

Evaluación de PM_{2.5}, PM₁₀, CO y CO₂ en interiores por el uso de cocinas domésticas a gas natural en Lima Metropolitana

Evaluation of PM_{2.5}, PM₁₀, CO and CO₂ indoors due to the use of domestic natural gas stoves in Metropolitan Lima

Freddy J. Rojas, Ph.D.¹, Fernando Jiménez, M.Sc.², Luis Napan, Bachelor²

¹Pontificia Universidad Católica del Perú - Grupo de Investigación GICA, Perú, fjrojas@pucp.edu.pe

²Pontificia Universidad Católica del Perú, Perú, ojimene@pucp.edu.pe, luis.napan@pucp.edu.pe

Resumen— El objetivo del presente trabajo preliminar fue determinar la concentración de PM_{2.5}, PM₁₀, CO y CO₂ para verificar la calidad del aire en interiores usando gas natural en un grupo preliminar de cocinas domésticas. Paralelamente se determinó la potencia y eficiencia térmica de las cocinas de acuerdo al tipo de quemador que estas estaban instaladas en las diferentes cocinas. En el Perú no se tiene identificado las potencias de quemadores en las cocinas que se utilizan. Adicionalmente, se midieron la temperatura del lugar y la humedad relativa. La metodología utilizada fue monitorear las concentraciones y los gases usando instrumentación apropiada cuando la cocina doméstica estaba en operación. Para el cálculo de la eficiencia energética se usó la metodología de la norma técnica NTE INEN 2259:2013 para artefactos de uso doméstico para cocinar, que utilizan combustibles gaseosos. Los resultados muestran que las concentraciones de PM_{2.5}, PM₁₀, CO y CO₂ durante todo momento permanecieron dentro del rango de límites permisibles para ambientes interiores y se identificó las potencias de los quemadores en las cocinas domésticas y que la eficiencia térmica promedio de las cocinas ensayadas fue alrededor de 47%.

Keywords—Eficiencia térmica, gases contaminantes, PM_{2.5}, PM₁₀, calidad ambiental en interiores.

Abstract— The objective of this preliminary work was to determine the concentration of PM_{2.5}, PM₁₀, CO and CO₂ to verify indoor air quality using natural gas in a preliminary group of domestic kitchens. At the same time, the power and thermal efficiency of the kitchens were determined according to the type of burner that they were installed in the different kitchens. In Peru, the burner powers in the kitchens used have not been identified. Additionally, the temperature of the place and the relative humidity were measured. The methodology used was to monitor concentrations and gases using appropriate instrumentation when the domestic kitchen was in operation. For the calculation of energy efficiency, the methodology of the technical standard NTE INEN 2259: 2013 was used for household appliances for cooking, which use gaseous fuels. The results show that the concentrations of PM_{2.5},

PM₁₀, CO and CO₂ at all times remained within the range of permissible limits for indoor environments and the powers of the burners in domestic kitchens were identified and that the average thermal energy of the kitchens tested was around 47%.

Keywords — Thermal efficiency, polluting gases, PM_{2.5}, PM₁₀, indoor environmental quality.

I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, existen distintos tipos de cocinas domésticas e industriales. Los cuales disponen de diferentes potencias no especificadas por sus fabricantes ya que estos no se incluyen en sus datos técnicos. Además de ello su rendimiento es bajo ya que la mayoría se encuentra alrededor del 40%. Ello se puede observar en el color amarillo de la llama debido a la combustión incompleta y como resultado consume más combustible del que debería, generando un mayor costo en el consumo del combustible. Dos de los combustibles más usados comúnmente en las cocinas domésticas para la cocción de alimentos, calentamiento de agua y calefacción, son: el gas licuado de petróleo (GLP) y el gas natural seco más conocido como gas natural. Junto con el auge de los combustibles, la venta de cocinas industriales se elevó significativamente. El mercado peruano actualmente ofrece distintos tipos de cocinas con quemadores de diferentes potencias pero sin indicar y tamaños [1]. Durante los últimos años se ha incrementado el consumo de los combustibles fósiles llegando hasta un aproximado de 80% de la energía que se consume en el Perú, esto ha permitido el auge de dos de los combustibles más utilizados en el Perú: el GLP y el gas natural [2]. Además de una buena eficiencia térmica, se considera que el aire limpio es un requisito básico de la salud y el bienestar humano [3]. La propuesta de "Calidad ambiental interior" es un avance conceptual y operativo que supera ampliamente a los anteriores, puesto que orienta las acciones hacia ambientes saludables sin limitar al aire la idea de contaminación [4]. En Ecuador se realizó una investigación con el tema de análisis de la combustión en un quemador y se

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.39>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

evaluó la eficiencia térmica junto con las emisiones de los contaminantes. El objetivo del trabajo fue evaluar experimentalmente un quemador de combustión estabilizada en la superficie de un medio poroso inerte utilizando gas natural y la adición de syngas (combustible gaseoso obtenido a partir de sustancias ricas en carbono) al gas natural en proporciones equivalentes en número de moles [5]. La contaminación por material particulado fino (MP_{2.5}) hace necesario analizar las alternativas para reducir las emisiones bajo distintos esquemas regulatorios. Un estudio demuestra que, si existiese una mayor disponibilidad de gas natural a precios competitivos, el cambio de combustible sería una alternativa muy atractiva. En particular, las fuentes que utilizan combustibles líquidos se cambiarían incluso sin exigencias regulatorias por el ahorro de costos en energía, las fuentes que utilizan madera se cambiarían dependiendo del precio relativo de los combustibles y las exigencias regulatorias, mientras las fuentes a carbón optarían por tecnologías de abatimiento [6]. El ambiente interior comprende el ambiente térmico, la calidad del aire y el ambiente acústico. La calidad del ambiente interior puede ser expresada como el grado en el que se cumplen las exigencias humanas. Debido a las diferencias entre las personas, estas exigencias pueden variar de unos individuos a otros [7]. Se debe identificar las competencias y el marco legislativo que permiten actuar en la prevención de riesgos asociados a la exposición de contaminantes en ambientes interiores dentro de una habitación en la cual exista emisión de gases. Las óptimas condiciones de calidad ambiental interior generan efectos benéficos para la salud, no sólo por el control de los contaminantes sino también por la mejora en las condiciones ergonómicas y psicológicas, mejores condiciones en la calidad ambiental interior propician percepción de bienestar, minimizan los contaminantes, orientan positivamente los determinantes y el marco legal es sólo uno de los instrumentos de búsqueda de la calidad ambiental interior que da sustento a las mejoras pero no garantiza soluciones inmediatas [8].

El objetivo del estudio fue determinar las concentraciones de PM_{2.5}, PM₁₀, CO y CO₂ con la finalidad de verificar si la calidad del aire en interiores usando cocinas domésticas que usan gas natural sobrepasan los límites permisibles NTP 742 [9] monitoreando con instrumentación apropiada en ambientes reales. Para este propósito se realizaron evaluaciones en cocinas domésticas usando gas natural en diferentes localidades de Lima Metropolitana determinando paralelamente su potencia de los quemadores y la eficiencia térmica de cada cocina utilizando la metodología de la norma NTE INEN 2259:2013 [10].

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Los resultados obtenidos de los ensayos de combustión con gas natural luego se compararon con el medio ambiente (sin combustión), para observar el cambio o la variación que ocurre en el ambiente interior al estar encendida la cocina en los ensayos. Para la toma de datos durante el monitoreo, se utilizaron tres equipos de medición: Una termocupla tipo k con

su respectivo registrador, el equipo muestreador Aeroqual series 500 y el equipo muestreador DelthaOhm HD37AB1347. La Tabla I muestra las características de cada equipo de medición. La Tabla II muestra las características técnicas del equipo de monitoreo de calidad de aire. La Tabla III muestra las características técnicas del equipo que monitorea algunos gases y variables meteorológicas.

TABLA I
CARACTERÍSTICAS DE LA TERMOCUPLA E INDICADOR [11]

Instrumento	Rango	Precisión	Condiciones
Indicador de temperatura ambiental	-20 a 80°C	+/- 0.3°C	De 0 a 70°C
		+/- 0.4°C	Restante
Termocupla tipo k	0 a 500°C	Norma IEC584-Clase 2	

TABLA II
CARACTERÍSTICAS DE MEDICIÓN DEL AEROQUAL SERIES 500 [12]

Variable	Rango	Precisión nominal
Material particulado 2.5	0 - 1000µg/m ³	1µg/m ³
Material particulado 10	0 - 1000µg/m ³	1µg/m ³

TABLA III
CARACTERÍSTICAS DE MEDICIÓN DEL DELTHAOhm HD37AB1347 [13]

Variable	Rango	Precisión nominal
Dióxido de carbono	0 - 500ppm	50ppm
Monóxido de carbono	0 - 500ppm	3ppm
Humedad relativa	0 - 100%	2%
Temperatura	-20 - 60°C	0.2°C
Presión	750 - 1100hPa	1.5hPa

III. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Para el cálculo de la eficiencia térmica se utilizó la norma técnica ecuatoriana para artefactos de uso doméstico para cocinar, que utilizan combustibles gaseosos [10]. Como en el caso de las cocinas domésticas los quemadores tienen una potencia entre 1 y 2.5 kW el procedimiento que indica la norma es el siguiente: se debe colocar 3.7 kg de agua en un recipiente de 22 cm de diámetro, luego se debe calentar el recipiente desde la temperatura ambiente hasta una temperatura de 90°C con el inyector abierto al máximo (potencia máxima) y mientras ocurre este proceso se debe tomar el tiempo con un cronómetro desde la temperatura inicial hasta la temperatura final que en este caso será de 90°C. Con los datos obtenidos de acuerdo con la norma, se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo de la eficiencia térmica:

$$n = \frac{m_a \times C_{agua} \times (T_2 - T_1) \times 100}{(V \times PCI)} \quad (1)$$

Donde n es la eficiencia térmica (%), m_a es la Cantidad de agua en el recipiente (kg), C_{agua} es el Calor específico del agua (4.186 kJ/(kg°C)), T_2 es la temperatura final del agua (°C), T_1 es la temperatura inicial del agua (°C), V es la cantidad de gas consumido (m³) y PCI es el poder calorífico inferior del gas (kJ/m³).

A continuación, podemos observar las variables que se usaron en base a la norma NTE INEN 2259:2013(Tabla VI). En la Tabla V se muestra la clasificación de los quemadores de acuerdo con su potencia.

TABLA IV
VALORES DE LAS VARIABLES A UTILIZAR EN LOS ENSAYOS [10]

Variable	Unidad	Valor
Masa de agua	kg	3.7
Calor específico del agua	kJ/(kg.°C)	4.186
Temperatura inicial del agua	°C	27
Temperatura final del agua	°C	90

TABLA V
CLASIFICACIÓN DE LOS QUEMADORES DE CUBIERTA [10]

Tipo de quemador	Consumo nominal (Cn) del quemador, para todos los gases, en MJ/h (kW)	
	Con PCS	Con PCI
1 Quemadores auxiliares	0.83 (0.23) ≤ Cn < 4.18 (1.16)	0.76 (0.21) ≤ Cn < 3.78 (1.05)
2 Quemadores principales		
2.1 Quemador semirrápido (lento)	4.16 (1.16) ≤ Cn < 8.28 (2.3)	3.78 (1.05) ≤ Cn < 7.52 (2.09)
2.2 Quemador rápido	8.28 (2.3) ≤ Cn < 12.60 (3.5)	7.52 (2.09) ≤ Cn < 11.30 (3.14)
2.3 Quemador ultrarápido (intensivo)	12.60 (3.5) ≤ Cn	11.30 (3.14) ≤ Cn

Para la medición del volumen de gas consumido se utilizaron los medidores instalados por la empresa Cálida en cada hogar respectivamente y el procedimiento de medición fue el siguiente: se verificó el indicador de gas al inicio del monitoreo y también al final del monitoreo, luego se realizó una diferencia de volúmenes para que de esa manera se obtenga el volumen consumido durante el ensayo. En el caso de la toma de datos para la calidad del aire, se tomó datos con un máximo de un 1 metro de radio alrededor de la fuente emisora de calor para conseguir la mayor exactitud de medición posible. Se realizó un monitoreo tomando datos de medición cada minuto y luego se realizó un promedio de los datos recolectados para obtener un valor de concentración de cada agente contaminante.

TABLA VI
LÍMITES PERMISIBLES PARA CALIDAD AMBIENTAL EN INTERIORES [9]

PARÁMETRO	MÉTODO	CRITERIO DE EVALUACIÓN	
		Calidad de aire: Confort	Norma, reglamento de referencia
Evaluación higiénica de los sistemas de climatización	Inspección visual.	Ausencia de suciedad visible	UNE 100012
Temperatura y Humedad relativa (*) Para entornos con tasa de actividad metabólica de 1,2 met, grado de vestimenta de 0,5 clo en verano y 1 clo en invierno dando un PPD de 10 al 15%	Equipos de medición directa	Temperatura Primavera-Verano: 23-25 °C 30-70% Otoño-Invierno: 21-23 °C 30-70% Valores límites máximos (todo el año) 17-27 °C	RITE (REAL DECRETO 1027/2007, de 20 de julio, Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.
Dióxido de carbono	Medición directa mediante Sonda infrarrojos	Interior-externo < 600 ppm Valor límite máximo: 2500 ppm	UNE-EN 13779:2005 Valor límite 50% VLA del INSHT
Monóxido de carbono	Célula electroquímica	< 5 ppm Valor límite máximo: 19 ppm	REAL DECRETO 1073/2002 Valor límite 75% VLA del INSHT
Partículas en suspensión (PM ₁₀)	Gravimetría NIOSH Medición directa. Equipo de difracción de rayos láser	< 50 ug/m ³ Valor límite máximo: 1000 ug/m ³	REAL DECRETO 1073/2002 Valor límite 10% VLA del INSHT
Conteo de partículas		Clase ISO 9 < 35200000 part de 0,5 micras/m ³	UNE-EN ISO 14644-1:1999 Clasificación de la limpieza del aire

A. Eficiencia térmica

Usando la metodología que indica la norma técnica se efectuaron diversos ensayos en distintos distritos del departamento de Lima. Las cocinas de estas mismas fueron de distintas marcas posteriormente cada una de ellas fue clasificada de acuerdo con la potencia de su quemador. Los resultados de los distintos ensayos se pueden observar en la Tabla VII.

Preliminarmente los distritos donde se realizaron los ensayos son San Martín de Porras (S.M.P.), Callao, Los Olivos, San Miguel.

TABLA VII
CLASIFICACIÓN DE LOS QUEMADORES ENSAYADOS

Número	Ubicación	Tipo quemador
1	S.M.P.	Quegador ultrarrápido
2	S.M.P.	Quegador semirrápido
3	Callao	Quegador semirrápido
4	S.M.P.	Quegador rápido
5	San Miguel	Quegador rápido
6	Los Olivos	Quegador semirrápido
7	Callao	Quegador semirrápido
8	Callao	Quegador rápido
9	Callao	Quegador semirrápido
10	S.M.P.	Quegador rápido
11	S.M.P.	Quegador rápido
12	S.M.P.	Quegador rápido
13	S.M.P.	Quegador rápido
14	S.M.P.	Quegador rápido
15	S.M.P.	Quegador semirrápido
16	S.M.P.	Quegador ultrarrápido

De la Tabla VIII podemos observar que los resultados de eficiencia térmica se encuentran entre 40.99 % y 61.96 % siendo el promedio 47 %, la cual es un valor común para los quemadores actuales.

Con respecto a la potencia, podemos observar que los valores se encuentran entre 1.68 kW y 3.20 kW siendo un valor promedio de 2.20 kW lo cual nos indica que se trata de quemadores semirrápidos debido a que son de uso doméstico lo cual está justificado con su uso.



Fig. 1. Cocina ensayo 1.

TABLA VIII
DATOS DE EFICIENCIA TÉRMICA EN LOS QUEMADORES ENSAYADOS

Num.	Tiempo (s)	Volumen inicial (m ³)	Volumen final (m ³)	Temp. inicial (°C)	Temp. final (°C)	n (%)	Pot. (kW)
1	731.30	509.86	509.92	28	90	40.99	3.20
2	1139.33	1346.11	1346.17	28	90	50.27	1.68
3	1054.35	615.07	615.12	28	90	54.38	1.67
4	934.58	1346.94	1346.99	28	90	47.58	2.16
5	907.78	674.53	674.59	28	90	42.98	2.46
6	1121.72	246.92	246.97	29	90	52.43	1.61
7	918.09	149.46	149.50	28	90	61.96	1.69
8	878.21	371.11	371.17	28	90	44.41	2.46
9	1172.79	428.14	428.20	28	90	48.44	1.69
10	898.91	797.24	797.30	28	90	45.94	2.33
11	977.95	1154.32	1154.38	28	90	43.68	2.25
12	881.30	749.59	749.65	28	90	43.68	2.49
13	943.62	198.95	199.01	28	90	45.94	2.22
14	914.21	247.79	247.85	28	90	46.74	2.25
15	1084.67	1321.01	1321.07	28	90	47.58	1.86
16	940.79	362.60	362.68	28	90	32.49	3.14



Fig. 2. Cocina ensayo 2.

En la Fig. 1 y 2, se observa cómo se conectaron los equipos de medición para realizar los ensayos de eficiencia térmica y calidad ambiental de interiores. La metodología empleada fue siguiendo los procedimientos que indican las normas técnicas respectivas.

B. Calidad ambiental interiores

Siendo importante determinar si existe un impacto de calidad de aire en interiores de los domicilios de los usuarios

usando gas natural, se realizó el monitoreo de PM_{2.5}, PM₁₀, CO y CO₂ usando instrumentación calibrada y apropiada. Los resultados obtenidos por los equipos muestreadores se observan en la Tabla IX.

TABLA IX
CONCENTRACIÓN DE AGENTES CONTAMINANTES

Número	CO ₂ (ppm)	PM _{2.5} (ug/m ³)	PM ₁₀ (ug/m ³)	CO (ppm)
1	436	0.005	0.018	0
2	422	0.008	0.02	0
3	456	0.01	0.022	0
4	435	0.008	0.019	0
5	434	0.007	0.017	0
6	452	0.006	0.018	0
7	436	0.011	0.023	0
8	441	0.008	0.019	0
9	438	0.006	0.018	0
10	443	0.009	0.022	0
11	426	0.008	0.019	0
12	418	0.006	0.017	0
13	425	0.001	0.022	0
14	427	0.009	0.021	0
15	431	0.007	0.018	0
16	451	0.008	0.02	0

Los datos de concentraciones que se mostraron son el promedio de todas las mediciones que se obtuvieron en el tiempo que se realizó el muestreo.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En la Fig. 3 podemos observar la eficiencia térmica de las cocinas domésticas en las diferentes marcas y según el tipo de quemador. Se puede discutir que los quemadores semi rápidos son más eficientes que los rápidos.

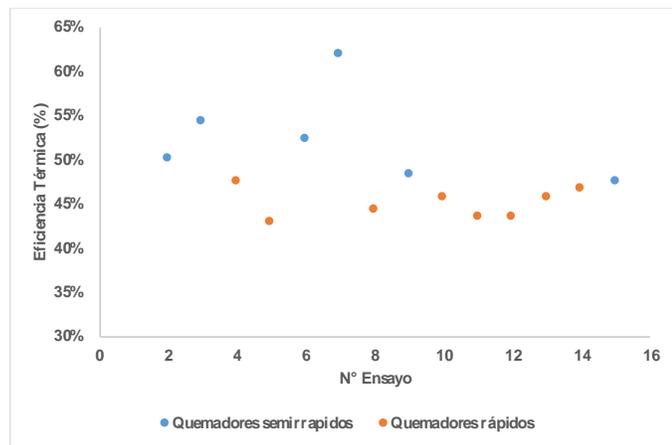


Fig. 3. Eficiencia térmica de diferentes cocinas y marcas.

En la Fig. 3 podemos observar la diferencia de las eficiencias térmicas entre los quemadores rápidos y los semirrápidos, en donde tenemos que para quemadores de mayor potencia la eficiencia tiende a disminuir ya que en la gráfica los ensayos de los quemadores semirrápidos tienden a tener mayor eficiencia que los rápidos. La eficiencia más baja se observa en el ensayo N°5 correspondiente a un quemador rápido con una potencia de 2.46 kW ensayado en el distrito de San Miguel.

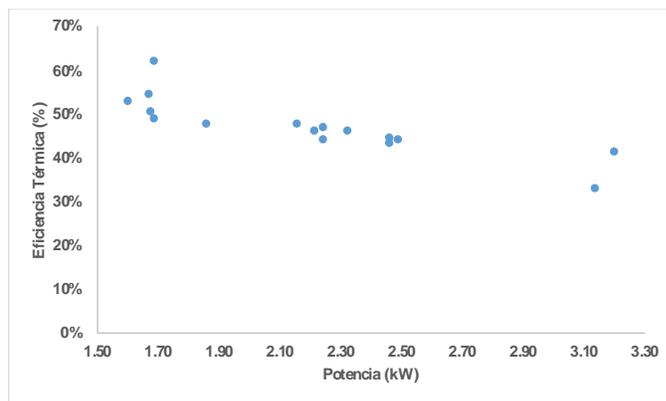


Fig. 4. Variación de la eficiencia térmica respecto a la potencia de los quemadores.

En Fig. 4 vemos la variación de la eficiencia térmica respecto a la potencia de los quemadores en donde podemos observar con más claridad lo que se mencionaba previamente. La eficiencia disminuye con respecto al incremento de la potencia de los quemadores. Para el quemador del ensayo número 16 tenemos un quemador ultrarrápido con una potencia de 3.14 kW en donde se obtuvo una eficiencia de 32.49% (El valor más bajo entre los ensayos). Para los quemadores de uso doméstico los cuales se encuentran alrededor de 1.7 kW (Quemadores semirrápidos) tienen una eficiencia promedio del 50 %.

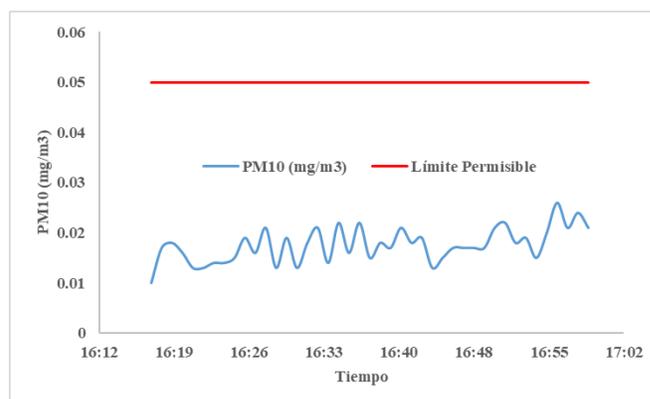


Fig. 5. Concentración del PM₁₀ comparados con su límite permisible en interiores.

Con respecto a las emisiones producidas por los quemadores, tenemos en la Fig. 5 la variación del material

particulado de 10 micras para el ensayo de la cocina N°2 la cual en todo momento de la medición se encontró dentro el límite permisible de concentración de calidad del aire en interiores. También se tomó en cuenta el valor del PM_{2.5}; sin embargo, la norma no cubre el PM_{2.5}.

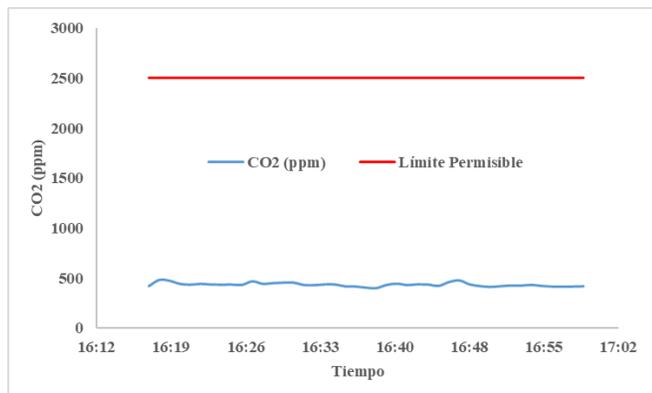


Fig. 6. Concentración del CO₂ comparados con su límite permisible en interiores.

En la Fig. 6 se observa las concentraciones de CO₂ que son menores a los comparados al valor crítico en calidad del aire en interiores en donde sería perjudicial para la salud de las personas que se encuentren en ese lugar.

CONCLUSIONES

Con el objetivo de determinar si existe un impacto ambiental en los interiores de los domicilios de los usuarios que usan cocinas a gas natural, se puede concluir lo siguiente:

Las concentraciones medidas en todos los casos usando quemadores semi rápidos y rápidos se encuentran dentro de los límites permisibles dado por la norma NTP 742 para calidad ambiental en interiores.

Con respecto a los quemadores que se usan en las cocinas domésticas en Perú se pudo determinar las potencias y en base a estos resultados los quemadores están clasificadas según la norma técnica en rápidos y semi rápidos. Este hecho se debe a que para un uso cotidiano que se le da a este tipo de quemadores es suficiente que sea así ya que para tener un quemador ultra rápido sería necesario más potencia, lo cual conllevaría a más consumo de gas y por ende un mayor costo que no sería justificado. En cambio, para un uso industrial en el cual es necesario que el tiempo se reduzca y la potencia sea mayor, si se justifica el uso de quemadores ultra rápidos de alta potencia.

La eficiencia térmica que se encontró de los quemadores comerciales en Perú de las diferentes cocinas comerciales, se encuentran en un promedio de 47 %.

Para los quemadores de uso doméstico los cuales se encuentran alrededor de 1.7 kW (Quemadores semirrápidos) tienen una eficiencia promedio del 50 %.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración de la Pontificia Universidad Católica del Perú por apoyar esta investigación mediante el Proyecto de Investigación Básica y Aplicada ID 707.

REFERENCIAS

- [1] F. J. Rojas, F. O. Jiménez, and J. Soto, "Análisis Teórico y Experimental de la Potencia, Eficiencia Térmica y Emisiones de Cocinas Industriales que usan Gas Licuado de Petróleo," *Inf. tecnológica*, vol. 30, no. 4, pp. 301–310, 2019.
- [2] Agencia Internacional de la Energía, "Consumo de energía procedente de combustibles fósiles (% del total)." 2014.
- [3] OMS, "Guías de calidad del aire de la OMS 2005," 2005.
- [4] P. Pastor, "Calidad ambiental en interiores de hospitales," 2013.
- [5] C. Arrieta, A. Amell, L. Iral, Á. Valencia, and A. Cardona, "Análisis de la combustión de metano y una mezcla equimolar metano-syngas en un quemador de combustión estabilizada en la superficie: eficiencia y emisiones contaminantes," *Ingenius*, no. 12, pp. 46–54, 2014.
- [6] C. Mardones, C. Paredes, J. Jimenez, O. Farias, and P. Catalan, "TECNOLOGIAS DE CONTROL DE EMISIONES Y DISPONIBILIDAD DE GAS NATURAL COMO OPCIONES PARA REDUCIR EMISIONES DE MP2,5 EN EL CONCEPCION METROPOLITANO EMISSION," *Análisis Económico*, vol. 30, no. 1, pp. 3–23, 2015.
- [7] CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO, "NTP 779: Bienestar térmico: criterios de diseño para ambientes térmicos confortables," *Inst. Nac. Segur. e Hig. en el Trab.*, no. Bienestar térmico, p. 6, 2007.
- [8] F. V. Marcos and I. G. Pulgarín, "Calidad ambiental interior: Bienestar, confort y salud," *Rev. Esp. Salud Publica*, vol. 79, no. 2, pp. 243–251, 2005.
- [9] MINISTERIO DE TRABAJO Y ASUNTOS SOCIALES DE ESPAÑA, "NTP 742: Ventilación general de edificios," *Insh*, p. 9, 2004.
- [10] Instituto Ecuatoriano de Normalización, "NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2259:2013 Primera revisión ARTEFACTOS DE USO DOMESTICO PARA COCINAR, REQUISITOS E INSPECCIÓN." Quito, 2013.
- [11] Lutron Electronic, "4 channels THERMOMETER SD Card real time data logger," pp. 4–5, 2015.
- [12] Aeroqual, "Series200/300/500 Portable Monitor User Guide," pp. 1–37, 2014.
- [13] DeltaOhm, "HD37AB1347," pp. 226–229, 2013.