

Dióxido de carbono en interiores y COVID-19: Evaluación de la calidad del aire y su relación con la ventilación, temperatura y humedad

Indoor carbon dioxide and COVID-19: Assessment of air quality and its relationship with ventilation, temperature and humidity

Dióxido de carbono em interno e covid-19: avaliação da qualidade do ar e sua relação com ventilação, temperatura e umidade

Fiorela Jimena Quispe Gutierrez¹, Mardesley Ninosky Retis Sanchez²,
Jackson Edgardo Perez Carpio³

Recibido: 22/03/2022

Aceptado: 09/05/2023

Resumen. - La calidad del aire en interiores es un factor crucial para la salud y el bienestar de las personas, ya que el 90% de muchas personas pasan tiempo en ambientes cerrados. El objetivo de esta investigación fue verificar la correlación del dióxido de carbono con diversas variables de estudio. Para obtener las concentraciones, se utilizó un equipo medidor de lectura directa y se realizó el monitoreo durante dos meses (septiembre y octubre de 2021). Se aplicó la prueba de Kolmogorov-Smirnov debido a que los datos no seguían una distribución normal, y se utilizó la correlación de Spearman, los resultados indicaron un ($Rho = -0,584$; Sig. (bilateral) $= 0,00 < p = 0,05$) lo que se demuestra que existe una correlación significativa negativa moderada inversa entre el CO₂ y la ventilación, con respecto al dióxido de carbono y la humedad tiene un coeficiente de Spearman ($Rho = -0,180$; Sig. (bilateral) $= 0,315 < p = 0,05$), lo que hay una correlación negativa muy débil inversa, de la misma manera se observa un coeficiente de Spearman ($Rho = 0,130$; Sig. (bilateral) $= 0,470 < p = 0,05$). En conclusión, se evidenció una correlación negativa moderada entre el dióxido de carbono y la ventilación, lo que significa que, a mayor concentración de dióxido de carbono, menor es la ventilación. Por lo tanto, es importante que en los ambientes de trabajo existan ventanas para asegurar una ventilación adecuada y crear un ambiente saludable que no perjudique la salud de las personas y disminuya el riesgo de contagio del COVID-19.

Palabras clave: Dióxido de carbono; Ventilación; Temperatura; humedad Relativa; prevención; COVID 19.

¹ Bachiller en Ingeniería ambiental. Universidad Peruana Unión (Perú), fiorelaquispe@upeu.edu.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0003-4696-916X>

² Bachiller en Ingeniería ambiental. Universidad Peruana Unión (Perú), mardesleyretis@upeu.edu.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-6579-8293>

³ Bachiller en Ingeniería ambiental. Universidad Peruana Unión (Perú), jacksonperez@upeu.edu.pe, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-6246-0155>

Summary. - Indoor air quality is a crucial factor for people's health and well-being, since 90% of many people spend time indoors. The objective of this research was to verify the correlation of carbon dioxide with various study variables. To obtain the concentrations, a direct reading measuring equipment was used and monitoring was carried out for two months (September and October 2021). The Kolmogorov-Smirnov test was applied because the data did not follow a normal distribution, and Spearman's correlation was used, the results indicated a ($Rho = -0.584$; Sig. (bilateral) = $0.00 < p = 0.05$), which shows that there is a negative moderate inverse significant correlation between CO₂ and ventilation, with respect to carbon dioxide and humidity, has a Spearman coefficient ($Rho = -0.180$; Sig. (bilateral) = $0.315 < p = 0.05$), so there is a very weak inverse negative correlation, in the same way a Spearman coefficient is observed ($Rho = 0.130$; Sig. (bilateral) = $0.470 < p = 0.05$). In conclusion, it is showed a moderate negative correlation between carbon dioxide and ventilation, which means that the higher the concentration of carbon dioxide, the lower the ventilation. Therefore, it is important that windows exist in work environments to ensure adequate ventilation. and create a healthy environment that does not harm people's health and reduces the risk of contagion of COVID-19

Keywords: Carbon dioxide; Ventilation; Temperature; RH; prevention; COVID-19.

Resumo. - A qualidade do ar interior é um fator crucial para a saúde e o bem das pessoas, já que 90% de muitas pessoas passam um tempo em ambientes fechados. O objetivo desta pesquisa foi verificar a correlação do dióxido de carbono com várias variáveis de estudo. Para obter as concentrações, foi utilizado um equipamento de medidor de leitura direto e o monitoramento foi realizado por dois meses (setembro e outubro de 2021). O teste Kolmogorov - Smirnov foi aplicado porque os dados não seguiram uma distribuição normal e a correlação de Spearman foi usada, os resultados indicaram um ($Rho = -0,584$; Sig. (Bilateral) = $0,00 < P = 0,05$) O que é demonstraram que existe uma correlação negativa inversa moderada significativa entre CO₂ e ventilação, em relação ao dióxido de carbono e à umidade, possui um coeficiente de Spearman ($Rho = -0,180$; Sig. (Bilateral) = $0,315 < P = 0,05$), o que é um negativo muito fraco Correlação ao reverso, da mesma maneira que há um coeficiente de Spearman ($Rho = 0,130$; Sig. (Bilateral) = $0,470 < p = 0,05$, em conclusão, evidenciou uma correlação negativa moderada entre dióxido de carbono e ventilação, o que significa que, o Maior a concentração de dióxido de carbono, menos é a ventilação. Portanto, é importante que nos ambientes de trabalho haja janelas para garantir uma ventilação adequada e criar um ambiente saudável que não prejudique a saúde das pessoas e diminui o risco de infecção de covid-19.

Palavras-chave: Dióxido de carbono; Ventilação; Temperatura; umidade relativa; prevenção; COVID-19..

1. Introducción. - Serrano et al., (2020) [1] menciona que la temperatura, humedad relativa y las concentraciones de dióxido de carbono, están directamente asociadas con la presencia de posibles contaminantes del aire, en viviendas multifamiliares. Pulimeno et al., (2020) [2], menciona que la calidad de aire en interiores preocupa a 64 millones de estudiantes en todo Europa porque es un tema olvidado y es clave evaluar cómo influye el dióxido de carbono, ventilación, temperatura, humedad. Santillan (2021) [3], declara que el dióxido de carbono es un indicador que se encuentra presente en los ambientes cerrados debido a que cuando hablamos, cantamos, eliminamos este contaminante por lo cual recomienda que se debe evaluar con la finalidad de prevenir la exposición y contagio del COVID 19. Constantin et al., (2020) [3] afirma que para prevenir la transmisión de COVID-19 a través del aire en ambientes cerrados se debe controlar la temperatura la humedad y debe existir una buena ventilación. Según el Ministerio de Salud, (2021) [4] en la directiva administrativa N° 321 MINSA/DGIESP-2021 de las Disposiciones para la vigilancia, prevención y control de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición a SARS COV2 establece controles para disminuir el riesgo de exposiciones en el centro de trabajo se debe evaluar las características físicas de cada ambiente de trabajo como la ventilación y el dióxido carbono para prevenir y controlar el COVID 19 en el trabajo. Mfarrej et al., (2020) [5], menciona que según las Naciones Unidas existe más de 3.5 millones de muertes prematuras cada año debido contaminación en hogares. Wang et al., (2020) [6], declara que las personas están un 90% de su tiempo en los interiores de los edificios y se debe garantizar la salud de los ocupantes y la productividad laboral. Toro, (2018) [7], menciona que la acumulación del dióxido de carbono en ambientes interiores puede tener consecuencias negativas en la salud de las personas. Los seres humanos emiten CO₂ durante la respiración, y cuando la circulación del aire es insuficiente, la concentración de este contaminante aumenta. Berenguer y Bernal, (2000) [8] investigo que el dióxido de carbono puede tener un impacto negativo en la salud de las personas, especialmente en las vías respiratorias concentraciones altas, el dióxido de carbono puede causar síntomas como dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios. La gravedad de estos síntomas dependerá de la concentración de dióxido de carbono y de la duración de la exposición. El Departamento de salud ambiental de Madrid (2020) [9] los últimos avances científicos con respecto a la propagación del COVID 19 indica que la transmisión es por vía respiratoria al inhalar aire contaminado por coronavirus esto se debe al hablar, toser las gotitas conocidas como aerosoles permanecen flotando en el ambiente de espacios cerrados. Morales, et al., (2010) [10], afirma que la calidad de aire en ambientes interiores es muy importante investigar ya que muchas personas pasan mayor tiempo en interiores como: Edificios públicos (colegios, hospitales, teatros, restaurantes, etc.), oficinas viviendas, muchas personas se quejan por la mala calidad de aire que respiran debido a muchos factores contaminantes presentes en los interiores. Es muy importante realizar los monitoreos de calidad de aire en interiores para tomar medidas de prevención sobre los riesgos en la salud ocupación de las personas y contagio del COVID 19 ya que laboran más de 8 horas en las diferentes áreas de trabajo el propósito de esta investigación es identificar los ambientes enfermos para proponer medidas de mejora de la calidad de aire en interiores.

2. Metodología. - Se ha considerado la metodología propuesta por Li et al., (2016) [11] que trabajo con sensores que registraron datos a tiempo real y considero cinco procedimiento como metodología Base de datos, análisis preliminar, hipótesis. verificación, aplicación.

2.1. Bases de datos. - Los datos provenientes del monitoreo se registraron a tiempo real a través de un equipo de lectura directa donde registraron los datos del dióxido de carbono, humedad, viento y temperatura en el interior por un periodo 8 horas entre semana (lunes a viernes).

2.2. Análisis preliminar. - No existieron datos faltantes por lo que no se realizó impugnación de datos de las variables de estudio. Para visualizar los datos se utilizó gráficos y líneas de barras para visualizar y comprender mejor el comportamiento de las variables de estudio.

2.3. Hipótesis. - Se ha planteado la hipótesis de la correlación dióxido de carbono en interiores y COVID-19 y su relación con la ventilación, temperatura y humedad.

2.4. Verificación. - La hipótesis se analizó estadísticamente la normalidad de los datos se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnova. para explicar el comportamiento de la calidad de aire en interiores del dióxido de carbono con ventilación, temperatura y humedad.

Resultado y Discusión:

Valores de concentración promedio						
		CO ppm	IDA 2*	Ventilación Imp	Humedad %	Temperatura °C
Area1	Alcaldía	602,2	500	4,9	86,0	26,0
Area2	Secretaría General	602,3	500	4,4	85,0	28,5
Area3	Órgano de Control Institucional	605,5	500	4,8	86,0	27,1
Area4	Gerencia Municipal	569,3	500	5,4	86,0	26,1
Area5	Procuraduría Pública Municipal	604,7	500	4,4	86,0	26,9
Area6	Asesoría Jurídica	608,6	500	4,6	85,0	26,8
Area7	Administración y Finanzas	611,8	500	4,6	86,0	26,3
Area8	Tesorería	608,8	500	5,2	85,0	26,2
Area9	Logística y Patrimonio	585,3	500	5,9	86,0	25,8
Area10	Alta Gerencia 1	607,6	500	4,5	86,0	26,6
Area11	Alta Gerencia 2	619,8	500	4,8	86,0	26,8
Area12	División de obras públicas y mantenimiento	597,5	500	5,2	85,0	26,4
Area13	División de maquinarias	609,6	500	4,8	85,0	25,8
Area14	Proyecto ferias	598,0	500	5,3	85,0	26,2
Area15	División de ambiente y agua	598,0	500	4,9	86,0	26,4
Area16	Proyectos yucas	591,2	500	8,0	86,0	26,5
Area17	SEDAP	540,5	500	5,2	86,0	28,8
Area18	Facturación	599,8	500	4,9	85,0	26,1
Area19	ATM	657,8	500	5,0	86,0	26,1
Area20	Oficina de proyectos de cacao	617,7	500	5,0	86,0	26,3
Area21	Oficinas de ZEE	571,3	500	5,1	85,0	25,4
Area22	Proyecto ferias	605,7	500	5,0	86,0	28,1
Area23	Áreas verdes	611,7	500	5,4	86,0	26,3

Area24	Residuos solidos	589,0	500	5,5	99,0	26,5
Area25	Serenazgo	544,9	500	7,1	99,0	26,1
Area26	Unidad de supervisión de obras	604,8	500	4,7	99,0	26,2
Area27	Unidad de liquidación de obras	619,5	500	4,6	99,0	26,4
Area28	Oficina general de supervisión, liquidación y proyectos	595,8	500	4,8	99,0	25,9
Area29	Formulación de Proyecto	607,8	500	5,3	99,0	26,2
Area30	Oficina general de estadística y presupuesto	573,3	500	7,1	99,0	25,0
Area31	Oficina de programas multianual de inversión	606,8	500	4,8	99,0	26,4
Area32	Proyecto plátano	508,8	500	7,0	99,0	29,7
Area33	Proyecto papel	588,6	500	5,5	99,0	26,1

Tabla I. Promedio de parámetros monitoreados en cada área de la Municipalidad

*Concentración de CO2 categoría de calidad de aire interior en función del uso de edificios oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.

En cumplimiento de la Resolución ministerial N° 1275-2021 MINSA y la directiva administrativa 321-MINSA/DGIESP-2021. Se realizó la evaluación del CO2 y la ventilación para prevenir y controlar el COVID 19 y tomar acciones para disminuir el riesgo de exposición en el centro de trabajo en la tabla número 3 se puede observar los resultados de la investigación de los 33 puntos monitoreados, donde se puede observar que la concentración del dióxido de carbono excedió el límite de comparación establecido por la categoría de calidad de aire en interiores IDA 2 con una concentración de 500 ppm de CO2, como indicador de la contaminación generado por los ocupantes de las oficinas, se puede afirmar que la concentración del dióxido de carbono está relacionada directamente con la ventilación y depende de la cantidad de las personas que la ocupan. Por los resultados obtenidos se recomienda mejorar la ventilación en cada ambiente de trabajo. Es preciso indicar que el CO2 nos indica la calidad del aire de los espacios cerrados y nos sirve para comprobar si estamos ventilando de manera adecuada y se pueda previene la exposición y contagio del COVID 19.

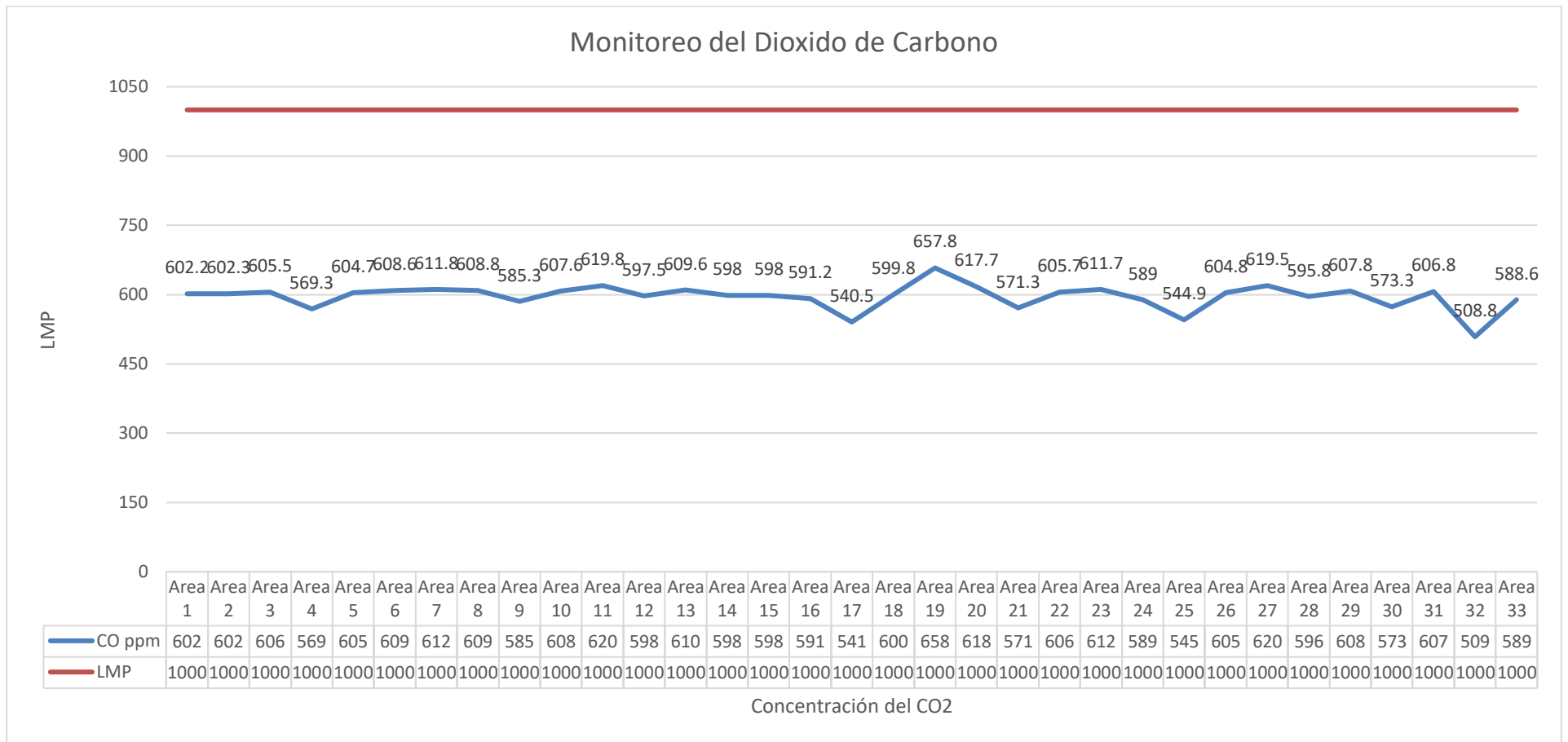


Figura I. Resultado de la concentración del dióxido de carbón en interio

Pruebas de normalidad			
	Kolmogorov-Smirnova		
	Estadístico	gl	Sig.
CO ₂	,196	33	,002
Ventilación	,239	33	,000
Humedad	,420	33	,000
Temperatura	,246	33	,000

Tabla II. Prueba de Normalidad

Se realizó la prueba de normalidad tomando como referencia a Kolmogorov-Smirnova ya que la muestra es mayor igual a 30, se calculó el p valor obteniendo resultados $p < 0.05$ siendo que no cumple la distribución normal en consecuencia se aplicará la prueba no paramétrica de correlación de Spearman para las variables de estudio del dióxido de carbono con ventilación, humedad, temperatura.

Correlaciones						
			Ventilación	Humedad	Temperatura	
Rho de Spearman	CO ₂	Coeficiente de correlación	-,584**	-,180	,130	
		Sig. (bilateral)	,000	,315	,470	
		N	33	33	33	

**La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

Tabla III. Relación del Dióxido de carbono con ventilación, humedad, temperatura

En primer lugar, se encontró una correlación negativa moderada ($Rho = -0,584$) entre el dióxido de carbono y la ventilación. Esto indica que a medida que aumenta el nivel de dióxido de carbono, la ventilación disminuye. Por lo tanto, es importante mantener una adecuada ventilación en los ambientes de trabajo para reducir la concentración de dióxido de carbono y garantizar un entorno saludable. Por otro lado, la correlación entre el dióxido de carbono y la humedad resultó ser muy baja ($Rho = -0,180$). Esto sugiere que no hay una relación significativa entre estas dos variables. Además, la correlación entre el dióxido de carbono y la temperatura también fue muy baja ($Rho = 0,130$), lo que indica que no existe una relación clara entre estas variables, los resultados indican que la única variable que se correlaciona de manera significativa es el dióxido de carbono con la ventilación, mostrando una correlación negativa moderada. Esto significa que a medida que aumenta el nivel de dióxido de carbono, la ventilación disminuye. Por lo tanto, es crucial contar con una adecuada ventilación, como la presencia de ventanas, en los ambientes de trabajo para mantener un ambiente interior saludable y reducir el riesgo de contagio de enfermedades como el COVID-19.

Hemos identificado investigaciones similares a nuestro estudio que proporcionaron resultados relevantes. Por ejemplo, Constantin et al. (2020) [realizaron un estudio en el cual midieron la concentración de dióxido de carbono (CO₂) como indicador del riesgo de contagio de COVID-19. El CO₂ que emitimos al respirar se utilizó como un indicador de la calidad del aire, y se estableció un nivel de referencia de 1000 ppm como umbral para determinar posibles efectos adversos en la salud. Además, se evaluó la calidad del aire en los ambientes de trabajo para comprender la exposición y el nivel de riesgo al que están expuestos los trabajadores.

Según el estudio realizado por Serrano Jiménez et al. (2020), se ha encontrado que las personas pasan más del 80% de su tiempo en interiores. Esta investigación se centró en examinar la relación entre el dióxido de carbono (CO₂) y la ventilación, temperatura y humedad en estos espacios. Los resultados revelaron que niveles de CO₂ superiores a 900 ppm son perjudiciales para la salud de las personas. Además, se encontró una correlación negativa entre el CO₂ y la ventilación, lo que indica que a medida que aumenta la concentración de CO₂, disminuye la calidad de la ventilación. Sin embargo, no se encontró una relación significativa entre el CO₂ y la temperatura o la humedad. En base a estos hallazgos, se concluye que es necesario mejorar la ventilación en los espacios interiores.

Según un estudio realizado por Pulimeno et al. (2020), se estima que, en Europa, aproximadamente 64 millones de personas experimentan efectos negativos en su salud y aprendizaje debido a problemas relacionados con la ventilación inadecuada, temperatura y humedad en las escuelas. Los resultados revelaron que la concentración de dióxido de carbono (CO₂) superó los 1500 ppm, lo que indica una calidad deficiente del aire en estos entornos educativos. De acuerdo con la investigación realizada por Bartyzel et al. (2020), se ha encontrado que la concentración de partículas suspendidas en interiores es un factor que perjudica la calidad del aire y, además, existe otro contaminante que impacta negativamente la calidad del aire en espacios cerrados: el dióxido de carbono (CO₂).

En un estudio llevado a cabo por Ferreira & Cardoso (2014) para determinar la calidad del aire en interiores, se evaluó la calidad del aire y se realizó una encuesta de percepción. Los resultados revelaron concentraciones de dióxido de carbono por encima de los valores recomendados, lo que implicó un riesgo considerable para la salud de los estudiantes y la aparición de síntomas de enfermedades respiratorias. Como conclusión, se enfatizó la necesidad de mejorar la ventilación en dichos espacios

3. Conclusiones. -

La concentración de dióxido de carbono (CO₂) en el aire que respiramos es un indicador importante de la calidad del aire y está relacionado con el riesgo de contagio de COVID-19, y los resultados lo confirma que si existe una correlación y es importante de evaluar la calidad del aire en los ambientes de trabajo para comprender la exposición y el nivel de riesgo al que están expuestos los trabajadores. Estos hallazgos sugieren la necesidad de mantener una buena ventilación y controlar los niveles de CO₂ en los espacios interiores para garantizar un entorno saludable.

La calidad del aire en interiores es un factor crucial para la salud de las personas principalmente para evitar el contagio del COVID 19, y que la concentración de dióxido de carbono (CO₂) y la ventilación inadecuada son aspectos importantes a considerar y mejorar en los espacios cerrados.

5. Referencias

- [1] Agarwal, N., Meena, C. S., Raj, B. P., Saini, L., Kumar, A., Gopalakrishnan, N., Kumar, A., Balam, N. B., Alam, T., Kapoor, N. R., & Aggarwal, V. (2021). Indoor air quality improvement in COVID-19 pandemic: Review. *Sustainable Cities and Society*, 70 (April), 102942. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102942>
- [2] Bartyzel, J., Zieba, D., Necki, J., & Zimnoch, M. (2020). Assessment of ventilation efficiency in school classrooms based on indoor-outdoor particulate matter and carbon dioxide measurements. *Sustainability (Switzerland)*, 12(14), 1–9. <https://doi.org/10.3390/su12145600>
- [3] Bazant, M. Z., Kodio, O., Cohen, A. E., Khan, K., Gu, Z., & Bush, J. W. M. (2021). Monitoring carbon dioxide to quantify the risk of indoor airborne transmission of COVID-19. *Flow*, 1, 1–20. Disponible en: <https://doi.org/10.1017/flo.2021.10>
- [4] Berenguer, & Bernal. (2000). NTP 549 : El dióxido de carbono en la evaluación de la calidad del aire interior. In Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (pp. 1–9). http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/501a60/0/ntp_549.pdf
- [5] Constantin, J. G., Quici, N., Lichtig, P., & Espada, R. (2020). Transmisión de SARS - CoV - 2 por vía aérea (inhalación de aerosoles). Medidas de reducción de exposición . December. Disponible en: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24185.90728>
- [6] Departamento de salud ambiental de Madrid. (2020). Medición de la concentración de CO2 como indicador de una ventilación adecuada de edificios y locales . COVID19. Madrid Salud, Octubre, 6. Disponible en: https://madridsalud.es/wp-content/uploads/2020/11/InfSAM33-2020Ventilacion_interio_como_medida_preventivaCOVID19.pdf
- [7] Ferreira, A. M. da C., & Cardoso, M. (2014). Indoor air quality and health in schools. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, 40(3), 259–268. <https://doi.org/10.1590/s1806-37132014000300009>
- [8] Guijarro Miragaya, P., Estay Leal, T., Patrón Saade, L., & Tendero Caballero, R. (2021). The CO2 assessment in a school classroom for an optimal natural ventilation strategy = The CO2 assessment in a school classroom for an optimal natural ventilation strategy. *Building & Management*, 5(3), 29. <https://doi.org/10.20868/bma.2021.3.4712>
- [9] Ha, W., Zabarsky, T. F., Eckstein, E. C., Alhmidi, H., Jencson, A. L., Cadnum, J. L., & Donskey, C. J. (2022). Use of carbon dioxide measurements to assess ventilation in an acute care hospital. *American Journal of Infection Control*, 50(2), 229–232. <https://doi.org/10.1016/j.ajic.2021.11.017>
- [10] Hernández. (2010). Metodología de la Investigación (McGRAW-HILL (ed.); Sexta Edic). https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=metodologia+de+la+investigacion++sampieri&btnG=
- [11] Jiménez. (2021). Guía De Referencia Covid:Control de Contagio de COVID 19 en espacios interiores compartidos (p. 36). Disponible en: <http://www.zaragoza.es/contenidos/coronavirus/guia-referencia-covid.pdf>
- [12] Laurent, M. R., & Frans, J. (2022). Monitors to improve indoor air carbon dioxide concentrations in the hospital: A randomized crossover trial. *Science of the Total Environment*, 806. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151349>
- [13] Mfarrej, F., Qafisheh, N., & Bahloul, M. (2020). Investigation of Indoor Air Quality inside Houses From UAE. *Air, Soil and Water Research*, 13, 5–8. Disponible en: <https://doi.org/10.1177/1178622120928912>
- [14] Ministerio de Salud. (2021). Disposiciones para la vigilancia,prevención y controlde la salud de los trabajadores con riesgo de exposición a SARS COV2 (Directiva Administrativa N° 321-MINSA/DGIESP-2021; p. 38). Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas->

[legales/2513071-1275-2021-minsa](#)

[15] Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2020). Notificaciones de accidentes de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales. In Boletín Notificaciones enero 2021. Disponible en: <https://elcomercio.pe/economia/peru/peru-segundo-pais-mayor-incidencia-muertes-laborales-latinoamerica-436169>

[16] Lazovic, I., Stevanovic, Z., Jovasevic-Stojanovic, M., Zivkovic, M., & Banjac, M. (2016). Impact of CO₂ concentration on indoor air quality and correlation with relative humidity and indoor air temperature in school buildings in Serbia. *Thermal Science*, 20(suppl. 1), 297–307. Disponible en: <https://doi.org/10.2298/tsci1508311731>

[17] Ley 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo.pdf, 13 (2011). Disponible en: <https://www.sunafil.gob.pe/seguridad-y-salud-en-el-trabajo.html#i-marco-legal-2>

[18] Li, H., Fan, H., & Mao, F. (2016). A visualization approach to air pollution data exploration-A case study of air quality index (PM_{2.5}) in Beijing, China. *Atmosphere*, 7(3). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/atmos7030035>

[19] Morales, I. M., Acevedo., V. B., & Nieto, A. G. (2021). Calidad del aire interior (BOCM (ed.); Primera, d). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Disponible en: <http://ladep.es/ficheros/documentos/44.pdf>

[20] Organización Mundial de la Salud. (2017). Entornos laborales saludables Interrelaciones entre Trabajo, Salud y Comunidad. Entornos Laborales Saludables: Fundamentos y Modelo de La OMS :Contextualización, Prácticas y Literatura de Apoyo., 1–121. Disponible en: http://www.who.int/occupational_health/evelyn_hwp_spanish.pdf

[21] Peralta. (2020). Las enfermedades profesionales como uno de los riesgos dentro de la seguridad y salud del trabajo. *Revista de La Abogacía*, 64, 155–175. www.ojs.onbc.cu

[22] Piia, T., Urbane, V., Traumann, A., & Jarvis, M. (2020). The prevention from infection with COVID-19 of students in auditoriums through carbon dioxide measurements—an evidence from Estonian and Latvian high schools. *Safety and Health at Work*, January. Disponible en: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000760944700454>

[23] Pulimeno, M., Piscitelli, P., Colazzo, S., Colao, A., & Miani, A. (2020). Indoor air quality at school and students' performance: Recommendations of the UNESCO Chair on Health Education and Sustainable Development & the Italian Society of Environmental Medicine (SIMA). *Health Promotion Perspectives*, 10(3), 169–174. <https://doi.org/10.34172/hpp.2020.29>

[24] Ruiz. (2021). Sistema de evaluación y control de la renovación de aire para prevenir la transmisión del COVID-19 en aulas [Univesridad de Vigo]. Disponible en: <http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/handle/123456789/448/RuizFontán%2CJesús-Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

[25] Santillan García, A. (2021). Cómo ventilar un espacio cerrado para evitar el contagio por coronavirus (Issue January). Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/350633387>

[26] Serrano Jiménez, A., Lizana, J., Molina Huelva, M., & Barrios Padura, Á. (2020). Indoor environmental quality in social housing with elderly occupants in Spain: Measurement results and retrofit opportunities. *Journal of Building Engineering*, 30(December 2019). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2020.101264>

[27] Toro. (2018). Efectos de la contaminación atmosférica. 1–27. Disponible en: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/efectos-co2/>

[28] Vega. (2020). ¿El trabajo es salud? In Archivos de prevención de riesgos laborales (Vol. 23, Issue 4, pp. 410–414). Disponible en: <https://doi.org/10.12961/april.2020.23.04.01>

[29] Wang, W., Shan, X., Hussain, S. A., Wang, C., & Ji, Y. (2020). Comparison of multi-control strategies for the control of indoor air temperature and co₂ with openmodelica modeling. *Energies*, 13(17). Disponible en: <https://doi.org/10.3390/en13174425>

Nota contribución de los autores:

1. Concepción y diseño del estudio
2. Adquisición de datos
3. Análisis de datos
4. Discusión de los resultados
5. Redacción del manuscrito
6. Aprobación de la versión final del manuscrito

FJQG ha contribuido en: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

MNRS ha contribuido en: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

JEPQ ha contribuido en: 1, 2, 3, 4, 5 y 6.

Nota de aceptación: Este artículo fue aprobado por los editores de la revista Dr. Rafael Sotelo y Mag. Ing. Fernando A. Hernández Goberti.