

Informe 1. Diagnóstico del funcionamiento de la instalación de climatización a partir de datos de temperatura y CO_2 obtenidos de SensoriZAR.

AULAS 2.03, 2.04 y 2.05 del Edificio Betancourt del 26/10/2021 al 27/02/2022.

1. Objetivo de este estudio:
2. Metodología
3. Estudio de las temperaturas
4. Concentración de CO_2 máxima por aulas
5. Conclusiones
6. Próximas líneas de trabajo a llevar a cabo

1. Objetivo de este estudio:

El objetivo de este estudio es analizar **si la temperatura** de las aulas objeto de este estudio (en horario de 8 a 21 h y con el centro abierto), **se encuentra entre los límites establecidos por la normativa vigente**. En caso de que se encuentre fuera de estos límites, se cuantificará el **porcentaje de horas en las que esto no ocurre**. Asimismo se representará gráficamente la **evolución de la temperatura en función del tiempo**, en el periodo a estudiar y las **temperaturas máximas y mínimas** que se alcanzan en horario de 8 a 21 h. Se analizarán también las franjas horarias en las que se alcanzan las temperaturas máximas.

Por otra parte, se representará el **CO_2 máximo** que se alcanza en cada aula por día y se cuantificará el porcentaje de tiempo, en el que las aulas tienen una concentración de CO_2 mayor a 800 ppm.

Finalmente se compararán los resultados obtenidos de las aulas a estudiar.

Ámbito de aplicación y alcance del estudio

Las aulas objeto de este estudio son la **2.03, 2.04 y 2.05**, todas ellas situadas en la planta segunda del edificio **Betancourt**. Se analizarán los datos en el periodo del que se disponen datos que engloba del **26/10/2021 al 27/02/2022**, con la excepción de los días del 8/11/2021 al 17/11/2021 y del 22/02/2022 al 25/02/2022 por incidencias en la recogida de datos, debido en el segundo caso, a un corte en el suministro eléctrico.

La **ubicación** de dichas aulas se puede ver en el siguiente plano (figura 1), obtenido de SIGEUZ:



Figura 1. Planta 2ª Edificio Betancourt. Fuente: SIGEUZ

2. Metodología

A partir de la plataforma **SensoriZAR** se pueden obtener datos en formato csv (datos separados por comas) de **temperatura, CO₂ y humedad**, por días y con una frecuencia de medición de 10 minutos. Para satisfacer los objetivos propuestos, es necesario realizar los siguientes cálculos:

- Temperaturas máximas y mínimas diarias
- Nº de horas en el que las temperaturas están fuera del rango establecido
- Nivel de CO₂ máximo diario
- Nº de horas en el que se superan 800 ppm de CO₂.

A tal efecto, se ha realizado un **programa en Java**, que importando los datos de SensoriZAR, devuelve los cálculos mencionados. Estos datos son posteriormente representados gráficamente en **Excel**.

3. Estudio de las temperaturas

La normativa laboral establece que en modo invierno, el **límite mínimo** de temperatura será de **17 °C**. El límite máximo viene definido por el RD 1826/2009 en la I.T. 3.8.2 *“La temperatura del aire en los recintos calefactados no será superior a 21 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de calor por parte del sistema de calefacción.”*

En modo verano, el límite mínimo viene definido por el RD 1826/2009 en la I.T. 3.8.2 *“La temperatura del aire en los recintos refrigerados no será inferior a 26 °C, cuando para ello se requiera consumo de energía convencional para la generación de calor por parte del sistema de calefacción”*. El **límite máximo**, definido en la normativa laboral, es de **27 °C**.

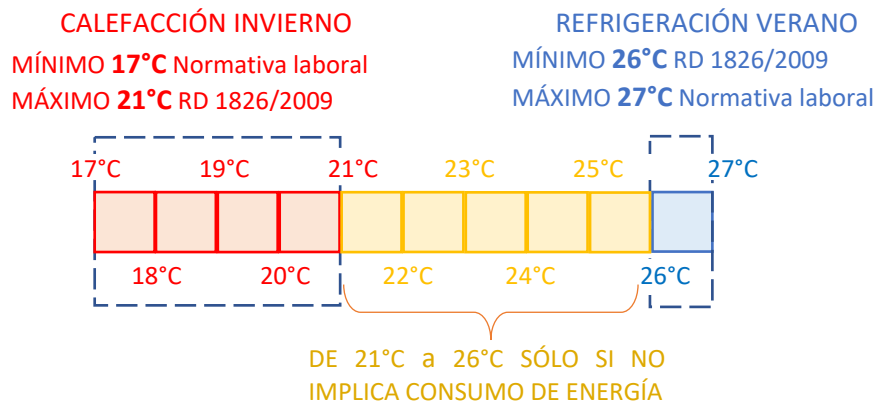


Figura 2. Rango de temperaturas admisibles. Elaboración propia

En primer lugar, se representará la **evolución de las temperaturas** (figuras 3-5-7) en las distintas aulas, indicando con líneas verticales de color azul el comienzo de cada semana.

A continuación, la evolución de las **temperaturas máximas y mínimas** (figuras 4-6-8) en las aulas y el periodo de tiempo anteriormente mencionado. En esta gráfica se señalan los días festivos en color gris y los días en los que no se tienen datos, en color verde.

En todas las gráficas se señalan las temperaturas máxima y mínima de calefacción, 17 °C y 21 °C.

Aula 2.03

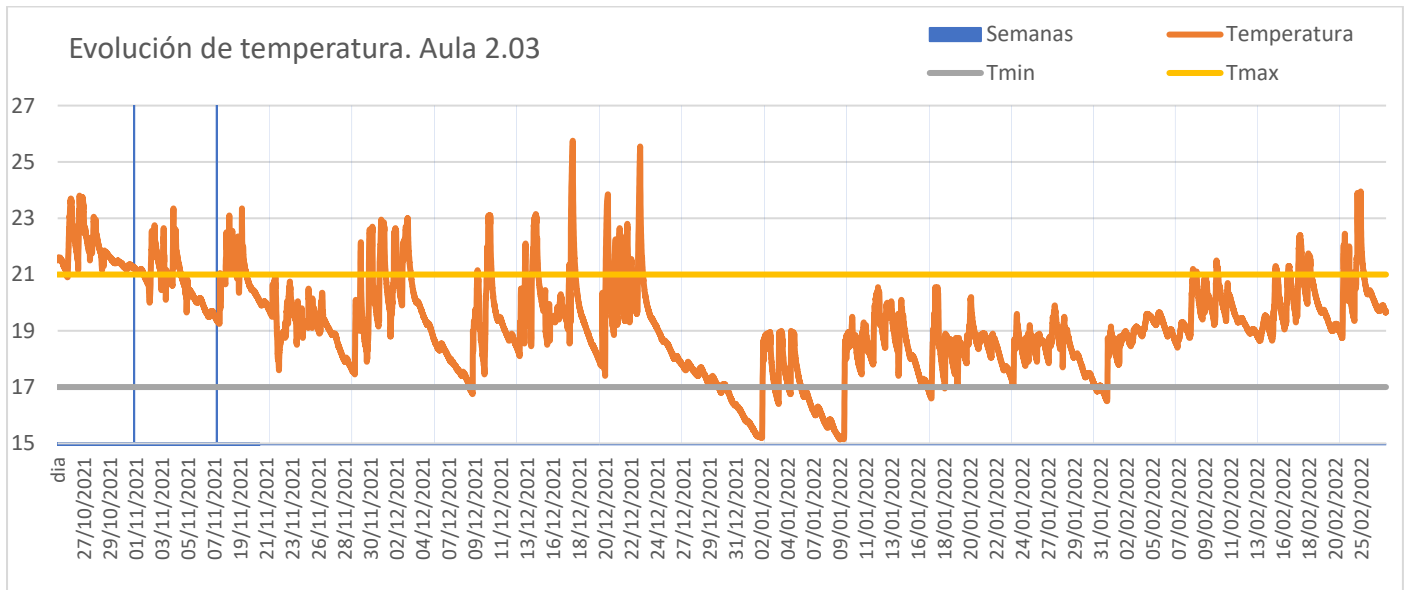


Figura 3. Evolución de la temperatura en el aula 2.03 del 27/10/21 al 27/02/22

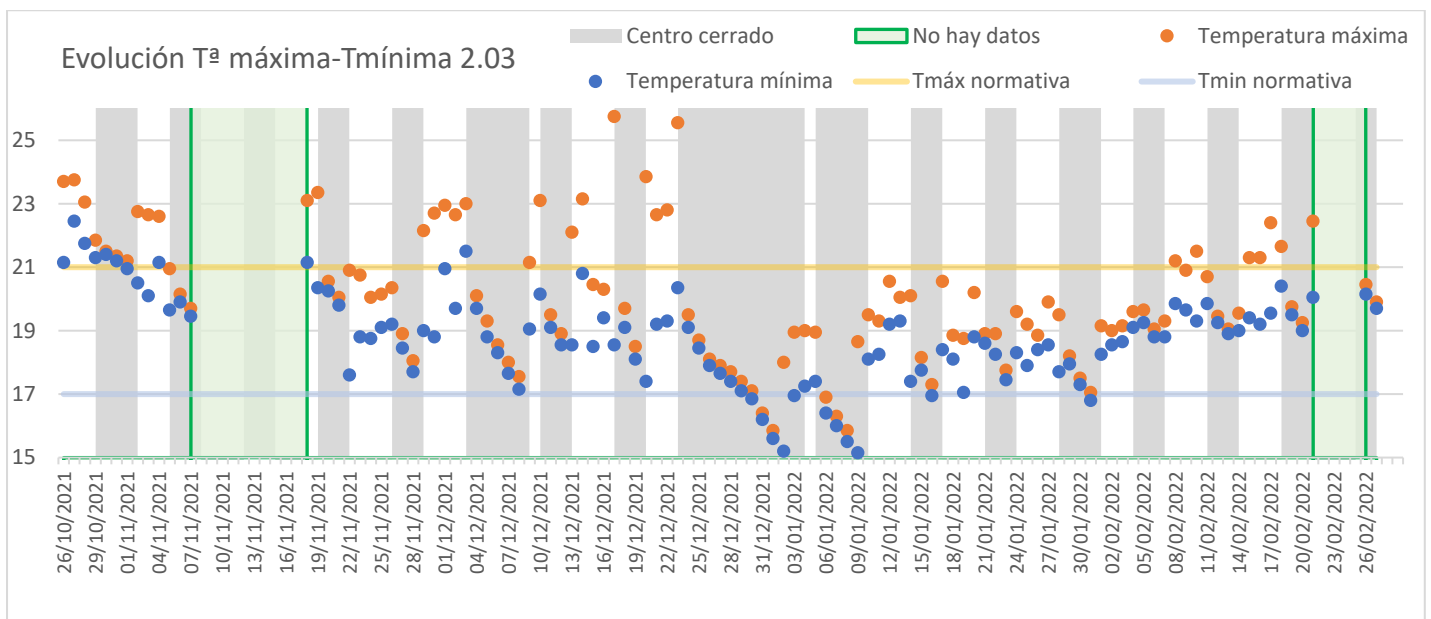


Figura 4. Temperaturas máximas y mínimas diarias en el aula 2.03 del 27/10/21 al 27/02/22

Se observa que el número de días que superan los 21 °C es especialmente alto antes del periodo de Navidad llegando a alcanzar los 26 °C.

Aula 2.04

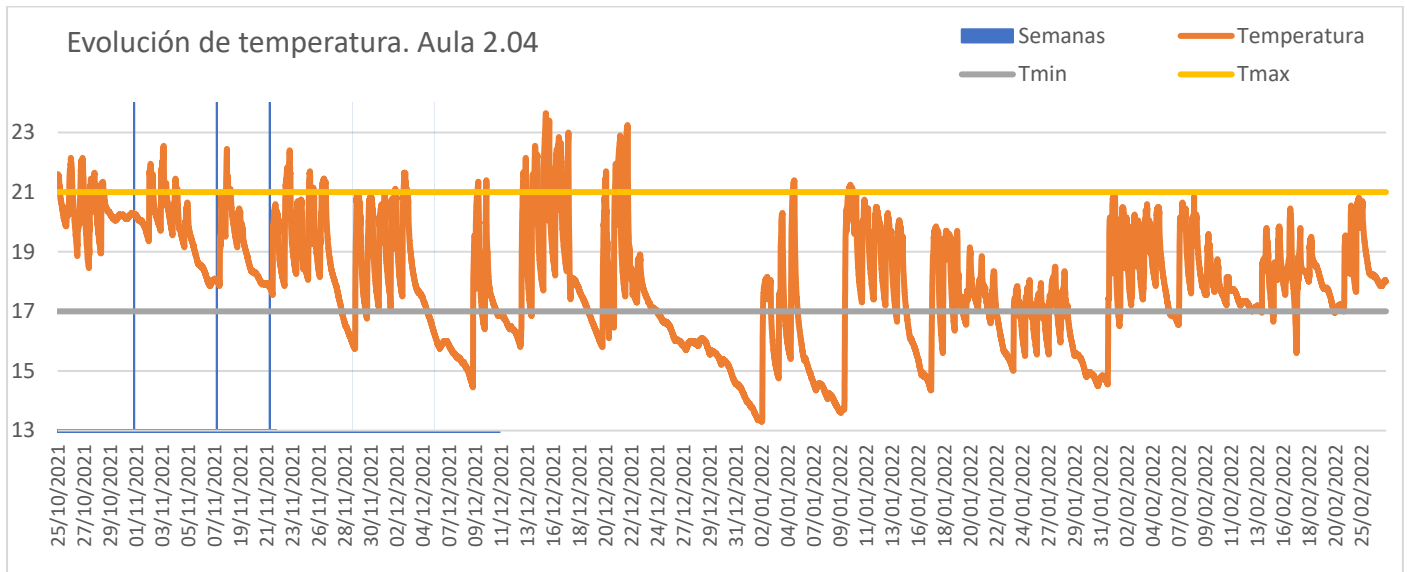


Figura 5. Evolución de la temperatura en el aula 2.04 del 27/10/21 al 27/02/22

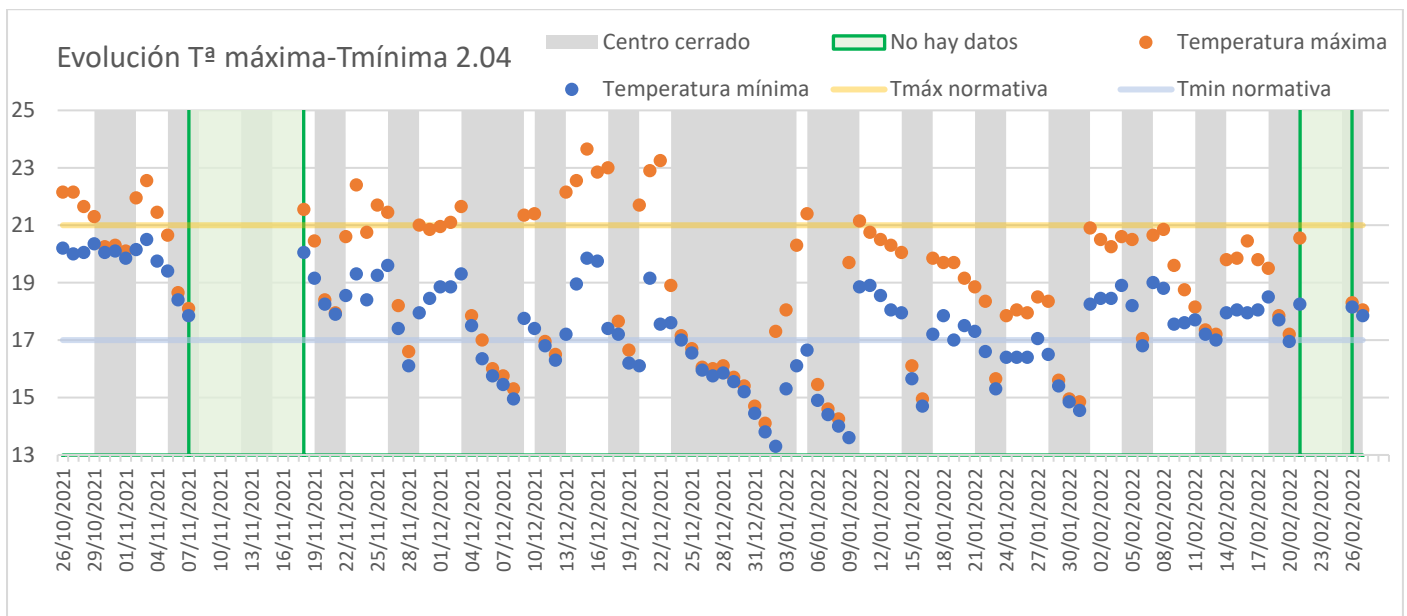


Figura 6. Temperaturas máximas y mínimas diarias en el aula 2.04 del 27/10/21 al 27/02/22

Al igual que en el aula 2.03, el número de días que superan los 21 °C es especialmente alto antes de Navidad, aunque en este caso, dichas temperaturas no alcanzan los 24 °C. También se observa que hay un mayor número de días en los que la temperatura desciende por debajo de los 17 °C, aunque generalmente sucede en días festivos.

Aula 2.05

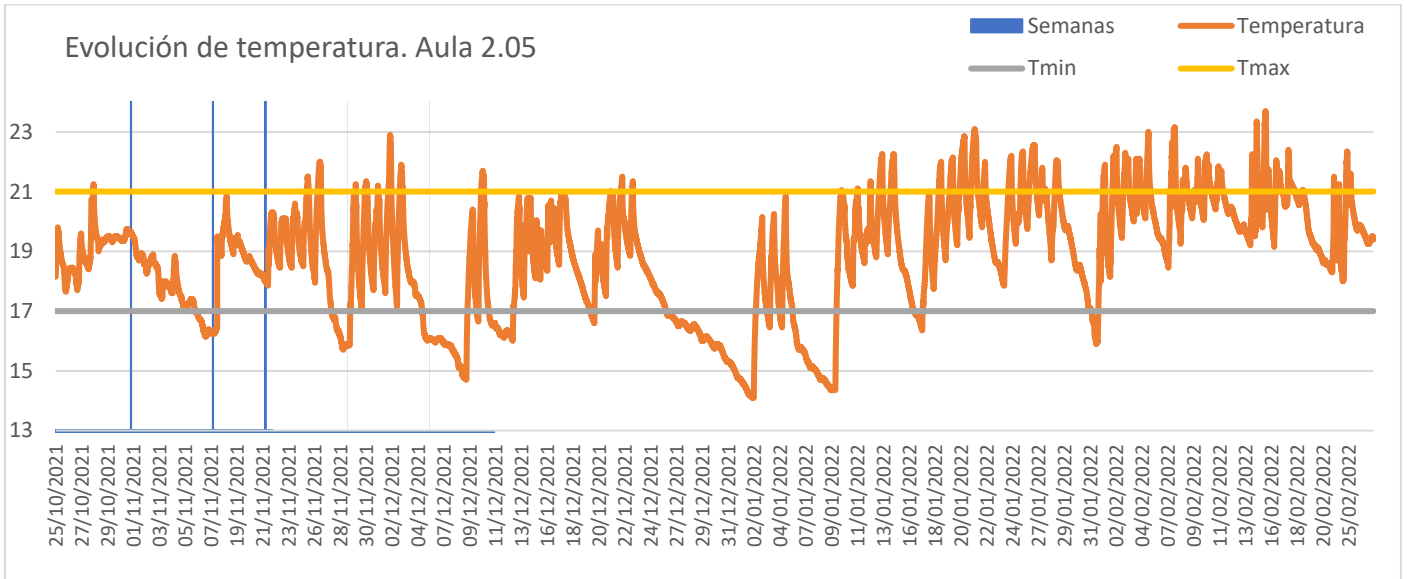


Figura 7. Evolución de la temperatura en el aula 2.05 del 27/10/21 al 27/02/22

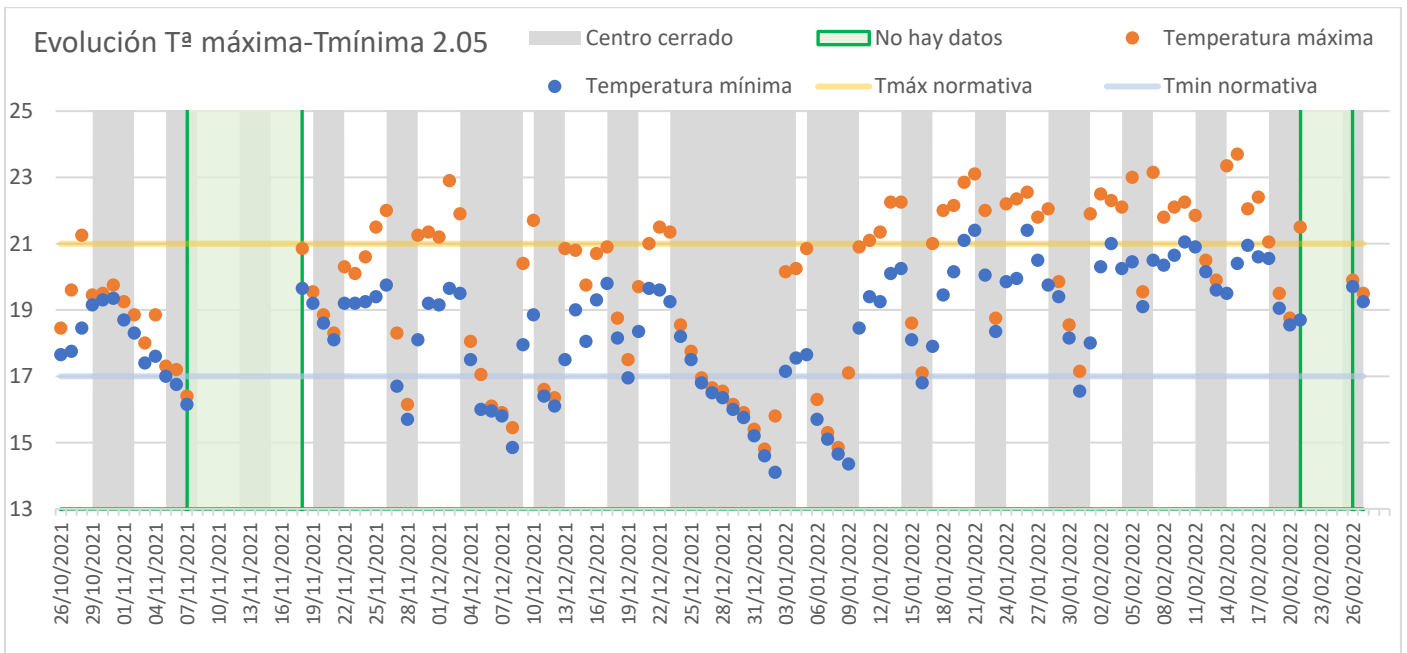


Figura 8. Temperaturas máximas y mínimas diarias en el aula 2.05 del 27/10/21 al 27/02/22

Al contrario que en los dos casos anteriores, a partir de enero hay un mayor número de días con temperaturas por encima de 21 °C. En general, las diferencias que se observan podrían deberse a que es un aula de menor superficie.

Porcentaje de tiempo en el que las temperaturas están fuera del margen establecido

Superar los 21 °C supone un **consumo energético** innecesario, que se podría optimizar con una buena **regulación** de temperatura. Si la temperatura no alcanza los 17°C, supone falta de confort.

Analizando el número de horas (en horario de 8 a 21 h y con el centro abierto) en las que las temperaturas no se adecúan a este margen, se obtienen los siguientes porcentajes. El aula 2.05 es la que mayor número de horas superan los 21 °C. Estas temperaturas más altas pueden ser debidas a cargas positivas (solar, ocupantes, ordenadores, iluminación). Sería deseable que el sistema de regulación fuese capaz de detectar estos aumentos de temperatura y aprovecharlos para disminuir el consumo de las baterías de los fancoils de las aulas.

	% Tiempo T>21 °C:	% Tiempo T<17 °C:
2.03	28,2%	0,8%
2.04	15,7%	5,8%
2.05	31,7%	0,6%

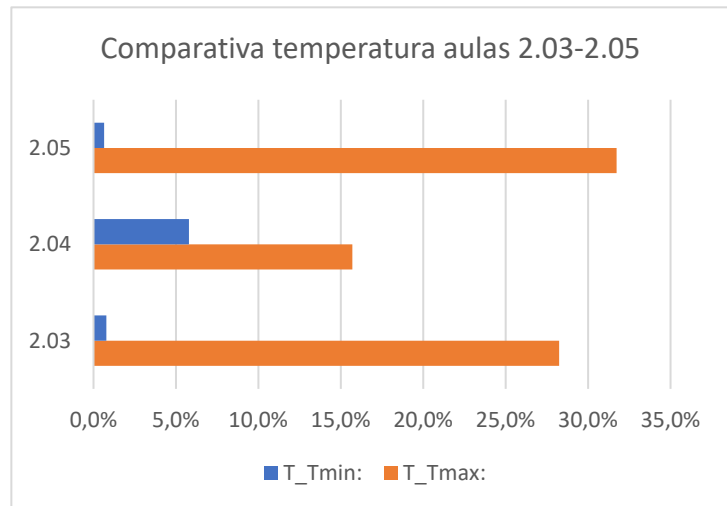


Figura 9. Comparativa temperaturas aulas 2.03 a 2.05

Instante en el que se producen las temperaturas máximas

Otro aspecto que se ha analizado es el **instante del día en el que se producen las temperaturas máximas diarias**. Se observa que en las aulas 2.03 y 2.04 se producen dichas temperaturas por la mañana o al mediodía principalmente. Sin embargo en el aula 2.05 ocurre lo contrario, lo que nos indica que estos máximos podrían estar ligados a la **carga por ocupantes**, es decir, el momento en el que hay una mayor ocupación de las aulas.

	2.03	2.04	2.05
MAÑANA (8-13)	50%	67%	35%
MEDIODÍA (13-15)	18%	6%	10%
TARDE (15-21)	32%	27%	56%

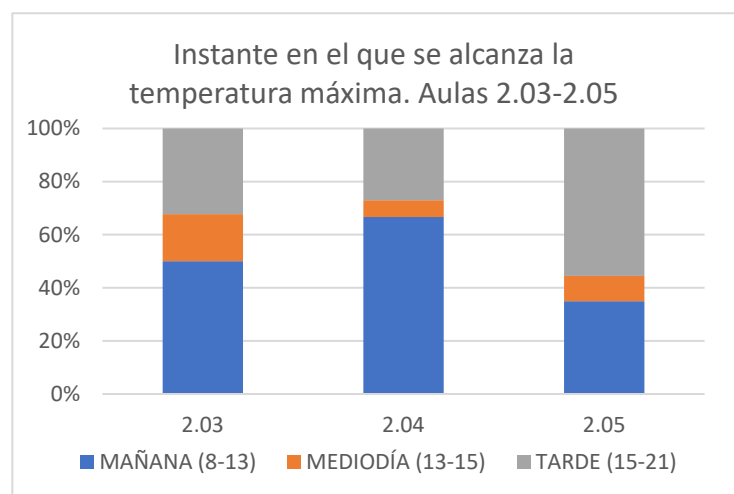


Figura 10. Instante en el que se alcanza la temperatura máxima en aulas 2.03 a 2.05

4. Concentración de CO₂ máxima por aulas

A continuación, se representa gráficamente (figuras 11-12-13) la evolución del CO₂ máximo en las aulas en el periodo de tiempo anteriormente mencionado.

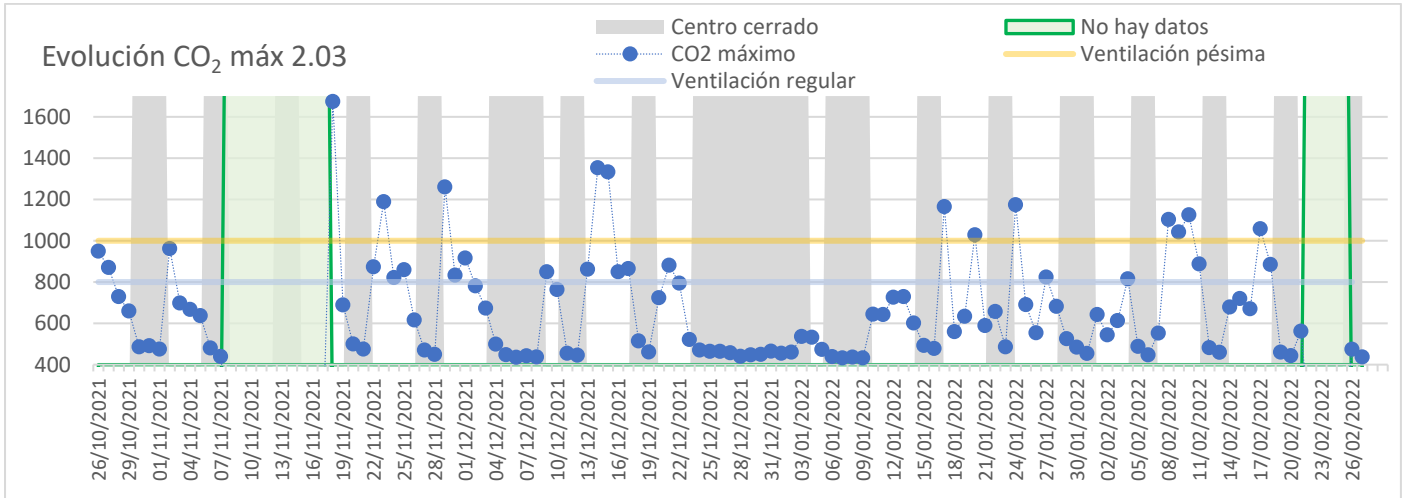


Figura 11. Evolución del CO₂ máximo por días en el aula 2.03 del 27/10/21 al 27/02/22

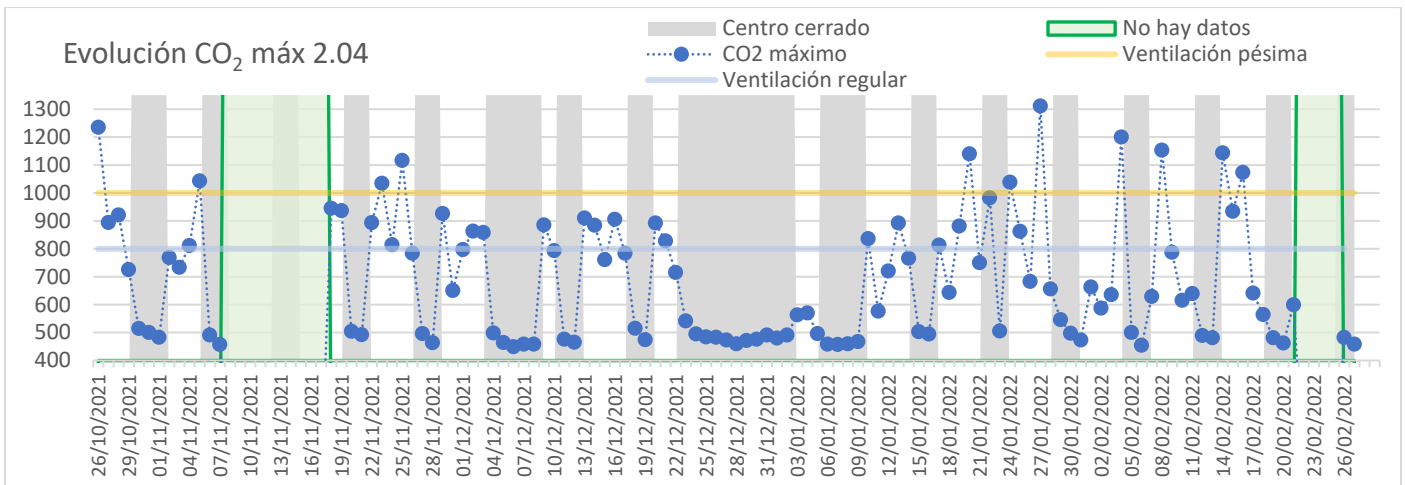


Figura 12. Evolución del CO₂ máximo por días en el aula 2.04 del 27/10/21 al 27/02/22

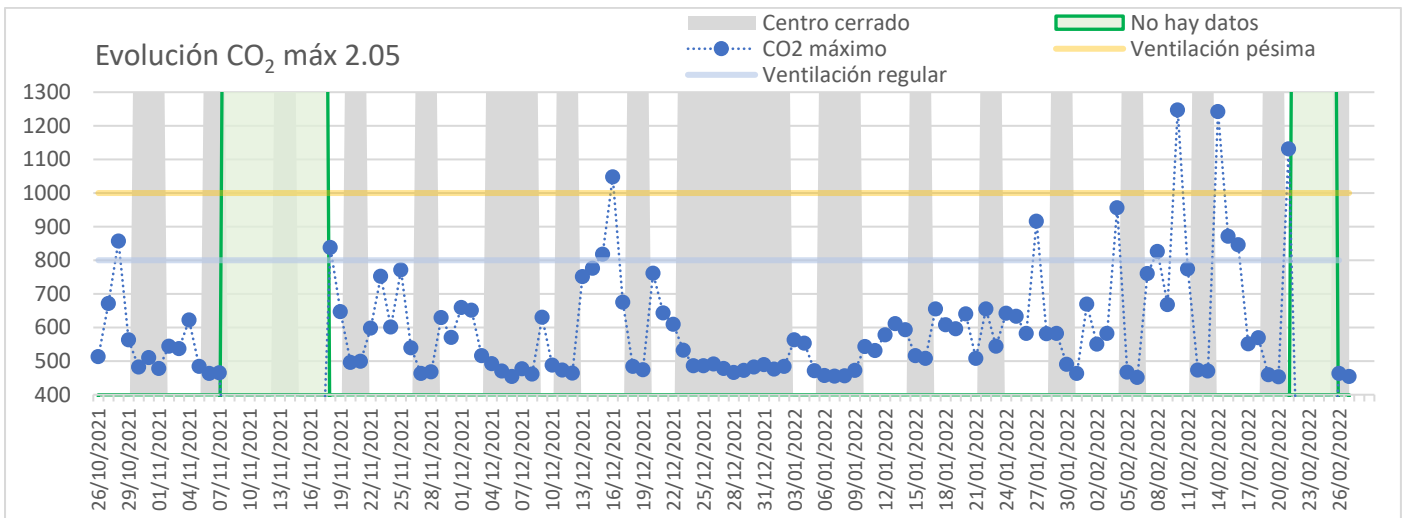


Figura 13. Evolución del CO₂ máximo por días en el aula 2.05 del 27/10/21 al 27/02/22

Porcentaje de tiempo en el que el CO₂ supera las 800 ppm

	% Tiempo CO ₂ >800 ppm
2.03	7,5%
2.04	6,3%
2.05	2,4%

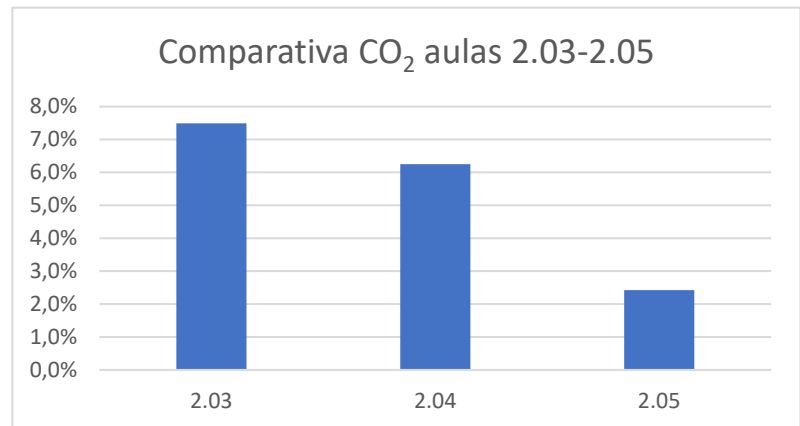


Figura 14. Comparativa CO₂ aulas 2.03 a 2.05

El aula 2.03 es la que está durante más **horas (7,5%)** por encima de los 800 ppm de CO₂. Le sigue el aula 2.04 con un **6,3%** de las **horas**.

En el aula 2.05 con poca frecuencia (**2,4%** de las **horas**) la concentración de CO₂ sube de 800 ppm.

Para establecer conclusiones, sería necesario conocer, entre otros aspectos, la **ocupación de las aulas**. Se va a seguir trabajando en este análisis.

5. Conclusiones

- Entre un **15-30%** de las horas que el edificio está en **horario de apertura** se tienen **temperaturas superiores a 21°C en las aulas analizadas**. Este hecho implica que sería interesante seguir analizando, por ejemplo, en que horarios se producen esas temperaturas para intentar **ajustar** los periodos de **encendido y apagado** de la instalación de climatización. Sería aconsejable hacer mejoras en la **regulación** para evitar esos periodos de temperatura por encima de 21°C. Estudiar porqué hay una concentración de temperaturas interiores más elevadas los días anteriores a las vacaciones de Navidad, **analizar influencia de la climatología**.
- El porcentaje de tiempo **por debajo de 17°C es muy pequeño**, esto es una buena noticia en cuanto a la respuesta del conjunto edificio-instalación-horarios.
- La **metodología** propuesta y el programa realizado se puede implementar para que Sensorizar genere este tipo de informes de manera automática, si se considera interesante.
- En relación a las medidas de CO₂, los resultados se consideran razonablemente buenos. Se va a continuar trabajando en este análisis (siguiente apartado líneas de trabajo nº3)

6. Próximas líneas de trabajo a llevar a cabo

- Verificar sensores** que no miden correctamente. Hecho 17 marzo 2022. 4 sensores en el Ada Byron.
- Video divulgativo** para que los usuarios conozcan Sensorizar y para que sepan que siempre que haya ventilación mecánica (con recuperador de calor) su uso debe ser prioritario. Por tanto, tenemos que abrir ventanas lo mínimo, solamente cuando sea necesario complementar o ayudar a la ventilación mecánica en momentos puntuales.
- Elaboración de **modelos predictivos para temperatura y CO₂** en función de las principales variables de influencia.