con niebla a primera hora, luego con nubes y claros. Se puede considerar día VENTOSO.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Se abren 4 dedos la ventana delante(al lado del profesor) y también atrás pero sólo 2 dedos, ya que entra aire de forma visible ( <b>día ventoso</b> ). A segunda hora se incrementa la ventilación 1 palmo delante y un palmo detrás.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> Se puede conseguir un nivel estable de concentración de CO2 si se mantiene constante la ventilación. El nivel de la clase es bastante estable. La temperatura, al ser primeras horas es algo baja, entre 12 y 13°C como se ve en la gráfica inferior.		



Gráfica IV-4

<b>DÍA: 21 Enero 2021. 5ª y 6ª horas.</b>	<b>Aula: 4ºESO A</b>	<b>Ocupación: 16 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 5°C Tmax. 12°C Viento SO. 16-25 Km/h con rachas de 30-40 Km/h. Día con niebla a primera hora, luego con nubes y claros. Se puede considerar día VENTOSO.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Se abren 4 dedos dos ventanas de atrás, CON CARTÓN PROTECTOR.(*)		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> Los alumnos están bastante movidos en la clase de 6ª hora, incluso se han levantado. Al final, se abre un poco la ventana cuando se superan las 700ppm, pero el nivel va subiendo progresivamente. <b>Está claro que la actividad en un aula puede condicionar mucho la estrategia de ventilación, como se ve en esta medida.</b>		

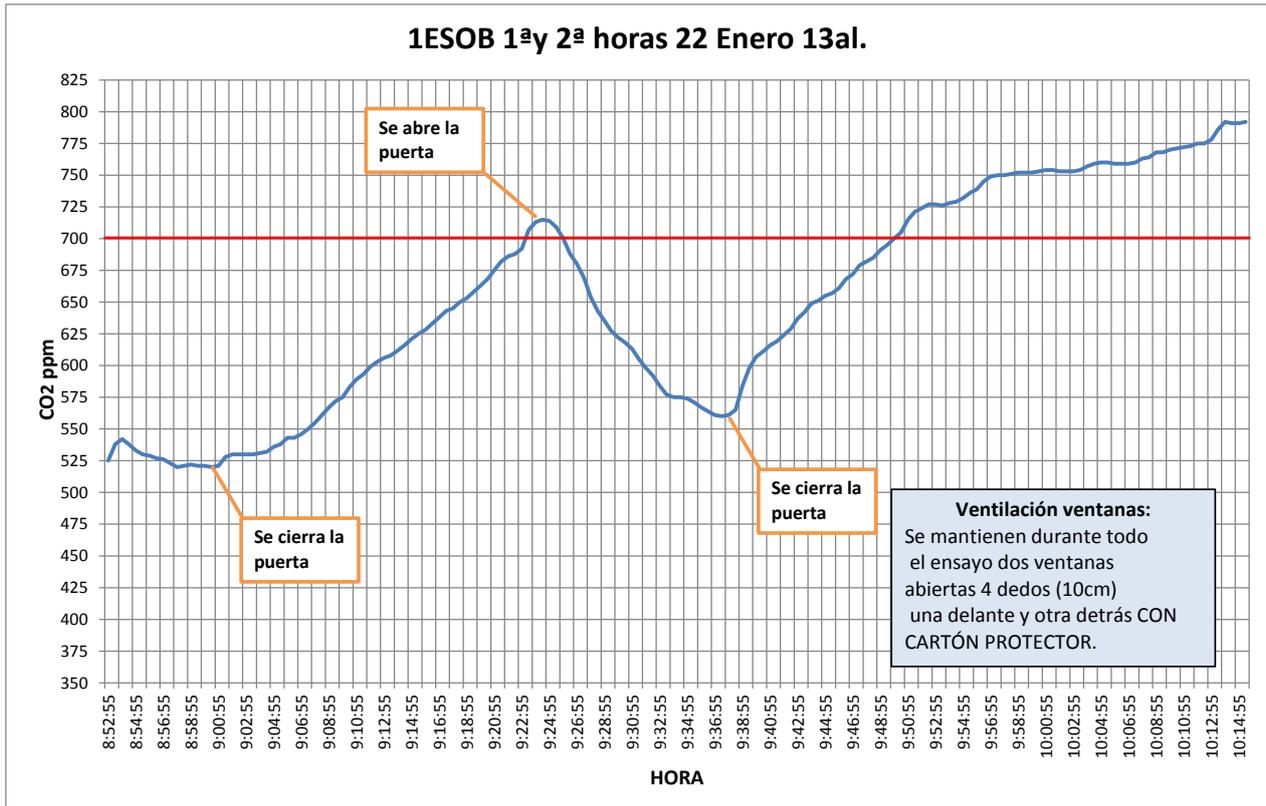


Como se ve en el gráfico, debemos tener en cuenta que la estrategia de ventilación inicial puede no ser suficiente cuando vayamos a tener una clase “más movida”. **Esto lo debe tener en cuenta el profesor para ventilar más.** Por ejemplo, en este gráfico, el profesor al final decide abrir más la ventana para bajar la concentración.

En cuanto a la temperatura de la clase, su gráfica no es muy representativa. Oscila entre 16 y 17°C, lo cual es lógico ya que es la última hora y la clase está más caliente.

Gráfica IV-5

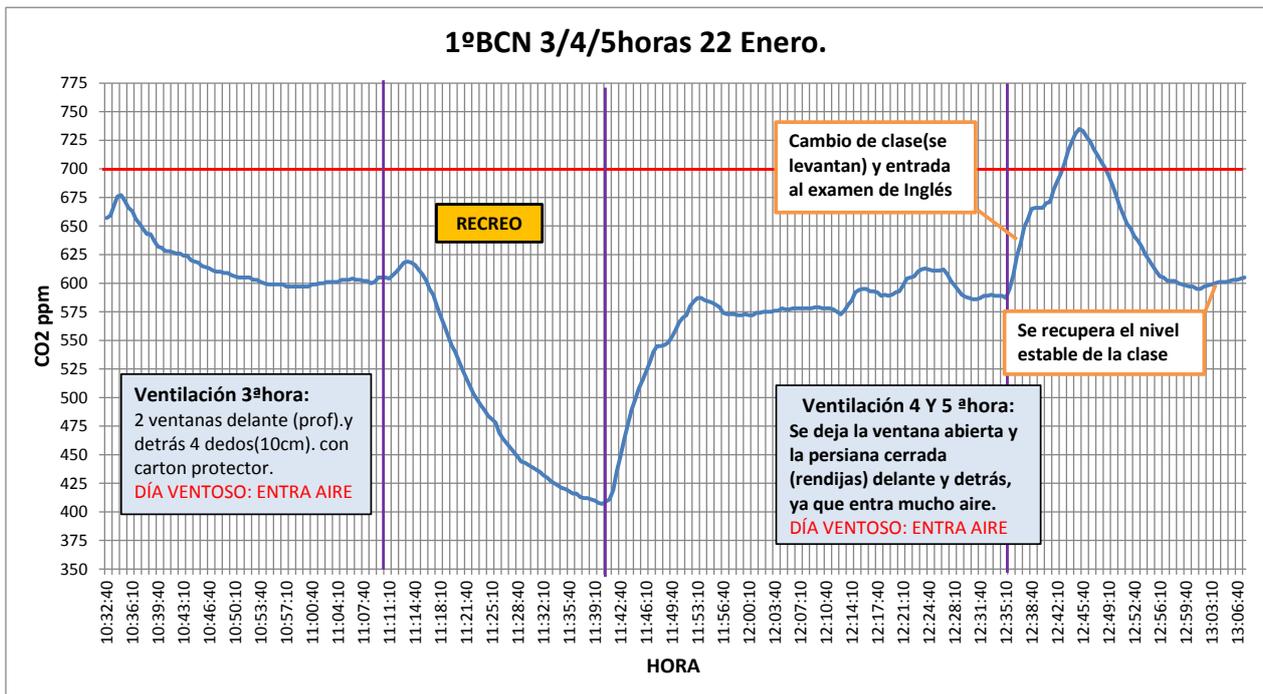
<b>DÍA: 22 Enero 2021. 1ª y 2ª horas.</b>	<b>Aula: 1ºESO B</b>	<b>Ocupación: 13 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 5°C Tmax. 11°C Viento NO. 18-30 Km/h con rachas de 60 Km/h. Día nublado con alguna llovizna aislada. Se puede considerar día MUY VENTOSO.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. 2 ventanas de atrás 4 dedos con cartón protector inferior. A las 9h se cierra la puerta para ver cómo influye. Luego a 2ª hora se vuelve a abrir.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> De nuevo, un ensayo que demuestra definitivamente que aunque estemos en una clase reducida, cerrar la puerta aumenta de forma drástica la concentración de aeroroles.		



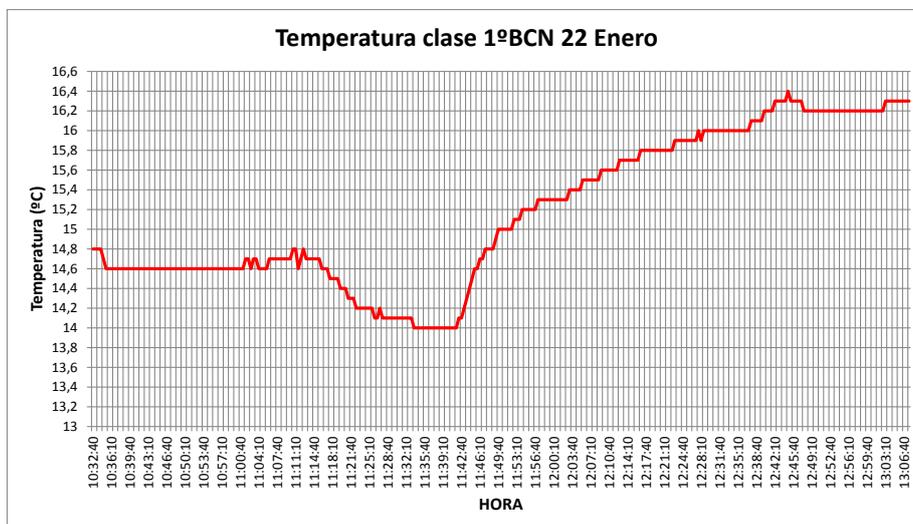
En la gráfica observamos la influencia clara de la puerta. Hay que tener en cuenta que estamos en una clase poco numerosa (13 al + profesor). La temperatura fue ascendiendo progresivamente, ya que es lo que suele ocurrir a 1ª y 2ª hora. (Valores entre 12,3 y 14,5°C).

Gráfica IV-6

<b>DÍA: 22 Enero 2021.</b> <b>3<sup>o</sup>/ 4<sup>a</sup> /5<sup>a</sup> horas.</b>	<b>Aula:</b> <b>1<sup>o</sup>BCN</b>	<b>Ocupación:</b> <b>21 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 5°C Tmax. 11°C Viento NO. 18-30 Km/h con rachas de 60 Km/h. Día nublado con alguna llovizna aislada. Se puede considerar día MUY VENTOSO.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Como es un día VENTOSO, se prueban dos ventilaciones. a 3 <sup>a</sup> hora 2 ventanas 4 dedos con cartón protector. A 4 <sup>a</sup> y 5 <sup>a</sup> hora, se abren las dos ventanas de delante y detrás, pero con las persianas cerradas para que entre el aire por las rendijas. Esto podría ser válido para días como éste.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> En un día ventoso, se pueden adoptar estrategias como ésta de cara a mayor confort térmico. Nivel bastante estabilizado. En el recreo se debe dejar la puerta abierta. No es necesario abrir más las ventanas.		

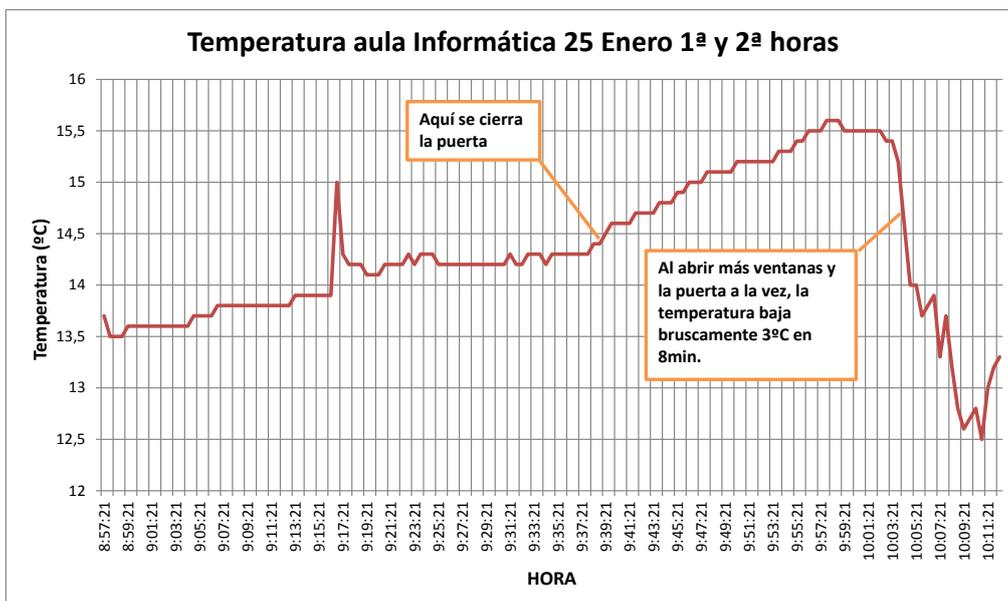
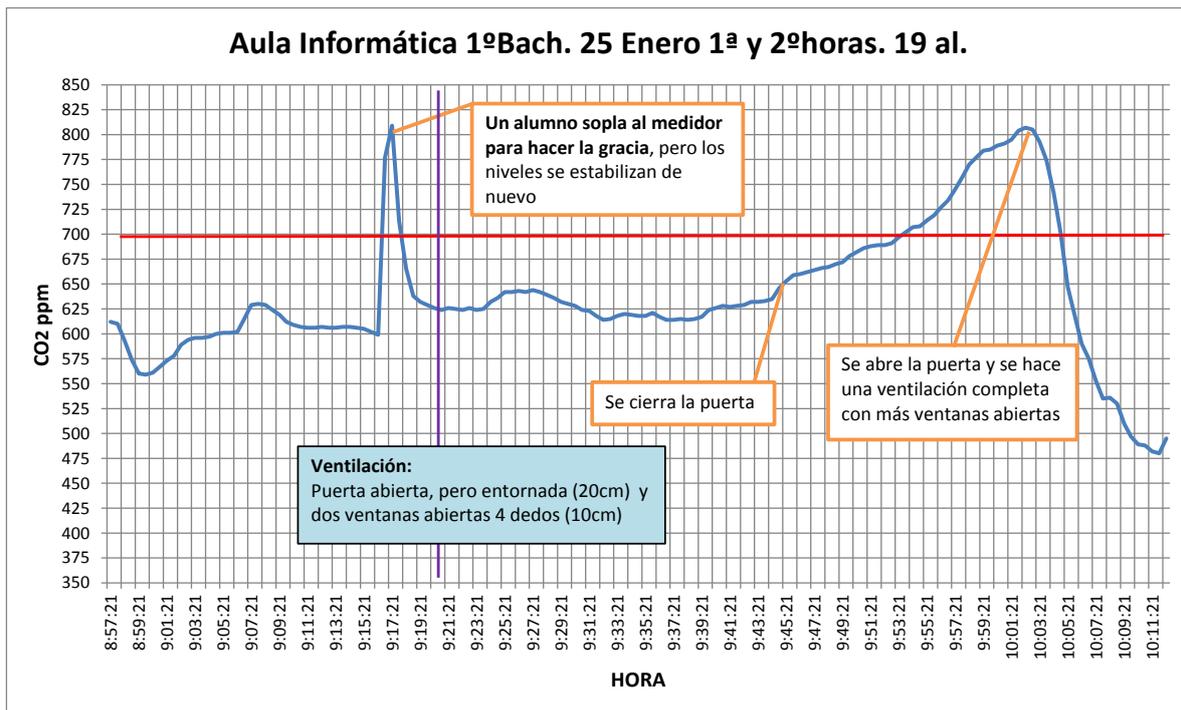


Esta gráfica es muy llamativa, porque se puede **observar la influencia de los nervios o la ansiedad de los alumnos ante un examen**. También el cambio de clase. La temperatura se refleja en el gráfico inferior, se puede observar que en la segunda mitad, hay mayor confort térmico.



**Gráfica IV-7**

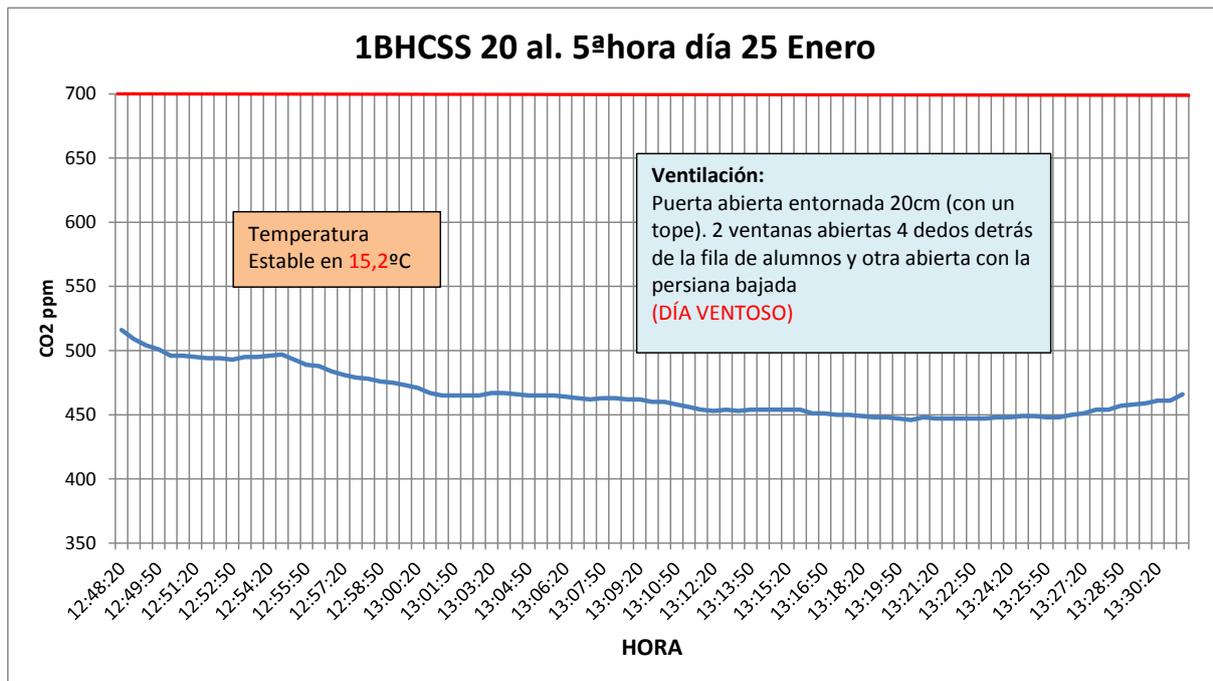
<b>DÍA: 25 Enero 2021. 1ª y 2ª horas</b>	<b>Aula: Informática (1Bach)</b>	<b>Ocupación: 18 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 7°C Tmax. 13°C Viento SO. 25-30 Km/h con rachas de 50 Km/h. Día nublado con niebla a primeras horas. Se puede considerar día VENTOSO.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta, pero entornada algo. Se comienza con dos ventanas abiertas 4 dedos, para luego cerrar la puerta y abrir más las ventanas al mismo tiempo.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> Se vuelve a comprobar la importancia de la puerta, ya que se ve cómo sube la concentración al cerrarla. En el ensayo se mantiene la puerta entornada mientras está abierta y parece que funciona. <b>El sistema es muy estable y consistente en la concentración de 600ppm al principio</b> , ya que se recupera rápidamente después de desestabilizarlo (ver gráfica)		



Como se puede ver en la gráfica anterior, **el nivel es muy estable y consistente entorno a 600 ppm**. De hecho, cuando un alumno sopló en el medidor para hacer una “gracia”, el nivel base se recupera de forma muy rápida, lo cual es indicador de estabilidad del sistema. Otra vez queda de manifiesto que la puerta debe estar abierta, aunque sea un poco, ya que si no, el nivel sube muchísimo.

**Gráfica IV-8**

<b>DÍA: 25 Enero 2021. 5 hora</b>	<b>Aula: 1ºBHCSS (Taller)</b>	<b>Ocupación: 20 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 7°C Tmax. 13°C Viento SO. 25-30 Km/h con rachas de 50 Km/h. Día nublado con niebla a primeras horas. Se puede considerar día VENTOSO.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta, pero entornada hasta 20cm Se dejan dos ventanas atrás abiertas 10cm y otra ventana abierta pero con persiana cerrada (protocolo viento)		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> El sistema responde con la puerta entornada y es muy estable en la concentración. Hay que tener en cuenta que el aire del SO beneficia a aulas con esta orientación. Muy buenos niveles.		

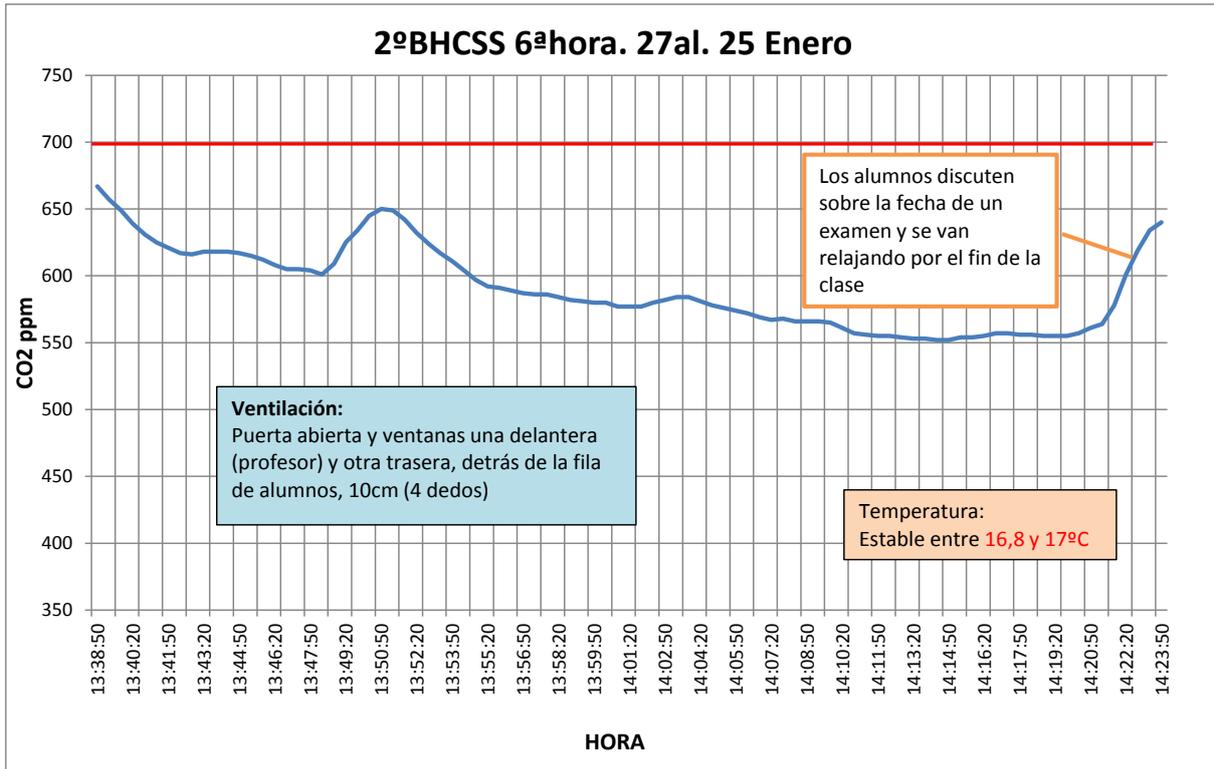


Como se puede ver en la gráfica, el nivel es muy estable entorno a las 450 o 500ppm, lo cual representa un nivel muy bueno de ventilación. Hay que tener en cuenta que el aire del Suroeste beneficia a esta clase.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que la puerta en el ensayo ha estado entornada, con lo cual quiere decir que la ventilación puede funcionar también sin abrir la puerta completamente, al menos, en estas condiciones de día VENTOSO.

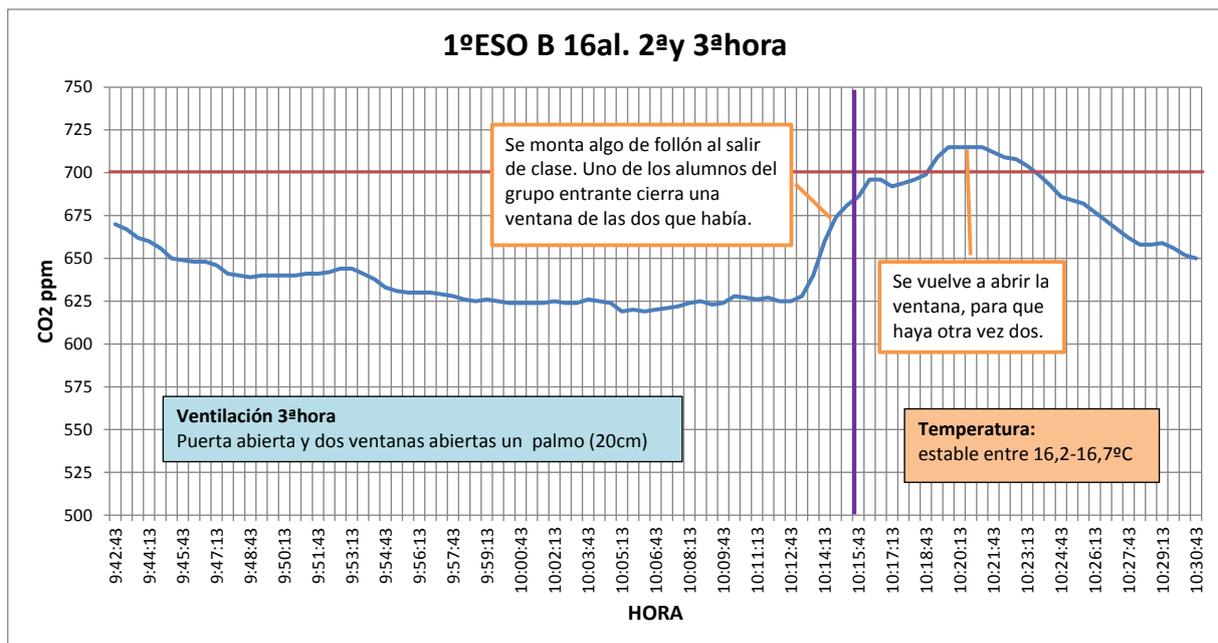
Gráfica IV-9

<b>DÍA: 25 Enero 2021. 6ª hora</b>	<b>Aula: Pla-2 (2ºBHCCSS)</b>	<b>Ocupación: 27 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 7°C Tmax. 13°C Viento SO. 25-30 Km/h con rachas de 50 Km/h. Día nublado con niebla a primeras horas. Se puede considerar día VENTOSO.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Dos ventanas, una detrás y otra delante, abiertas 4 dedos (10cm) y un palmo (20cm) respectivamente.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> El nivel es muy estable y no sube mucho, a pesar del alta ocupación del aula. Hay que tener en cuenta que el día era VENTOSO.		



## Gráfica IV-10

<b>DÍA: 26 Enero 2021. 2hora</b>	<b>Aula: 1ºESO B</b>	<b>Ocupación: 16 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 10°C Tmax. 15°C Viento O-NO. 15Km/h con rachas de 25Km/h. Día muy nuboso, sin precipitación. Día calmado y temperatura agradable		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Dos ventanas, una detrás y otra delante, un palmo (20cm).		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> El día tiene una temperatura agradable y no corre aire. El nivel es estable sobre 625 ppm a pesar de la poca ocupación. Con una ventana no sería suficiente.		



Como se puede observar en esta gráfica, el nivel de la clase es estable alrededor de las 625 ppm, aunque la ocupación no es muy alta. Hay que tener en cuenta que el día está calmado en cuanto a aire, y la temperatura es bastante alta, por encima de 16°C dentro de la clase, con lo cual podríamos aumentar más la ventilación.

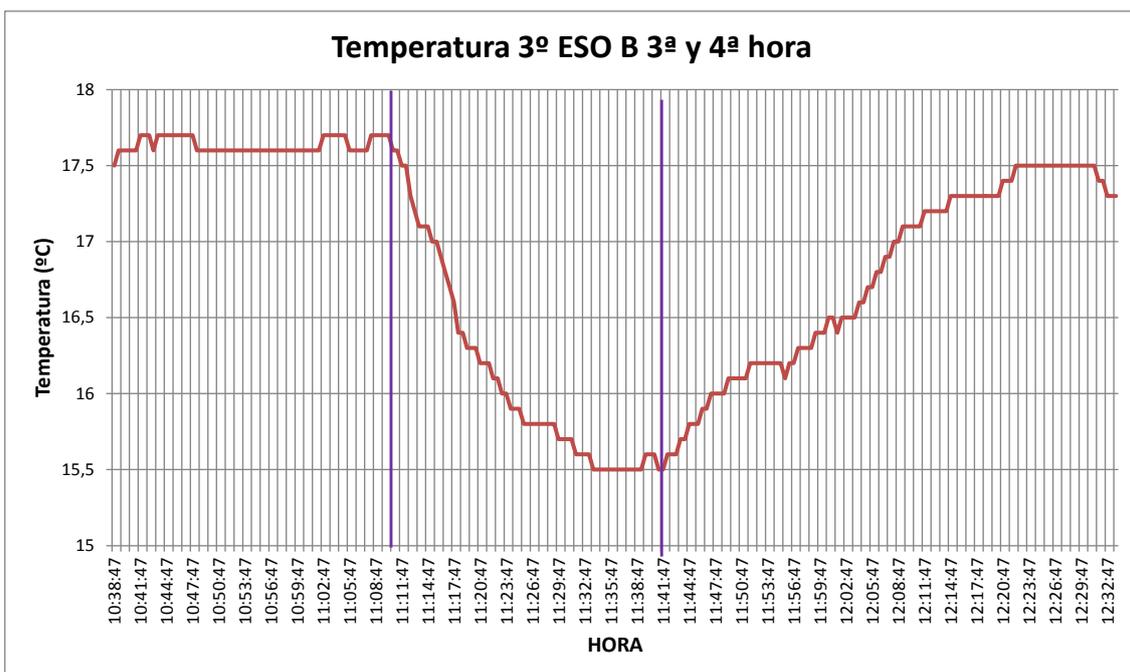
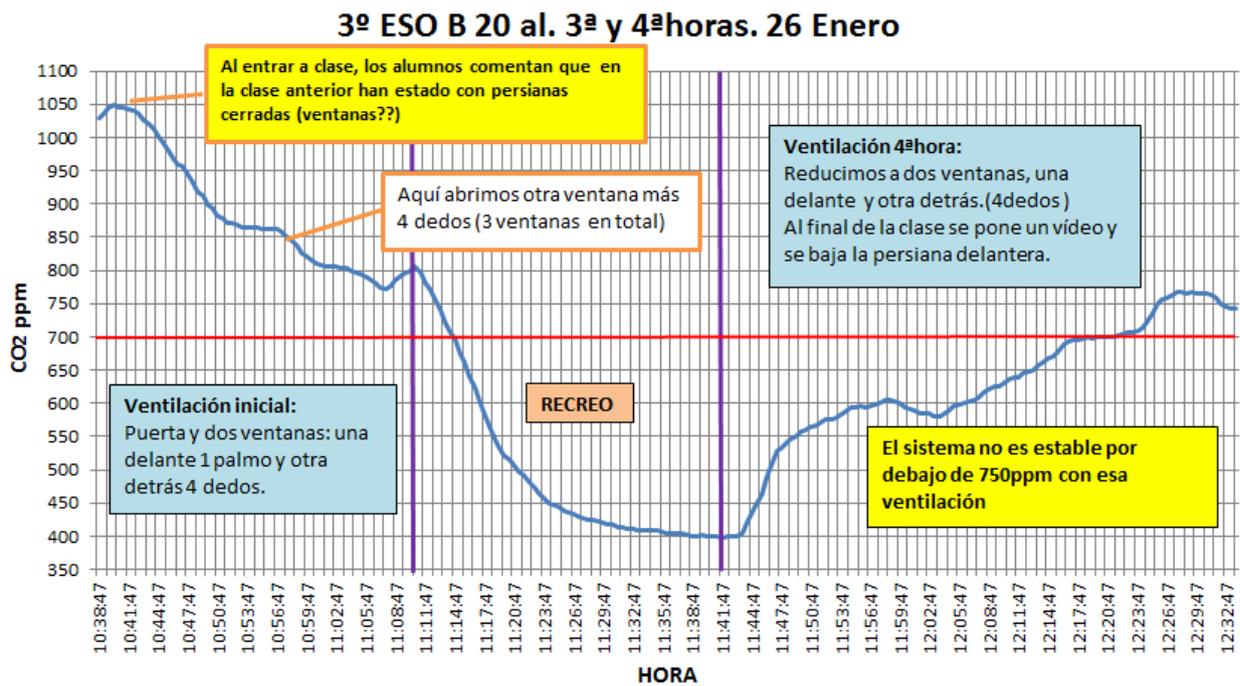
Como se puede ver al final, cuando se cierra una ventana, el sistema sólo con una ventana no podría estar por debajo de 700ppm.

Como conclusión a esta gráfica, es importante aumentar la ventilación si el día lo permite y si no hay aire para poder estabilizar los niveles.

También puede ser una gráfica interesante para **concienciar a los alumn@s de la importancia de no tomar actitudes egoístas** que nos lleven a cerrar una ventana sin que el profesor/a se dé cuenta, ya que comprometeríamos a toda la clase.

Gráfica IV-11

<b>DÍA: 26 Enero 2021.</b> <b>3ª y 4ª hora</b>	<b>Aula:</b> <b>3ºESO B</b>	<b>Ocupación:</b> <b>18 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 10°C Tmax. 15°C Viento O-NO. 15Km/h con rachas de 25Km/h. Día muy nuboso, sin precipitación. Día calmado y temperatura agradable		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Dos ventanas, una detrás y otra delante, un palmo (20cm). No es suficiente y se aumenta la ventilación a tres ventanas hasta el recreo. Después se reduce a dos ventanas otra vez.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> Esta clase necesita más ventilación y mínimo de tres ventanas abiertas 1 palmo para poder tener un nivel aceptable. Hay que tener en cuenta el día calmado y también que LA VENTANA DEL PASILLO de la primera planta estaba CERRADA.		



Como se puede ver en la gráfica IV-11, no se logra alcanzar una concentración estable por debajo de 750ppm. Hay que decir también, que partíamos al principio de la clase de unos niveles muy altos de CO<sub>2</sub> (por encima de 1000ppm). Los alumnos comentaban que habían tenido las persianas cerradas en la hora anterior.

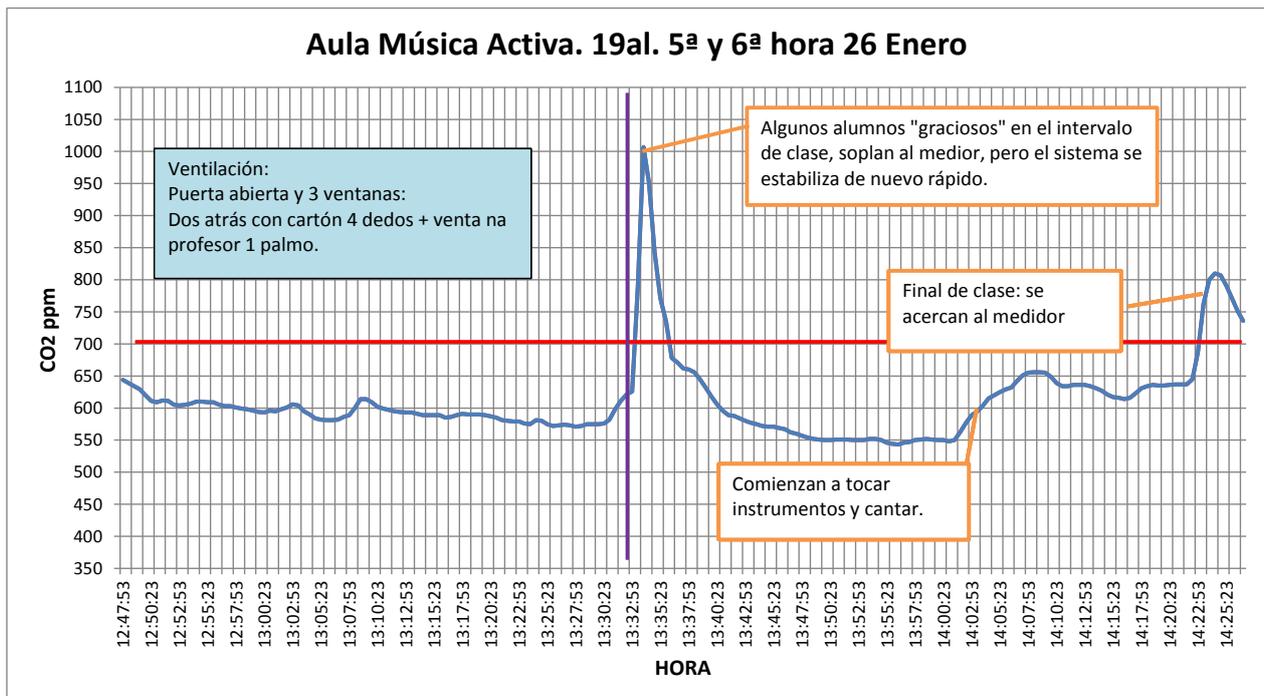
La clase necesitaría 3 ventanas abiertas un palmo para poder ventilar bien y mantener constante esa ventilación, al menos un día como hoy poco ventoso y con buena temperatura.

Otras conclusiones interesantes que se pueden sacar del gráfico IV-11 son:

- La ventana del pasillo central de la primera planta estaba cerrada. Probablemente hubiera ventilado mejor la clase con la ventana algo abierta (20cm suficiente).
- Da la sensación de que los alumnos se acumulan al final de la clase y quizás esta no sea la disposición más favorable, ya que la zona mejor ventilada está delante. En todo caso, el medidor se colocó en medio del grupo.

**Gráfica IV-12**

<b>DÍA: 26 Enero 2021. 5ª y 6ª hora</b>	<b>Aula: Aula Música 3ºESO</b>	<b>Ocupación: 19 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 10°C Tmax. 15°C Viento O-NO. 15Km/h con rachas de 25Km/h. Día muy nuboso, sin precipitación. Día calmado y temperatura agradable		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Tres ventanas. Una delante un palmo y dos detrás 4 dedos. Se mantiene todo el ensayo esta ventilación.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> El sistema es estable entorno a ppm, aunque se produzca algún desequilibrio. El hecho de tocar instrumentos no sube mucho el nivel de CO <sub>2</sub> y con 3 ventanas podría ser suficiente.		

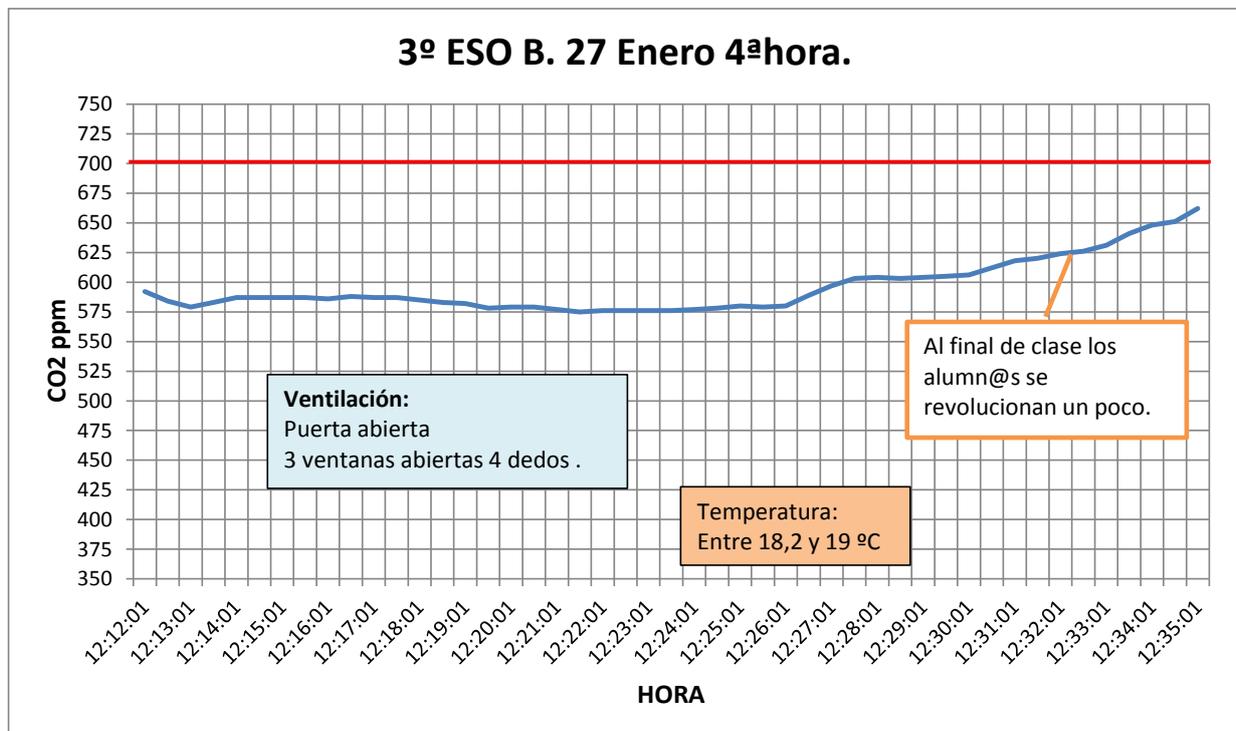


Como se ve en la gráfica, la clase es estable entorno a 600ppm. Esto se corrobora con los alumnos “graciosos” que soplan sobre el medidor y luego se vuelve a estabilizar el nivel. El

hecho de cantar o tocar instrumentos sube un poco el CO2, pero hay margen de maniobra. Está claro que en clases movidas hay que aumentar más la ventilación, pero en este caso, sería suficiente con ésta.

**Gráfica IV-13**

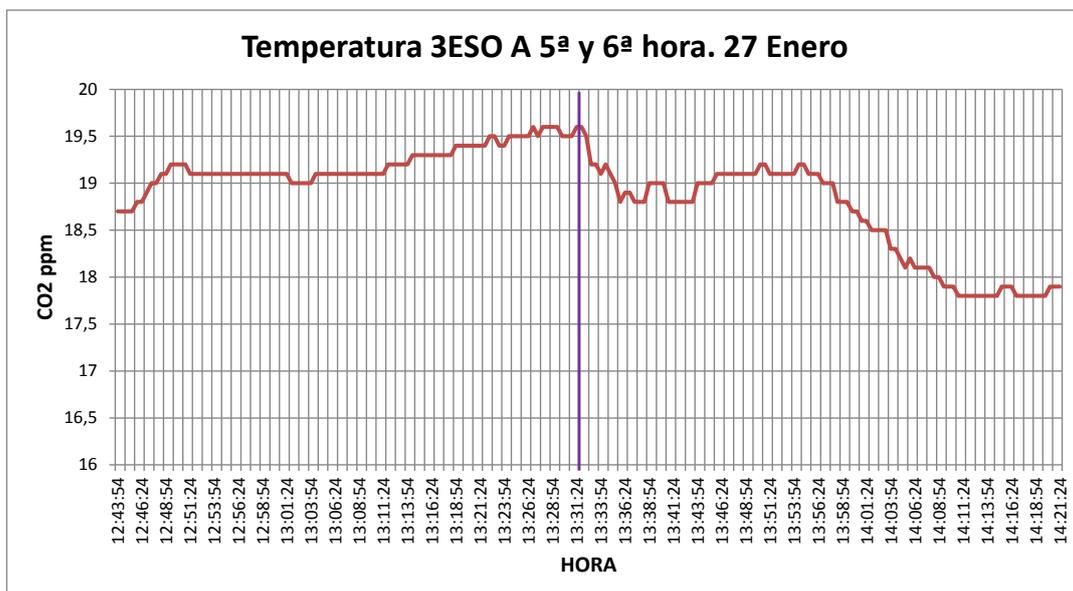
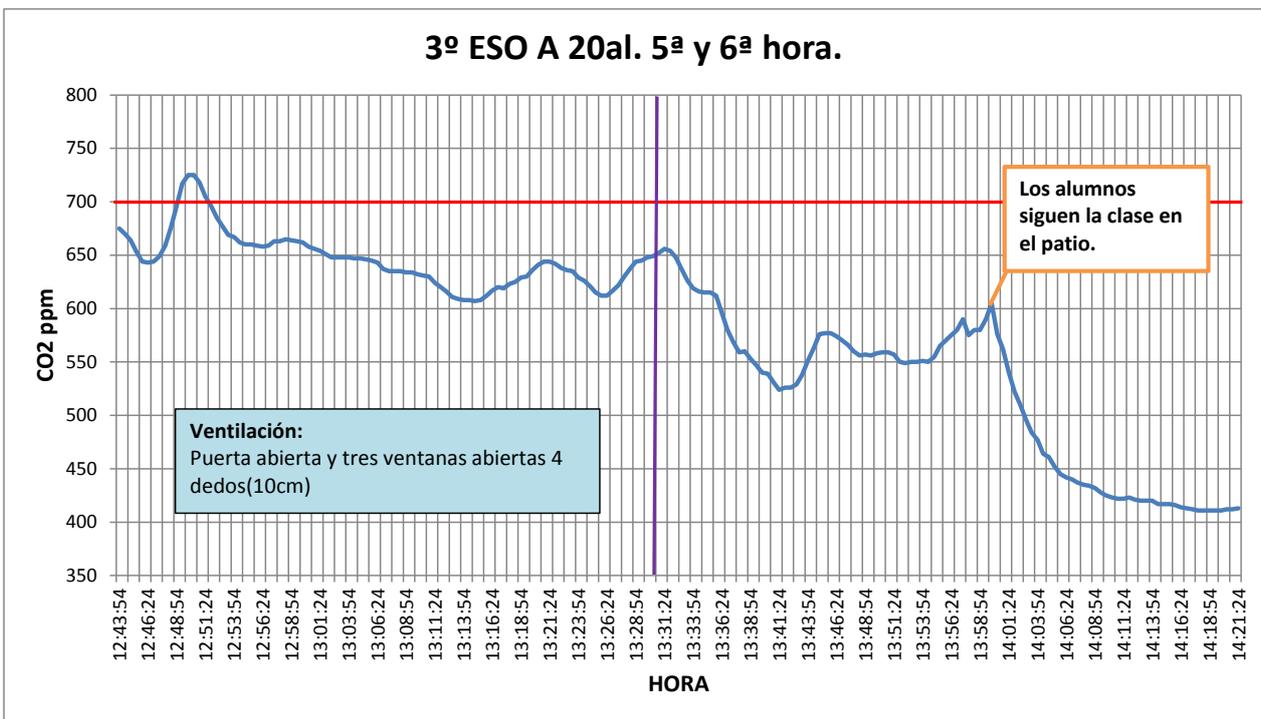
DÍA: 27 Enero 2021. 4ª hora	Aula: 3ºESO B	Ocupación: 18 al + 1 prof.
<b>Datos AEMET:</b> T min. 9°C Tmax. 14°C Viento O-NO. Entre 9 y 15 Km/h con rachas de 17Km/h. Día nuboso, en el que se van abriendo claros al final. A partir del recreo hay algunas rachas más frecuentes de aire, pero es un día bastante calmado.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Tres ventanas abiertas 10 cm, dos de ellas (las de atrás, con cartón protector). Hay que tener en cuenta que hoy la ventana del pasillo de la primera planta estaba abierta.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> Nivel bastante estable sobre 575 ppm o algo más. La clase puede estar estable con esta ventilación. Con respecto a la gráfica IV-11 hay una diferencia clara: Hay ventilación en el pasillo mayor, debido a que la ventana del pasillo estaba abierta y durante el ensayo IV-11, cerrada.		



Como se ve en la gráfica, comparándola con la gráfica IV-11, podemos decir que ahora sí que podemos lograr una estabilidad en un buen nivel. Hay que tener en cuenta que durante el ensayo la ventana del pasillo de la primera planta (que linda prácticamente con este aula) estaba abierta, mientras que cuando se hizo en ensayo IV-11, estuvo cerrada. Definitivamente, la buena ventilación del pasillo es clave para las aulas y como tal, debemos cuidarla tanto como la de las propias clases.

Gráfica IV-14

<b>DÍA: 27 Enero 2021.</b> <b>5ª y 6ª hora</b>	<b>Aula:</b> <b>3ºESO A</b>	<b>Ocupación:</b> <b>20 al + 1 prof.</b>
<b>Datos AEMET:</b> T min. 9°C Tmax. 14°C Viento O-NO. Entre 9 y 15 Km/h con rachas de 17Km/h. Día nublado, en el que se van abriendo claros al final. A partir del recreo hay algunas rachas más frecuentes de aire, pero es un día bastante calmado.		
<b>Ventilación inicial:</b> Puerta abierta. Tres ventanas abiertas 10 cm, dos de ellas (las de atrás, con cartón protector). Hay que tener en cuenta que hoy la ventana del pasillo de la primera planta estaba abierta.		
<b>Observaciones y conclusiones:</b> Nivel estable, pero alto, sobre las 640 ppm. No obstante, en la 6ª hora baja antes de que salgan de clase por debajo de las 600ppm. Como se ve en la gráfica de la temperatura, se mantiene en niveles altos que podrían permitir más ventilación.		



**Tabla IV-15: Medida realizada en el Gimnasio del centro.**

DÍA 27ENERO 2021	Hora	CO2 (ppm)	Observaciones(Ventilación)	Notas adicionales
<b>GIMNASIO</b>	11:05	<b>521</b>	El gimnasio tiene muy buena ventilación. La puerta está siempre abierta y hay 4 ventanas superiores abiertas en las esquinas todo el tiempo.	Las medidas están tomadas desde el fondo del gimnasio hasta la puerta, colocando el medidor a 1m y en el centro.
	11:08	<b>512</b>		
	11:10	<b>515</b>		
<b>DATOS AEMET:</b> T min. 9°C Tmax. 14°C Viento O-NO. Entre 9 y 15 Km/h con rachas de 17Km/h. Día nublado, en el que se van abriendo claros al final. A partir del recreo hay algunas rachas más frecuentes de aire, pero es un día bastante calmado.				

Como se ve en estos datos, el Gimnasio no presenta ningún problema de ventilación. Las medidas fueron tomadas a 3ª hora de clase, después de tres clases seguidas, con objeto de comprobar si la acumulación de CO2 podría tener algún efecto. No es así y mantiene una ventilación excelente.

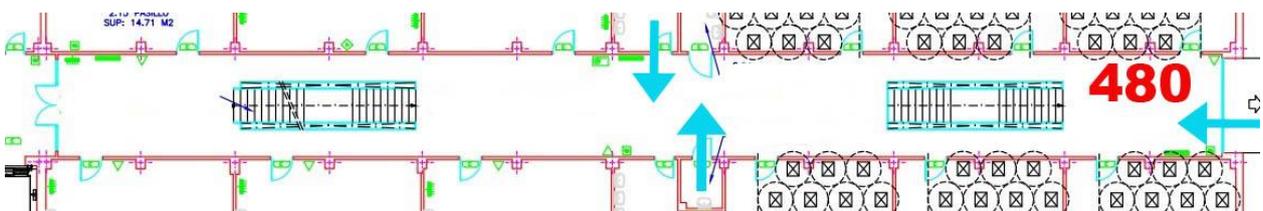
**Tabla IV-16: Medida en el pasillo de la primera planta.** Comprobación de la influencia de tener o no la ventana del pasillo de la primera planta cerrada o abierta.

DÍA: 27 ENERO. 2021	MEDICIONES EN ZONAS DE PASILLO. PLANTA PRIMERA.
ZONA PASILLOS Pasillo Planta Primera	
Hora: 9:35-10h	
Observaciones importantes: <b>LA VENTANA DEL PASILLO ESTABA CERRADA</b>	
<b>DATOS AEMET:</b> T min. 9°C Tmax. 14°C Viento O-NO. Entre 9 y 15 Km/h con rachas de 17Km/h. Día nublado, en el que se van abriendo claros al final. A partir del recreo hay algunas rachas más frecuentes de aire, pero es un día bastante calmado.	

Se hicieron tres medidas de la parte derecha del pasillo central de la primera planta:

Los resultados fueron: **630,632 y 615 ppm.**

Posteriormente, se midió otra vez en la parte derecha del pasillo, pero esta vez con la ventana abierta. La concentración bajó incluso por debajo de 500ppm. (**523, 502 y 485 ppm**)



Como se ve, en cuanto se abre la ventana del pasillo, la concentración empieza a bajar y se asemeja a las medidas tomadas en la tabla II-18.

**La ventilación del pasillo de la primera planta es FUNDAMENTAL** a la hora de establecer una estrategia de ventilación, ya que las clases que están al final (cerca de la ventana), no ventilarían bien si esta está cerrada. **Es importante mantener siempre una rendija de ventilación en la ventana de este pasillo**, y así quedará reflejado en las conclusiones.

Figura 13: **Ilustración de cómo debe estar la ventana final del pasillo** de la primera planta y de cómo se tomaron estas medidas.



#### **IV- B) CONCLUSIONES FINALES DEL ESTUDIO DESPUÉS DE LA SEGUNDA FASE DE MEDIDAS.**

Tras finalizar esta segunda fase de medidas, se pueden extraer las siguientes conclusiones, basadas en la confirmación de las hipótesis y suposiciones que ya hacíamos en la primera fase y que ahora han podido ser comprobadas:

- 1) **La APERTURA DE LA PUERTA ES FUNDAMENTAL** a la hora de que una clase esté ventilada y se pueda conseguir el objetivo de ventilación. Definitivamente, no compensa abrir más ventanas para cerrar la puerta.

En muchas ocasiones es suficiente, sobre todo en clases con menos alumnos, entornar la puerta y poner una papelera de tope, por ejemplo. Esto también puede ser útil para ver un vídeo corto, por ejemplo, durante una clase y que haya menos luz sin cerrar la puerta. Sin embargo, la norma general es que la puerta esté siempre abierta, para permitir trabajar al pasillo, que es el ventilador natural del centro.

- 2) **EL PASILLO es el VENTILADOR NATURAL DEL CENTRO.**

Para que pueda trabajar el pasillo hay que prestar atención a:

- **Puertas de entrada y salida al recreo** abiertas TODO EL DÍA.
- **Ventana del pasillo de la primera planta con dos rendijas** de 20cm TODO EL DÍA.
- Interesante podría ser abrir **también 2 ventanas de cada uno de los servicios**, especialmente de la primera planta, tal y como se muestra en la figura 14.



Figura 14: En los servicios de la primera planta, podemos abrir dos ventanas, contribuyendo también a que el pasillo funcione mejor.

### 3) NORMA GENERAL DE VENTILACIÓN

En el apartado siguiente, haremos un desglose detallado de la ventilación mínima que necesita cada grupo de aulas, según ocupación, pero como norma general, puede ser bueno recordar que :

- La puerta debe estar abierta.
- Debe haber entre dos y tres ventanas abiertas entre 4 dedos (10cm) y un palmo (20cm), según condiciones exteriores y aulas.

#### **COMO REGLA GENERAL, RECUERDA...**

- **PUERTA** de la clase **ABIERTA**.
- **2/3 VENTANAS** abiertas entre 4 dedos (10cm) y un palmo (20cm) con ventilación cruzada.

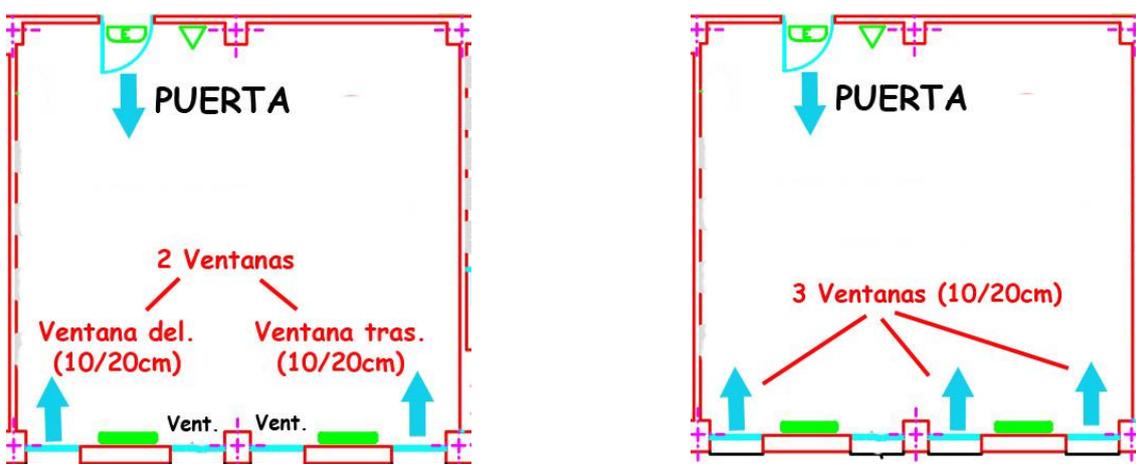


Figura 15: Ventilación cruzada con dos o tres ventanas

4) **HAY QUE ADAPTAR LA NORMA GENERAL TENIENDO EN CUENTA LOS SIGUIENTES FACTORES:**

- La ocupación y características de la propia clase. (**ver apartado siguiente, V**)
- **Si la clase es más movida**, habrá que tener en cuenta que tendremos que aumentar la ventilación abriendo más las ventanas, como se puede ver en prácticamente todos los picos de las gráficas de esta fase 2.
- **Si hace mucho aire, la ventilación mejorará mucho** y podemos hacer más restrictiva la estrategia general de ventilación para estar con mayor confort en clase. (Ver figura 10 para ver colocación especial de la persiana).

5) **EN LOS RECREOS, dejamos la puerta abierta** y las ventanas TAL CUAL las hemos tenido en clase. Es suficiente para ventilar y no haremos bajar demasiado la temperatura, tal y como se ven en los ensayos de la fase 2.

6) En días que no sean especialmente fríos o ventosos, **puede ser recomendable que el profesor/a abra completamente su ventana durante los 5 minutos entre clase y clase**, ya que puede ayudar si ha habido algún pico de CO<sub>2</sub> o aerosoles, a bajarlo antes de la siguiente clase y además es fácil mantener la rutina, ya que sólo depende de nosotros y podemos aprovechar la limpieza de la mesa para hacerlo.

7) **LA ESTRATEGIA de VENTILACIÓN** por la que apostaremos es de **TIPO MESETA**, SIN HACER GRANDES PICOS NI VALLES (grandes ventilaciones entre clase y clase), a no ser que por determinadas circunstancias no deseables hayamos tenido muy poca ventilación y necesitemos hacer una buena renovación de aire. En este caso, es necesario empezar la clase siguiente con un nivel no demasiado alejado del nivel ESTABLE DE LA CLASE.

En todo caso, es mejor, más seguro y más cómodo para todos, mantener una ventilación constante la mayor parte del día.



Figura 16: Estrategia de ventilación tipo meseta, sin subidas ni bajadas bruscas.

## V.- 5ª PARTE: RESUMEN DE CONDICIONES DE VENTILACIÓN SEGÚN AULAS.

**Recordemos que la norma general es:**

- **Puerta abierta.**
- **2/3 ventanas abiertas 4 dedos (10cm) o un palmo (20cm).**

Teniendo en cuenta la ocupación y características de nuestras aulas, como profesores, podemos adaptar esta norma general a las características de nuestra clase, según la ocupación y volumen de la misma y también según las condiciones exteriores, especialmente de

temperatura y viento. Asimismo, tendremos también en cuenta si nuestra clase va a ser más movida o no, para aumentar más la ventilación.

### A) SEGÚN OCUPACIÓN Y VOLUMEN

#### **Aulas tipo de 150-160 m<sup>3</sup>: (1º, 2º, 3º, 4º ESO, Informática y optativas).**

En general, casi todas las aulas de la planta baja y la primera planta.

- **Ocupación inferior a 10 alumn@s:** Puerta abierta y 1 o 2 ventanas abiertas 4 dedos (10cm) con posibilidad de colocar un cartón protector abajo. Si hace buena temperatura, podemos aumentar a un palmo la apertura de ventanas y dejar dos ventanas.
- **Ocupación inferior a 15 alumn@s:** Puerta abierta y 2 ventanas abiertas 4 dedos (10cm), una de ellas la del profesor con posibilidad de colocar un cartón protector abajo. Si no hace frío, aumentar apertura a 1 palmo (20cm).
- **Ocupación igual o superior a 15 alumn@s.** Puerta abierta y tres ventanas abiertas 10cm, una de ellas la del profesor. Posibilidad de colocar un cartón protector abajo. Si hace buena temperatura, aumentar la apertura de las ventanas a 1 palmo(20cm)

*Especial atención a las clases de 3º y 4ºESO, donde se acumulan más los alumnos. En estas clases, siempre que las condiciones exteriores lo permitan, hay que aumentar un poco más la ventilación.(por ejemplo, abrir un palmo, en vez de 4 dedos)*

#### **Aulas Especiales (Ocupación y volumen mayor)**

- **Biblioteca (2ºBCN)** Dejar puerta abierta y abrir la ventana delantera 10 cm y una o dos ventanas traseras también 10cm. Si hace bueno aumentar la ventilación abriendo 20 cm las ventanas.

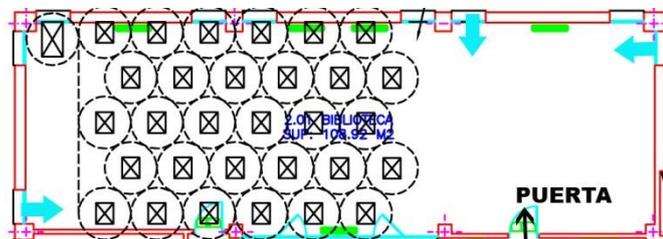


Figura 17: Ventilación en la Biblioteca (Aula 2ºBCN). Las flechas azules muestran las ventanas que se deben abrir.

- **Aula Plástica 2 (2ºBachHumanidades y CCSS):** Puerta abierta y 2 o 3 ventanas (2 ventanas traseras y del profesor) abiertas 10cm. Si hace bueno, aumentar la ventilación abriendo 20cm las ventanas.
- **Taller Tecnología (1BachCCSS):** Puerta abierta y ventanas, pero no las de atrás del todo, sino donde empiezan las mesas del taller. Total 3 ventanas, 2 atrás y la del profesor, 10cm (4 dedos) Si hace bueno, aumentar la ventilación abriendo un palmo las ventanas o incluso, la otra puerta trasera.

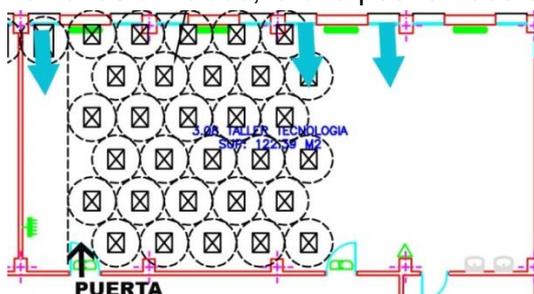


Figura 18: Ventilación en aula de 1ºBHCS (taller). Las flechas azules indican las ventanas que se deben abrir.

- **Aulas de Apoyo y más pequeñas:**

Se pueden mantener las condiciones de ventilación de un aula ordinaria e incluso reducirlas un poco más... Por ejemplo, en el aula de apoyo con pocos alumnos puede ser suficiente tener la puerta abierta e ir abriendo la ventana de vez en cuando.

- **Laboratorios y Aula de Música:**

La ventilación debe ser un poco mayor sobre todo por la actividad. Dejar puerta abierta y tres ventanas abiertas 10cm para que haya ventilación cruzada. Si hace bueno, aumentar la ventilación abriendo 1 palmo las ventanas.

- **Gimnasio:** Seguir con la ventilación actual, ya que es suficiente.

## **B) SEGÚN CONDICIONES EXTERIORES.**

En días muy fríos o muy ventosos, y siempre respetando la norma general de ventilación, podremos optar por usar una apertura de ventanas más reducida a través de las rendijas de las persianas, dejando 1cm debajo, tal y como se ilustra en la figura 10 de la *página 15* de este estudio. Consideramos un día muy ventoso cuando el aire resulta MOLESTO y se PUEDE OIR en la clase.

Asimismo, **en días buenos, opta por una ventilación generosa** ya que seguirás teniendo confort térmico con mayor seguridad.

## **C) SEGÚN ACTIVIDAD Y MOVIMIENTO EN LA CLASE**

Si nuestra clase va a ser más "movida" hay que aumentar más la ventilación con respecto a las condiciones generales de ese aula, ya que si no lo hacemos, el nivel de aerosoles se estabilizará algo más arriba del nivel habitual.

# **VI.- 6ª PARTE: SEGUIMIENTO Y CONTINUIDAD DEL ESTUDIO.**

Este estudio está actualizado a 30 de Enero de 2021, pero se continuará revisando y actualizando según vayan surgiendo nuevas dudas o interrogantes.

Recordamos que el objetivo es mantener un nivel de ventilación adecuado (el que nos hemos marcado como objetivo, por debajo de 700 ppm de CO<sub>2</sub>), con el mayor confort térmico posible.

Hay muchas variables que se pueden seguir estudiando, tales como:

- Tiempo que podemos tener la puerta cerrada, abriendo ventanas sin comprometer el nivel estable de la clase y sin sobrepasar el objetivo de 700 ppm.
- Mayor ventilación aún del pasillo, que nos permita cerrar más las ventanas.
- Entrada de aire por el techo de la segunda planta...
- Cuantificar el nivel de ascenso de CO<sub>2</sub> en una clase movida con respecto a una clase más tranquila (aunque en este estudio se ve que puede ser inferior a 100 ppm)
- Etc...

En este sentido, como profesor/a y también como alumno/a, puedes participar en el estudio haciendo tus propias medidas y proponiendo más soluciones para tu clase.

El uso del medidor es muy sencillo, intuitivo y rápido. Además, te pueden ayudar a hacerlo.

Si eres profesor/a, el uso del medidor es un buen recurso didáctico para muchas asignaturas de ciencias y matemáticas e incluso muchas otras, con lo cual, al mismo tiempo que los alumnos aprenden, también se implican en participar y mejorar las condiciones de ventilación de su clase y de su centro.

**Pedro Salgado Astillero**

Profesor de Física y Química  
IES Aldonza Lorenzo.

Puebla de Almoradiel (Toledo) a 30 de Enero de 2021

## VII.- BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES CONSULTADAS.

1.- Escuelas saludables. Estrategias de reducción de riesgos para la reapertura de las escuelas. Escuela T. H. Chan de Salud Pública de Harvard.

[https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2020/07/HPH-15179\\_SchoolsForHealth\\_R6\\_ES-LA.pdf](https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2020/07/HPH-15179_SchoolsForHealth_R6_ES-LA.pdf)

2.- Guía en 5 pasos para medir la tasa de renovación de aire en aulas. Escuela T.H.Chan de Salud Pública de Harvard.

[https://drive.google.com/file/d/1\\_5OPAmoiSB0oaa4vVUctYy4qVrR1r5q/view](https://drive.google.com/file/d/1_5OPAmoiSB0oaa4vVUctYy4qVrR1r5q/view)

3.- Estándar Americano ASHRAE 62.1 Ventilación para una calidad aceptable de aire interior.

[https://drive.google.com/file/d/1\\_-5OPAmoiSB0oaa4vVUctYy4qVrR1r5q/view](https://drive.google.com/file/d/1_-5OPAmoiSB0oaa4vVUctYy4qVrR1r5q/view)

4.- Guía de Ventilación en las Aulas CSIC-IDAEA-Mesura última edición Noviembre 2020

[https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/guia\\_para\\_ventilacion\\_en\\_aulas\\_csic.pdf](https://www.ciencia.gob.es/stfls/MICINN/Ministerio/FICHEROS/guia_para_ventilacion_en_aulas_csic.pdf)

5.- Ventilación como forma de evitar la propagación del coronavirus SARS-CoV-2 en un centro educativo. Javier Pérez Soriano. IES Poetas Andaluces (Benalmádena)

[https://drive.google.com/file/d/1gVO9LcVNjF\\_yaaMbcSSJk88C6Q- Cltv/view](https://drive.google.com/file/d/1gVO9LcVNjF_yaaMbcSSJk88C6Q- Cltv/view)

6.- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE). Real Decreto 1027/2007 del 20 de Julio

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820>

7.- Evaluación del Riesgo de Transmisión del SARS-CoV-2 mediante aerosoles. Medidas de prevención y recomendaciones. Gobierno de España. Ministerio de Sanidad.

[https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19\\_Aerosoles.pdf](https://www.mscbs.gob.es/profesionales/saludPublica/ccayes/alertasActual/nCov/documentos/COVID19_Aerosoles.pdf)

8.- Guía de ventilación del Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC). (Especial importancia para el flujo de aire y ventilación en pasillos)

<https://drive.google.com/file/d/1VG03H9UPqsTBBw3qNKNmZ2PtUbfSsc6f/view>

9.- Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)

<http://www.aemet.es/es/el tiempo/prediccion/municipios/puebla-de-almoradiel-la-id45135>

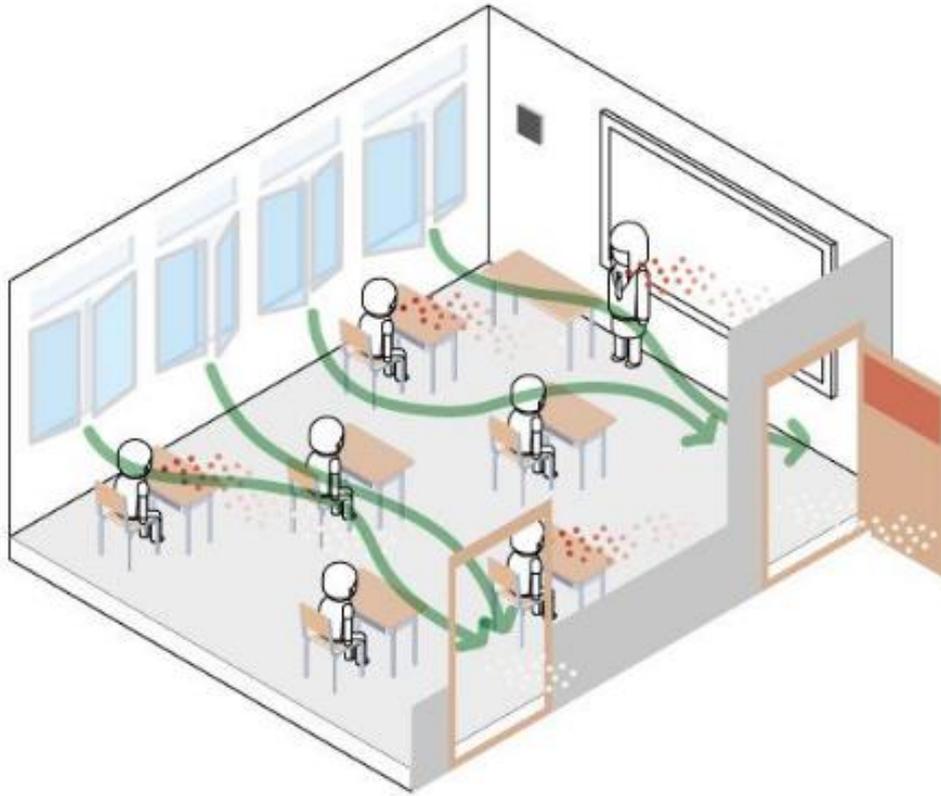
10.- Plataforma aireamos.org <https://www.aireamos.org/>

11.- Universidad de Castilla La Mancha. Semana de la Ciencia 2020

<https://www.uclm.es/misiones/investigacion/uclmdivulga/semana-ciencia>

## ANEXO: GUÍA RÁPIDA DE VENTILACIÓN DEL INSTITUTO

# Guía Rápida de Ventilación



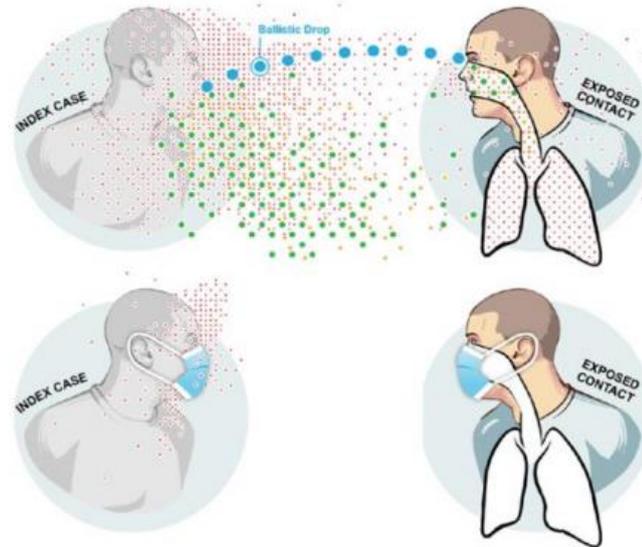
## IES Aldonza Lorenzo (Puebla de Almoradiel)



Actualizada a 30 de Enero de 2021

## 1.- ¿POR QUÉ VENTILAR?

- Cada vez estamos más cerca de pensar que la principal vía de contagio del coronavirus (SARS-CoV-2) son los AEROSOLES. Los aerosoles son partículas muy pequeñas del virus, que pueden quedarse flotando en ambientes cerrados durante bastante tiempo.
- En los ambientes cerrados, la concentración de AEROSOLES es mayor, por eso la mayor tasa de contagios se produce en ambientes cerrados, especialmente cuando no se usa mascarilla.
- SI VENTILAMOS, disminuimos la posible concentración de aerosoles en un ambiente cerrado y por lo tanto, de posibles virus que pudieran estar en el ambiente, con lo cual tendremos menos probabilidad de contagiarnos.



En la figura puedes ver el efecto de las distintas partículas, desde las más pesadas (en azul) hasta los aerosoles, dibujados en rojo. Fíjate como protegen las mascarillas, aunque no evitan completamente la emisión de aerosoles

## 2.- ¿POR QUÉ MEDIR EL CO<sub>2</sub>?

- El dióxido de carbono o CO<sub>2</sub> es una molécula mucho más pequeña que el coronavirus, que expulsamos con el aire exhalado. Si estamos en reposo, emitimos menos CO<sub>2</sub> que si estamos en movimiento o haciendo una actividad física, por ejemplo.
- En ambientes cargados, donde hay mucha presencia de aerosoles, la concentración de CO<sub>2</sub> será claramente más alta que en ambientes bien ventilados.
- Por lo tanto, el CO<sub>2</sub> Es un indicador indirecto de lo bien o mal ventilado que está una determinada habitación. En el exterior, la concentración habitual de CO<sub>2</sub> es de unas 400ppm (partes por millón).
- Consideramos un ambiente “cargado” o con riesgo de tener gran concentración de aerosoles, cuando la concentración de CO<sub>2</sub> **supera las 700 ppm**. Sin embargo, en nuestras casas, podemos superar la mayoría del tiempo las 1000 ppm fácilmente (Fíjate que la mayoría de contagios ocurren en este ambiente)



### 3.- ¿SI HAY MUCHA CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub> ME PUEDO CONTAGIAR?

**NO.** Si hay mucha concentración de CO<sub>2</sub>, *tendrás más riesgo* de respirar aerosoles de otra persona, pero para contagiarte se deberán cumplir las condiciones siguientes:

- Debe haber al menos una persona contagiada, con lo cual podría emitir partículas o aerosoles del virus que podrían quedarse en el ambiente.
- Tanto el emisor como el posible receptor, no llevan mascarilla o bien hacen un uso deficiente de ella.

### 4.- ¿TIENE SENTIDO MEDIR EL CO<sub>2</sub> EN UNA CLASE?

**SI,** Tiene mucho sentido, por las siguientes razones:

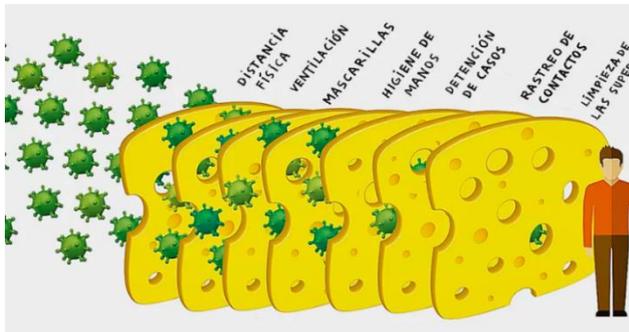
- Los jóvenes son el colectivo donde hay un mayor número de **asintomáticos**, con lo cual nos podríamos encontrar con algunos alumnos que no saben que tienen el virus al no tener síntomas.
- **El uso de las mascarillas no siempre es correcto** por parte de mucha gente. Pensemos en mascarillas “despeluchadas” o usadas muchas más horas de las que deben usarse

Por lo tanto, añadir una barrera más a la cadena de seguridad puede ser necesario.

### 5.- EL NIVEL DE CO<sub>2</sub> COMO BARRERA CERO.

Podríamos considerar al control del nivel de CO<sub>2</sub> o la ventilación buena de un aula **como una barrera “0”** o barrera previa para evitar contagiarnos. Tendríamos así:

- **Barrera “0”:** Conseguir buena ventilación (por debajo de 600/700ppm de CO<sub>2</sub>)
- Barrera 1: Uso de la mascarilla adecuado por parte del posible emisor.
- Barrera 2: Uso de la mascarilla adecuado por parte de los posibles receptores de aerosoles.



Se tendrían que romper las tres barreras para producirse un contagio, tal y como ilustra la figura de al lado, que representa el modelo del queso suizo para gestión de riesgos. Un agujero en una loncha (un error) puede ser detenido en una loncha siguiente, haciendo más seguro el proceso.

### 5.- ¿POR QUÉ SE HACE ESTE ESTUDIO DE VENTILACIÓN?

Porque **nos interesa buscar un equilibrio entre buena ventilación y un confort térmico óptimo.** Si abrimos todas las ventanas y generamos mucha corriente, habrá una ventilación excelente, pero no estaremos a gusto en clase. Se trata de tener una ventilación adecuada y que estemos lo más a gusto posible en el aula.

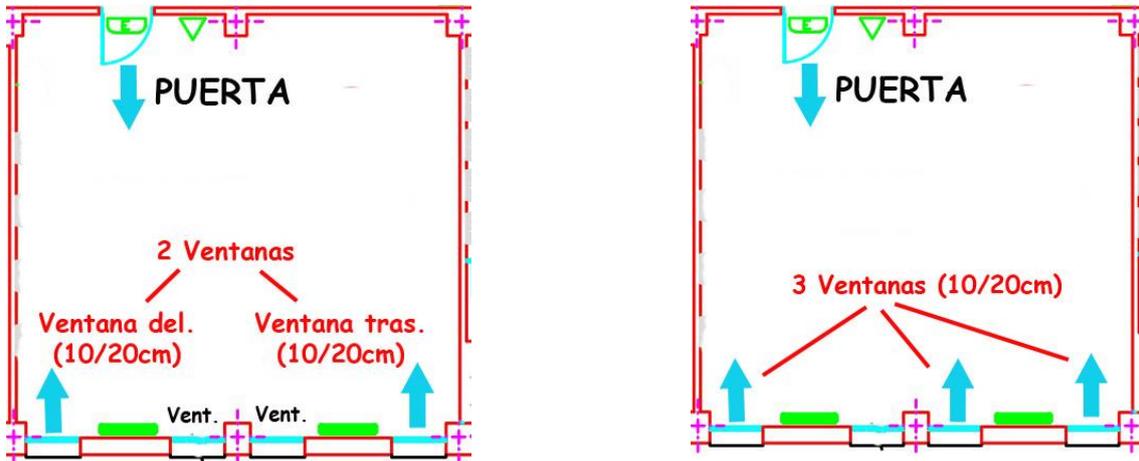


En este combate, el confort térmico nunca puede ganar a la ventilación, pero será un combate reñido.

## 6.- ¿CÓMO VENTILAR UN AULA CORRECTAMENTE?

En un aula **no se debería sobrepasar una concentración de 700ppm de CO<sub>2</sub>**, que hemos fijado como objetivo del centro para considerar que un aula está ventilada de forma aceptable. Para conseguirlo, hay que hacer básicamente dos cosas:

- Dejar la **PUERTA ABIERTA DE LA CLASE SIEMPRE**.
- Abrir un mínimo de dos o tres ventanas no completamente, sino parcialmente. Es recomendable que sean las de atrás, o bien una delante y una detrás para que la ventilación sea cruzada.



## 7.- ENTONCES... ¿QUÉ TENGO QUE HACER?

### COMO PROFESOR/A

- Conocer de forma básica las distintas estrategias que se pueden usar para mantener bien ventilada un aula, según aula, ocupantes y condiciones exteriores (viento, especialmente). Para ello, **echa un vistazo a las conclusiones del estudio**.
- **La PUERTA DE LA CLASE siempre debe estar ABIERTA**. Abrir las ventanas no compensa cerrar la puerta. Baja más la temperatura y además la concentración de CO<sub>2</sub> y aerosoles siempre irá subiendo.
- **Según el aula, usaremos condiciones de ventilación diferentes**, tal y como se refleja en el estudio. Como norma general, la puerta debe estar abierta y además dos o tres ventanas abiertas unos 4 dedos (10cm). Con cartón protector puede ser suficiente si hace frío. Si no hace frío, mejor un palmo (20cm).



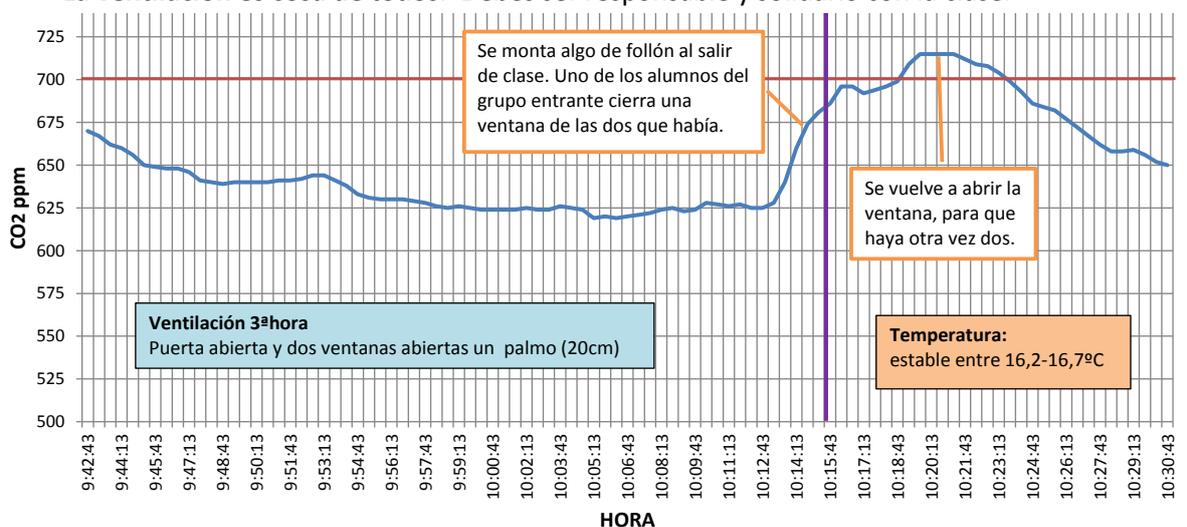
- Si en una determinada actividad cerramos la puerta de clase, debemos intentar que sea en el período de tiempo más corto posible. **Buscar soluciones como entornar la puerta** puede

funcionar. Recuerda que abrir más ventanas no compensa el efecto de la puerta y que irá subiendo la concentración de CO<sub>2</sub> y aerosoles hasta superar fácilmente las 1000ppm.

- **Al salir al RECREO, MANTENER** la ventilación de ventanas y dejar la PUERTA de clase ABIERTA.
- En caso de duda o bien si quieres asegurarte de que tu clase sea segura, puedes hacer de forma personal una medición de los niveles de CO<sub>2</sub>. Es muy fácil. Participa.
- **Vigila que la ventana del pasillo de la primera planta esté algo ABIERTA.** Es muy importante.

## COMO ALUMNO/A

- Mantener las condiciones de ventilación que haya marcado el profesor/a para la hora de clase y **no modificarlas**. Por ejemplo, no cerrar una ventana para no tener frío a escondidas. Es una actitud EGOISTA y peligrosa para el grupo.
- Si no estás a gusto, avisa al profesor/a antes de tocar nada para que te dé una solución.
- **La ventilación es cosa de todos.** Debes ser responsable y solidario con la clase.



**Fíjate en esta gráfica: Un alumn@ cierra una ventana a escondidas porque tiene frío aprovechando el cambio de clase. El nivel de CO<sub>2</sub> de la clase sube por encima del nivel límite de 700ppm hasta que de nuevo el profesor se da cuenta y abre la ventana de nuevo (10cm). El problema hubiera tenido solución con un simple cambio de sitio, ya que encima la clase era espaciosa. EVITA ESA ACTITUD Y no permitas que otras personas la tengan.**

- Debes conocer de forma básica cómo se ventila un aula. Recuerda que la puerta debe estar siempre abierta y casi siempre habrá dos ventanas abiertas un poco. Si no es así, avisa al profesor/a lo antes posible, ya que se trata de la seguridad tuya y la de tus compañer@s.
- **Participa en proponer estrategias** de ventilación adecuadas para tu aula, puedes proponérselo a tus profesores y comprobar con medidas tus propuestas.

## COMO PERSONAL DEL CENTRO EDUCATIVO.

- **Las puertas de entrada del instituto y de salida al patio tienen que estar siempre abiertas**, ya que hacen que el pasillo trabaje como ventilador natural.
- Es recomendable que **al final del pasillo de la primera planta, una de las ventanas tenga una rendija de unos 20cm mínimo** para que el pasillo puede hacer su labor de ventilación.
- **En los recreos las puertas deben estar ABIERTAS.** Aprovechar para una buena ventilación en el pasillo central.
- **Dos ventanas abatibles de los servicios** (tanto de chicos como de chicas) de la primera planta **deben estar abiertas**

## 8) RESUMEN DE CONDICIONES DE VENTILACIÓN SEGÚN AULA Y OCUPACIÓN:

### **COMO REGLA GENERAL, RECUERDA...**

- **PUERTA** de la clase **ABIERTA**.
- **2/3 VENTANAS** abiertas entre 4 dedos (10cm) y un palmo (20cm) con ventilación cruzada.

### **Aulas tipo de 150-160 m<sup>3</sup>: (1º,2º, 3º, 4º ESO, Informática y optativas).**

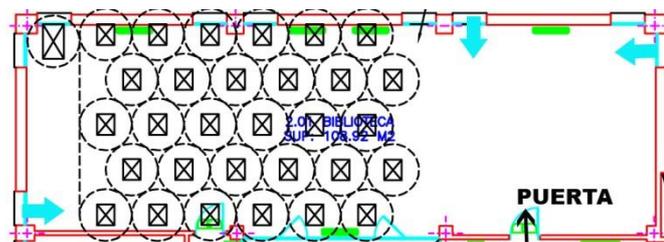
En general, casi todas las aulas de la planta baja y la primera planta.

- **Ocupación inferior a 10 alumn@s:** Puerta abierta y 1 o 2 ventanas abiertas 4 dedos (10cm) con posibilidad de colocar un cartón protector abajo. Si hace buena temperatura, podemos aumentar a un palmo la apertura de ventanas y dejar dos ventanas.
- **Ocupación inferior a 15 alumn@s:** Puerta abierta y 2 ventanas abiertas 4 dedos (10cm), una de ellas la del profesor con posibilidad de colocar un cartón protector abajo. Si no hace frío, aumentar apertura a 1 palmo (20cm).
- **Ocupación igual o superior a 15 alumn@s.** Puerta abierta y tres ventanas abiertas 10cm, una de ellas la del profesor. Posibilidad de colocar un cartón protector abajo. Si hace buena temperatura, aumentar la apertura de las ventanas a 1 palmo(20cm)

*Especial atención a las clases de 3º y 4ºESO, donde se acumulan más los alumnos. En estas clases, siempre que las condiciones exteriores lo permitan, hay que aumentar un poco más la ventilación.(por ejemplo, abrir un palmo, en vez de 4 dedos)*

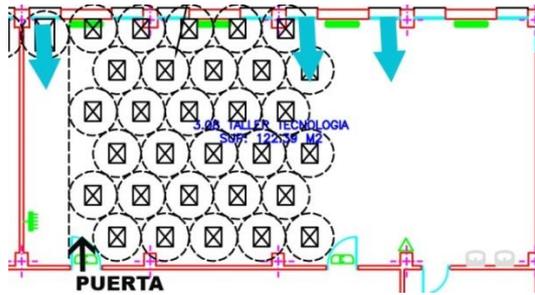
### **Aulas Especiales (Ocupación y volumen mayor)**

- **Biblioteca (2ºBCN)** Dejar puerta abierta y abrir la ventana delantera 10 cm y una o dos ventanas traseras también 10cm. Si hace bueno aumentar la ventilación abriendo 20 cm las ventanas.



*Ventilación en la Biblioteca (Aula 2ºBCN). Las flechas azules muestran las ventanas que se deben abrir.*

- **Aula Plástica 2 (2ºBachHumanidades y CCSS):** Puerta abierta y 2 o 3 ventanas (2 ventanas traseras y del profesor) abiertas 10cm. Si hace bueno, aumentar la ventilación abriendo 20cm las ventanas.
- **Taller Tecnología (1BachCCSS):** Puerta abierta y ventanas, pero no las de atrás del todo, sino donde empiezan las mesas del taller. Total 3 ventanas, 2 atrás y la del profesor, 10cm (4 dedos) Si hace bueno, aumentar la ventilación abriendo un palmo las ventanas o incluso, la otra puerta trasera.



Ventilación en aula de 1ºBHCS (taller). Las flechas azules indican las ventanas que se deben abrir.

- **Aulas de Apoyo y más pequeñas:**

Se pueden mantener las condiciones de ventilación de un aula ordinaria e incluso reducirlas un poco más...Por ejemplo, en el aula de apoyo con pocos alumnos puede ser suficiente tener la puerta abierta e ir abriendo la ventana de vez en cuando.

- **Laboratorios y Aula de Música:**

La ventilación debe ser un poco mayor sobre todo por la actividad. Dejar puerta abierta y tres ventanas abiertas 10cm para que haya ventilación cruzada. Si hace bueno, aumentar la ventilación abriendo 1 palmo las ventanas.

- **Gimnasio:** Seguir con la ventilación actual, ya que es suficiente.

**Pedro Salgado Astillero**

Profesor Física y Química

IES Aldonza Lorenzo.

Puebla de Almoradiel (Toledo)



**LA VENTILACIÓN ES COSA  
DE TODOS  
¡¡TAMBIÉN TUYA!!**

