



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**El Efecto de la Inmisión del Dióxido de Nitrógeno (NO₂) en la
Calidad del Aire en los Restaurantes Aledaños a la Universidad
César Vallejo – San Juan de Lurigancho-2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Kelly Grace, Morocho Yauri (0000-0002-4795-7040)
Maryorith Cabigail, Vasquez Reyes (0000-0002-2702-2918)

ASESOR:

Mg. Carlos Alfredo Ugarte Alvan (0000-0001-6017-1192)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión de Riesgos y Adaptación al Cambio Climático

LIMA – PERÚ

2019

Dedicatoria

A nuestras familias, en especial a nuestros padres y abuelos, por el infinito cariño que siempre nos brindan y el apoyo moral incondicional sobre las metas que nos trazamos cada año siendo la fuente de motivación para seguir siempre adelante.

Agradecimiento

Gracias al Mg. Carlos Alfredo Ugarte Alván, por su dedicación y consejos en todo el proceso como asesor y a la colaboración del equipo de trabajo que con sus aportes también contribuyeron.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I INTRODUCCIÓN	1
II MARCO TEÓRICO	4
III METODOLOGÍA	19
3.1 Tipo y diseño de investigación	19
3.2 Variables y operacionalización.....	20
3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.5 Procedimientos	24
3.6 Método de análisis de datos	26
3.7 Aspectos éticos.....	26
IV RESULTADOS.....	27
V DISCUSIÓN	32
VI CONCLUSIONES	35
VII RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS	46

Índice de tablas

Tabla 1 Niveles de dióxido de nitrógeno de mediciones en interiores que utilizaron muestreadores pasivos	13
Tabla 2 Comparación de normas internacionales relativo a la calidad del aire en interiores.....	17
Tabla 3 Operacionalización de variables.....	21
Tabla 4 Fechas de inicio y final del muestreo de NO ₂	26
Tabla 5 Características de las cocinas de los restaurantes	27
Tabla 6 Resumen de datos muestrales en µg/m ³	27
Tabla 7 Resumen de ANOVA de una sola vía	29
Tabla 8 Resumen de la comparación por método de Bonferroni	29
Tabla 9 Resumen ANOVA de una sola vía por ambientes.....	31
Tabla 10 Resumen de comparar ambientes de similar uso entre los restaurantes	31
Tabla 11 Comparación de resultados con estudios de igual duración	33
Tabla 12 Comparación de resultados con estudios de mayor duración	33
Tabla 13 Comparación con normas internacionales	33
Tabla 14 Valores I/O	34

Índice de gráficos y figuras

Figura 1 Resumen del tipo y diseño de investigación	19
Figura 2 Ubicación de los restaurantes	23
Figura 3 Esquema de los procedimientos de la investigación	24
Figura 4 Ambientes de los restaurantes seleccionados: a) El Cajacho, b) Moluscos, c) El Peruanísimo y d) Puerto Chiclayo.....	25
Figura 5 Resumen de datos muestrales en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para cada una de las posiciones de los muestreadores.....	28
Figura 6 Distribución del NO_2 al interior de cada restaurante.....	29
Figura 7 Comparación de la variación concentración de NO_2 por ambientes al interior de los restaurantes.....	30

Resumen

El dióxido de nitrógeno (NO_2) es uno de los principales problemas de contaminación del aire, tanto para exteriores como para interiores, y sobre todo es poco estudiada en interiores en nuestro país, por lo que es de gran importancia conocer las concentraciones existentes de este gas, debido a que pasamos la mayor parte del tiempo en nuestros hogares. Por ese motivo el objetivo de este estudio fue analizar los efectos de la inmisión del dióxido de nitrógeno (NO_2), por 14 días consecutivos, en la calidad del aire en los restaurantes aledaños a la Universidad César Vallejo, San Juan de Lurigancho 2019. Para este fin se utilizó muestreadores pasivos ubicados en la fuente de emisión de dióxido de nitrógeno (NO_2), una en zona intermedio y finalmente a la salida de los restaurantes, este último para compararlo con el dióxido de nitrógeno (NO_2) externo. Los principales resultados que se obtuvieron fue que los restaurantes no superaron los estándares internacionales, pero que al comprar con estudios similares los valores obtenidos ($96.31 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $268.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $88.64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y $249.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) superan los valores de un estudio que tuvo similar duración ($28.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Palabras claves: Calidad de aire, dióxido de nitrógeno, muestreador pasivo.

Abstract

Nitrogen dioxide (NO₂) is one of the main air pollution problems, both for exteriors and interiors, and above all it is little studied indoors in our country, so it is of great importance to know the existing concentrations of this gas, because we spend most of our time in our homes. For this reason, the objective of this study was to analyze the effects of the immission of nitrogen dioxide (NO₂), for 14 consecutive days, on the air quality in the restaurants near the César Vallejo University, San Juan de Lurigancho 2019. To For this purpose, passive samplers were used located at the source of nitrogen dioxide (NO₂) emission, one in an intermediate zone and finally at the exit of the restaurants, the latter to buy it with the external nitrogen dioxide (NO₂). The main results that we obtained were that the restaurants did not exceed international standards, but that when buying with similar studies the values obtained (96.31 µg / m³, 268.8 µg / m³, 88.64 µg / m³ and 249.9 µg / m³) exceed the values of a study that had a similar duration (28.4 µg / m³).

Keywords: Air quality, nitrogen dioxide, passive sampler.

I INTRODUCCIÓN

La calidad del aire en interiores hace referencia a la contaminación por medios químicos, biológicos y físicos que se dan en las edificaciones, tales como: viviendas, hoteles, restaurantes, etc.(Romagnoli et al. 2016; Jafta et al. 2017; Amoatey et al. 2018; Bentayeb et al. 2015; Kalimeri et al. 2016; Abdul-Wahab et al. 2015) .Así se presenta que los contaminantes que frecuentemente están asociados a contribuir con el deterioro de la calidad del aire en interiores, tanto en países desarrollados y en vías de desarrollo, son: el dióxido de carbono (CO₂), el monóxido de carbono (CO), el formaldehído (HCHO), los compuestos policíclicos aromáticos, el dióxido de nitrógeno (NO₂), el dióxido de azufre (SO₂), los compuestos orgánicos volátiles totales y el material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀), con respecto a la temperatura del aire, la velocidad y humedad, la literatura señala que estos tres últimos factores se encuentran asociados a lo que se conoce como confort térmico. En los países industrializados, además de los contaminantes antes mencionados se consideran al Radón, al asbesto, a las fibras minerales sintéticas, las bacterias y los virus (Abiem et al. 2016; Bozkurt et al. 2015; Branco et al. 2015; Abdul-Wahab et al. 2015).

La agencia de protección ambiental (EPA) informó en 1985 que el aire en la mayoría de los hogares contenía químicos tóxicos los que presentaban una alta probabilidad de causar ciertos tipos de cáncer. La EPA también informó que la contaminación del aire interior, en algunos edificios de oficinas, es 100 veces mayor que la del aire exterior. La mitad de los problemas de contaminación en el caso mencionado se debía a una ventilación deficiente y a fuentes tales como: fotocopiadoras, cables eléctricos, cables telefónicos, sistemas de aire acondicionado, líquidos de limpieza, cigarrillos, etc. (EPA 1985).

En 1998, el Banco Mundial estimó que aproximadamente la mitad de la población mundial y el 90% de los en los países en desarrollo dependen de los combustibles fósiles tales como: madera, estiércol de animales, residuos de cultivos, carbón, etc para cubrir las necesidades energéticas domésticas y aun cuando las viviendas presentaban estufas, en la mayoría de los casos, la capacidad de combustión de las estufas era pobres. Como resultado de esto, se producía humo denso y además

la liberación de contaminantes nocivos en el interior de las viviendas, ya que estas estufas solo hacen uso de una fracción de la energía disponible del combustible (Bruce, Perez-Padilla y Albalak 2000). La cocción y otras actividades de calefacción que utilizan biomasa se suelen realizar en habitaciones mal ventiladas (Ezzati y Kammen 2002) y si bien es cierto que la cocción de los alimentos puede durar aproximadamente una hora, los ocupantes están expuestos a años de contaminantes diarios, ya que la cocción se realiza varias veces en un día. Así, la contaminación del aire en interiores no es solo por el nivel de contaminación sino también es por el tiempo que la gente pasa respirando aire contaminado (Oguntoke, Opeolu y Babatunde 2010).

Por lo anteriormente expuesto se planteó el siguiente problema general:

¿Cuáles son los efectos de la inmisión del dióxido de nitrógeno (NO_2) en la calidad del aire en los restaurantes aledaños a la Universidad César Vallejo – San Juan de Lurigancho-2019?

y como problemas específicos los siguientes:

- ¿La concentración de NO_2 varía entre las diferentes zonas del restaurante y y entre los diferentes restaurantes?
- ¿La concentración de NO_2 la interior de los restaurantes proviene del interior o del exterior?
- ¿La concentración de NO_2 supera los valores de calidad aire de normas nacional o internacionales?

Como objetivo general se buscó:

- Analizar los efectos de la inmisión del dióxido de nitrógeno (NO_2) en la calidad del aire en los restaurantes aledaños a la Universidad César Vallejo – San Juan de Lurigancho-2019.

Y los objetivos específicos fueron:

- Medir la concentración de NO_2 en las cocinas de los restaurantes aledaños a la universidad Cesar Vallejo, San Juan de Lurigancho-Lima, 2019.
- Relacionar las concentraciones de NO_2 externo e interno para la calidad de aire en interiores.

- Comparar la concentración de NO₂ interno con normas nacionales o internacionales

II MARCO TEÓRICO

La búsqueda de estudios previos se realizó a través de los motores de búsqueda de Science Direct y Scopus, encontrándose lo siguiente:

Yin et al. 2019, presenta la medición de campo y la evaluación de la calidad del aire al interior de 25 edificios residenciales ventilados naturalmente en el noroeste de China. Las concentraciones de formaldehído, benceno, tolueno, compuestos orgánicos volátiles totales, dióxido de nitrógeno y PM2.5, y la tasa de infiltración de aire se midieron en el dormitorio, la sala de estar y la cocina de cada edificio en diferentes estaciones. Los resultados muestran que la concentración de formaldehído se puede utilizar como un índice representativo de contaminantes gaseosos en interiores, y que las concentraciones de formaldehído en varios lugares medidos fueron más altas en primavera y más bajas en otoño. La concentración de PM2.5 fue el factor que más influyó en la calidad del aire interior en invierno, y la concentración de PM2.5 al aire libre fue el factor clave en condiciones climáticas nebulosas. La tasa mediana de infiltración de aire fue de alrededor de $0,35 \text{ h}^{-1}$ en los dormitorios y $0,8 \text{ h}^{-1}$ en las cocinas, y estos deben aumentarse a $0,66 \text{ h}^{-1}$ y $1,6 \text{ h}^{-1}$, respectivamente, para proporcionar una calidad de aire interior aceptable. Los hallazgos obtenidos de este estudio se pueden utilizar para comprender dónde y cómo mejorar la calidad del aire interior de los edificios ventilados naturalmente. Los datos también pueden contribuir al desarrollo de una base de datos para mejorar la ventilación residencial, la eficiencia energética y la calidad del aire interior.

Chen et al. 2019, investigan la influencia de tres de los principales contaminantes del aire exterior, PM2.5, PM10 y ozono, en edificaciones que tienen ventilación natural. El estudio se realizó en 12 ciudades de los Estados Unidos de América (EE. UU.), utilizando los registros de contaminantes del aire exterior de la Agencia de Protección Ambiental de los EE. UU. En primer lugar, un estudio estadístico descriptivo presenta una descripción general de los registros de contaminantes atmosféricos en estas ciudades y zonas climáticas investigadas. Luego se desarrollan dos escenarios de operación de ventilación natural (considerando los contaminantes del aire exterior frente a los no lo son) que se comparan para mostrar

explícitamente la reducción de ventilación natural esperada en estas áreas. Los resultados de la investigación mostraron que el área más contaminada con ventilación natural pertenece a Los Ángeles (con una reducción proyectada del 70%), seguida de Chicago (reducción de aproximadamente el 40%), y luego Atlanta y San Francisco (reducción del 20-30% para cada uno). La reducción de la ventilación natural causada por los contaminantes del aire exterior oscila entre el 5% y el 20% en todas las demás ciudades analizadas. Entre los tres contaminantes (PM_{2.5}, PM₁₀ y ozono) que se investigó, la influencia de PM_{2.5} emerge consistentemente como la más crítica a considerar, mientras que el impacto de PM₁₀ es típicamente trivial. La influencia del ozono no es obvia en la mayoría de los casos. Sin embargo, en ciertos casos, su influencia no es despreciable cuando se utiliza la ventilación natural. Este estudio tuvo como objetivo proporcionar una guía general para que los tomadores de decisiones consideren la influencia de la calidad del aire exterior en el uso de la ventilación natural al adoptar la ventilación natural en diferentes ubicaciones de los EE. UU. Los resultados también confirmaron que los contaminantes del aire exterior, especialmente PM_{2.5}, como un factor significativo a considerar en el diseño de ventilación natural para proteger al ocupante de la exposición excesiva.

Abiem et al. 2016, midieron la concentración de monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H₂S), óxido nítrico (NO₂) y anhídrido sulfuroso (SO₂) al interior de viviendas ubicadas en 10 aldeas de Makurdi L.G.A, Nigeria. Las mediciones se realizaron durante 1 hora en el momento de la cocción de los alimentos, para esto se utilizó un muestreador Gasman, el cual se posiciono a 1m sobre el nivel del suelo.

Cinco hogares fueron seleccionados al azar en cada una de las 10 aldeas muestreadas. Dos de las casas seleccionadas tenían cocinas semi modernas (con al menos una ventana y una puerta), una de ellas con estufa de queroseno y la otra con estufa de carbón de fabricación local. Las otras tres casas seleccionadas utilizaban cocinas de fabricación local y con ambientes sin ventanas y la madera como única fuente de combustible. Se mantuvo un auto muestreador Gasman a intervalos de 10 minutos en todas las cocinas seleccionadas. La madera de *parkiabiglobosa* (algarroba africana) fue seleccionada como leña en una de las

cocinas locales, *Prosopis Africana* en otra y una especie mixta de madera en la otra, en cada una de las aldeas seleccionadas. Los resultados obtenidos mostraron que, mientras que las concentraciones medias de monóxido de carbono (CO), sulfuro de hidrógeno (H₂S), óxido nítrico (NO₂) y anhídrido sulfuroso (SO₂) en una cocina semi moderna que utiliza queroseno para cocinar, de las aldeas seleccionadas estaba por debajo de los límites máximos permisibles [10-35 ppm (promedio de 1 hora), 0,06 ppm (promedio de 8 horas), 1,20 ppm (promedio de 1 hora) y 0,01-0,14 ppm (promedio de 24 horas) respectivamente] establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) y otros organismos como la Organización Mundial de la Salud (OMS), los valores del uso de carbón vegetal y leña en habitaciones mal ventiladas son más altos que los límites permisibles y no son seguros para los seres humanos, ya que las personas expuestas a estos contaminantes corren el riesgo de sufrir riesgos a la salud. Las especies mixtas de madera produjeron los valores más altos, seguidas por la madera de *Parkia biglobosa* (algarroba africana) y la madera de *Prosopis Africana* que tiene los valores más bajos. Aunque no hubo variaciones significativas en la concentración de estos gases en las cocinas locales en todas las aldeas seleccionadas, todas fueron notablemente más altas que las normas de calidad de aire.

Al-Hemoud et al. 2017, Este estudio se llevó a cabo para evaluar la calidad del aire interior durante un año calendario escolar completo y cubrió todas las estaciones climáticas. Se examinaron los parámetros de la calidad del aire al interior (IAQ) para evaluar los niveles de contaminantes en las escuelas de Kuwait en múltiples entornos (aulas, salas de pintura, laboratorios de computación, salas de ciencias, salas de maestros y techos). Las escuelas fueron seleccionadas al azar de dos zonas: la zona 1 que se encuentra cerca del centro de la ciudad y representa el "sector urbano", y la zona 2, que se encuentra más al sur, muy cerca de la región industrial de petróleo y gas, y representa el "sector industrial". La investigación del aire interior incluyó los siguientes parámetros: CO₂, SO₂, NO₂, H₂S, formaldehído, acetaldehído, compuestos orgánicos volátiles totales (TVOC) y nueve concentraciones elementales de PM₁₀, conocidas como: As, Co, Cr, Fe, Pb, V, Al, Cd y Hg. El polvo de los filtros de aire acondicionado también fue recogido y

analizado tanto para hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAHs) como para polibromodifenil éteres. Con respecto a sus pruebas estadísticas, realizaron: prueba T, ANOVA unidireccional, ANOVA bidireccional y la regresión lineal para identificar variaciones estacionales, de ubicación y de zona. El ANOVA unidireccional identificó una variación estacional significativa para el NO₂, el H₂S, el formaldehído y el acetaldehído. El ANOVA factorial demostró que las escuelas variaban significativamente en los TVOC. En la mayoría de las escuelas también había altas concentraciones de PAHs y el cogenerador bromodifenil éteres (BDE-209). El análisis del polvo de las unidades de filtro junto con las mediciones de los contaminantes del aire interior puede mejorar nuestra comprensión de las fuentes comunes de contaminantes típicos en interiores. Este estudio presenta el primer análisis exhaustivo de los parámetros del aire interior, incluido el análisis de polvo de los filtros.

Asif, Zeeshan y Jahanzaib 2018, La calidad del aire interior (IAQ) es un asunto de inmensa preocupación para la salud humana, ya que las personas pasan la mayor parte de su vida en interiores. Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho, este estudio tuvo como objetivo investigar y comparar el IAQ y el confort térmico en las aulas de cuatro edificios de un instituto educativo que tienen diferentes tipos de calefacción, ventilación y sistema de aire acondicionado. Se realizaron mediciones continuas in situ de los niveles interiores de CO₂, temperatura y humedad relativa estos dos últimos fueron registradas en un intervalo de 1 min en días laborables, incluidas las horas ocupacionales y no ocupacionales, así como los fines de semana. En el análisis también se utilizaron mediciones simultáneas de temperatura exterior y humedad relativa. El análisis estadístico de los valores promedio por hora de cada aula estudiada mostró una diferencia significativa ($p < 0,05$) en los niveles de CO₂ durante los días de la semana y también entre los diferentes edificios. Del mismo modo, la variación en los niveles promedios por hora de los parámetros de confort térmico dio una diferencia significativa ($p < 0,05$) entre los edificios, así como durante el día de la semana. Sin embargo, la variación en la temperatura media horaria durante el día de la semana para un edificio en particular y los tres parámetros durante los fines de semana para todos los edificios no dieron resultados con diferencias significativas ($p > 0,05$). Se observó que la superación

en los niveles de CO₂ de las normas de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado (ASHRAE) era mayor en los edificios con sistemas no centralizados en comparación con los edificios con sistemas centralizados durante el período ocupacional. Además, se encontró que los parámetros de confort térmico estaban influenciados por las condiciones climáticas al aire libre y la orientación de los edificios.

Azuma et al. 2016, En las últimas décadas, se han encontrado múltiples contaminantes de bajo nivel en el interior de las viviendas. Los tipos y concentraciones de estos contaminantes en interiores no han sido consistentes a lo largo del tiempo y han cambiado con las alteraciones en el estilo de vida, el desarrollo de nuevos productos utilizados en la vivienda y el desarrollo de nuevas tecnologías de medición. Para aclarar cuales son los contaminantes de mayor riesgo para la salud, se llevó a cabo una evaluación de riesgos para la salud de 49 contaminantes del aire interior medidos en 602 casas durante el invierno y el verano de 2012 a 2014. Se determinaron las concentraciones de referencia por inhalación y se estimaron los márgenes de exposición para cada contaminante interior a partir de las concentraciones de aire interior medidas. También se evaluaron los riesgos para la salud debidos al amoníaco y los gases ácidos, incluidos el ácido fórmico, el ácido acético y el cloruro de hidrógeno. En general, durante el invierno y el verano, los contaminantes de mayor riesgo fueron la acroleína, el dióxido de nitrógeno, el benceno, el ácido fórmico y el cloruro de hidrógeno. Los riesgos para la salud del propanal, el acetaldehído y el 1,4-diclorobenceno también fueron altos. El análisis de componentes principales (PCA) sugirió un componente principal independiente para el 1,4-diclorobenceno. La principal fuente de exposición al 1,4-diclorobenceno en Japón es un repelente de insectos doméstico de interior. Es necesario proporcionar más información sobre el riesgo para los consumidores y promover cambios en la conciencia del consumidor. El PCA sugirió que los riesgos para la salud de los contaminantes del aire interior se amalgaman en familias químicas similares, tales como aldehídos, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos, o ésteres acéticos. Nuestros resultados sugieren que las directrices basadas en la salud o las medidas de control de fuentes, basadas en estas familias químicas y

puntos finales de salud similares, son apropiadas para reducir el riesgo total para la salud debido a múltiples contaminantes de bajo nivel en interiores.

Bekö et al. 2016, La entrega de aire exterior a los edificios es un parámetro importante en la evaluación de la exposición a contaminantes en interiores. Las mediciones detalladas y bien controladas de las ratios de cambio de aire (AER) y los flujos de aire interzonales en entornos residenciales son escasas. Así en este estudio se midió los AERs al aire libre en hasta seis habitaciones en cinco viviendas a lo largo de cuatro estaciones utilizando un trazador de gas activo. Los AERs nocturnos también se estimaron en los dormitorios en función del CO₂ generado por los ocupantes. Las medidas pasivas del trazador de gas fueron realizadas también con el fin de realizar una comparación. Los AERs cambiaron con frecuencia durante el día. Se observaron diferencias en los AERs al aire libre entre las habitaciones individuales. El comportamiento de la abertura de la ventana tenía una influencia fuerte en los AERs, que eran los más altos durante períodos diurnos ocupados, los más bajos de la noche; más alto en el verano, más bajo en el invierno. Se encontraron diferencias significativas entre los AERs medidos por las diferentes técnicas. El AER nocturno mediano en todos los dormitorios a través de las cuatro estaciones era 0.49 h⁻¹ con la técnica activa del trazador de gas y 1.20 h⁻¹ con el método del CO₂. El AER medio de invierno en los cinco hogares con el trazador pasivo (0,63 h⁻¹) difirió sustancialmente del AER correspondiente medido con el gas trazador activo (0,25 h⁻¹). Además, estudiamos la distribución de contaminantes desde una habitación (sala de origen) y los flujos de aire interzonales a través de las viviendas. Hubo menos movimiento de aire entre diferentes pisos. La posición de las puertas internas tuvo una influencia fuerte en el movimiento del aire.

Bentayeb et al. 2015, estudian los efectos respiratorios de la calidad del aire interior y los parámetros de confort en los ancianos. En el contexto del estudio GERIE, se investiga por primera vez las relaciones de estos factores con la morbilidad respiratoria entre ancianos que viven permanentemente en residencias de ancianos en siete países europeos.

600 personas mayores de 50 residencias de ancianos se sometieron a un examen médico y completaron un cuestionario estandarizado. Los parámetros de calidad del aire y confort fueron evaluados objetivamente in situ en el hogar de ancianos.

Las concentraciones promedio de contaminantes atmosféricos no excedieron las normas existentes.

El volumen espiratorio forzado en 1 s/relación de capacidad vital forzada se relacionó de manera muy significativa con niveles elevados de partículas con un diámetro aerodinámico de corte del 50% de $<0,1 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{0,1}$) (la razón de probabilidad ajustada (aOR): 8,16, 98% CI del 2,24 - 29,3) y dióxido de nitrógeno (aOR 3,74, 95% IC 1,06 - 13,1). Se encontraron riesgos excesivos de disnea y tos habituales con PM_{10} elevadas (aOR 1,53 (95%: IC del 1,15 - 2,07) y aOR 1,73 (95%: IC del 1,17 - 10,3), respectivamente) y dióxido de nitrógeno (aOR: 1,58 (95%: IC del 1,15 a 2,20) y aOR: 1,56 (95%: IC del 1,03 a 2,41), respectivamente). Se encontraron riesgos excesivos de sibilancias en el último año con $\text{PM}_{0,1}$ (aOR 2,82, 95%: IC del 1,15 a 7,02) y a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y monóxido de carbono exhalado con formaldehído (aOR 3,49 [95%: IC del 1,17 a 10,3) y aOR: 1,25 (95%: IC del 1,02 a 1,55), respectivamente). La disnea y la tos se asociaron con un mayor dióxido de carbono. La humedad relativa se relacionó inversamente con las sibilancias en el último año y la tos habitual. Los sujetos de edad avanzada de más de 80 años tenían un mayor riesgo. Los efectos contaminantes fueron más pronunciados en el caso de una mala ventilación.

Incluso en niveles bajos, la calidad del aire interior afectó la salud respiratoria en las personas mayores que viven permanentemente en hogares de ancianos, debido a la fragilidad que se da por la edad avanzada. Los efectos fueron modulados por la ventilación

Błaszczyk et al. 2017, indica que más del 80% de las personas que viven en zonas urbanas están expuestas a contaminantes del aire que exceden los límites definidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Aunque todas las regiones del mundo se ven afectadas, las poblaciones de las ciudades de bajos ingresos son las más afectadas.

Según los niveles medios anuales de partículas finas ($\text{PM}_{2,5}$, partículas ambientales con un diámetro aerodinámico de $2,5 \mu\text{m}$ o menos) presentados en la base de datos de calidad del aire urbano publicada por la OMS en 2016, hasta 33 ciudades polacas se encuentran entre las 50 ciudades más contaminadas de la Unión Europea (UE), con las ciudades de Silesia encabezando la lista. El objetivo del

estudio fue caracterizar la calidad del aire interior en los jardines de infancia de Silesia basándose en las concentraciones de compuestos gaseosos (SO_2 , NO_2), $\text{PM}_{2.5}$, y la suma de 15 hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) unidos a $\text{PM}_{2.5}$, incluyendo benzo(a)pireno (BaP) unido a $\text{PM}_{2.5}$, así como la actividad mutagénica de los extractos orgánicos de $\text{PM}_{2.5}$ en el ensayo de Salmonella (cepas: TA98, YG1024). La evaluación de la calidad del aire interior se realizó teniendo en cuenta la contaminación del aire atmosférico (exterior). También se calcularon las relaciones de I/O (concentración en interiores y exteriores) para cada parámetro investigado.

Durante la primavera se recogieron muestras de veinticuatro horas de $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 y NO_2 en dos sitios del sur de Polonia (Silesia), que representan zonas urbanas y rurales. Se tomaron muestras en interiores en jardines de infancia con ventilación natural. Al mismo tiempo, en las inmediaciones de los edificios de la guardería, se llevó a cabo la recolección de muestras al aire libre de $\text{PM}_{2.5}$, SO_2 y NO_2 . El contenido de BaP y la suma de 15 PAHs estudiados se determinó en cada muestra de 24h de $\text{PM}_{2.5}$ (interior y exterior). En el sitio urbano, se detectaron concentraciones estadísticamente más bajas de SO_2 y NO_2 en el interior en comparación con el exterior, mientras que, en el sitio rural, tal relación se observó sólo para el NO_2 . No hay diferencias estadísticamente significativas en las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$, BaP ligada a $\text{PM}_{2.5}$ y suma de 15 PAH en los jardines de infantes (interior) versus aire atmosférico (exterior) en las dos áreas estudiadas. El efecto mutagénico de las muestras de $\text{PM}_{2.5}$ en interiores fue dos veces más bajo que en las muestras al aire libre. Las relaciones de I/O indicaron que todos los contaminantes del aire estudiados en el jardín de infantes urbano se originaron en el aire ambiente. En el sitio rural, las concentraciones de SO_2 , $\text{PM}_{2.5}$ y BaP en el jardín de infantes fueron influenciadas por fuentes internas (estufas de gas y carbón).

Bozkurt et al. 2015 midieron las concentraciones de SO_2 , NO_2 y O_3 durante el verano y el invierno en Kocaeli, Turquía.

El muestreo se llevó a cabo en interiores y exteriores en hogares, escuelas y oficinas. También se utilizaron muestreadores personales para determinar las exposiciones personales a estos contaminantes. Se observaron altas

concentraciones de NO₂ y SO₂ en muestras al aire libre recolectadas cerca de lugares caracterizados por el tráfico urbano pesado. Las concentraciones de O₃, por otro lado, fueron más altas en las zonas rurales que se ubican alrededor de la ciudad debido a la destilación de ozono. Para ambos períodos de muestreo, las concentraciones de SO₂ y O₃ en exteriores fueron más altas que para las muestras interiores y personales; sin embargo, las concentraciones de NO₂ fueron más altas en muestras interiores y en el personal, lo que indica que las fuentes al aire libre contribuyen significativamente a los niveles de SO₂ y O₃ en interiores y que las concentraciones de NO₂ en interiores son moduladas principalmente por las fuentes dentro de los edificios. Las variaciones estacionales en las concentraciones de contaminantes mostraron diferencias estadísticamente significativas.

Las concentraciones interiores y exteriores de NO₂ y SO₂ medidas en el invierno fueron superiores a los niveles medido en el verano; Las concentraciones de O₃, por otro lado, mostraron la tendencia opuesta. Los cocientes de concentración activo a pasivo para NO₂, SO₂ y O₃ fueron de 0,99, 1,08 y 1,16, respectivamente; los cocientes exteriores correspondientes fueron 0,95, 0,99 y 1,00.

Por medio de los antecedentes revisados se procedió a obtener información que sea relevante para el tipo de estudio que se está realizando, el resultado de la revisión se resume en Tabla 1. Se consideró indicar el tiempo que duró el monitoreo, el tipo de muestreador pasivo, la locación en donde se realizó el muestreo, de preferencia proveniente de cocinas y de ser posible indicar la fuente combustible utilizado, con respecto a las concentraciones del NO₂ se presentó principalmente el promedio y en algunos casos la media y los rangos. Además, los autores utilizando diferentes tipos de unidades tales como: ppm, ppb y µg/m³, si bien estas unidades son convertibles, no ha sido posible en la mayoría de las referencias ya que no se menciona la presión y temperatura al momento del muestreo o lo que señale su norma, es decir: por ejemplo suiza tiende a expresar sus resultados en relación a una temperatura de 9°C y presión atmosférica 1013hPa.

Tabla 1 Niveles de dióxido de nitrógeno de mediciones en interiores que utilizaron muestreadores pasivos

Nº	Referencia	País	Tiempo promedio/Monitoreo anual/Método	Ubicación	Fuente de emisión	NO ₂	Unidades
1	(Abiem et al. 2016)	Nigeria	1h/ gasman autosampler	Cocinas	Kerosene Charcoal Madera Madera Madera	0.014 0.021 0.21 0.25 0.31	ppm
2	(Al-Hemoud et al. 2017)	Kuwait	6h/ Muestreador pasivo	Colegios		16.29 13.10	ppb
3	(Bozkurt et al. 2015)	Turquía	16.6±4.6h/Muestreador pasivo Radiello	Cocinas		52.0±14.6 - Verano(31 marz – 29 jun) 78.8±30.3 - Invierno (16 Dic – 20 Ene)	µg/m ³
4	(Cibella et al. 2015)	Italia	1 semana /Muestreador pasivo Radiello	Sala		31.9±14.9 - Primavera (abril- mayo) 32.2±16.3 – Invierno (Ene. – Feb)	µg/m ³
5	(Dèdelè y Miškinytė 2016)	Lituania	14 días para cada estación del año/Muestreador pasivo	Cocinas	Cocinas a Gas / eléctrica	28.4 (media de invierno) 19.8 (media de verano)	µg/m ³

Nº	Referencia	País	Tiempo promedio/Monitoreo anual/Método	Ubicación	Fuente de emisión	NO ₂	Unidades
6	(Demirel et al. 2014)	Turquía	Muestreador pasivo	Colegio		33.29	µg/m ³
7	(Földváry et al. 2017)	Eslovaquia	Mitad de noviembre y fines de enero/ Muestreador pasivo	Edificios	Antes de renovación Después de la renovación	15.5 16.5	µg/m ³
8	(Gaffin et al. 2018)	Estados unidos	1 semana / dos veces al año/muestreador pasivo	Colegio		11.1	ppb
9	(Ielpo et al. 2019)	Italia	2 nov al 2 dic. /Muestreador pasivo Radiello	Casas		7.51 7.58 8.74 5.30	µg/m ³
10	(Jafta et al. 2017)	Sudáfrica	2 – semanas / Muestreador pasivo Radiello	Casas		64	µg/m ³
11	(Kalimeri et al. 2016)	Gracia	5 días/Muestreador pasivo	Colegios		4.6 - 43	µg/m ³
12	(Langer et al. 2015)	Suecia	7-10 días/Muestreador pasivo	Casas		10 12	µg/m ³
13	(Lewné et al. 2017)	Suecia	/Muestreador pasivo	Cocina de restaurantes	Gas	10-50 13-83 22-57 15-170	µg/m ³

Nº	Referencia	País	Tiempo promedio/Monitoreo anual/Método	Ubicación	Fuente de emisión	NO₂	Unidades
14	(Paulin et al. 2017)	Estados unidos	24h/ Ogawa badge	Cocina	Gas	58	ppb
15	(Verrielle et al. 2016)	Francia	4.5 días / Muestreador pasivo Radiello	Colegios		15.3	µg/m ³

En un estudio de comparación de patrones de actividad de las personas (Leech et al. 2002, citado por Azuma et al. 2016), indica que las personas en la sociedad actual habitan más del 90% de su tiempo en interiores y mayormente ese tiempo se destina al hogar. Por lo que, estudios sobre la calidad del aire en interiores son relevantes ya que influyen en la salud (Azuma et al. 2016).

Un estudio sobre concentraciones de partículas (Walles et al. 2003, citado por Gaffin et al. 2018), indica que en áreas urbanas el dióxido de nitrógeno (NO₂) se produce por la combustión proveniente del tráfico, la calefacción, el humo del tabaco y/o por cocinar usando combustibles fósiles (gas, petróleo y carbón). Siendo las emanaciones de partículas de los vehículos uno de los primordiales aportadores de polución Uchiyama et al. 2015; Smith et al. 2015 en permanecer al interior de los hogares.

Según Masey et al. (2017), la exposición al dióxido de nitrógeno afecta la salud y está relacionado a casos de mortandad, otro autor, Branco et al. (2015), señala que exponerse a aire contaminado en interiores puede ocasionar daños tales como enfermedades respiratorias o cardiovasculares e incluso efectos cancerígenos.

Kiros et al. 2016; Abiem et al. 2016; Küçükaçıl Artun et al. 2017, mencionan que las fuentes principales del dióxido de nitrógeno son los procesos de combustión, por ejemplo: quema de combustibles fósiles, quema a cielo abierto de residuos sólidos, combustión de carbón, gas y petróleo, procesos de soldadura, detonación de dinamita, humo del tabaco, tráfico de vehículos y emisiones industriales.

Además, el dióxido de nitrógeno al interactuar con otros contaminantes, tales como los compuestos orgánicos volátiles (COV), podría estar generando ozono (O₃) al interior de las edificaciones, tal como lo indica Bozkurt et al. 2015 en la siguiente reacción química:



Con respecto a la evaluación de la calidad del aire por medio de normas ambientales, el Perú solamente cuenta con el estándar de calidad del ambiente para aire en exteriores (D.S N° 003-2017-MINAM 2017) . Esta norma no abarca la calidad del aire en interiores. Sin embargo, existen estándares internacionales (Tabla 2) que detallan los valores promedios que se deben tener en cuenta para el dióxido de nitrógeno y así tener referencia para la evaluación de la calidad del aire

Tabla 2 Comparación de normas internacionales relativo a la calidad del aire en interiores

Contaminante ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Organización mundial de la salud (OMS)					
	15 min	30 min	1h	8h	24h	1 año
NO ₂	S/D ¹	S/D	203	S/D	S/D	40.5
	Canadá					
	S/D	S/D	182	101	22.3	S/D
	Kuwait					
	S/D	660	200	S/D	100	S/D
	USA					
	2026	203	S/D	S/D	S/D	107

Fuente: Amoatey et al. 2018

Otro factor importante para determinar la calidad del aire es el tipo de intercambio de aire (AER) es un parámetro útil para la comprensión del intercambio entre el aire proveniente del exterior de una edificación y el aire que ya se encuentra al interior de la misma y de esa manera conocer la exposición a los contaminantes (Nematchoua et al. 2015). En los edificios con ventilación natural AER dependerá de las características del edificio, ubicación geográfica, condiciones meteorológicas, variación de la temperatura entre el interior y el exterior del edificio, velocidad del viento y el comportamiento de los ocupantes (Weitzman et al. 2017).

De la revisión bibliográfica (Barcelona Cazanave et al. 2015; Ielpo et al. 2019; Masey et al. 2017; Al-Hemoud et al. 2017; Azuma et al. 2016; Ekeu-wei, Azuma y Ogunmuyiwa 2018; Cordioli et al. 2017; Bari, Curran y Kindzierski 2015) se ha encontrado que para monitorear la calidad del aire la interior de edificaciones se ha utilizado los muestreadores pasivos, estos muestreadores son convenientes ya que son de fácil uso, ligeros y operan sin fuente de energía lo que los hace económicamente viables.

¹ Sin datos

El primer muestreador pasivo (basado en el principio de difusión del aire) fue desarrollado por Palmes et al. (1976) con el propósito de realizar estudios de campo relativos a la salud ocupacional. Luego, se desarrollaron una variedad de muestreadores pasivos ya sea como tubos, tarjetas y modificaciones que ayudan a mejorar su eficiencia (Palmes et al. 1976; Krochmal y Górski 1991; Mulik et al. 1989). Como es de esperarse para su construcción se han probado una variedad de materiales como carbón vegetal, alúmina, gel de sílice, cromosorb, malla de acero inoxidable, filtro de vidrio, filtro de teflón, Whatman 41, Nylon. Se evaluó el teflón, el filtro de fibra de cuarzo y varios agentes adsorbentes, como (trietanolamina (TEA), K_2CO_3 , PbO_2 , $KMnO_4$, $NaAsO_2$, TEA + 2-naftil-3, 6-disulfato (NDS), solución de Na_2CO_3 , etc.) para la recolección y posterior recuperación de NO_2 (Sickles et al. 1990).

Los estudios han demostrado que el filtro de vidrio / malla de acero inoxidable recubierto con TEA / acetona o una solución acuosa de TEA es un material absorbente relativamente adecuado. Así, actualmente en el caso de los muestreadores tipo tubo, se utiliza malla de acero inoxidable y solución de TEA como absorbente.

Con respecto a la manera de operación del tubo se sabe que el NO_2 atmosférico se difunde por el tubo donde se absorbe en la malla recubierta de TEA. Esto establece un gradiente de concentración de NO_2 a lo largo de la longitud del tubo, por lo que el NO_2 se difunde hacia arriba del tubo donde es absorbido en mallas recubiertas de TEA. Sin embargo sobre el producto de reacción de TEA y NO_2 y la identificación del producto de reacción sigue siendo objeto de controversia (Varshney y Singh 2003).

III METODOLOGÍA

A continuación, se describe el método a ser utilizado en el desarrollo de la investigación

3.1 Tipo y diseño de investigación

En función a su utilización esta investigación es del tipo aplicada Esta busca encontrar soluciones prácticas a problemas prácticos y presenta una utilidad de corta duración, además se verifica por medio de observaciones (Muntané Renat 2010).

En función del enfoque general y a los métodos de investigación usados, es una investigación cuantitativa, porque recogemos datos de naturaleza cuantitativa y se soporta en la estadística, además sigue un patrón predecible y estructurado (Hernandez-Sampieri 2018).

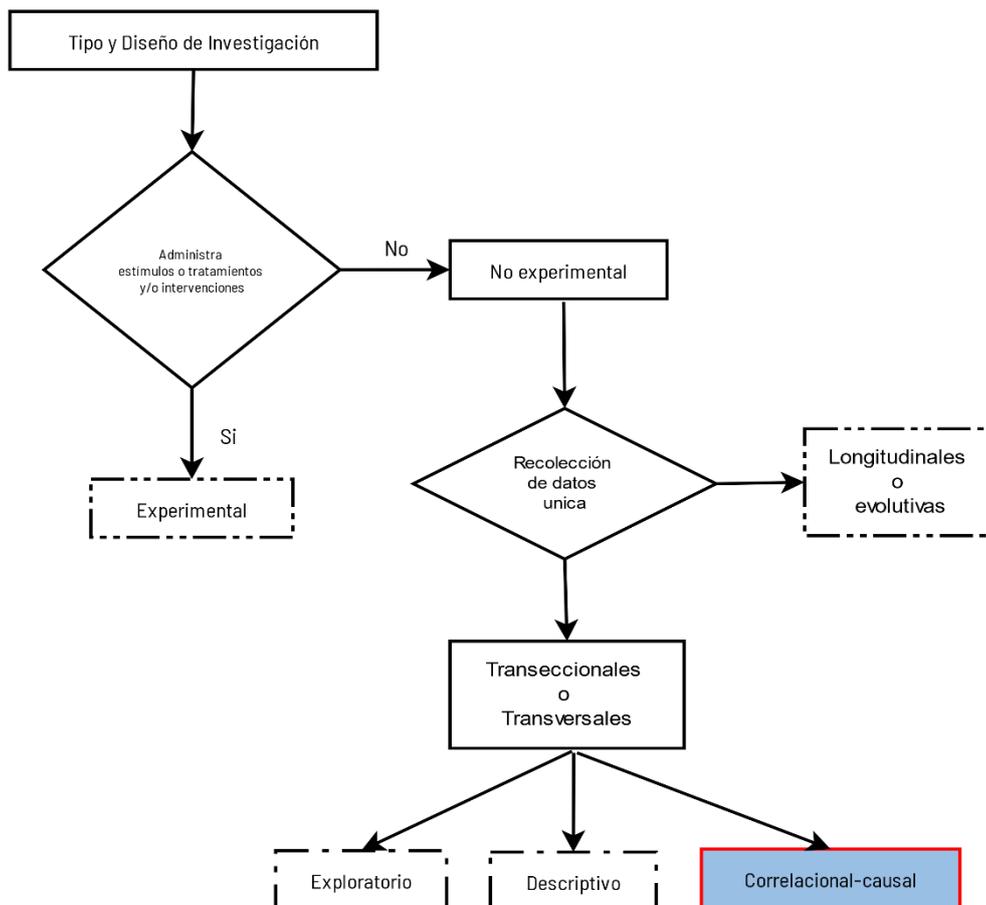


Figura 1 Resumen del tipo y diseño de investigación

Tal como se muestra en la Figura 1 el diseño de la tesis es no experimental de corte transversal o transeccional debido a que no se manipulan las variables sobre otras variables, en los cuales se observaran los fenómenos en su ambiente de manera original para después ser analizados (Hernandez-Sampieri 2018). Se observan situaciones que ya existen, no provocadas por la persona que investiga, de tal manera que no se tiene control directo y no se puede influir sobre las variables porque estas ya sucedieron al igual que sus efectos.

Además, se buscará la relación entre variables (calidad del aire interior y confort térmico) en un momento determinado, por lo que sería del tipo correlacional-causal, pero limitándose a establecer relaciones entre las variables sin precisar sentido de causalidad o pretender analizar relaciones causales (Hernandez-Sampieri 2018).

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1 Variables

Las variables para este estudio fueron las siguientes:

Variable dependiente: "Calidad del aire

Variable independiente: "Inmisión del dióxido de nitrógeno (NO₂)

3.2.2 Operacionalización de las variables

La operacionalización de las variables anteriormente presentadas se resume en la Tabla 3

Tabla 3 Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala de medición
Variable dependiente: Calidad del aire	Porta et al. (2018), indica que para poder establecer la idea de calidad de aire es necesario primero fijar el Índice de Calidad de Aire (AQI); además, el autor refiere que no existe un AQI unificado o global y que cada país fija su propia norma.	Con las muestras del NO ₂ , se analizará si es que la calidad del aire se ve afectada por la inmisión del NO ₂	Estado de la calidad del aire	Leve Grave Medio Moderado	µg/m ³ µg/m ³ µg/m ³ µg/m ³
Variable Independiente: Inmisión del dióxido de nitrógeno (NO ₂)	La RAE, indica que la inmisión es todo daño ambiental o concentración de la contaminación en un lugar y en un momento específico. Por lo tanto, este término es un contaminante a nivel del suelo en la cual su concentración puede afectar al entorno dentro de ese lugar. Barcelona Cazanave et al. (2015), señala que el NO ₂ es uno de los gases más importantes y tóxicos para los organismos vivos, su existencia es un indicador de la calidad de aire y de las actividades que el hombre genera, es parte de los contaminantes gaseosos producto de la combustión de los vehículos, la producción de energía y de la quema de combustibles fósiles. Por lo que se entiende que la inmisión del dióxido de nitrógeno es la concentración que ocasiona este gas en un área determinado.	Se realizará un monitoreo en los interiores de los restaurantes aledaños a la Universidad Cesar Vallejo-SJL, mediante el uso de muestreadores pasivos de Palmes que nos permitirá medir los niveles de las concentraciones del dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	Concentración Temperatura Humedad relativa I/O	µg/m ³ °C % -----

3.3 Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

3.3.1 Población

Según Hernandez-Sampieri (2018), la población se define como la agrupación de acontecimientos que coincide con ciertas características; es decir, lo que se desea estudiar cuenta con características en común.

En este caso la población investigada son los restaurantes que están ubicados en el departamento de Lima, distrito de San Juan de Lurigancho; Av. El Parque, Canto Rey. Estos restaurantes están aledaños a la Universidad Cesar Vallejo – Lima Este, siendo un total de 17 sin embargo no todos contaban con las características deseadas para el estudio.

3.3.2 Muestra

Según, Hernandez-Sampieri (2018) la muestra se define como algo propio y a la vez como el subconjunto de la población; es decir que es una pequeña parte de nuestra población total y nos servirá para realizar el proyecto. La muestra de este estudio comprende a las cocinas ubicadas dentro de cuatro restaurantes: Puerto Chiclayo, Peruanisimo, Los Moluscos y Cajacho, las ubicaciones se muestran en la Figura 2.

3.3.3 Muestreo

Para este trabajo se ha seleccionado un muestreo no probabilístico debido a la limitación en recursos (costo de análisis, costo de los muestreadores pasivos, lugares dentro del restaurante que contaban con las condiciones para poner el muestreador), pero se buscó que los criterios utilizados (ubicación en la Av. El Parque, el propietario permita monitorear 6 días de los 7 de la semana, que tengan cocina y que trabaje con mayor frecuencia) se cumplan en los 4 restaurantes.

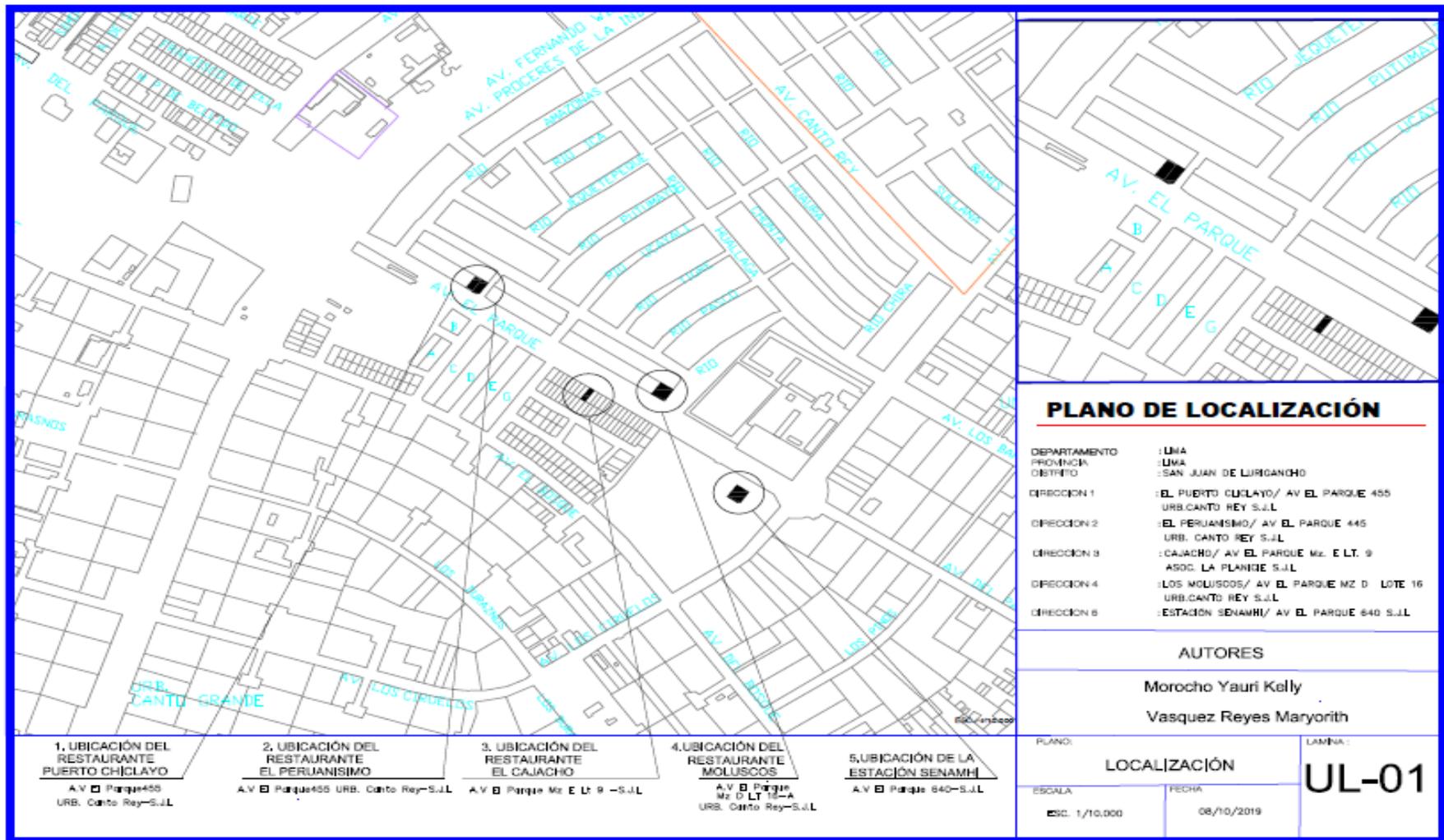


Figura 2 Ubicación de los restaurantes

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Con la finalidad de obtener la concentración del contaminante y los parámetros de confort térmico se utilizaron como instrumentos de medición muestreadores pasivos y termohigrómetros respectivamente. Las fichas técnicas de estos instrumentos se pueden ver en el Anexo 6 con el fin de mostrar la precisión y exactitud de cada uno de ellos.

3.5 Procedimientos

Para la recolección de datos se siguieron las etapas que se muestran en la Figura 3 y que a continuación se detallan:

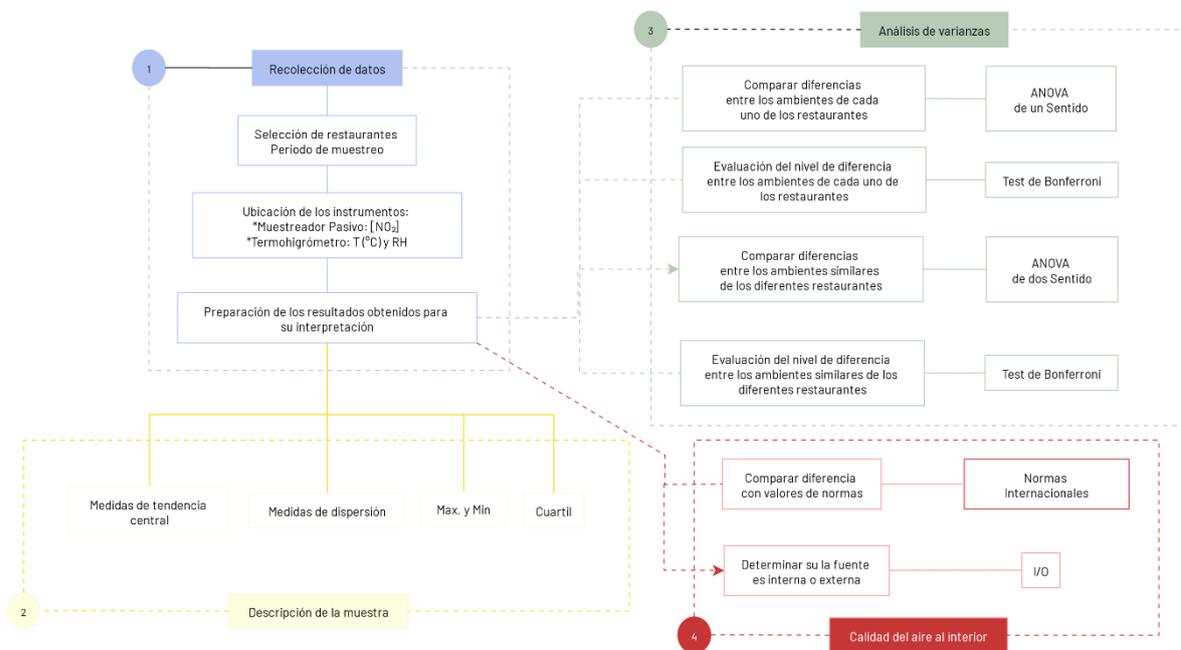


Figura 3 Esquema de los procedimientos de la investigación

3.5.1 Selección de restaurantes

Los lugares de estudio fueron seleccionados por conveniencia, como parte representativa de 17 comercios dedicados a la preparación de alimentos y jugos en la Av. El Parque-SJL, se excluyeron a los comercios que solo trabajan en horario nocturno; así como comercios que preparaban comida rápida, heladerías y aquellas que contaban con instalación de cocinas cercana a la puerta de salida o externa. También

se tomó en cuenta el tipo de gas que utilizaban para cocinar en este caso solo 7 cumplían con los requisitos y solo se trabajó con 4; ya que cumplían con lo siguiente: utilizaban GLP de 15 kg, que cuenten con campada extractora (no eléctrica), horario de trabajo y disponibilidad. Se estableció un total de 4 restaurantes como se mencionó anteriormente seleccionado por conveniencia. La distribución de los restaurantes seleccionados se puede observar en la Figura 4.

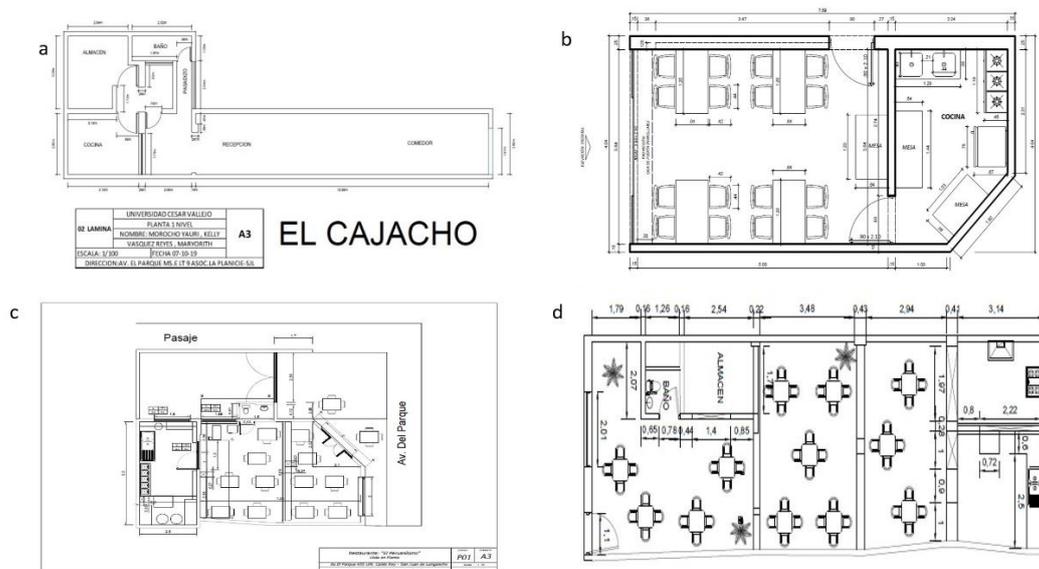


Figura 4 Ambientes de los restaurantes seleccionados: a) El Cajacho, b) Moluscos, c) El Peruanísimo y d) Puerto Chiclayo

3.5.2 Selección de parámetros

Los parámetros medidos en interiores de los restaurantes fueron el dióxido de nitrógeno, la temperatura y la humedad relativa.

3.5.3 Mediciones

Las mediciones se llevaron a cabo entre setiembre y octubre de 2019. Por dos semanas (Tabla 4) con ayuda de muestreadores pasivos Palmes se realizó el monitoreo de dióxido de nitrógeno (NO_2), los muestreadores se colocaron tanto en la cocina, como en la zona de comensales y en la puerta de acceso de cada uno de los cuatro restaurantes, para el monitoreo de temperatura y humedad relativa se utilizó un

termohigrómetro Boeco Germany, los que fueron puestos en la cocina teniendo en cuenta que en ese lugar es donde se produce la mayor temperatura debido a las hornillas que funcionan casi todo el día.

Tabla 4 Fechas de inicio y final del muestreo de NO₂

Restaurantes	Inicial	Final
Rest. Cajacho	14 de octubre	27 de octubre
Rest. Puerto Chiclayo	14 de octubre	27 de octubre
Rest. Los Moluscos	14 de octubre	27 de octubre
Rest. Peruanísimo	14 de octubre	27 de octubre

Una vez que se ha establecido los puntos de monitoreo y la ubicación dentro de los restaurantes es posible obtener los datos (Anexo 5) los que serán procesados según se describe en la sección siguiente.

3.6 Método de análisis de datos

Se utilizaron múltiples técnicas de análisis estadístico (Figura 3) empezando por realizar un resumen estadístico para ayudar a que las características de las muestras sean evidentes. Luego, se busca comparar las concentraciones de contaminantes IAQ y prueba de diferencias significativas entre los ambientes dentro de cada restaurante y entre los restaurantes. Para esto se utilizó ANOVA unidireccional y ANOVA de dos vías para hacer comparaciones.

El software utilizado para los cálculos fue R 2.15 y teniendo como interface a Rstudio 1.0.153, los scripts se pueden encontrar en el Anexo 7.

3.7 Aspectos éticos

De acuerdo con los principios de ética no se realizaron violaciones de las leyes dentro del periodo de estudio en el desarrollo de la investigación.

IV RESULTADOS

Las características de los restaurantes seleccionados se resumen en la Tabla 5. En esta tabla se presenta el área de las cocinas y la temperatura y humedad relativa promedio durante el estudio, se realizó la medición de estos dos últimos parámetros ya que son representativos del confort térmico.

Tabla 5 Características de las cocinas de los restaurantes

Cocinas	Áreas (m ²)	Temperatura Promedio (°C)	Humedad relativa Promedio (HR)
Puerto Chiclayo	6.2	25.17	59.03
Peruanisimo	13.3	27.95	51.93
Moluscos	9	27.71	61.43
Cajacho	6.2	26.68	57.39

Los datos obtenidos en el Anexo 5 se presentan a una temperatura (T) de 9°C y una presión (P) de 1013hPa, por lo que es necesario pasarlos a otro estado (T= 25°C y P= 1 atm) utilizando la siguiente ecuación:

$$\frac{w_2}{v_2} = \frac{w_1 \times T_1 \times P_2}{v_1 \times P_1 \times T_2} \quad (2)$$

Donde: w es peso, T es temperatura (K) y P es presión, mientras que 1 y 2 representa los estados. Una vez que se ha convertido del estado 1 al estado 2 se construye la Tabla 6.

La Tabla 6 resume las características generales de los resultados obtenidos del monitoreo de dos semanas en los restaurantes Puerto Chiclayo (PUE), El Peruanisimo (PER), Moluscos (MOL) y Cajacho (CAJ). Las muestras se tomaron en los diferentes ambientes de los restaurantes y fueron identificados por números arábigos, así se tiene que para la cocina se señala con 1, para la zona de comedor se usa 2 y para la puerta de acceso el número 3.

Tabla 6 Resumen de datos muestrales en µg/m³

Ambiente: Cocina	PUE1	PER1	MOL1	CAJ1
Mínimo	85.67	230.6	86.92	237.8
1er Cuartil	91.03	257.2	88.21	244.4
Mediana	96.38	283.8	89.5	250.9
Media	96.38	268.8	88.64	249.9
Des.típ. muestral (SD)	10.71	33.36	1.49	11.69
3er Cuartil	101.74	288	89.5	256
Máximo	107.09	292.1	89.5	261.1

Ambiente: Comedor	PUE2	PER2	MOL2	CAJ2
Mínimo	112.2	265	62.73	126.3
1er Cuartil	112.4	269.6	62.92	127
Mediana	112.7	274.1	63.11	127.7
Media	113.2	287	63.33	127.7
Des.típ. muestral (SD)	1.36	30.65	0.74	1.39
3er Cuartil	113.7	298.1	63.63	128.4
Máximo	114.7	322	64.16	129.1
Ambiente: Puerta	PUE3	PER3	MOL3	CAJ3
Mínimo	51.25	62.44	53.83	69.52
1er Cuartil	51.25	63.87	53.93	69.85
Mediana	51.25	65.31	54.02	70.18
Media	51.38	65.31	54.22	70.98
Des.típ. muestral (SD)	0.22	2.87	0.51	1.99
3er Cuartil	51.44	66.74	54.41	71.71
Máximo	51.63	68.18	54.79	73.24

La concentración de NO₂ en los diferentes restaurantes se presenta en la Figura 5. Los valores de concentración máximo y mínimos de NO₂ en los diferentes son los siguientes: El Restaurante Cajacho varía de 261.1 µg/m³ a 69.52 µg/m³, el Restaurante los Moluscos de 89.5 µg/m³ a 53.83 µg/m³, Restaurante Peruanísimo de 322 µg/m³ a 62.44 µg/m³ y por último, en el Restaurante Puerto Chiclayo varía de 114.7 µg/m³ a 51.25 µg/m³.

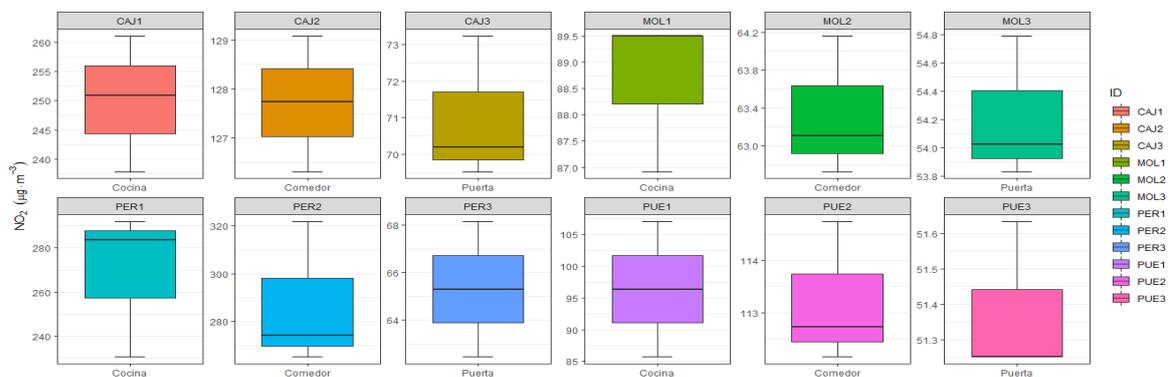


Figura 5 Resumen de datos muestrales en µg/m³ para cada una de las posiciones de los muestreadores

La Figura 6 muestra la distribución del NO₂ al interior de cada uno de los restaurantes. En los restaurantes Cajacho y Moluscos el valor promedio más elevado se presenta en las cocinas, 249.9±11.69 µg/m³ y 88.64±1.49 µg/m³ respectivamente, mientras tanto en los restaurantes Puerto Chiclayo y Peruanísimo los valores máximos promedio se presentan en la zona del comedor, 113.2±1.36 µg/m³ y 287±30.65 µg/m³.

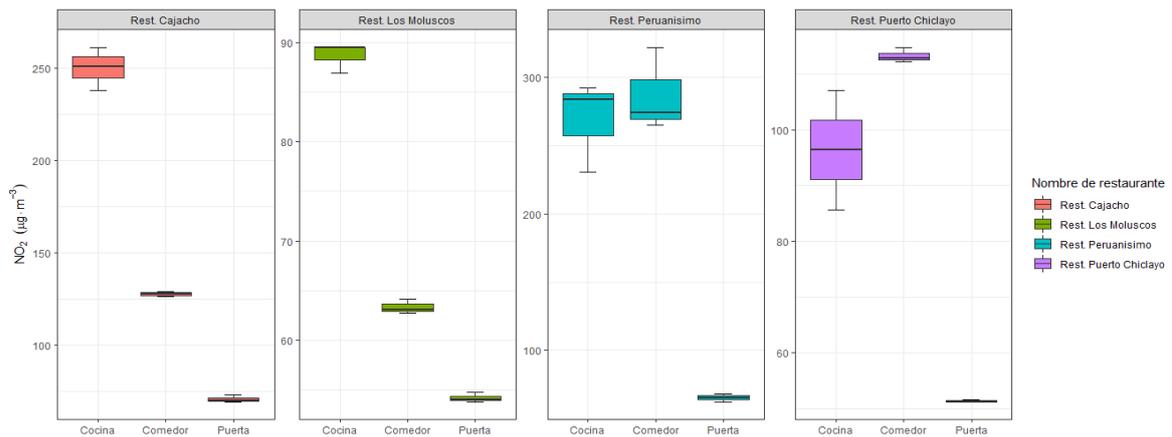


Figura 6 Distribución del NO₂ al interior de cada restaurante

Con la finalidad de probar que existe variación de la concentración de NO₂ entre los ambientes de los restaurantes, tal como lo muestra la Figura 6, se realizó un ANOVA de una sola vía (Tabla 7). De la Tabla 7 podemos indicar que, si existe diferencia significativa, ya que en los cuatro restaurantes el *P*-valor fue menor a 0.05 (valor de significancia seleccionado para esta prueba).

Tabla 7 Resumen de ANOVA de una sola vía

Restaurantes	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Cajacho	2	50188.73	25094.36	529.2433	1.79E-07
Moluscos	2	1909.162	954.5811	912.9894	3.51E-08
Peruanísimo	2	90922.73	45461.36	66.21626	8.14E-05
Puerto Chiclayo	2	6126.48	3063.24	79.03776	4.89E-05

Si bien existe diferencia significativa ANOVA no nos ayuda a saber si la diferencia se da entre todos los ambientes o si alguno de ellos mantiene alguna similitud, por lo que se procedió a realizar la prueba de comparación de Bonferroni (Tabla 8). Con la ayuda de esta prueba se pudo comprobar que no existe diferencia significativa al comparar los ambientes cocina y comedor de los restaurantes Peruanísimo ($p=1.00000$) y Puerto Chiclayo ($p=0.04891$), aunque visualmente (Figura 6) inicialmente parecía que la mayor concentración se estuvo dando en los comedores de dichos restaurantes.

En relación con los otros restaurantes la prueba de Bonferroni indica que existe diferencia significativa entre cada uno de los ambientes.

Tabla 8 Resumen de la comparación por método de Bonferroni

	Cajacho	
	Cocina	Comedor
Comedor	1.9e-06	---
Puerta	1.9e-07	0.00017

Moluscos		
	Cocina	Comedor
Comedor	2.6e-07	---
Puerta	4.1e-08	1e-04
Peruanisimo		
	Cocina	Comedor
Comedor	1.00000	---
Puerta	0.00023	0.00014
Puerto Chiclayo		
	Cocina	Comedor
Comedor	0.04891	---
Puerta	0.00035	5.6e-05

Al comparar a variación de la concentración de NO₂ por ambientes al interior de los restaurantes (Figura 7) se presenta que a nivel de cocinas ($268.8 \pm 33.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y comedores ($287 \pm 30.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) el restaurante Peruanisimo presenta el valor medio más elevado, mientras que en puertas ($70.98 \pm 1.99 \mu\text{g}/\text{m}^3$) el restaurante El Cajacho presenta el valor medio más elevado.

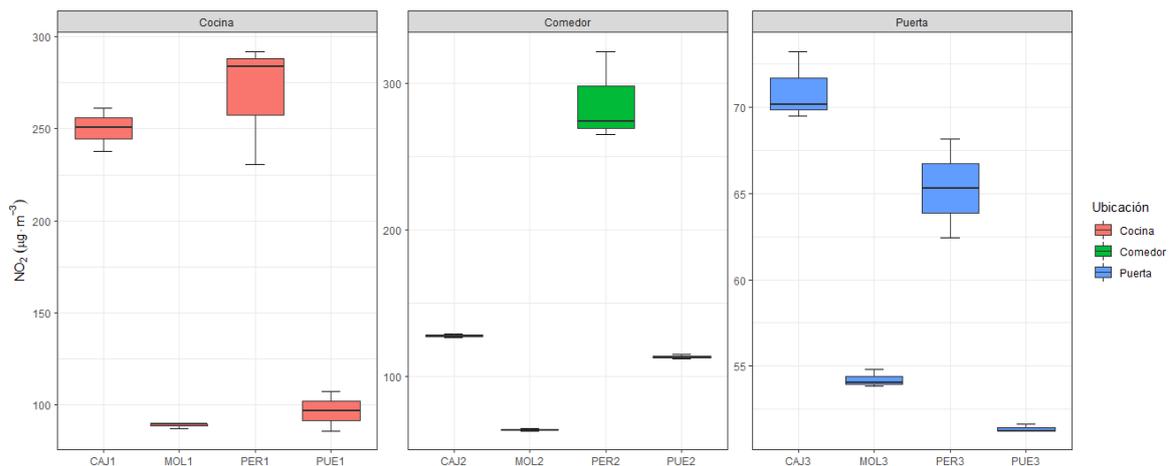


Figura 7 Comparación de la variación concentración de NO₂ por ambientes al interior de los restaurantes

La pregunta que surge como consecuencia de la Figura 7 son las siguientes:

- ¿Existe diferencia en la concentración del NO₂ al comparar por ambientes?
- ¿En qué ambientes se dan las diferencias o las similitudes?

Para dar respuesta a esa pregunta se realizó un ANOVA de una sola vía (Tabla 9) y una prueba de Bonferroni (Tabla 10).

De la Tabla 9 se obtiene que si existe diferencias significativas ($P\text{-valor} < 0.05$)

Tabla 9 Resumen ANOVA de una sola vía por ambientes

Ambientes	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Cocinas	3	84159.75	28053.25	82.10327	2.38E-06
Comedores	3	84365.12	28121.71	119.4107	5.55E-07
Puertas	3	765.26	255.0867	81.08715	2.5E-06

Pero al analizar estas diferencias (Tabla 10) se observa que en las cocinas los restaurantes Cajacho y Peruanísimo no presentan diferencias significativas al igual que Moluscos y Puerto Chiclayo; en los comedores, Cajacho y Puerto Chiclayo no presentan diferencias significativas y finalmente, para el resto de los ambientes si existe diferencia significativa.

Tabla 10 Resumen de comparar ambientes de similar uso entre los restaurantes

Cocinas			
	CAJ1	MOL1	PER1
MOL1	3.1e-05	-	-
PER1	1	1.3e-05	-
PUE1	4.5e-05	1	1.9e-05
Comedores			
	CAJ1	MOL1	PER1
MOL1	0.0053	-	-
PER1	8.3e-06	6.0e-07	-
PUE1	1	0.0244	4.2e-06
Puertas			
	CAJ1	MOL1	PER1
MOL1	1.7e-05	-	-
PER1	0.02677	0.00036	-
PUE1	5.2e-06	0.53545	6.9e-05

V DISCUSIÓN

De los diferentes puntos estudiados (cocinas, comedores y puertas de salida) la mayor concentración promedio se dio en el comedor del restaurante Peruanísimo ($274 \pm 30.65 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y no en su cocina ($268 \pm 33.36 \mu\text{g}/\text{m}^3$), pero al realizar la prueba de Bonferroni, para ver si existen diferencias significativas entre la cocina y el comedor del restaurante Peruanísimo, se tiene que no existe dicha diferencia.

Debido a lo anterior se sometió a los 12 puntos a la prueba antes mencionada y como resultado de esto se obtiene que solamente 5 puntos presentan diferencias significativas: Los sensores instalados en las puertas de salida (PUE3, PER3, MOL3 y CAJ3) y el sensor en el comedor del restaurante El Molusco (MOL2).

Los puntos que no mostraron diferencias significativas fueron los siguientes: El comedor y la cocina de Peruanísimo no mostraron diferencia significativa con la cocina de Cajacho 1, es decir:

$$\mu_{PER1} = \mu_{PER2} = \mu_{CAJ1} \quad (3)$$

Otros puntos que no mostraron diferencias significativas fueron: la cocina de Puerto Chiclayo con la cocina de Molusco y esto dos no mostraron diferencia tampoco con el comedor de Puerto Chiclayo y el comedor de Cajacho, es decir:

$$\mu_{mol1} = \mu_{PUE1} = \mu_{PUE2} = \mu_{CAJ2} \quad (4)$$

Por lo que si consideramos a las cocinas como las fuentes de contaminación podríamos señalar existen dos grupos, tal como se muestra en (5)

$$\mu_{PER1} = \mu_{CAJ1} \neq \mu_{mol1} = \mu_{PUE1} \quad (5)$$

Al comparar los resultados obtenidos en las cocinas con respecto al estudio de Dédelé y Miškinytė 2016, el cual se realizó por 14 días y en cocinas, se observa que los valores obtenidos en este estudio son mucho más elevados (Tabla 11) lo que lleva a inferir en la importancia de ventilación de los ambientes y tener como criterio al momento de dar licencias de funcionamiento a los locales en Perú.

Tabla 11 Comparación de resultados con estudios de igual duración

Restaurantes	NO ₂ (µg/m ³)	Dédelé y Miškinytė 2016
PUE1	96.38	28.4 µg/m ³
PER1	268.8	
MOL1	88.64	
CAJ1	249.9	

Por otro lado si lo comparamos con estudios de mayor tiempo como en el caso de Ielpo et al. 2019, un mes de estudio, pero realizado en una casa, se sigue teniendo valores muy elevados (Tabla 12), en este caso muy probablemente a la diferencia de frecuencia de encendido de las hornillas.

Tabla 12 Comparación de resultados con estudios de mayor duración

Restaurantes	NO ₂ (µg/m ³)	Ielpo et al. 2019 (µg/m ³)
PUE1	96.38	7.51
PER1	268.8	7.58
MOL1	88.64	8.74
CAJ1	249.9	5.30

Para poder realizar una comparación con las normas internacionales ha sido necesario calcular la concentración en una hora de exposición del muestreador pasivo, para ese caso se procedió a dividir el valor obtenido por 336 horas, tal como lo realizó Melia et al. 1978 (Tabla 13), al comparar se tiene que ninguno de los valores supera los valores de normas internacionales

Tabla 13 Comparación con normas internacionales

Restaurantes (µg/m ³)				Normas Internacionales (µg/m ³)		
PUE1	PER1	MOL1	CAJ1	OMS	Canadá	Kuwait
0.29	0.8	0.26	0.74	203	182	200
PUE2	PER2	MOL2	CAJ2			
0.34	0.85	0.19	0.38			
PUE3	PER3	MOL3	CAJ3			
0.15	0.19	0.16	0.21			

Finalmente, con el objetivo de saber si la contaminación proviene del interior o del exterior se utiliza el parámetro I/O que ha sido utilizado en múltiples estudios tales como: Dédelé y Miškinytė 2016; Ielpo et al. 2019; Kalimeri et al. 2016, este cociente divide la concentración del contaminante al interior por la concentración del contaminante del exterior (valores de NO₂ reportado por la estación de SENAMHI que se encuentra en la universidad Cesar Vallejo Lima – Este).

Tabla 14 Valores I/O

	PUE3	PER3	MOL3	CAJ3
Puertas	51.38	65.31	54.22	70.98
SENAMHI	19.08	19.08	19.08	19.08
I/O	2.69	3.42	2.84	3.72

Los resultados (Tabla 14) indican que la fuente de contaminación provienen del interior tal como lo concluyen otros estudios al realizar esta prueba Dédelé y Miškinytė 2016; Ielpo et al. 2019; Kalimeri et al. 2016.

VI CONCLUSIONES

Las concentraciones obtenidas de NO₂ de los muestreadores pasivos ubicados en las puertas de los restaurantes permitió determinar si la contaminación provenía de fuentes externas o internas a los locales, esto se concluye ya que los I/O exceden el valor de 1.

Del total de 12 puntos muestreados en 4 restaurantes se concluye que se puede distinguir dos grupos que presentan valores significativamente diferentes, esto con relación a las cocinas (ecuación (5)) y con respecto a los comedores se puede señalar que en los siguientes casos no existió diferencia significativa entre la cocina y el comedor: cocina del restaurante Peruanísimo y su respectivo comedor e igual forma en el caso de Puerto Chiclayo.

Con respecto a la calidad del aire se puede indicar que los valores registrados por hora no superan las normas de calidad ambiental de contaminantes al interior de la OMS o de otros países, pero si ha superado los valores reportados por otros estudios que fueron realizados en cocinas y con la misma duración.

VII RECOMENDACIONES

Realizar un estudio durante un año para poder determinar si existe influencia de las estaciones (verano, otoño, invierno y primavera) y determinar el grado de variación.

REFERENCIAS

- ABDUL-WAHAB, S.A., CHIN FAH EN, S., ELKAMEL, A., AHMADI, L. y YETILMEZSOY, K., 2015. A review of standards and guidelines set by international bodies for the parameters of indoor air quality. *Atmospheric Pollution Research* [en línea], vol. 6, no. 5, pp. 751-767. ISSN 13091042. DOI 10.5094/APR.2015.084. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1309104215301689>.
- ABIEM, L., SOMBO, T., MKERY, J. y STATE, L.G.A.O.F.B., 2016. Indoor Air Pollution from Domestic Fuels in Makurdi L.G.A. of Benue State, Nigeria. *International Journal of Science, Environment and Technology* [en línea], vol. 5, no. 4, pp. 1804-1812. Disponible en: <https://www.ijset.net/journal/1082.pdf>.
- AL-HEMOUD, A., AL-AWADI, L., AL-RASHIDI, M., RAHMAN, K.A., AL-KHAYAT, A. y BEHBEHANI, W., 2017. Comparison of indoor air quality in schools: Urban vs. Industrial 'oil & gas' zones in Kuwait. *Building and Environment* [en línea], vol. 122, pp. 50-60. ISSN 03601323. DOI 10.1016/j.buildenv.2017.06.001. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.001>.
- AMOATEY, P., OMIDVARBORNA, H., BAAWAIN, M.S. y AL-MAMUN, A., 2018. Indoor air pollution and exposure assessment of the gulf cooperation council countries: A critical review. *Environment International* [en línea], vol. 121, no. September, pp. 491-506. ISSN 18736750. DOI 10.1016/j.envint.2018.09.043. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.09.043>.
- ASIF, A., ZEESHAN, M. y JAHANZAIB, M., 2018. Indoor temperature, relative humidity and CO2 levels assessment in academic buildings with different heating, ventilation and air-conditioning systems. *Building and Environment* [en línea], vol. 133, no. February, pp. 83-90. ISSN 03601323. DOI 10.1016/j.buildenv.2018.01.042. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.01.042>.
- AZUMA, K., UCHIYAMA, I., UCHIYAMA, S. y KUNUGITA, N., 2016. Assessment of inhalation exposure to indoor air pollutants: Screening for health risks of

multiple pollutants in Japanese dwellings. *Environmental Research* [en línea], vol. 145, pp. 39-49. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2015.11.015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.11.015>.

BARCELONA CAZANAVE, L., LÓPEZ LEE, R., PIRE RIVAS, S., HERNÁNDEZ, A., CAZANAVE, L.B., LEE, R.L., VARONA, M.M., RIVAS, S.F.P. y HERNÁNDEZ, A., 2015. Calidad del aire en la Ciudad Universitaria José Antonio Echeverría por partículas e. *UCE Ciencia. Revista de postgrado.*, vol. 3, no. 2.

BARI, M.A., CURRAN, R.L.T. y KINDZIERSKI, W.B., 2015. Field performance evaluation of Maxxam passive samplers for regional monitoring of ambient SO₂, NO₂ and O₃ concentrations in Alberta, Canada. *Atmospheric Environment* [en línea], vol. 114, pp. 39-47. ISSN 18732844. DOI 10.1016/j.atmosenv.2015.05.031. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.05.031>.

BEKÖ, G., GUSTAVSEN, S., FREDERIKSEN, M., BERGSØE, N.C., KOLARIK, B., GUNNARSEN, L., TOFTUM, J. y CLAUSEN, G., 2016. Diurnal and seasonal variation in air exchange rates and interzonal airflows measured by active and passive tracer gas in homes. *Building and Environment*, vol. 104, pp. 178-187. ISSN 03601323. DOI 10.1016/j.buildenv.2016.05.016.

BENTAYEB, M., NORBACK, D., BEDNAREK, M., BERNARD, A., CAI, G., CERRAI, S., ELEFThERIOU, K.K., GRATZIOU, C., HOLST, G.J., LAVAUD, F., NASIŁOWSKI, J., SESTINI, P., SARNO, G., SIGSGAARD, T., WIESLANDER, G., ZIELINSKI, J., VIEGI, G. y ANNESI-MAESANO, I., 2015. Indoor air quality, ventilation and respiratory health in elderly residents living in nursing homes in Europe. *European Respiratory Journal*, vol. 45, no. 5, pp. 1228-1238. ISSN 0903-1936. DOI 10.1183/09031936.00082414.

BŁASZCZYK, E., ROGULA-KOZŁOWSKA, W., KLEJNOWSKI, K., KUBIESA, P., FULARA, I. y MIELŻYŃSKA-ŠVACH, D., 2017. Indoor air quality in urban and rural kindergartens: short-term studies in Silesia, Poland. *Air Quality, Atmosphere and Health*, vol. 10, no. 10, pp. 1207-1220. ISSN 18739326. DOI 10.1007/s11869-017-0505-9.

- BOZKURT, Z., DOĞAN, G., ARSLANBAŞ, D., PEKEY, B., PEKEY, H., DUMANOĞLU, Y., BAYRAM, A. y TUNCEL, G., 2015. Determination of the personal, indoor and outdoor exposure levels of inorganic gaseous pollutants in different microenvironments in an industrial city. *Environmental Monitoring and Assessment* [en línea], vol. 187, no. 9, pp. 590. ISSN 0167-6369. DOI 10.1007/s10661-015-4816-8. Disponible en: <http://link.springer.com/10.1007/s10661-015-4816-8>.
- BRANCO, P.T.B.S., NUNES, R.A.O., ALVIM-FERRAZ, M.C.M., MARTINS, F.G. y SOUSA, S.I.V., 2015. Children's exposure to indoor air in urban nurseries – Part II: Gaseous pollutants' assessment. *Environmental Research* [en línea], vol. 142, no. 2, pp. 662-670. ISSN 00139351. DOI 10.1016/j.envres.2015.08.026. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.08.026>.
- BRUCE, N., PEREZ-PADILLA, R. y ALBALAK, R., 2000. Indoor air pollution in developing countries: a major environmental and public health challenge. *Bulletin of the World Health Organization* [en línea], vol. 78, no. 9, pp. 1087-1092547. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2560841/>.
- CHEN, J., BRAGER, G.S., AUGENBROE, G. y SONG, X., 2019. Impact of outdoor air quality on the natural ventilation usage of commercial buildings in the US. *Applied Energy* [en línea], vol. 235, no. November 2018, pp. 673-684. ISSN 03062619. DOI 10.1016/j.apenergy.2018.11.020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.11.020>.
- CIBELLA, F., CUTTITTA, G., DELLA MAGGIORE, R., RUGGIERI, S., PANUNZI, S., DE GAETANO, A., BUCCHIERI, S., DRAGO, G., MELIS, M.R., LA GRUTTA, S. y VIEGI, G., 2015. Effect of indoor nitrogen dioxide on lung function in urban environment. *Environmental Research* [en línea], vol. 138, pp. 8-16. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2015.01.023. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2015.01.023>.
- CORDIOLI, M., PIRONI, C., DE MUNARI, E., MARMIROLI, N., LAURIOLA, P. y

- RANZI, A., 2017. Combining land use regression models and fixed site monitoring to reconstruct spatiotemporal variability of NO₂ concentrations over a wide geographical area. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 574, pp. 1075-1084. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2016.09.089. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.089>.
- D.S N° 003-2017-MINAM, 2017. *Estándares de Calidad Ambiental* [en línea]. 2017. S.l.: s.n. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>.
- DÉDELE, A. y MIŠKINYTĖ, A., 2016. Seasonal variation of indoor and outdoor air quality of nitrogen dioxide in homes with gas and electric stoves. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, no. 17, pp. 17784-17792. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-016-6978-5.
- DEMIREL, G., ÖZDEN, Ö., DÖĞEROĞLU, T. y GAGA, E.O., 2014. Personal exposure of primary school children to BTEX, NO₂ and ozone in Eskişehir, Turkey: Relationship with indoor/outdoor concentrations and risk assessment. *Science of the Total Environment*, vol. 473-474, no. 2, pp. 537-548. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2013.12.034.
- EKEU-WEI, I.T., AZUMA, K.I. y OGUNMUYIWA, F.B.B., 2018. Passive Sampling of Ambient Nitrogen Dioxide at Toll Plazas in Malaysia. *Open Journal of Air Pollution* [en línea], vol. 07, no. 01, pp. 14-33. ISSN 2169-2653. DOI 10.4236/ojap.2018.71002. Disponible en: <http://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/ojap.2018.71002>.
- EPA, 1985. Effects of Air Pollution on Health Outcomes - R-3272-EPA. [en línea]. S.l.: Disponible en: <https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-12/documents/ee-0205a-02.pdf>.
- EZZATI, M. y KAMMEN, D.M., 2002. The health impacts of exposure to indoor air pollution from solid fuels in developing countries: knowledge, gaps, and data needs. *Environmental Health Perspectives* [en línea], vol. 110, no. 11, pp. 1057-1068. ISSN 0091-6765. DOI 10.1289/ehp.021101057. Disponible en:

<https://ehp.niehs.nih.gov/doi/10.1289/ehp.021101057>.

FÖLDVÁRY, V., BEKÖ, G., LANGER, S., ARRHENIUS, K. y PETRÁŠ, D., 2017. Effect of energy renovation on indoor air quality in multifamily residential buildings in Slovakia. *Building and Environment*, vol. 122, pp. 363-372. ISSN 03601323. DOI 10.1016/j.buildenv.2017.06.009.

GAFFIN, J.M., HAUPTMAN, M., PETTY, C.R., SHEEHAN, W.J., LAI, P.S., WOLFSON, J.M., GOLD, D.R., COULL, B.A., KOUTRAKIS, P. y PHIPATANAKUL, W., 2018. Nitrogen dioxide exposure in school classrooms of inner-city children with asthma. *Journal of Allergy and Clinical Immunology* [en línea], vol. 141, no. 6, pp. 2249- 2255.e2. ISSN 10976825. DOI 10.1016/j.jaci.2017.08.028. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jaci.2017.08.028>.

HERNANDEZ-SAMPIERI, R., 2018. *Metodología de la Investigación*. 6ta. México: Mc Graw Hill. ISBN 9781456223960.

IELPO, P., MANGIA, C., MARRA, G.P., COMITE, V., RIZZA, U., URICCHIO, V.F. y FERMO, P., 2019. Outdoor spatial distribution and indoor levels of NO₂ and SO₂ in a high environmental risk site of the South Italy. *Science of the Total Environment* [en línea], vol. 648, no. 2, pp. 787-797. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2018.08.159. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.159>.

JAFTA, N., BARREGARD, L., JEENA, P.M. y NAIDOO, R.N., 2017. Indoor air quality of low and middle income urban households in Durban, South Africa. *Environmental Research* [en línea], vol. 156, no. March, pp. 47-56. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2017.03.008. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.03.008>.

KALIMERI, K.K., SARAGA, D.E., LAZARIDIS, V.D., LEGKAS, N.A., MISSIA, D.A., TOLIS, E.I. y BARTZIS, J.G., 2016. Indoor air quality investigation of the school environment and estimated health risks: Two-season measurements in primary schools in Kozani, Greece. *Atmospheric Pollution Research* [en línea], vol. 7,

no. 6, pp. 1128-1142. ISSN 13091042. DOI 10.1016/j.apr.2016.07.002.
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2016.07.002>.

KIROS, F., SHAKYA, K.M., RUPAKHETI, M., REGMI, R.P., MAHARJAN, R., BYANJU, R.M., NAJA, M., MAHATA, K., KATHAYAT, B. y PELTIER, R.E., 2016. Variability of anthropogenic gases: Nitrogen oxides, sulfur dioxide, ozone and ammonia in Kathmandu Valley, Nepal. *Aerosol and Air Quality Research*, vol. 16, no. 12, pp. 3088-3101. ISSN 20711409. DOI 10.4209/aaqr.2015.07.0445.

KROCHMAL, D. y GÓRSKI, L., 1991. Determination of Nitrogen Dioxide in Ambient Air by Use of a Passive Sampling Technique and Triethanolamine as Absorbent. *Environmental Science and Technology*, vol. 25, no. 3, pp. 531-535. ISSN 15205851. DOI 10.1021/es00015a023.

KÜÇÜKAÇIL ARTUN, G., POLAT, N., YAY, O.D., ÖZDEN ÜZMEZ, Ö., ARI, A., TUNA TUYGUN, G., ELBIR, T., ALTUĞ, H., DUMANOĞLU, Y., DÖĞEROĞLU, T., DAWOOD, A., ODABASI, M. y GAGA, E.O., 2017. An integrative approach for determination of air pollution and its health effects in a coal fired power plant area by passive sampling. *Atmospheric Environment*, vol. 150, pp. 331-345. ISSN 18732844. DOI 10.1016/j.atmosenv.2016.11.025.

LANGER, S., BEKÖ, G., BLOOM, E., WIDHEDEN, A. y EKBERG, L., 2015. Indoor air quality in passive and conventional new houses in Sweden. *Building and Environment*, vol. 93, no. P1, pp. 92-100. ISSN 03601323. DOI 10.1016/j.buildenv.2015.02.004.

LEWNÉ, M., JOHANNESSON, S., STRANDBERG, B. y BIGERT, C., 2017. Exposure to Particles, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, and Nitrogen Dioxide in Swedish Restaurant Kitchen Workers. *Annals of work exposures and health*, vol. 61, no. 2, pp. 152-163. ISSN 23987316. DOI 10.1093/annweh/wxx027.

MASEY, N., GILLESPIE, J., HEAL, M.R., HAMILTON, S. y BEVERLAND, I.J., 2017. Influence of wind-speed on short-duration NO₂ measurements using Palmes and Ogawa passive diffusion samplers. *Atmospheric Environment* [en línea],

vol. 160, pp. 70-76. ISSN 18732844. DOI 10.1016/j.atmosenv.2017.04.008.
Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2017.04.008>.

MELIA, R.J.W.J.W., DU, C., DARBY, S.C.C., PALMES, E.D.D., GOLDSTEIN, B.D.D., DU V. FLOREY, C., DARBY, S.C.C., PALMES, E.D.D. y GOLDSTEIN, B.D.D., 1978. Differences in NO₂ levels in kitchens with gas or electric cookers. *Atmospheric Environment (1967)* [en línea], vol. 12, no. 6-7, pp. 1379-1381. ISSN 00046981. DOI 10.1016/0004-6981(78)90079-3. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0004698178900793>.

MULIK, J.D., LEWIS, R.G., MCCLENNY, W.A. y WILLIAMS, D.D., 1989. Modification of a High-Efficiency Passive Sampler To Determine Nitrogen Dioxide or Formaldehyde in Air. *Analytical Chemistry*, vol. 61, no. 2, pp. 187-189. ISSN 15206882. DOI 10.1021/ac00177a022.

MUNTANÉ RENAT, J., 2010. Introducció a la investigació bàsica. *Revisiones tematicas Introduccion a la Investigacion Basica*, vol. 33, no. 0, pp. 221-227.

NEMATCHOUA, M.K., TCHINDA, R., OROSA, J.A. y ANDREASI, W.A., 2015. Effect of wall construction materials over indoor air quality in humid and hot climate. *Journal of Building Engineering* [en línea], vol. 3, pp. 16-23. ISSN 23527102. DOI 10.1016/j.jobbe.2015.05.002. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jobbe.2015.05.002>.

OGUNTOKE, O., OPEOLU, B. y BABATUNDE, N., 2010. Indoor Air Pollution and Health Risks among Rural Dwellers in Odeda Area, South-Western Nigeria. *Ethiopian Journal of Environmental Studies and Management* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 39-46. ISSN 1998-0507. DOI 10.4314/ejesm.v3i2.59833. Disponible en: <http://www.ajol.info/index.php/ejesm/article/view/59833>.

PALMES, E.D., GUNNISON, A.F., DIMATTIO, J. y TOMCZYK, C., 1976. Personal sampler for nitrogen dioxide. *American Industrial Hygiene Association Journal*, vol. 37, no. 10, pp. 570-577. ISSN 00028894. DOI 10.1080/0002889768507522.

PAULIN, L.M., WILLIAMS, D.A.L., PENG, R., DIETTE, G.B., MCCORMACK, M.C.,

- BREYSSE, P. y HANSEL, N.N., 2017. 24-h Nitrogen dioxide concentration is associated with cooking behaviors and an increase in rescue medication use in children with asthma. *Environmental Research* [en línea], vol. 159, no. 2, pp. 118-123. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2017.07.052. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2017.07.052>.
- PORTA, A., SANCHEZ, E., COLMAN, L., MASSOLO, L., GUTIERREZ, M., ORTE, M., BALBI, K., GUILIANI, D., REPRESA, S., MELLADO, D., AGUILAR, M. y CASTAGNASSO, G., 2018. *Calidad Del Aire*. 1a Edición. La Plata: s.n. ISBN 9789588067568.
- ROMAGNOLI, P., BALDUCCI, C., PERILLI, M., VICHI, F., IMPERIALI, A. y CECINATO, A., 2016. Indoor air quality at life and work environments in Rome, Italy. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 23, no. 4, pp. 3503-3516. ISSN 16147499. DOI 10.1007/s11356-015-5558-4.
- SICKLES, J.E., GROHSE, P.M., HODSON, L.L., SALMONS, C.A., COX, K.W., TURNER, A.R. y ESTES, E.D., 1990. Development of a Method for the Sampling and Analysis of Sulfur Dioxide and Nitrogen Dioxide from Ambient Air. *Analytical Chemistry*, vol. 62, no. 4, pp. 338-346. ISSN 15206882. DOI 10.1021/ac00203a006.
- SMITH, L., MUKERJEE, S., KOVALCIK, K., SAMS, E., STALLINGS, C., HUDGENS, E., SCOTT, J., KRANTZ, T. y NEAS, L., 2015. Near-road measurements for nitrogen dioxide and its association with traffic exposure zones. *Atmospheric Pollution Research* [en línea], vol. 6, no. 6, pp. 1082-1086. ISSN 13091042. DOI 10.1016/j.apr.2015.06.005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apr.2015.06.005>.
- UCHIYAMA, S., TOMIZAWA, T., TOKORO, A., AOKI, M., HISHIKI, M., YAMADA, T., TANAKA, R., SAKAMOTO, H., YOSHIDA, T., BEKKI, K., INABA, Y., NAKAGOME, H. y KUNUGITA, N., 2015. Gaseous chemical compounds in indoor and outdoor air of 602 houses throughout Japan in winter and summer. *Environmental Research* [en línea], vol. 137, pp. 364-372. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2014.12.005. Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2014.12.005>.

VARSHNEY, C.K. y SINGH, A.P., 2003. Passive samplers for NO_x monitoring: A critical review. *Environmentalist*, vol. 23, no. 2, pp. 127-136. ISSN 02511088. DOI 10.1023/A:1024883620408.

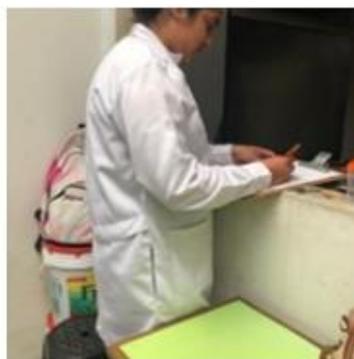
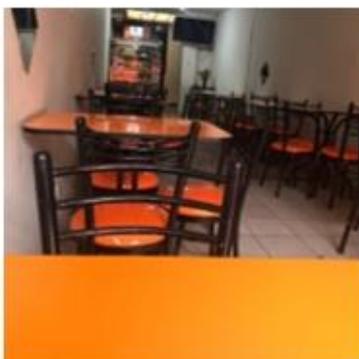
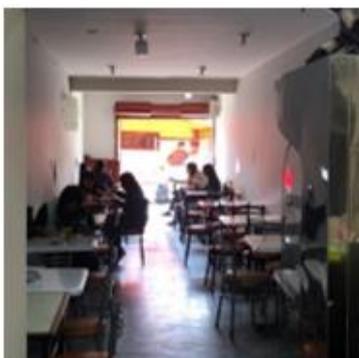
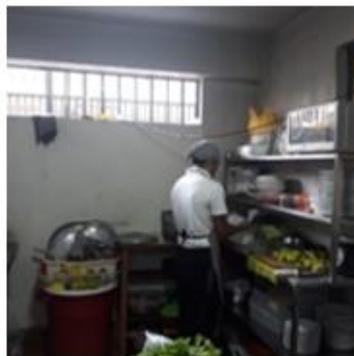
VERRIELE, M., SCHOEMAECCKER, C., HANOUNE, B., LECLERC, N., GERMAIN, S., GAUDION, V. y LOCOGE, N., 2016. The MERMAID study: indoor and outdoor average pollutant concentrations in 10 low-energy school buildings in France. *Indoor Air*, vol. 26, no. 5, pp. 702-713. ISSN 16000668. DOI 10.1111/ina.12258.

WEITZMAN, M., YUSUFALI, A.H., BALI, F., VILCASSIM, M.J.R., GANDHI, S., PELTIER, R., NADAS, A., SHERMAN, S., LEE, L., HONG, Z., SHEARSTON, J., PARK, S.H. y GORDON, T., 2017. Effects of hookah smoking on indoor air quality in homes. *Tobacco Control*, vol. 26, no. 5, pp. 586-591. ISSN 14683318. DOI 10.1136/tobaccocontrol-2016-053165.

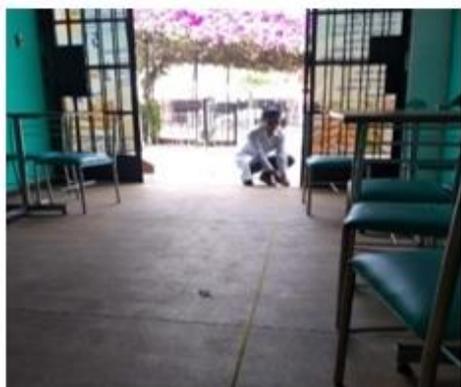
YIN, H., LIU, C., ZHANG, L., LI, A. y MA, Z., 2019. Measurement and evaluation of indoor air quality in naturally ventilated residential buildings. *Indoor and Built Environment*, vol. 28, no. 10, pp. 1307-1323. ISSN 14230070. DOI 10.1177/1420326X19833118.

ANEXOS

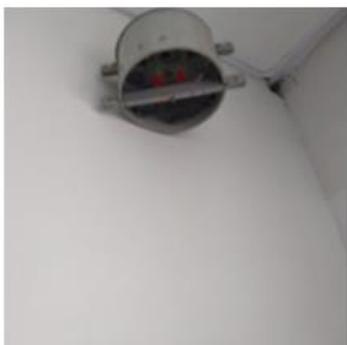
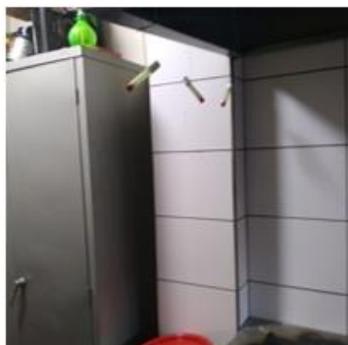
Anexo 1 Primera semana: Evaluación de las actividades de los restaurantes



Anexo 2 Toma de medidas de los restaurantes para la realización de planos



Anexo 3 Instalación de muestreadores y sensores de humedad y temperatura



Anexo 4 Restaurantes: a) Puerto Chiclayo , b) Peruanisimo , c) Los Moluscos y d) El Cajacho



a



b





c



d



Anexo 5 Datos del monitoreo de la concentración de NO₂

Informe de la prueba de medición de la contaminación del aire

passam ag

air quality monitoring

NO₂ Medición de dióxido de nitrógeno por muestreador pasivo

información del cliente

cliente: KLEPEL Consulting
 Identificación del cliente: PEK
 contacto: Roland Klepel
 proyecto: Universidad César Vallejo -
 referencia: San Juan de Lurigancho - 2019

muestreadores pasivos

recepción: 04.11.2019
 tipo: tubo (Palms)
 contaminante: NO₂
 tasa de muestreo: 0.8536 [ml/min]
 filtro de protección: no

análisis

método: SP01 fotómetro, Salzmann
 analito: NO₂
 fecha: 06.11.2019
 lugar: passam ag

informe de prueba

creado en: 07.11.2019
 creado por: K. Bodei
 revisado: 11.11.2019
 revisado por: S. Huber
 nombre del archivo: PEK011904-KF
 páginas: 1



notas: se aplica a la muestra tal como se recibió; información sobre la incertidumbre del límite de medición y detección en la hoja de datos: www.passam.ch;
 concentración calculada suponiendo: T = 9°C; p = 1013 hPa; este método está acreditado por ISO 17025

lugar de medición	muestreadores pasivos		período de medición					medición			resultado		observación * nota del cliente
			principio		fin		tiempo de expo. [h]	valor en blanco [ABS]	muestras		m analito/muestreador [ug]	C NO ₂ [ug/m ³]	
	ID	lote no.	fecha	hora	fecha	hora			dilución	valor [ABS]			
PER-1	PEK-29	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.545	4.83	296.8	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-1	PEK-24	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.561	4.97	305.5	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-1	PEK-19	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.443	3.93	241.2	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-2	PEK-28	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.618	5.48	336.8	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-2	PEK-15	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.526	4.67	286.7	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-2	PEK-17	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.509	4.51	277.1	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-3	PEK-3	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.241	1.06	65.3	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*
PER-3	PEK-21	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.252	1.11	68.3	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*
PER-3	PEK-1	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.263	1.16	71.3	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*

Informe de la prueba de medición de la contaminación del aire

passam ag

air quality monitoring

NO2 Medición de dióxido de nitrógeno por muestreador pasivo

información del cliente

cliente: KLEPEL Consulting
 identificación del cliente: PEK
 contacto: Roland Klepel
 proyecto: Universidad César Vallejo -
 referencia: San Juan de Lurigancho - 2019

muestreadores pasivos

recepción: 04.11.2019
 tipo: tubo (Palms)
 contaminante: NO2
 tasa de muestreo: 0.8536 [ml/min]
 filtro de protección: no

análisis

método: SP01 fotómetro, Salzmann
 analito: NO2
 fecha: 06.11.2019
 lugar: passam ag

informe de prueba

creado en: 07.11.2019
 creado por: K. Bodei
 revisado: 11.11.2019
 revisado por: S. Huber
 nombre del archivo: PEK011902-KF
 páginas: 1



notas: se aplica a la muestra tal como se recibió; información sobre la incertidumbre del límite de medición y detección en la hoja de datos: www.passam.ch;
 concentración calculada suponiendo: $T = 9^{\circ}\text{C}$; $p = 1013 \text{ hPa}$; este método está acreditado por ISO 17025

lugar de medición	muestreadores pasivos		período de medición					medición			resultado		observación
			principio		fin		tiempo de expo. [h]	valor en blanco [ABS]	muestras		m analito/ muestreador [ug]	C NO2 [ug/m3]	
			fecha	hora	fecha	hora			dilución	valor [ABS]			
PUE-1	PEK-2	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:00	317.8	0.004	1:2	0.330	1.46	89.6	* nota del cliente medido dos veces
PUE-1	PEK-23	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:00	317.8	0.004	1:2	0.371	1.64	100.8	medido dos veces
PUE-1	PEK-34	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:00	317.8	0.004	1:2	0.412	1.82	112.0	medido dos veces
PUE-2	PEK-9	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:2	0.441	1.95	120.0	
PUE-2	PEK-8	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:2	0.434	1.92	117.9	
PUE-2	PEK-5	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:2	0.432	1.91	117.3	
PUE-3	PEK-20	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:02	317.9	0.004	1:2	0.199	0.87	53.6	
PUE-3	PEK-11	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:02	317.9	0.004	1:2	0.200	0.88	54.0	
PUE-3	PEK-18	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:02	317.9	0.004	1:2	0.198	0.87	53.6	

Informe de la prueba de medición de la contaminación del aire

passam ag

air quality monitoring

NO2 Medición de dióxido de nitrógeno por muestreador pasivo

Información del cliente

cliente: KLEPEL Consulting
 identificación del cliente: PEK
 contacto: Roland Klepel
 proyecto: Universidad César Vallejo -
 referencia: San Juan de Lurigancho - 2019

muestreadores pasivos

recepción: 04.11.2019
 tipo: tubo (Palms)
 contaminante: NO2
 tasa de muestreo: 0.8536 [ml/min]
 filtro de protección: no

análisis

método: SP01 fotómetro, Salzmann
 analito: NO2
 fecha: 06.11.2019
 lugar: passam ag

informe de prueba

creado en: 07.11.2019
 creado por: K. Bodei
 revisado: 11.11.2019
 revisado por: S. Huber
 nombre del archivo: PEK011903-KF
 páginas: 1



notas: se aplica a la muestra tal como se recibió; información sobre la incertidumbre del límite de medición y detección en la hoja de datos: www.passam.ch;
 concentración calculada suponiendo: $T = 9^{\circ}\text{C}$; $p = 1013 \text{ hPa}$; este método está acreditado por ISO 17025

lugar de medición	muestreadores pasivos		periodo de medición					medición			resultado		observación * nota del cliente
	ID	lote no.	principio		fin		tiempo de expo. [h]	valor en blanco [ABS]	muestras dilución	valor [ABS]	m analito/ muestreador [ug]	C NO2 [ug/m3]	
			fecha	hora	fecha	hora							
CAJ-1	PEK-27	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.456	4.05	248.7	25/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
CAJ-1	PEK-10	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.501	4.45	273.1	25/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
CAJ-1	PEK-30	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.482	4.27	262.4	25/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
CAJ-2	PEK-6	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:00	317.8	0.004	1:2	0.491	2.17	133.6	25/10/19 LOCAL CERRADO*
CAJ-2	PEK-25	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:00	317.8	0.004	1:2	0.486	2.15	132.1	25/10/19 LOCAL CERRADO*
CAJ-2	PEK-16	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:00	317.8	0.004	1:2	0.496	2.20	135.0	25/10/19 LOCAL CERRADO*
CAJ-3	PEK-35	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.283	1.25	76.6	25/10/19 LOCAL CERRADO*
CAJ-3	PEK-12	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.268	1.18	72.7	25/10/19 LOCAL CERRADO*
CAJ-3	PEK-32	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.271	1.20	73.4	25/10/19 LOCAL CERRADO*

Informe de la prueba de medición de la contaminación del aire

passam ag

air quality monitoring

NO2 Medición de dióxido de nitrógeno por muestreador pasivo

Información del cliente

cliente: KLEPEL Consulting
 Identificación del cliente: PEK
 contacto: Roland Klepel
 proyecto: Universidad César Vallejo -
 referencia: San Juan de Lurigancho - 2019

muestreadores pasivos

recepción: 04.11.2019
 tipo: tubo (Palms)
 contaminante: NO2
 tasa de muestreo: 0.8536 [ml/min]
 filtro de protección: no

análisis

método: SP01 fotómetro, Salzmann
 analito: NO2
 fecha: 06.11.2019
 lugar: passam ag

informe de prueba

creado en: 07.11.2019
 creado por: K. Bodei
 revisado: 11.11.2019
 revisado por: S. Huber
 nombre del archivo: PEK011904-KF
 páginas: 1



notas: se aplica a la muestra tal como se recibió; información sobre la incertidumbre del límite de medición y detección en la hoja de datos: www.passam.ch;
 concentración calculada suponiendo: $T = 9^{\circ}\text{C}$; $p = 1013 \text{ hPa}$; este método está acreditado por ISO 17025

lugar de medición	muestreadores pasivos		período de medición					medición			resultado		observación * nota del cliente
	ID	lote no.	principio		fin		tiempo de expo. [h]	valor en blanco [ABS]	muestras dilución	valor [ABS]	m analito/ muestreador [ug]	C NO2 [ug/m3]	
PER-1	PEK-29	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.545	4.83	296.8	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-1	PEK-24	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.561	4.97	305.5	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-1	PEK-19	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.443	3.93	241.2	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-2	PEK-28	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.618	5.48	336.8	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-2	PEK-15	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.526	4.67	286.7	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-2	PEK-17	43718	14/10/2019	10:11	27/10/2019	16:01	317.8	0.004	1:4	0.509	4.51	277.1	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*; espec. no cumplidas: rango de trabajo
PER-3	PEK-3	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.241	1.06	65.3	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*
PER-3	PEK-21	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.252	1.11	68.3	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*
PER-3	PEK-1	43718	14/10/2019	10:12	27/10/2019	16:02	317.8	0.004	1:2	0.263	1.16	71.3	15 y 22/10/19 LOCAL CERRADO*

Anexo 6 Modo de empleo de muestreadores pasivos y certificados de termometro y termohigrómetro

Modo de empleo

Muestreadores pasivos

Usted ha recibido los muestreadores pasivos, los contenedores y las hojas de protocolo para el registro de los datos en los puntos de medición. Nótese que cada uno de los muestreadores está identificado con un código Passam.



Muestreadores pasivos y contenedor

Instalación en el punto de muestreo

Se seleccionarán lugares con concentraciones representativas del contaminante a evaluar.

Los muestreadores pasivos son instalados dentro de contenedores para su protección contra las influencias atmosféricas.

Los contenedores deben ser colocados a una altura de dos a cuatro metros. Los postes, rejas o parantes especiales pueden ser usados para este fin. Los contenedores pueden ser sujetos con cinta adhesiva, cuerdas, alambres o abrazaderas.

De preferencia, los contenedores no deben ser dejados al alcance de personas no autorizadas.



Instalación de los contenedores

Los muestreadores pasivos se colocan dentro del contenedor una vez que este ya ha sido sujetado en el punto de medición. Antes de instalar los muestreadores, se retira la tapa de uno de los extremos. La tapa debe ser conservada para colocarla nuevamente en el muestreador al terminar el periodo de exposición.



Retirar la tapa e instalar dentro del contenedor



Retirar la tapa e instalar dentro del contenedor

Luego de la instalación de los muestreadores dentro del contenedor, se debe recolocar la tapa superior. La tapa inferior es opcional según las condiciones del punto de muestreo.



Colocar las tapas del contenedor

Descripción de sitio de muestreo

El muestreo es representativo del punto de medición. Para facilitar la interpretación de los valores medidos, es importante describir el lugar de muestreo y de ser posible, tomar una foto del punto.

Información importante de registrar:

- Coordenadas del punto
- Altura del contenedor,
- Distancia a avenidas principales u otras fuentes
- Composición del tráfico,
- Cualquier otra información relevante



Describir el punto de muestreo



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Certificado de Calibración

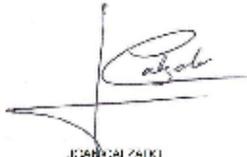
LT - 065 - 2019

Laboratorio de Termometría

Página 1 de 4

Expediente	1032118	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)
Solicitante	METROLOGIA E INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL S.A.C.	
Dirección	Calle Los Jazmines Mza. G Lote. 13 Coo. Talavera De La Reyna	La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrologías a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).
Instrumento de Medición	TERMOMETRO DE INDICACION DIGITAL	
Intervalo de Indicación	-196 °C a 500 °C	
Resolución	0,01 °C; 0,1 °C (*)	
Marca	DELTA OHM	
Modelo	HD 2127.1 (Para el indicador); TP472 I (Para el sensor)	La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.
Procedencia	ITALIA	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
Número de Serie	16028475 (Para el indicador); 16015435 (Para el sensor)	
Elemento Sensor	Una Termorresistencia de platino de 100 Ω	
Fecha de Calibración	2019-03-19 al 2019-03-20	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Fecha	Área de Electricidad y Termometría	Laboratorio de Termometría
 2019-03-20	 ALDO QUIROGA ROJAS Dirección de Metrología	 JORGE CALZADILLA Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 017, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-6620 Anexo 1601
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN LO JUSTO S.A.C.
DOCUMENTO CON VALOR OFICIAL
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Código del certificado
TE - 504 - 2019

Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 2

Fecha de calibración: 2019-03-26

Instrumento de medida: Termohigrómetro con indicación digital *

Marca: LUTRON

Modelo: PHB-318

Serie: A1.23080

Identificación: BTH-02

Intervalo de indicación: 0 °C a 50 °C / 10 %HR a 95 %HR

Resolución: 0,1 °C / 0,1 % HR

Solicitante: METROLOGIA E INSTRUMENTACION INDUSTRIAL S.A.C.

Dirección solicitante: Cal. Los Jazmines Mza. G Lote 13 COO. Talavera De La Reyna - El agustino - Lima - Lima

Número de páginas: 02 Pág.

Expediente: E577-900A-2019

Lugar de calibración: Laboratorio de Temperatura de LO JUSTO S.A.C.

Los datos del presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y son válidos solo para el equipo u objeto calibrado, no pudiendo extender sus resultados a ninguna otra unidad o lote que no haya sido calibrado. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad.

Este certificado de calibración es trazable a los patrones de referencia de INACAL. Las frecuencias de calibración son determinadas por el usuario del equipo.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de LO JUSTO S.A.C.

LO JUSTO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

El certificado de Calibración es un documento oficial de interés público, su reproducción o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles de la materia. Sin perjuicio de lo señalado dicho uso puede configurar por sus efectos una infracción a las normas de protección del consumidor y las que regula la libre competencia.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del Gerente General o Gerente Técnico de LO JUSTO S.A.C y Responsable de Laboratorio. El documento tiene un sello de agua y holograma de seguridad.

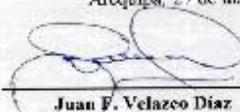
Procedimiento utilizado:

TH-007 Procedimiento para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad en aire, Edición Digital 1 "CEM España" - Método de comparación en medios isotermos de temperatura y humedad controlada.

Revisado:

Arequipa, 27 de marzo de 2019


Pamela Díaz Reinoso
Responsable Laboratorio de Temperatura y Humedad (E)


Juan F. Velazco Díaz
Gerente Técnico
LO JUSTO S.A.C.



FORM-INRECT Ed. 1

Etiqueta de calibración N° 33615

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

N° DE CERTIFICADO

MT - 0035 - 2019

Laboratorio de Temperatura - Humedad

Página : 1 de 2

EXPEDIENTE : EXP - 0180AT1 - 2019

SOLICITANTE : UGARTE ALVAN CARLOS ALFREDO

Dirección : Calle Enrique Pastor 126 Lima - Lima - San Borja

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMOHIGRÓMETRO DIGITAL
Marca : BOECO
Modelo : SH-110
Serie : No Indica
Identificación : No Indica
Intervalo de Indicación : IN: -10 °C a 50 °C / OUT: -50 °C a 70 °C
Resolución : IN: 0,1 °C / OUT: 0,1 °C
Intervalo de Indicación : 20 %hr a 99 %hr
Resolución : 1 %hr
Procedencia : No Indica
Ubicación : No Indica

FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN

Fecha de calibración : 2019-09-23
Fecha de emisión : 2019-09-23
Lugar de calibración : Laboratorio de METRINDUST S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Se utilizó como referencia el procedimiento TH-007 Procedimiento para la calibración de medidores de condiciones ambientales de temperatura y humedad en aire. Edición Digital 1 " CEM España " - Método de comparación en medios isotermos de temperatura y humedad controlada.

METRINDUST S.A.C. Departamento de Metrología realiza calibraciones y certificaciones metrologías según procedimientos de calibración validados o normalizados.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al cliente recalibrar sus Instrumentos y equipos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Este certificado de calibración solo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización del Departamento de Metrología de METRINDUST S.A.C.

REVISADO:

Gamarra Rodríguez Dennis
Gerente Técnico

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA DE METRINDUST S.A.C.

Calle Los Jazmines Mz. G LT. 13 Coo. Talavera De La Reyna – El Agustino, Lima – Perú
Celular: 915972598 / 917607794 / 825033822 - Email: informas@metrindust.com.pe
www.metrindust.com.pe

Anexo 7 Script para los calculos estadisticos en Rstudio

```
setwd("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis Morocho&Vasquez/R")
# library
library(ggplot2)
library(dplyr)
library(readxl)
library(writexl)
library(foqat)
library(Rcmdr)
library(multcompView)
#####
#Importando para gráfico#
#####
Data <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
                  sheet = "Total", col_types = c("text", "text",
                                                "text", "numeric"))

View(Data)
#Convirtiendo ID y Ubicación en factores
Data$Ubicación<-as.factor(Data$Ubicación)
Data$ID<-as.factor(Data$ID)
Data$`Nombre de restaurante`<-as.factor(Data$`Nombre de restaurante`)
#Para ver si se convirtieron ID y Ubicación
glimpse(Data)
#Gráfico de caja y bigote Comparando ambientes de los diferentes restaurantes
Grafico <- ggplot(Data, aes(x = ID, y = NO2, fill = Ubicación))
#Exportar la gráfica al disco
tiff(file="Grafico1.tiff",width=1328, height=531, res=100)
Grafico+
  stat_boxplot(geom="errorbar",width=0.25)+
  geom_boxplot() +
  ylab(expression(NO[2]~(mu*g%.%m^-3))) +
  facet_wrap(~Ubicación, nrow = 1, scale="free")
dev.off()
#Grafico 2
tiff(file="Grafico2.tiff",width=1328, height=531, res=100)
Grafico+
  stat_boxplot(geom="errorbar",width=0.25)+
  geom_boxplot()+
  theme_update(legend.position="right", legend.title=element_blank()+
  theme_update(axis.title.x=element_blank()+
  theme_set(theme_bw()+
  ylab(expression(NO[2]~(mu*g%.%m^-3)))+
  facet_wrap(~Ubicación, nrow = 1, scale="free")
dev.off()
#Grafico 3
tiff(file="Grafico3.tiff",width=1328, height=531, res=100)
Grafico+
```

```

stat_boxplot(geom="errorbar",width=0.25)+
geom_boxplot()+
theme_update(legend.position="right")+
theme_update(axis.title.x=element_blank()+
theme_set(theme_bw()+
ylab(expression(NO[2]~(mu*g%.%m^-3)))+
facet_wrap(~Ubicación, nrow = 1, scale="free")
dev.off()
#Gráfico de caja y bigote distribución espacial en cada restaurante
Grafico1 <- ggplot(Data, aes(x = Ubicación, y = NO2, fill = `Nombre de restaurante`
))
#Exportar la gráfica al disco
tiff(file="Grafico4.tiff",width=1328, height=531, res=100)
Grafico1+
stat_boxplot(geom="errorbar",width=0.25)+
geom_boxplot() +
theme_update(axis.title.x=element_blank()+
theme_set(theme_bw()+
ylab(expression(NO[2]~(mu*g%.%m^-3))) +
facet_wrap(~`Nombre de restaurante`, nrow = 1, scale="free")
dev.off()
#####
Grafico2 <- ggplot(Data, aes(x = Ubicación, y = NO2, fill = ID ))
tiff(file="Grafico5.tiff",width=1328, height=531, res=100)
Grafico2+
stat_boxplot(geom="errorbar",width=0.25)+
geom_boxplot() +
theme_update(axis.title.x=element_blank()+
theme_set(theme_bw()+
ylab(expression(NO[2]~(mu*g%.%m^-3))) +
facet_wrap(~ID, nrow = 2, scale="free")
dev.off()
#Importando datos para resumen
Resumen <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
sheet = "Resumen", col_types = c("numeric",
"numeric", "numeric", "numeric",
"numeric", "numeric", "numeric",
"numeric", "numeric", "numeric",
"numeric", "numeric"))
View(Resumen)
#Exportando resumen a excel
s1<-summary(Resumen)
S1<-as.data.frame.matrix(s1)
write_xlsx(S1,path ="S1.xlsx")
#Probando FOQAT para obtener SD
sdf01<-statdf(Resumen, n=2)
View(sdf01)
write_xlsx(sdf01,path ="sdf01.xlsx")

```

```
#####
#Comparación de la concentración de NO2 entre restaurantes#
#####
library(readxl)
#Importar datos
PuertoChiclayo <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
                             sheet = "PuertoChiclayo", col_types = c("text",
                             "text", "numeric", "numeric"))
View(PuertoChiclayo)
Peruanisimo <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
                          sheet = "Peruanisimo", col_types = c("text",
                          "text", "numeric", "numeric"))
View(Peruanisimo)
Molusco <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
                      sheet = "Molusco", col_types = c("text",
                      "text", "numeric", "numeric"))
View(Molusco)
Cajacho <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
                    sheet = "Cajacho", col_types = c("text",
                    "text", "numeric", "numeric"))
View(Cajacho)
#Convirtiendo ID y Ubicación en factores
PuertoChiclayo$Ubicación<-as.factor(PuertoChiclayo$Ubicación)
PuertoChiclayo$ID<-as.factor(PuertoChiclayo$ID)
Peruanisimo$Ubicación<-as.factor(Peruanisimo$Ubicación)
Peruanisimo$ID<-as.factor(Peruanisimo$ID)
Molusco$Ubicación<-as.factor(Molusco$Ubicación)
Molusco$ID<-as.factor(Molusco$ID)
Cajacho$Ubicación<-as.factor(Cajacho$Ubicación)
Cajacho$ID<-as.factor(Cajacho$ID)
#Anova
#Anova PuertoChiclayo
summary(aov(PuertoChiclayo$NO2 ~ PuertoChiclayo$Ubicación))
AnovaPuertoChiclayo<-anova(lm(PuertoChiclayo$NO2
PuertoChiclayo$Ubicación))
AnovaPuertoChiclayo_expo<-as.data.frame.matrix(AnovaPuertoChiclayo)
write_xlsx(AnovaPuertoChiclayo_expo,path ="AnovaPuertoChiclayo.xlsx")
capture.output(AnovaPuertoChiclayo, file="AnovaPuertoChiclayo.doc")
#Anova Peruanisimo
summary(aov(Peruanisimo$NO2 ~ Peruanisimo$Ubicación))
AnovaPeruanisimo<-anova(lm(Peruanisimo$NO2 ~ Peruanisimo$Ubicación))
AnovaPeruanisimo_expo<-as.data.frame.matrix(AnovaPeruanisimo)
write_xlsx(AnovaPeruanisimo_expo,path ="AnovaPeruanisimo.xlsx")
capture.output(AnovaPeruanisimo, file="AnovaPeruanisimo.doc")
#Anova Molusco
```

```

summary(aov(Molusco$NO2 ~ Molusco$Ubicación))
AnovaMolusco<-anova(lm(Molusco$NO2 ~ Molusco$Ubicación))
AnovaMolusco_expo<-as.data.frame.matrix(AnovaMolusco)
write_xlsx(AnovaMolusco_expo,path ="AnovaMolusco.xlsx")
capture.output(AnovaMolusco, file="AnovaMolusco.doc")
#Anova Cajacho
summary(aov(Cajacho$NO2 ~ Cajacho$Ubicación))
AnovaCajacho<-anova(lm(Cajacho$NO2 ~ Cajacho$Ubicación))
AnovaCajacho_expo<-as.data.frame.matrix(AnovaCajacho)
write_xlsx(AnovaCajacho_expo,path ="AnovaCajacho.xlsx")
capture.output(AnovaCajacho, file="AnovaCajacho.doc")
#Bonferroni - Prueba - Post HOC
#Bonferroni PuertoChiclayo
pairwise.t.test(Puertochiclayo$NO2,Puertochiclayo$Ubicación,p.adj="bonf")
BonferroniPuertoChiclayo<-
pairwise.t.test(Puertochiclayo$NO2,Puertochiclayo$Ubicación,p.adj="bonf")
capture.output(BonferroniPuertoChiclayo, file="BonferroniPuertoChiclayo.doc")
#Bonferroni Peruanisimo
pairwise.t.test(Peruanisimo$NO2,Peruanisimo$Ubicación,p.adj="bonf")
BonferroniPeruanisimo<-
pairwise.t.test(Peruanisimo$NO2,Peruanisimo$Ubicación,p.adj="bonf")
capture.output(BonferroniPeruanisimo, file="BonferroniPeruanisimo.doc")
#Bonferroni Molusco
pairwise.t.test(Molusco$NO2,Molusco$Ubicación,p.adj="bonf")
BonferroniMolusco<-
pairwise.t.test(Molusco$NO2,Molusco$Ubicación,p.adj="bonf")
capture.output(BonferroniMolusco, file="BonferroniMolusco.doc")
#Bonferroni Cajacho
pairwise.t.test(Cajacho$NO2,Cajacho$Ubicación,p.adj="bonf")
BonferroniCajacho<-
pairwise.t.test(Cajacho$NO2,Cajacho$Ubicación,p.adj="bonf")
capture.output(BonferroniCajacho, file="BonferroniCajacho.doc")
#####
#comparar a variación de la concentración de NO2 por ambientes#
#####
library(readxl)
Cocinas <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
sheet = "Cocinas", col_types = c("text",
"numeric"))
View(Cocinas)
Comedores <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
sheet = "Comedor")
View(Comedores)
Puertas <- read_excel("D:/OneDrive/1. Respaldo/2021-I/19. Tesis
Morocho&Vasquez/Datos.xlsx",
sheet = "Puerta", col_types = c("text",
"numeric"))

```

```

View(Puertas)
#Convirtiendo Cocina,comedor y puerta en factores
Cocinas$Cocinas<-as.factor(Cocinas$Cocinas)
Comedores$Comedor<-as.factor(Comedores$Comedor)
Puertas$Puerta<-as.factor(Puertas$Puerta)
#Anova
#Anova Cocinas
summary(aov(Cocinas$NO2 ~ Cocinas$Cocinas))
AnovaCocinas<-anova(lm(Cocinas$NO2 ~ Cocinas$Cocinas))
AnovaCocinas_expo<-as.data.frame.matrix(AnovaCocinas)
write_xlsx(AnovaCocinas_expo,path ="AnovaCocinas.xlsx")
capture.output(AnovaCocinas, file="AnovaCocinas.doc")
#Anova Comedores
summary(aov(Comedores$NO2 ~ Comedores$Comedor))
AnovaComedores<-anova(lm(Comedores$NO2 ~ Comedores$Comedor))
AnovaComedores_expo<-as.data.frame.matrix(AnovaComedores)
write_xlsx(AnovaComedores_expo,path ="AnovaComedores.xlsx")
capture.output(AnovaComedores, file="AnovaComedores.doc")
#Anova Puertas
summary(aov(Puertas$NO2 ~ Puertas$Puerta))
AnovaPuertas<-anova(lm(Puertas$NO2 ~ Puertas$Puerta))
AnovaPuertas_expo<-as.data.frame.matrix(AnovaPuertas)
write_xlsx(AnovaPuertas_expo,path ="AnovaPuertas.xlsx")
capture.output(AnovaPuertas, file="AnovaPuertas.doc")
#Bonferroni - Prueba - Post HOC
#Bonferroni Cocinas
pairwise.t.test(Cocinas$NO2,Cocinas$Cocinas,p.adj="bonf")
BonferroniCocinas<-pairwise.t.test(Cocinas$NO2,Cocinas$Cocinas,p.adj="bonf")
capture.output(BonferroniCocinas, file="BonferroniCocinas.doc")
#Bonferroni Comedores
pairwise.t.test(Comedores$NO2,Comedores$Comedor,p.adj="bonf")
BonferroniComedores<-
pairwise.t.test(Comedores$NO2,Comedores$Comedor,p.adj="bonf")
capture.output(BonferroniComedores, file="BonferroniComedores.doc")
#Bonferroni Puertas
pairwise.t.test(Puertas$NO2,Puertas$Puerta,p.adj="bonf")
BonferroniPuertas<-pairwise.t.test(Puertas$NO2,Puertas$Puerta,p.adj="bonf")
capture.output(BonferroniPuertas, file="BonferroniPuertas.doc")

```