

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental



Una Institución Adventista

Evaluación del dióxido de carbono de la calidad de aire y su relación con la ventilación, temperatura y humedad en interiores para prevenir contagio del COVID 19

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental

Autor:

Bach. Mardesley Ninosky Retis Sanchez

Bach. Fiorela Jimena Quispe Gutiérrez

Asesor:

Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio

Lima, Abril del 2022

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DE TESIS

Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“EVALUACIÓN DEL DIÓXIDO DE CARBONO DE LA CALIDAD DE AIRE Y SU RELACIÓN CON LA VENTILACIÓN, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN INTERIORES PARA PREVENIR CONTAGIO DEL COVID 19”** constituye la memoria que presenta los Bachiller(es) Mardesley Ninosky Retis Sanchez y Fiorela Jimena Quispe Gutiérrez para obtener el título de Profesional de Ingeniero Ambiental, cuya tesis ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en la ciudad de Lima, a los 12 días del mes de Abril del año 2022.



Jackson Edgardo Perez Carpio

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En Lima, Ñaña, Villa Unión, a los 08 días día(s) del mes de abril del año 2022 siendo las 10:30 horas, se reunieron en modalidad virtual u online sincrónica, bajo la dirección del Señor Presidente del jurado: **Mg. Milda Amparo Cruz Huaranga**, el secretario: **Mg. Joel Hugo Fernández Rojas**, y los demás miembros: **Mg. Iliana Del Carmen Gutiérrez Rodríguez** e **Ing. Orlando Alan Poma Porras**, y el asesor, **Mg. Jackson Edgardo Pérez Carpio** con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulada: "Evaluación del dióxido de carbono de la calidad de aire y su relación con la ventilación, temperatura y humedad en interiores para prevenir contagio del COVID 19 "

de el(los)/la(las) bachiller/es: a) **MARDESLEY NINOSKY RETIS SÁNCHEZ**

.....b) **FIGRELA JIMENA QUISPE GUTIERREZ**

conducente a la obtención del título profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**

(Nombre del Título profesional)

con mención en.....

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (los)/a(la)(las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por el(los)/la(las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado.

Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Candidato (a): **MARDESLEY NINOSKY RETIS SÁNCHEZ**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE


Candidato (b): **FIGRELA JIMENA QUISPE GUTIERREZ**

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literar	Cualitativa	
APROBADO	18	A-	MUY BUENO	SOBRESALIENTE

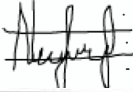
(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al(los)/a(la)(las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

Presidente
Mg. Milda Amparo
Cruz Huaranga



Asesor
Mg. Jackson Edgardo
Pérez Carpio




Candidato/a (a)
Mardesley Ninosky
Retis Sánchez




Miembro
Mg. Iliana del Carmen
Gutiérrez Rodríguez



Secretario
Mg. Joel Hugo
Fernández Rojas



Miembro
Ing. Orlando Alan
Poma Porras



Candidato/a (b)
Fiorela Jimena
Quispe Gutierrez

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

A Dios quien ha sido nuestra guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado con nosotras hasta el día de hoy.

A nuestros padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo nos han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en nosotras el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está con nosotras siempre.

A toda nuestra familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de nosotras una mejor persona y de una u otra forma nos acompañan en todos nuestros sueños y metas.

Finalmente queremos dedicar esta tesis a todas nuestras amistades, por apoyarnos, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias, siempre las llevamos en el corazón.

AGRADECIMIENTO

Queremos expresar nuestra gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre nuestras vidas.

Nuestro profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal de la Municipalidad de Picharí, por confiar en nosotras, abrirnos las puertas y permitirnos realizar todo el proceso investigativo dentro de su establecimiento.

De igual manera nuestros agradecimientos al Programa Nacional de Becas y Crédito Educativo (Beca 18), a la Universidad Peruana Unión, a toda la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, a nuestros docentes en especial a la Mg. Iliana del Carmen Gutierrez Rodriguez y Ing. Orlando Poma Porras, quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que podamos crecer día a día como profesionales, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

Finalmente queremos expresar nuestro más grande y sincero agradecimiento al Mg. Jackson Edgardo Perez Carpio, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de esta investigación.

Evaluación del dióxido de carbono de la calidad de aire y su relación con la ventilación,
temperatura y humedad en interiores para prevenir contagio del COVID 19

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

^{1,2,3}Universidad Peruana Unión, Facultad de Ingeniería y arquitectura, Escuela
profesional de Ingeniería Ambiental, Lima Perú

Resumen:

El 90% de muchas personas pasan tiempo en interiores y se debe garantizar que no se vean afectados en su salud, el objetivo de esta investigación es verificar la correlación del dióxido de carbono con las variables de estudio, se utilizó un equipo medidor de lectura directa para obtener las concentraciones, se realizó el monitoreo por un periodo de dos meses setiembre y octubre del 2021 luego se sacó un promedio de los valores evaluados para utilizar la estadística de Kolmogorov-Smirnova con pruebas no paramétricas de correlación de Spearman para realizar la correlación del dióxido de carbono con la ventilación obteniendo un resultado de correlación negativa moderada $Rho (-0,584)$, muy diferente a la correlación del dióxido de carbono con la humedad y temperatura que registraron valores de correlación negativa muy baja $Rho (-0,180)$ y $Rho (0,130)$, se concluye que existe una correlación del dióxido de carbono con la ventilación de manera negativa moderada lo que significa a mayor dióxido de carbono menor es la ventilación y a mayor ventilación menor es la concentraciones dióxido de carbono es por ello que en los ambientes de trabajo debe existir ventanas en los interiores para que sea un ambiente saludable para no perjudicar la salud de las personas con posibles contagio del COVID 19.

Palabras claves: Dióxido de carbono, Ventilación, Temperatura, humedad Relativa

Abstract

90% of many people spend time indoors and it must be guaranteed that their health is not affected, the objective of this research is to verify the correlation of dioxide with the study variables, a direct reading measuring equipment was used to To obtain the concentrations, the monitoring was carried out for a period of two months, September and October 2021, then an average of the evaluated values was taken to use the Kolmogorov-Smirnova statistic with non-parametric Spearman correlation tests to perform the correlation of the dioxide. of carbon with ventilation, obtaining a result of moderate negative correlation Rho (-0.584), very different from the correlation of carbon dioxide with humidity and temperature that registered very low negative correlation values Rho (-0.180) and Rho (0.130) , it is concluded that there is a correlation of carbon dioxide with ventilation in a moderate negative way, which means the higher the carbon dioxide One lower is the ventilation and higher ventilation is the concentration of carbon dioxide, which is why in work environments there must be windows indoors so that it is a healthy environment so as not to harm the health of people with possible contagion of COVID 19 .

Keywords: Carbon dioxide, Ventilation, Temperature, Relative humidity

Introducción:

Según el (Ministerio de Salud, 2021) en la directiva administrativa N° 321 MINSA/DGIESP-2021 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 y 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.

Santillan Garcia (2021), menciona cuando respiramos exhalamos aerosoles como dióxido de carbono, se mide el CO2 como un indicador de qué proporción del aire de una habitación que ha sido ya respirado por los ocupantes , Por tanto medir el CO2 nos indica la calidad del aire de los espacios cerrados y nos sirve para comprobar si está ventilando de manera adecuada para prevenir la exposición y contagio del COVID 19

Según el Departamento de salud ambiental de Madrid (2020), en 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.

(Piia et al., 2020), menciona que existe un riesgo de infección por COVID 19 en interiores y recomienda verificar la eficiencia de la ventilación y realizar el monitoreo del dióxido de carbono, en su investigación menciona que a concentraciones altas del CO2 existe riesgo de contraer el virus del COVID 19. Artículo publicado en web of science

(Agarwal et al., 2021), declara que la degradación del índice de la calidad de aire está relacionada con el COVID 19, y se debe examinar métodos para mitigar el ataque de este virus. Publicado en Sciencedirect

(Bazant et al., 2021), describe que el COVID 19 se trasmite por la calidad de aire en interiores cuando una persona inhala gotas de aerosol contaminada con este virus, como medidas de seguridad se debe monitorear el dióxido de carbono en la mayoría de los espacios interiores con la finalidad de mitigar enfermedades respiratoria transmitida por el aire. Artículo publicado en web of science

(Laurent & Frans, 2022), investigo que la investigación es muy importante para reducir la transmisión de aerosoles en interiores por coronavirus, los niveles de

concentración del CO₂ en el aire es una medida de evitar el riesgo de transmisión de este virus. Artículo publicado en web of science

(Ha et al., 2022), Investigo que los espacios mal ventilados presentan un riesgo de transmisión aérea del SARV-COV2, mencionan que se debe realizar monitoreos del dióxido de carbono para reducir la transmisión del SARV-COV2 y otros virus respiratorio. Artículo publicado en web of science

Mfarrej et al., (2020), menciona que según las Naciones Unidas existe más de 3.5 millones de muertes prematuras cada año debido contaminación en hogares.

Pulimeno et al., (2020), menciona que la calidad de aire en interiores preocupa a 64 millones de estudiantes en todo Europa, que se ven preocupados tanto en la salud debido a que las aulas suelen estar abarrotados, sobrecalentados y con una mala ventilación lo que significa el aumento del dióxido de carbono que puede causar varios problemas cuando sus concentraciones superan los niveles de comparación, el organismo mundial de la salud, la comisión Europea para la calidad de aire interior recomiendan realizar las evaluaciones para hacer frente a temas relacionados al COVID 19.

Wang et al., (2020), declara que las personas están un 90% de su tiempo en los interiores de los edificios, donde se debe tomar medidas de prevención para garantizar el bienestar de los ocupantes y mejorar la productividad de sus trabajos.

Vega, (2020), describe que todos los días mueren por accidentes peligrosos o enfermedades ocupacional en el trabajo y se estima que más de 2,78 millones de personas mueren al año y anualmente se ocasiona 374 millones de lesiones a nivel mundial relacionadas con el trabajo no mortales.

Peralta, (2020), cito a la Organización Internacional del Trabajo (OIT), que aproximadamente cada año mueren 2,02 millones de personas mueren cada año a causa de enfermedades y accidentes del trabajo recomienda realizar investigaciones para prevenir accidente de trabajo y/o enfermedades profesionales realizando evaluación y control de los factores de riesgos ocupacionales.

Morales, Acevedo., and Nieto (2010), afirma que la calidad de aire en ambientes interiores es muy importante investigar ya que muchos 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 esto se da por la deficiencia de la calidad de aire en espacios cerrados que afecta a muchas personas, han demostrado que las personas se encuentran entre el 58 % y el 78 % de su tiempo en lugares

cerrados es un problema debido a la mala construcción, diseños que perjudica la ventilación.

Según el Organización Mundial de la Salud, (2017), menciona que el ambiente de trabajo es un área física que se puede detectar agentes contaminantes que puede perjudicar la seguridad física y mental, la salud y el bienestar de los trabajadores, muchos riesgos existen en el ambiente de trabajo que pueden ser: químicos, físicos, biológicos, ergonómicos, en este escenario es muy importante velar por la seguridad de los trabajadores con la finalidad de prevenir la exposición a riesgos y los accidentes y enfermedades.

Toro, (2018), considera que el dióxido de carbono tiene efectos y consecuencia en la salud de las personas debido al tiempo que permanecen en los ambientes interiores y asumen la contaminación debido a la inhalación y exhalación de los seres humanos y la mala circulación del aire

Berenguer y Bernal, (2000), menciona que el dióxido de carbono afecta las vías respiratoria llegando a un nivel de asfixiarse por desplazamiento del oxígeno y que a concentraciones altas causa causar dolor de cabeza, mareos, somnolencia y problemas respiratorios, dependiendo de la concentración y de la duración de la exposición .

Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo (2020), reporta que de acuerdo al sistema de información de accidente de trabajo, incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales se registraron 2400 accidentes de trabajo en el mes de enero no mortales.

Según la Ley de seguridad y salud en el trabajo N° 29783 , el Ministerio del trabajo (2011) en el “artículo 56° menciona que la empresa prevé que la exposición a los agentes químicos, concurren en el centro de trabajo y no generen daños en la salud de los trabajadores, de la misma manera en el artículo 57°, afirma que el empleador debe actualizar una vez al año como mínimo la evaluación de riesgos de los trabajadores.

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 vez mejorar la calidad de aire en interiores.

¿Cuál será la concentración del dióxido de carbono de la calidad de aire y su relación con la ventilación, temperatura y humedad en interiores para prevenir contagio del COVID 19?

Materiales y métodos

Materiales

Para obtener los datos de la concentración del dióxido de carbono, temperatura, humedad y ventilaciones se utilizará un equipo de lectura directa modelo ST-502, donde se registró los datos a través de los sensores no dispersivo Infrarrojo (NDIR) a continuación se detalla las especificaciones técnicas del equipo:

Tabla 1. Descripción del medidor del dióxido de carbono

Parámetro	Rango de medición	Exactitud
Sensor de CO ₂	0 ~ 9999 ppm	± 5% de la lectura
Sensor de Humedad Relativa	5% ~ 95%	± 1.0 °C
Sensor de Temperatura	0 a 50 °C	± 5% de la lectura

Métodos

Según Hernández (2010), este estudio es de diseño no experimental porque no manipula deliberadamente las variables de estudio, es de tipo descriptivo transversal correlacional ya que se estudiarán dos variables.

En esta investigación se midió el CO₂ emitido por aerosoles acumulado en el aire interior de las personas que comparten un área de trabajo, como metodología para el monitoreo se usó un equipo con sensores de lectura directa para medir las concentraciones de las variables de estudio.

- HA= Existe relación significativa del dióxido de carbono con la ventilación, temperatura y humedad en interiores para prevenir contagio del COVID 19.
- H₀ (Nula)=No existe relación significativa del dióxido de carbono con la ventilación, temperatura y humedad en interiores para prevenir contagio del COVID 19.

Monitoreo:

Para evaluar la concentración de los parámetros del dióxido de carbono, temperatura, humedad y ventilación en interiores, se utilizó un equipo con sensores de lectura directa, se colocó el equipo a 120 metros de altura sobre el piso y se registró los datos de manera directa a través del monitor de la pantalla del equipo, a continuación se explica los procedimientos descritos en el siguiente diagrama:

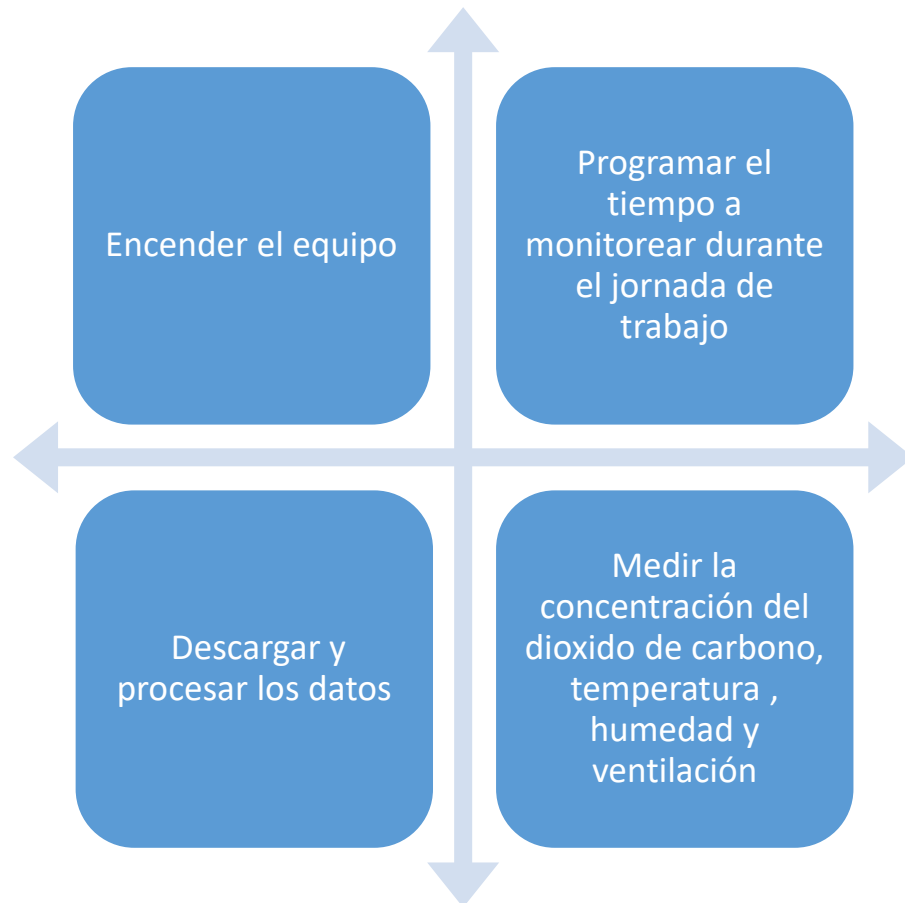


Figura 1. Procedimiento de monitoreo del dióxido de carbono, Temperatura, humedad y ventilación

La investigación se realizó en las oficinas de las diferentes áreas de trabajo de la Municipalidad Distrital Pichari a continuación se detalla las diferentes áreas y cantidad de personal por oficina.

Tabla 2. Área donde se realizó los monitoreos

Área	Oficinas	Cantidad de personas por oficina
Alcaldía	1	2
Secretaría General	1	2
Órgano de Control Institucional	1	2
Gerencia Municipal	1	2
Procuraduría Pública Municipal	1	2
Asesoría Jurídica	1	2
Administración y Finanzas	1	3
Tesorería	1	3
Logística y Patrimonio	1	3
Recursos Humanos	2	8
Gerencia de Infraestructura	2	5
Gerencia de Comunidades Ashánincas y del Ambiente	3	6
Gerencia de Educación y Desarrollo Social	3	6
Gerencia de Desarrollo Agrario y Económico	3	6
Gerencia de Servicios Públicos Municipales	3	5
Supervisión y Liquidación de Proyectos	3	6
Formuladora de Estudios y Proyectos	3	8
Desarrollo Urbano y Rural	2	8

Indicador del Dióxido de carbono para prevenir contagio del COVID 19 en interiores

En el trabajo de investigación de (Ruiz, 2021), menciona que para conocer el riesgo de contagio se procede a medir la concentración de CO₂ en un espacio cerrado, y no debe exceder el valor de 800 ppm (partes por millón) constantemente. Por esta razón, es conveniente medir de forma habitual las concentraciones de CO₂.

(Guijarro Miragaya et al., 2021), declara que según el documento titulado la ventilación como medida preventiva frente al coronavirus SARS-CoV-2 del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo de España, a partir de 800 ppm la

concentración se considera deficiente ante prevención de COVID19 y tomo como indicador de calidad de aire interior de las emisiones de bioefluentes humanos. El Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios establece unos valores de concentración de CO₂ (en partes por millón o ppm).

Tabla 1. Concentración del CO₂ en función a las categorías de calidad de aire en función del uso de los edificios

Categoría	Concentración (ppm)	CO ₂	Catagórica de la calidad de aire en interior
IDA 1	350		Aire de óptima calidad (Hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías)
IDA 2	500		Aire de buena calidad: Oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.
IDA 3	800		Aire de calidad media (Edificios comerciales, cines, teatros, salones de acto, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafetería, bares, salas de fiesta, gimnasio, locales para el deporte (Salvo piscina), y salas de ordenadores)
IDA 4	1200		Aire de calidad baja: No se debe aplicar

Una concentración de CO₂ superior a 800-1000 ppm podría ser un indicador de una ventilación deficiente del local

(Jiménez, 2021), establece una guía de control de contagio de covid 19 en espacios interiores donde formula la pregunta ¿Qué medidas preventivas evitan el contagio? Y la respuesta fue la Calidad del aire interior compartido: Ventilando con aire exterior y midiendo la ventilación y el (CO₂), recomienda utilizar el RITE que es la normativa de referencia en calidad del aire interior. Valores que se menciona en la tabla 3.

Resultado y Discusión:

Tabla 2. Promedio de parámetros monitoreados en cada área de la Municipalidad

			Valores de concentración promedio				
			CO ppm	IDA 2*	Ventilación Imp	Humedad %	Temperatura °C
Area1	Alcaldía	Alcaldía	602,2	500	4,9	86,0	26,0
Area2	Secretaría General	Secretaría General	602,3	500	4,4	85,0	28,5
Area3	Órgano de Control Institucional	Órgano de Control Institucional	605,5	500	4,8	86,0	27,1
Area4	Gerencia Municipal	Gerencia Municipal	569,3	500	5,4	86,0	26,1
Area5	Procuraduría Pública Municipal	Procuraduría Pública Municipal	604,7	500	4,4	86,0	26,9
Area6	Asesoría Jurídica	Asesoría Jurídica	608,6	500	4,6	85,0	26,8
Area7	Administración y Finanzas	Administración y Finanzas	611,8	500	4,6	86,0	26,3
Area8	Tesorería	Tesorería	608,8	500	5,2	85,0	26,2
Area9	Logística y Patrimonio	Logística y Patrimonio	585,3	500	5,9	86,0	25,8
Area10	Recursos Humanos	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	Gerencia de Infraestructura	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	Gerencia de comunidades Ashaninka y del ambiente	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	Gerencia de Educación y Desarrollo Social	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	Gerencia de Desarrollo Agrario y Económico	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	Gerencia de Servicios Públicos Municipales	Areas 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	Supervisión y Liquidación de Proyectos	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	Formuladora de Estudios y Proyectos	Formulación de Proyectos	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	Desarrollo Urbano y Rural	Proyecto platano	508,8	500	7,0	99,0	29,7
Area33		Proyecto papel	588,6	500	5,5	99,0	26,1

*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 prevenir la exposición y contagio del COVID 19.

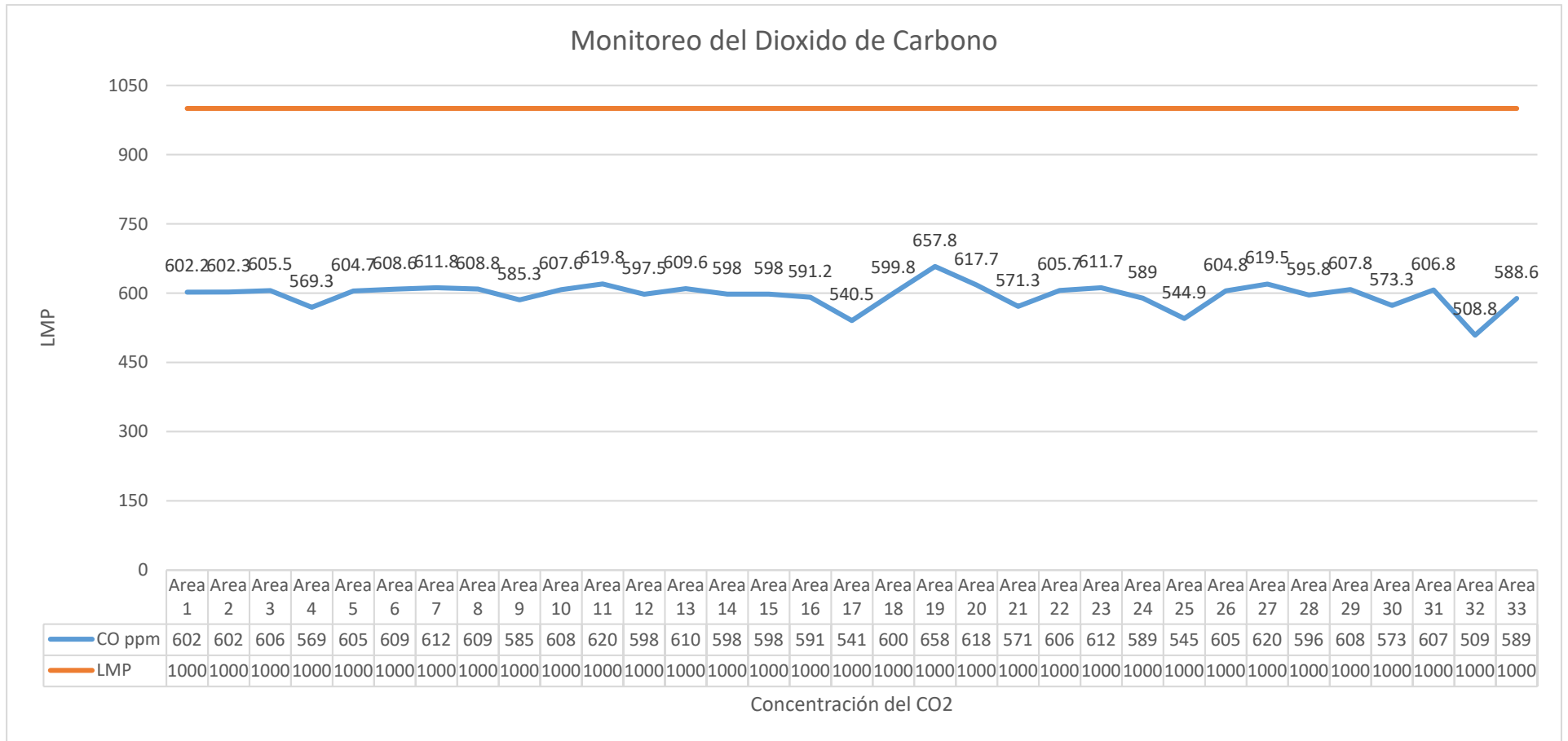


Figura 2. Resultado de la concentración del dióxido de carbón en interiores

Tabla 3. Prueba de Normalidad

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnova			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CO2	,196	33	,002	,856	33	,000
Ventilación	,239	33	,000	,768	33	,000
Humedad	,420	33	,000	,625	33	,000
Temperatura	,246	33	,000	,793	33	,000
a. Corrección de la significación de Lilliefors						

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 pruebas no paramétricas de correlación de Spearman para realizar la correlación del monitoreo del dióxido de carbono con ventilación, humedad, temperatura.

Tabla 4. Relación del Dióxido de carbono con ventilación, humedad, temperatura

Correlaciones						
			CO2	Ventilación	Humedad	Temperatura
Rho de Spearman	CO2	Coefficiente de correlación	1,000	-,584**	-,180	,130
		Sig. (bilateral)	.	,000	,315	,470
		N	33	33	33	33
	Ventilación	Coefficiente de correlación	-,584**	1,000	,238	-,292
		Sig. (bilateral)	,000	.	,182	,099
		N	33	33	33	33
	Humedad	Coefficiente de correlación	-,180	,238	1,000	-,029
		Sig. (bilateral)	,315	,182	.	,875
		N	33	33	33	33
	Temperatura	Coefficiente de correlación	,130	-,292	-,029	1,000
		Sig. (bilateral)	,470	,099	,875	.
		N	33	33	33	33

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

Se ha realizado la evaluación del monitoreo del dióxido de carbono, ventilación, humedad y temperatura durante dos meses setiembre y octubre se sacó el promedio de cada variable de estudio para realizar la correlación entre las variables obteniendo resultados de correlación negativa moderada Rho (-0,584), del dióxido de carbono con la ventilación, el dióxido de carbono con la humedad se obtuvo una correlación negativa muy baja Rho (-0,180) y por último el dióxido de carbono con la temperatura tuvo una correlación negativa muy baja Rho (0,130), como se puede observar la única variable que se correlación es el dióxido de carbono con la ventilación negativa moderada que significa a mayor dióxido de carbono menor es la ventilación y a mayor ventilación menor es la concentraciones dióxido de carbono es por ello que en los ambientes de trabajo debe existir ventanas para que el ambiente en los interiores sea saludable y no perjudique la salud de las personas con posibles contagio del COVID 19.

Existen investigación similar a nuestro estudio donde obtuvieron los siguientes resultados:

(Constantin et al., 2020), midieron la concentración del CO₂ como indicador de riesgo de contagio al COVID 19, ya que al respirar emitimos CO₂, teniendo como referencia si excede el nivel de comparación de 1000 ppm se ven afectados en su salud, de la misma manera se evaluó la calidad del aire en los ambientes para dar a conocer la exposición y nivel de riesgo al que se encuentran expuestos los trabajadores.

(Serrano Jiménez et al., 2020), declara que las personas pasan más del 80% del tiempo en interiores, investigo la relación del dióxido de carbono con la ventilación ,temperatura y humedad. obteniendo resultados del CO₂ mayores a 900 ppm es nocivo para la salud de las personas, existe correlación del CO₂ con la ventilación donde menciona que a mayor concentración de CO₂ menor es la ventilación, lo que no sucede con la temperatura y humedad que no existe relación, se concluye mejorar la ventilación en interiores.

(Pulimeno et al., 2020), menciona que 64 millones en Europa se ven afectado en su salud y en el aprendizaje debido a la mala ventilación, temperatura, humedad relativa el dióxido de carbono excedió la concentración de 1500 ppm, indicando que la calidad de aire es deficiente en las escuelas.

(Bartyzel et al., 2020), la concentración de partículas suspendidos en interiores es un agente que perjudica la salud de la calidad del aire, sin embargo existe otro contaminante que impacta la calidad de aire en interior que es el dióxido de carbono.

(Ferreira & Cardoso, 2014), determino la calidad de aire en interiores, evaluaron la calidad de aire y realizaron una encuesta de percepción, los resultados del dióxido de carbono encontraron concentraciones por encima de los valores recomendados implicando el riesgo considerable en la salud de los estudiantes y síntomas de enfermedades respiratoria, se concluye que se debe mejorar la ventilación.

Conclusiones:

Los monitoreos de los 33 puntos realizados durante los dos meses setiembre y octubre se sacó el promedio de cada variable, los valores obtenidos de la concentración de dióxido de carbono se compararon con la categoría de calidad del aire interior donde excedieron los límites establecidos por IDA 2 con una concentración de 500 ppm de CO₂, como indicador de la contaminación generado por los ocupantes de las oficinas

Según el estudio realizado existe una correlación negativa moderada entre el dióxido de carbono con la ventilación lo que significa a mayor dióxido de carbono menor es la ventilación y a mayor ventilación menor es la concentración dióxido de carbono es por ello que en los ambientes de trabajo debe existir flujo de aire para prevenir y controlar el COVID 19 y tomar acciones para disminuir el riesgo de exposición.

Con respecto a la investigación realizada del dióxido de carbono con la humedad y la temperatura se obtuvo una correlación negativa muy baja lo que significa que no existe una correlación con esta variable estudiadas.

Recomendaciones:

Se recomienda que cada ambiente de trabajo debe contar con buena ventilación en periodos prolongados ya que ayuda a disminuir la concentración del dióxido de carbono de las personas que la ocupan debido a que en el proceso de respiración de cada persona en interiores liberan CO₂ mediante la inhalación y exhalación y empieza a contaminarse en ambientes.

Se recomienda utilizar plantas absorban el dióxido de carbono tales como sansevieria trifasciata, palma de bambú para purificar el aire en interiores.

Referencia Bibliográfica:

- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2021.102942>
- 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>
- 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. <https://doi.org/10.1017/flo.2021.10>
- 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/501a600/ntp_549.pdf
- 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*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24185.90728>
- 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. https://madridsalud.es/wp-content/uploads/2020/11/InfSAM33-2020Ventilacion_interio_como_medida_preventivaCOVID19.pdf
- 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>
- 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>
- 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>
- Hernández. (2010). *Metdologia de la Investigación* (McGRAW-HILL (ed.); Sexta Edic).
https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=metodologia+de+la+investigacion++sampleri&btnG=
- Jiménez. (2021). *Guía De Referencia Covid: Control de Contagio de COVID 19 en espacios interiores compartidos* (p. 36).
<http://www.zaragoza.es/contenidos/coronavirus/guia-referencia-covid.pdf>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.151349>
- Mfarrej, F., Qafisheh, N., & Bahloul, M. (2020). Investigation of Indoor Air Quality inside Houses From UAE. *Air, Soil and Water Research*, 13, 5–8.
<https://doi.org/10.1177/1178622120928912>
- Ministerio de Salud. (2021). *Disposiciones para la vigilancia, prevención y control de la salud de los trabajadores con riesgo de exposición a SARS COV2* (Directiva Administrativa N° 321-MINSA/DGIESP-2021; p. 38).
<https://www.gob.pe/institucion/minsa/normas-legales/2513071-1275-2021-minsa>
- Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo. (2020). Notificaciones de accidentes de trabajo , incidentes peligrosos y enfermedades ocupacionales. In *Boletín Notificaciones enero 2021*. <https://elcomercio.pe/economia/peru/peru-segundo-pais-mayor-incidencia-muertes-laborales-latinoamerica-436169>
- Ley 29783 de Seguridad y Salud en el Trabajo.pdf, 13 (2011).
<https://www.sunafil.gob.pe/seguridad-y-salud-en-el-trabajo.html#i-marco-legal-2>
- 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.
<http://ladep.es/ficheros/documentos/44.pdf>
- 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.
http://www.who.int/occupational_health/evelyn_hwp_spanish.pdf
- 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
- 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. <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000760944700454>
- 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>
- Ruiz. (2021). *Sistema de evaluación y control de la renovación de aire para prevenir la transmisión del COVID-19 en aulas* [Univesridad de Vigo].
[http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/handle/123456789/448/Ruiz Fontán%2C Jesús - Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://calderon.cud.uvigo.es/bitstream/handle/123456789/448/Ruiz%20Fontán%20Jesús%20-Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Santillan Garcia, A. (2021). *Cómo ventilar un espacio cerrado para evitar el contagio por coronavirus* (Issue January).
<https://www.researchgate.net/publication/350633387>
- 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). <https://doi.org/10.1016/j.job.2020.101264>
- Toro. (2018). *Efectos de la contaminación atmosférica*. 1–27.

<https://www.solerpalau.com/es-es/blog/efectos-co2/>

Vega. (2020). ¿El trabajo es salud? In *Archivos de prevencion de riesgos laborales* (Vol. 23, Issue 4, pp. 410–414). <https://doi.org/10.12961/apr1.2020.23.04.01>

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). <https://doi.org/10.3390/en13174425>