

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y AMBIENTALES



Determinación de los niveles de concentración de monóxido de carbono en el
aire por ladrilleras artesanales en el caserío Zapotal – Morropón - Piura

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

AUTORA

Lidia Esperanza Li Neyra

ASESORES

José Francisco Solano Santamaría

Gonzalo Alfonso Pósito Díaz

Morropón, Perú

2023

METADATOS COMPLEMENTARIOS

Datos del autor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos del asesor

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (obligatorio)	

Datos del Jurado

Datos del presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos del tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma (Normal ISO 639-3)	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

ACTA N° 052 - 2023/UCSS/FIA/DI

Siendo las 05:00 p.m. del día 03 de marzo de 2023 - Universidad Católica Sedes Sapientiae, el Jurado de Tesis, integrado por:

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. Natividad Lourdes Artica Cosme | presidente |
| 2. Weidi Flores Villanueva | primer miembro |
| 3. Julián Alberto Álvarez Paredes | segundo miembro |
| 4. José Francisco Solano Santamaría | asesor(a) |

Se reunieron para la sustentación de la tesis titulada **Determinación de los niveles de concentración de monóxido de carbono en el aire por ladrilleras artesanales en el caserío Zapotal – Morropón - Piura**, que presenta la bachiller en Ciencias Ambientales, **Lidia Esperanza Li Neyra**, cumpliendo así con los requerimientos exigidos por el reglamento para la modalidad de titulación; la presentación y sustentación de un trabajo de investigación original, para obtener el Título Profesional de **Ingeniero Ambiental**.

Terminada la sustentación y luego de deliberar, el Jurado acuerda:

APROBAR

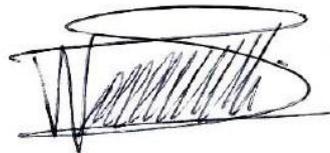
DESAPROBAR

La tesis, con el calificativo de **MUY BUENA** y eleva la presente Acta al Decanato de la Facultad de Ingeniería Agraria, a fin de que se declare **EXPEDITA** para conferirle el **TÍTULO** de **INGENIERO AMBIENTAL**.

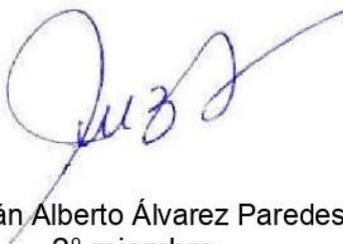
Lima, 03 de marzo de 2023.



Natividad Lourdes Artica Cosme
Presidente



Weidi Flores Villanueva
1° miembro



Julián Alberto Álvarez Paredes
2° miembro



José Francisco Solano Santamaría
Asesor(a)

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE **TESIS** / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Piura, 22 de Julio de 2024

Señor(a),
Wilfredo Mendoza Caballero
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que **la tesis** / informe académico/ trabajo de investigación/ trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con **título:** Determinación de los niveles de concentración de monóxido de carbono en el aire por ladrilleras artesanales en el caserío Zapotal- Morropón- Piura, presentado por Lidia Esperanza Li Neyra con código de estudiante 2012102203 y DNI 72391157 para optar el **título profesional**/ grado académico de **ingeniero ambiental** ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 0 %**. Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Firma

José Francisco Solano Santamaría

DNI N°: 44853901

ORCID: 0000-0002-4279-967X

Facultad de Ciencias Agrarias y Ambientales - UCSS

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, por estar a mi lado en cada momento, guiándome y protegiéndome ante las asechanzas y tentaciones del mal, Dios quien me cubre con su manto protector y me llena de paz y amor.

A mis padres Julio Pedro Li Yarlequé e Yrma Neyra López por ser maravillosos conmigo, por sus cuidados, sus buenos consejos, su apoyo, por haber inculcado en mí buenos valores involucrando a Dios, al hombre y a la naturaleza; los amo mucho y siempre estaré agradecida con Dios por tenerlos a mi lado.

A Jimmy Javier Bautista Jibaja, por ser una de las primeras personas en confiar en mí, por su apoyo incondicional para culminar una de mis metas en mi vida profesional, no tengo palabras para agradecerle, te convertiste en mi mayor motivación para continuar, gracias por todo tu apoyo, esposo mío.

A mis hermanos: Diana, Kathia, Pedro y Brando; mis abuelitos, en especial a mi abuela María Mercedes Yarlequé Núñez porque mi felicidad es tuya también.

AGRADECIMIENTO

De manera muy especial, agradecerles a mis asesores el ingeniero José Francisco Solano Santamaría y Gonzalo Alfonso Pósito Díaz, quienes desde el inicio de la elaboración de mi tesis hasta el día de hoy me han brindado su confianza, buenos consejos, apoyo y orientación en la elaboración, ejecución y revisión de esta investigación.

A mi *alma mater*, la Universidad Católica Sedes Sapientiae por haberme permitido lograr una de mis metas: estudiar una carrera profesional.

A una gran amiga que siempre estará en mi corazón y forma parte ya de mi familia, Judith Calle Jiménez, gracias por tus buenas palabras, por ser una guía en la elaboración de mi tesis, por brindarme tu amistad sincera y sin condiciones.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
CARÁTULA	i
HOJA DE METADATOS	ii
ACTA DE SUSTENTACIÓN	iv
CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE APÉNDICES	xiv
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.1.1 Internacionales	4
1.1.2 Nacionales	7
1.2. Bases teóricas especializadas	14
1.2.1. Contaminación del aire	14
1.2.2. Fuentes de contaminación	14
1.2.3. Clasificación de contaminantes atmosféricos	15
1.2.4. Fabricación de ladrillo artesanal	17
1.2.5. Ladrillo artesanal producido en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón	19
1.2.6. Obtención de la materia prima para la producción del ladrillo artesanal	20
1.2.7. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón	24
1.2.8. Diagrama de flujo del proceso de la producción de ladrillo artesanal en el caserío de Zapotal, distrito de Morropón	33
1.2.9. Monitoreo ambiental	35
1.2.10. Muestreo ambiental	35
1.2.11. Monitoreo de la calidad del aire	35
1.2.12. Equipos de monitoreo de la calidad del aire	36
1.2.13. Reglamento de los niveles de estados de alerta por contaminación del aire	40
1.2.14. Escalas de monitoreo espaciales	40

1.2.15. Objetivo de monitoreo y escalas espaciales de representatividad	41
1.2.16. Contaminantes a monitorear en función de las principales fuentes	41
1.2.17. Laboratorio acreditado	42
1.2.18. Marco legal	43
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	46
2.1. Diseño de la investigación	46
2.1.1. Lugar y fecha	46
2.1.2. Materiales y equipos	46
2.1.3. Población y muestra	47
2.1.4. Descripción de la investigación de campo	49
2.1.5. Identificación de variables y su mensuración	63
2.1.6. Análisis de datos	66
CAPÍTULO III: RESULTADOS	67
3.1. Concentración de monóxido de carbono en el aire en el caserío de Zapotal, distrito de Morropón	67
3.2. Comparación del nivel de concentración de monóxido de carbono (CO) Cncontrado en el aire de acuerdo con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) según decreto supremo N° 003-2017-MINAM	69
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN	71
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES	74
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS	77
TERMINOLOGÍA	82
APÉNDICES	83

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. <i>Características del ladrillo artesanal de Zapotal</i>	19
Tabla 2. <i>Parámetros de producción del ladrillo artesanal de Zapotal por ladrillera</i>	20
Tabla 3. <i>Cantidad de sacos de tamo para la producción de 10 000 ladrillos en un horno</i>	21
Tabla 4. <i>Cantidad de leña a utilizar para la cocción de 10 000 ladrillos en una ladrillera</i>	22
Tabla 5. <i>Volumen de la olla de la motofurgón para el transporte de la leña</i>	22
Tabla 6. <i>Dimensiones de madera utilizada como leña para la cocción de ladrillos</i>	23
Tabla 7. <i>Cantidad de palos de leña en la olla de una motofurgón</i>	23
Tabla 8. <i>Peso de leña por carga en una motofurgón</i>	24
Tabla 9. <i>Niveles de alerta para contaminantes críticos</i>	40
Tabla 10. <i>Definición de escalas espaciales para la realización de monitoreos ambientales</i>	41
Tabla 11. <i>Objetivo de monitoreo y escalas espaciales de representatividad</i>	41
Tabla 12. <i>Contaminantes a monitorear en función de las principales fuentes</i>	42
Tabla 13. <i>Estándares de Calidad Ambiental para Aire (ECA)</i>	44
Tabla 14. <i>Coordenadas de ubicación de las ladrilleras artesanales del caserío Zapotal</i>	47
Tabla 15. <i>Dimensiones de los hornos de cocción del ladrillo artesanal</i>	48
Tabla 16. <i>Descripción y ubicación del área de estudio AA.HH. Santa Rosa- SAI</i>	49
Tabla 17. <i>Descripción y ubicación del área de estudio AA.HH. Santa Rosa -SA2</i>	50
Tabla 18. <i>Descripción y ubicación del área de estudio Caserío Zapotal</i>	51
Tabla 19. <i>Código y descripción de estaciones de monitoreo en la fabricación de ladrillos artesanales en Zapotal</i>	53
Tabla 20. <i>Contaminantes a monitorear en función de las principales fuentes en las ladrilleras artesanales de Zapotal</i>	54
Tabla 21. <i>Definición de escalas espaciales para la realización de monitoreo en las ladrilleras en Zapotal</i>	54
Tabla 22. <i>Objetivo de monitoreo y escalas espaciales de representatividad de ladrilleras artesanales en el caserío de Zapotal-Morropón</i>	55

Tabla 23. <i>Estación meteorológica y parámetros a evaluar</i>	55
Tabla 24. <i>Equipo de muestreo y análisis para la evaluación de la calidad del aire</i>	64
Tabla 25. <i>Concentración de monóxido de carbono (CO)</i>	67
Tabla 26. <i>Concentración de CO por cantidad de ladrillo artesanal producido en hornos</i>	68
Tabla 27. <i>Comparación del CO y el Estándar de Calidad Ambiental del Aire (ECA)</i>	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Dimensiones del ladrillo artesanal producido en el caserío de Zapotal	19
Figura 2. Materia prima seleccionada del lugar, en diferentes procesos de extracción, amasado y reposo	25
Figura 3. Agua de lluvia almacenada al inicio de las ladrilleras	26
Figura 4. Agua de lluvia almacenada en diferentes pozos intermedios de las ladrilleras	26
Figura 5. Preparado de la tierra	27
Figura 6. Dimensiones del molde para la fabricación de ladrillos	27
Figura 7. Llenado de los moldes con la tierra previamente preparada	28
Figura 8. Llenado y alisado de los moldes con la tierra preparada	28
Figura 9. Reposo de los bloques de ladrillo para su secado	29
Figura 10. Secado de los bloques de ladrillo al exterior	29
Figura 11. Bloques de ladrillos	30
Figura 12. Modelo del horno para la quema de ladrillos artesanales	30
Figura 13. Cocción de los bloques de ladrillo	31
Figura 14. Palo seco como principal combustible para la cocción del ladrillo	32
Figura 15. Puerta del horno para la fabricación de ladrillo artesanal	33
Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de fabricación de ladrillo artesanal	34
Figura 17. Muestreador de alto volumen (Hi vol)	37
Figura 18. Muestreador de bajo volumen	38
Figura 19. Tren de muestreo	39
Figura 20. Analizadores automáticos	39
Figura 21. Ubicación de ladrilleras artesanales en el caserío de zapotal en el distrito de Morropón	48
Figura 22. Ubicación geográfica de ladrillera SA1	50
Figura 23. Ubicación geográfica de ladrillera SA2	51
Figura 24. Ubicación geográfica del área de estudio Caserío Zapotal	52
Figura 25. Resultados meteorológicos de mayo	57
Figura 26. Rosa de viento georeferenciada en coordenadas UTM del mes de mayo	58
Figura 27. Resultados meteorológicos de junio	59
Figura 28. Rosa de viento georeferenciada en coordenadas UTM del mes de junio	60

Figura 29. Resultados meteorológicos de julio	61
Figura 30. Rosa de viento georeferenciada en coordenadas UTM del mes de julio	62
Figura 31. Comparación de la concentración CO en el caserío sapotal con el ECA nacional	70

ÍNDICE DE APÉNDICES

	Pág.
Apéndice 1. Instalación y operación del equipo de Tren de Muestreo de Gases	83
Apéndice 2. Tren de muestreo posicionado	83
Apéndice 3. Instalación del generador de electricidad a gasolina	84
Apéndice 4. Solución captadora de CO	84
Apéndice 5. Conexiones de las mangueras con los impinger	85
Apéndice 6. Programación de los temporizadores de una hora	85
Apéndice 7. Retiro de las soluciones de muestra	86
Apéndice 8. Sellado y encintado de los envases	86
Apéndice 9. Llenado de la cadena de custodia de aire	87
Apéndice 10. Vista superior del horno de cocción de los ladrillos artesanales	87
Apéndice 11. Modelo de los ladrillos artesanales	88
Apéndice 12. Informe de ensayo del monitoreo de CO del mes de mayo	89
Apéndice 13. Informe de ensayo del monitoreo de CO del mes de junio	90
Apéndice 14. Informe de ensayo del monitoreo de CO del mes de julio	91
Apéndice 15. Modelo de la cadena de custodia de muestra de aire	92

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito determinar los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) procedente de las actividades de fabricación de ladrillos artesanales en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón; así mismo, medir los niveles de concentración de CO en el aire y comparar los resultados obtenidos de acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA) según decreto supremo N° 003-2017-MINAM. Para realizar el monitoreo ambiental se determinó la estación de monitoreo a evaluar en el área de estudio, siendo elegido el caserío de Zapotal. Asimismo, se realizaron tres monitoreos con una frecuencia mensual y de esta forma determinar los niveles de concentración de CO, los meses de monitoreos considerados fueron mayo, junio y julio, que son los meses de mayor producción en la fabricación de ladrillos a lo largo del año. Para la captura de CO se utilizaron los procedimientos descritos en el “*Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos*” propuesto por la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA); se utilizó un equipo denominado “Tren de Muestreo” que funciona con unas bombas que succionan aire del ambiente y este reacciona con unas soluciones captadoras para determinar la concentración de Monóxido de carbono- CO. Los resultados obtenidos muestran que los niveles de CO están por debajo de los estándares, las concentraciones de CO del primer monitoreo realizado el mes de mayo fue de $7565 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en el mes de junio fue $7518 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y, finalmente, en el mes de julio como último monitoreo de CO fue de $7611 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Considerando para este efecto, monitoreos de una hora según lo estipulado por la normativa ambiental vigente (ECA del aire). En conclusión, el CO generado por la fabricación de ladrilleras artesanales en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón no presenta un riesgo potencial para la salud y el bienestar de las personas y ambiente.

Palabras clave: *Calidad del aire, contaminación, ladrillos artesanales, monóxido de carbono,*

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the concentration levels of carbon monoxide (CO) produced by the manufactures of artisanal bricks in Zapotal, which is a small village in Morropón district, Piura, Peru; In addition, this thesis also measures the concentration levels of CO found in the air and compare the results obtained in accordance with the “Estandares de Calidad del Aire (ECA)”; following the supreme decree No. 003-2017-MINAM. To perform the study, the monitoring station and area to be evaluated was resolved, choosing the village of Zapotal. Furthermore, three monitoring studies were done monthly to determine the concentration levels of CO; the months considered were May, June, and July, which are the months with the highest bricks production of the year. To capture and measure the CO levels in the air, the procedure described in the protocol proposed by the General Directorate of Environmental Health (DIGESA). A device named “Tren de Muestreo” was used; this device uses a set of air pumps that suck the air from the environment and add solutions to capture and determine the concentration levels of carbon monoxide (CO). The end results of these tests show that the CO levels are below the standard; the CO concentration levels of the first monitoring in May was 7565 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, in the month of June it was 7518 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ and, finally, in the month of July, the last monitoring of CO was 7611 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Each monitoring test lasted one hour as allowed by current environmental regulations “ECA del aire”. In conclusion, the CO generated by the manufactures of artisanal bricks in the Zapotal village of Morropón does not represent a potential risk to the health and well-being of the people and the environment around.

Key words: *Air quality , artisanal bricks, carbon monoxide, pollution.*

INTRODUCCIÓN

Según la Dirección General de Salud Ambiental [DIGESA] (2005) y el Ministerio del Ambiente (2019) los niveles de estados de alerta por contaminación para el monitoreo de concentración de monóxido de carbono (CO) en un tiempo establecido de una hora, no puede sobrepasar los 30 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de CO, con el fin de garantizar la calidad del aire y que según los Estándares de Calidad Ambiental [ECA], (2017) no se debe perjudicar a los animales, al hombre ni al ambiente.

En la provincia de Morropón se está observando la pérdida de hábitos amigables con el ambiente que nos rodea, esta actividad afecta no solo al ambiente, sino también a nuestro propio bienestar. En el asentamiento humano Santa Rosa existen cinco ladrilleras; y en el caserío de Zapotal ocho, que logran una producción desde cinco a diecisiete millares de ladrillos de lunes a sábado y realizan dos quemas cada quince días. Su principal fuente de combustible es la biomasa vegetal de Algarrobo, Sapote y Faique. El nivel de producción en la fabricación de ladrillos artesanales es alto, producen ladrillos aproximadamente nueve meses durante el año desde abril hasta diciembre, dependiendo siempre de los tiempos de lluvia. De esta manera se busca originar un equilibrio entre el desarrollo económico, el uso sostenible de los recursos naturales y lo más importante la conservación del ambiente, enfrentando así los diferentes problemas ambientales (Consejo Nacional del Ambiente [CONAM], 2000).

Esta investigación propone determinar los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) emitido por las ladrilleras artesanales en el caserío de Zapotal, en el distrito de Morropón, mediante el monitoreo ambiental de la calidad del aire para el CO. De igual manera medir, analizar e interpretar los resultados de laboratorio de las concentraciones del contaminante y compararlos con los estándares de calidad ambiental (ECA).

La recolección de la muestra de estudio se realizó aplicando un equipo de monitoreo ambiental llamado tren de muestreo, que su finalidad es captar mediante soluciones

captadoras las concentraciones de CO del ambiente, la cual se instala en un punto estratégico para captar la mayor concentración de CO.

Luego dichas soluciones captadoras son trasladadas para su respectivo análisis a un laboratorio acreditado que realice análisis de monóxido de carbono (CO), cumpliendo con el tiempo adecuado para que la muestra se mantenga en óptimas condiciones y teniendo como respaldo su control de calidad la cual evalúa si el monitoreo ambiental realizado fue hecho correctamente.

Considerando que no se conocen hasta el momento estudios previos como el presente trabajo de investigación en el distrito de Morropón, se hace relevante la información obtenida que puede ayudar a tomar mejores decisiones a nivel local.

OBJETIVOS

Objetivo general

Determinar los niveles de concentración de monóxido de carbono en las inmediaciones de las ladrilleras artesanales en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón.

Objetivos específicos

- Medir el nivel de concentración de monóxido de carbono en el aire en el caserío de Zapotal, distrito de Morropón.
- Comparar el nivel de concentración de monóxido de carbono (CO) encontrado en el aire con los Estándares de Calidad Ambiental del Aire (ECA) según decreto supremo N° 003-2017-MINAM.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

1.1.1 Internacionales

Mosquera (2018) realizó un estudio “Riesgo toxicológico del monóxido de carbono en trabajadores de las islas de recarga de hidrocarburos en la terminal de Petroecuador de la ciudad de Cuenca” en Ecuador. El objetivo principal fue determinar la concentración de CO en el aire de las Islas de la Terminal de Petroecuador. La población de estudio estuvo constituida por dos grupos conformados por 18 personas: el grupo expuesto al CO y el grupo no expuesto al CO. El primer grupo que representa al grupo expuesto al CO conformado por 8 funcionarios representando el 100 % de las personas que trabajan en el área de las Islas de Carga de Combustibles, teniendo las siguientes características: todos hombres, ninguno tiene el hábito de fumar y todos los trabajadores o funcionarios utilizaron de manera adecuada y completa el equipo de protección personal durante la jornada laboral. El segundo grupo que representa al grupo no expuesto al CO, conformado por 10 personas residentes en la parroquia de Quingeo, tomados como referencia para el estudio comparativo. Aplicó un diseño cuasi experimental con modalidad antes y después de la jornada de trabajo respecto al nivel de exposición de los trabajadores. Además, el autor utilizó la espectrofotometría con el empleo del equipo Detector Rad 57-Masimo Rainbowse y midió la concentración de gas en la zona laboral de los trabajadores al inicio y al final de la jornada del área de recarga de hidrocarburos, para finalmente evaluar las manifestaciones de intoxicación por CO en los trabajadores. Para el análisis de la información aplicó el programa estadístico IBM-SPSS versión 22,0, donde utilizó un análisis descriptivo e inferencial. Indicó también que hubo una inclusión de convivencia de los participantes, comparándose los niveles de carboxihemoglobina (COHb) en los 8 funcionarios que representan al grupo expuesto al CO al inicio y final de la jornada de trabajo; y compararon los resultados obtenidos los niveles de COHb de las personas expuestas al CO con las personas No expuestas a emisiones de CO. El autor realizó un total de 58 mediciones de CO; además, hizo una única medición a

10 participantes NO expuestos al CO, realizó 8 mediciones al principio y 8 mediciones al final de la jornada, por un periodo de tres meses. Un equipo de gases de MSA *Altair* de propiedad de Petroecuador fue utilizado para determinar los niveles de concentración de CO en el ambiente de trabajo en las Islas de Carga. Los resultados que obtuvo fueron comparados con los resultados de una medición que realizó al grupo No expuesto al CO. Concluyendo que los niveles de COHb en la sangre de los trabajadores medidos al final de la jornada fueron superiores a lo establecido por las normativas Nacionales e Internacionales sobrepasando en un 3,5 % según lo establecido por la OMS, existiendo una exposición a CO en el aire de trabajo.

Rodríguez *et al.* (2016) realizó el “Monitoreo de partículas totales suspendidas en el aire en el Puerto de La Guaira, estado Vargas, Venezuela”. El objetivo fundamental fue determinar la concentración de Partículas Totales Suspendidas (PTS) en la atmósfera, provenientes de las actividades antropogénicas que realizan en el puerto de La Guaira, Venezuela, en donde alcanzan concentraciones muy por encima del nivel establecido en la normativa ambiental, y que puede ocasionar un daño al hombre, animales y ambiente. La metodología que emplearon estuvo basada en el monitoreo que realizaron de acuerdo con las Normas sobre Calidad del Aire y Control de la Contaminación Atmosférica según Decreto N° 638 del año 1995; y en la Norma Covenin 2060:1996. La población abarca 508 569,62 m² de toda la superficie terrestre del Puerto de la Guaira. Usaron el método de muestreo de gran volumen (*High Vol.*) y gravimetría por un tiempo de 24 horas. Para el muestreo ubicaron tres puntos: el punto uno denominado Zona Alfa, el punto dos Zona de Refrigerados y el punto tres la Zona Charlie, los cuales monitorearon por un tiempo de siete días por lo que obtuvieron 21 muestras. También obtuvieron parámetros meteorológicos por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. Para el análisis estadístico de los datos utilizaron el programa SPSS versión 22,0, basado en el análisis descriptivo inferencial. Los resultados mostraron una concentración de 111 micras por metro cúbico como promedio de los tres puntos de muestreo. Además, la concentración promedio de PTS obtenidas en la Zona Alfa fue de 86 micras por metro cúbico, en la Zona de Refrigerados fue de 107 micras por metro cúbico y por último en la Zona de Charlie de 139 micras por metro cúbico. Finalmente, las concentraciones de PTS fueron comparadas con los límites establecidos en la normativa ambiental venezolana para así proponer las medidas ambientales correctivas convenientes al tema de investigación.

Sánchez *et al.* (2013) registro los niveles de contaminantes en el aire de Cartagena, Colombia. El objetivo fue evaluar los datos obtenidos de los niveles de contaminantes como gases y partículas encontradas en la atmósfera en diferentes sectores de la ciudad, teniendo como propósito vigilar el cumplimiento de la normativa ambiental local que regula las concentraciones máximas permitidas con la ayuda de los estándares nacionales de calidad de aire de Colombia. La metodología que emplearon fue a través de la identificación de ocho puntos o sectores en la zona noroeste de la ciudad: CAI de la Esperanza, CAI de la Arrocería, CAI de Bocagrande, CAI de la Boquilla, CAI de Pasacaballos, Institución Educativa Liceo de Bolívar, Institución Educativa Playas de Acapulco y la Institución Educativa Universidad de Cartagena (sede Zaragocilla). La población de estudio fue de aproximadamente 1 millón de habitantes en la ciudad de Cartagena. Utilizaron equipos de monitoreos de gases y partículas de la marca Thermo Electron, los cuales fueron ubicados en estaciones de policía y colegios de la ciudad con previos permisos de las instituciones educativas y de la alcaldía de Cartagena. Midieron en primer lugar, la concentración de gases como ozono (O_3) usando fotometría con equipo de modelo 49i, dióxido de azufre (SO_2) usando fluorescencia con el equipo modelo 43i y para el monóxido de carbono (CO) emplearon para detectar un sistema de correlación infrarroja con equipo de modelo 48i; y la concentración y tamaño de partículas menores a 2,5 micras ($PM_{2,5}$) por nefelometría con equipo de modelo DataRam 4, en un tiempo de 5 a 12 días. En la segunda etapa, midieron las concentraciones en un solo sector de la ciudad, el sector ocho en la Institución Educativa Universidad de Cartagena en el campus de Ciencias de la Salud por un periodo de 12 meses. Los equipos fueron instalados teniendo como guía las recomendaciones de la compañía proveedora y los protocolos de EPA ('US Environment Protection Agency') También llevaron registros meteorológicos de velocidad del viento, temperatura, presión atmosférica, lluvias y humedad. Durante todo el monitoreo hubo poca presencia de lluvias en la ciudad (89 %), las cuales no afectaron las concentraciones de gases, mientras que para $PM_{2,5}$ si reducían las concentraciones en un 20 %. Aplicaron un análisis exploratorio de los datos, los cuales fueron analizados mediante medidas de tendencia central (media, mediana y moda). Además, utilizó la prueba de Shapiro-Wilk y finalmente correlacionaron los datos utilizando el programa estadístico IBM-SPSS versión 19. Obtuvieron como resultado que las concentraciones están dentro del límite establecido por la normativa con una diferencia del monóxido de carbono. Concluyeron que el material particulado superó los estándares de calidad ambiental.

Jaya y Gomezcoello (2012) realizaron una investigación “Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión de ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles”, en la ciudad de Cuenca, Ecuador. El objetivo de la investigación fue establecer iniciativas para disminuir la contaminación atmosférica de la combustión en la etapa de quema del ladrillo artesanal y también aumentar la eficiencia en la producción de los ladrillos artesanales en la ciudad de Cuenca y en los sectores de Racar, Santa Isabel, Las Cochabambas, El Chorro, Cruz Calle, Sigcho, Galuay y Sinincay. El combustible tradicional que utilizaban para la quema de los ladrillos era el eucalipto, consumiéndose muy rápido y no proporcionaba la energía suficiente para una rápida cocción de los ladrillos artesanales, generando mayor concentración de gases en la atmosfera. Los autores del trabajo de investigación utilizaron tres tipos de combustibles para la quema de los ladrillos realizando un análisis comparativo de la contaminación atmosférica. La metodología del trabajo de investigación que aplicaron fue primero usando como combustible solo leña de eucalipto; después, la leña de eucalipto con GLP; y finalmente, la leña y diésel. Además, realizaron ensayos con el propósito de conocer la quema de ladrillos artesanales, empleando de manera particular hornos. En el laboratorio determinaron indicadores que, basados en ello, plantearon propuestas y estrategias para mermar la presencia de gases contaminantes. Los parámetros primarios establecidos fueron: óxido de nitrógeno (NO_x), PM_{10} , monóxido de carbono (CO) y compuestos orgánicos volátiles (COV). Identificaron como principales elementos contaminantes al PM_{10} y CO que ocasionan factores adversos. Los resultados fueron obtenidos en cuanto a las emisiones producidas en la etapa de quema de ladrillos; con la utilización de leña de eucalipto un 7,1 % más que la mezcla leña-diésel y en 16,7 % más que la mezcla leña-GLP, indicando que el proceso de combustión puede mejorar a través de la combinación de combustibles. Los resultados de los tres ensayos no superaron el 0,5 % de PM_{10} , óxidos de nitrógeno en un 2,4 %, dióxido de azufre 23,6 %, y monóxido de carbono con el 73,5 %, manteniendo una quema controlada con relación al oxígeno la mezcla de combustibles. Concluyeron que el combustible que mejor resultados proporcionó fue la mezcla de leña-GLP porque generó menos cantidad de emisiones en un menor tiempo, logrando mayor eficiencia energética, buena calidad y resistencia a la compresión.

1.1.2 Nacionales

Susanibar (2019) planteó el trabajo de investigación denominado “Propuesta para la mitigación del nivel de monóxido de carbono en la producción de ladrillos de arcilla”, en la

ciudad de Huaral. El objetivo fue desarrollar una mejora tecnológica para disminuir los valores de monóxido de carbono en el proceso de fabricación de ladrillo de arcilla en el distrito de Aucallama, Huaral. La investigación fue de tipo descriptiva, observacional, transversal y retrospectiva. Para el análisis de datos utilizó el Software ArGIS 10,5. La población que abarcó el estudio comprendió todos los espacios de la planta para la producción de ladrillos de la ladrillera San Lorenzo, con una población de 19 851 habitantes de la zona. Además, realizó un diagnóstico del proceso de cocción de ladrillo en lo cual demostró que las ladrilleras contaban con un sistema de hornos *Hoffman* donde operaban con aserrín, viruta y cáscara de café generando elevadas concentraciones de partículas y gases de combustión como el monóxido de carbono medido. La primera medición de la concentración de emisiones gaseosas utilizando el Horno Hoffman fueron las siguientes: partículas 59,3 mg/Nm³; monóxido de carbono (CO), 914,6 mg/Nm³; óxidos de nitrógeno (NO_x), 681,9 mg/Nm³; dióxido de azufre (SO₂), 25,7 mg/Nm³. A partir del análisis realizado, elaboró la propuesta tecnológica de mejora en el proceso, optando por sustituir los Hornos *Hoffman* por un Horno Túnel, el cual contó como fuente de combustión a gas natural operando con una Estación de Descompresión de Gas Natural Comprimido. Los resultados que consiguió para realizar la propuesta tecnológica que dieron como mejora partículas 1,0 mg/Nm³, monóxido de carbono (CO) 113,0 mg/Nm³, monóxido de nitrógeno (NO_x) 50,3 mg/Nm³ y dióxido de azufre (SO₂) 171,5 mg/Nm³. Concluyó que hubo una reducción de 98,3 % en material particulado, un 87,6 % de monóxido de carbono, 92,5 % de óxidos de nitrógeno y un aumento de 667,3 % de dióxido de azufre para el proceso de cocción de ladrillos de arcilla con la implementación del sistema de Hornos Túnel a gas natural. Además, disminuyó la dispersión de material particulado para así mitigar los impactos ambientales de la producción de ladrillo.

Amaya (2017) elaboró un estudio denominado “Determinación de la calidad del aire de la población aledaña a la planta Qroma, Ñaña” en Chaclacayo, Perú. El objetivo fue buscar aumentar la responsabilidad ambiental y social de las industrias. Además, descartar si la población colindante a la industria Qroma fue afectada por el nivel de contaminantes expuestos en el aire con presencia de gases y Material Particulado (MP) que afecten de manera perjudicial a la salud de la comunidad y su entorno, superando los estándares de calidad ambiental (ECA). La investigación la orientó en el monitoreo ambiental con métodos de control y vigilancia, permitiendo inspeccionar para que las empresas cumplan con los

ECA establecidos por las leyes peruanas, disminuyendo los efectos adversos con el ambiente. La investigación fue desarrollada a través de un monitoreo ambiental aplicando el protocolo de monitoreo de calidad de aire de DIGESA para determinar la calidad del aire de la población colindante a la planta, midiendo la presencia y concentración de contaminantes en el aire, cuyos parámetros que experimentó fue material particulado (PM_{10} , $PM_{2.5}$); además de gases producidos en la planta como: dióxido de nitrógeno (NO_2), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), hidrocarburos totales (HT) y benceno (C_6H_6). El monitoreo lo realizó identificando las fuentes atmosféricas de tipos fijas que hubo en la planta y seleccionó los parámetros a monitorear. En el desarrollo del monitoreo instaló la primera estación meteorológica automática en la Empresa Industrial del Papel S.A en el área del jardín y la segunda estación de muestreo la instaló en el área de Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA) (Barlovento) que quedaba ubicada en la parte superior de las oficinas administrativas. Asimismo, utilizó equipos de tipos acumuladores, de alto volumen (Hi Vol) para el monitoreo de PM_{10} , equipos de bajo volumen (Low Vol) para $PM_{2.5}$ y para gases utilizó el Tren de Muestreo. Los resultados evidenciaron que los parámetros evaluados superaron los valores de la normativa en monitoreo a modo barlovento y sotavento fue de $PM_{2.5}$; y respecto a los parámetros meteorológicos que identificó en el mes de diciembre fueron los valores de: humedad relativa 74 %, presión atmosférica 956.1 milibar, la dirección del viento fue de noreste y una temperatura promedio de 21,4 °C. Concluyó que la mayor emisión de contaminantes provenía de la planta y alrededores de la planta, afectando a la población Cercana de La Floresta.

Manrique (2017) elaboró la investigación denominada “La contaminación atmosférica y la gestión de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz”. El objetivo fue identificar y calcular los valores de las variables contaminantes en el aire. Los parámetros que evaluó fueron: material particulado ($PM_{2.5}$) y plomo (Pb). La metodología de la investigación que desarrolló fue estimar las principales variables contaminantes y sus valores de concentración en la ciudad durante el período 2014 comparándolos con los valores de la normatividad ambiental vigente. La población comprendió el área urbana de la ciudad de Huaraz y como muestra representativa identificó a la estación de monitoreo Centro de Investigación Ambiental para el Desarrollo (CIAD) ubicada en el local principal de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo (UNASAM), más las zonas de Huanupampa, Zona central, La Soledad, Nicrupampa y el barrio Centenario. Además, evaluó en la ciudad de Huaraz los procesos de

gestión enfocados a los niveles de contaminantes del aire, donde planteó algunas alternativas de gestión, siendo una investigación de tipo descriptiva correlacional, basándose en muestreos periódicos cuatrimestrales. Para estos parámetros en estudio utilizó el modelo 2000i marca Thermo Scientific de bajo volumen con la finalidad de muestrear partículas de diámetro ($PM_{2,5}$) menores de 2 micras y del Pb. Los Pb en cinco puntos fueron muestreados y ubicados por criterio y representación de la muestra en el ámbito urbano de la ciudad de Huaraz, muestreados de manera consecutiva durante las doce horas del día, durante cinco días. Simultáneamente operando con el partisol, muestreó utilizando el tren de muestreo de gases: sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de nitrógeno (NO_2), ozono (O_3), dióxido de azufre (SO_2) y finalmente monóxido de carbono (CO). Todos estos parámetros fueron muestreados en el mes de julio del 2014. Además, en el CIAD de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, midió valores ambientales que afectó la calidad de aire. Asimismo, hizo un análisis basado en la dispersión de contaminantes a partir de los datos de las variables meteorológicas en los cinco puntos de muestreo junto con los datos obtenidos de los valores de los gases monitoreados. Los datos que obtuvo fueron analizados a través del modelo de regresión múltiple y regresión lineal simple. Los resultados fueron que el $PM_{2,5}$ estuvo por encima del nivel permitido vigente en los Estándares de Calidad del Aire (ECA) del presente año en la mayoría de los puntos de muestreo con un valor de $58,39 \mu g/m^3$ en el punto uno (P_1) del barrio del Centenario. La concentración de gases y valores de plomo estuvieron por debajo de los estándares establecidos. Concluyendo que el $PM_{2,5}$ ocasiona un peligro a la población y medio ambiente, recomendando en la ciudad de Huaraz implementar planes, proyectos y programas que ayuden a mejorar la calidad de aire de manera integral.

Suárez *et al.* (2017) realizaron un estudio “Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo”. El principal objetivo fue estudiar la característica química elemental, iónica y carbonácea (carbono orgánico (CO_{rg}) y carbono elemental (CE)) del MP que estaban colectadas en una estación en el centro urbano de la ciudad. Además, la metodología que emplearon fue que los parámetros a evaluar para un superior estudio fueron partículas menores ($PM_{2,5}$) de 2,5 micrómetros y partículas menores (PM_{10}) de 10 micrómetros por su concentración y composición química que varían significativamente. La población de estudio fue de 336 239 habitantes de los poblados del Chilca, El Tambo y Huancayo que corresponden a la zona urbana de la ciudad. Aplicaron un análisis exploratorio de los datos y fueron analizados mediante medidas de tendencia

central (media, mediana y moda) utilizando el programa estadístico IBM-SPSS 19. Por ello, el presente estudio es un modelo de gran importancia porque brinda información que ayudará en la preparación de una línea base para monitorear y minimizar el MP contribuyendo a la salud pública y el ambiente. El monitoreo para el PM₁₀ y PM_{2,5} fue ejecutado en un periodo de cuatro meses durante 2017 (agosto) y 2018 (enero, abril y mayo). Asimismo, emplearon un equipo de la marca Partisol FRM2000 de Thermo Scientific (EE. UU) para coleccionar a diez (10) metros del suelo partículas de bajo volumen. También, utilizaron para la colecta de PM₁₀ y PM_{2,5} un equipo de teflón (filtro) con medidas que van desde el tamaño del poro de 2,0 micrómetros hasta un diámetro de 47 mm. Además, emplearon un filtro de cuarzo para la colecta de PM_{2,5} por 2,5 horas y con una temperatura de 500 °C. Es así como, el monitoreo fue cada tres días para PM₁₀ y cada 15 días para PM_{2,5}, para ambos lo colectado fue con flujo constante de 16,7 l/min por 24 horas del PM. Realizaron un análisis de las muestras colectadas por el laboratorio CHESTER LabNet de EE. UU. Las concentraciones fueron determinadas por el método gravimétrico y la composición química elemental del PM las obtuvieron aplicando metodologías de rayos x (XRF) de fluorescencia donde fue obtenido entre todos los 38 elementos, el monóxido de carbono (CO) con 0,014 ug/filtro. Analizaron especies carbonáceas y iones de sulfato (SO₄) e iones de nitrato (NO₃) para material particulado (PM_{2,5}). En conclusión, los resultados demostraron que superaban los límites establecidos por la normativa de calidad de aire. Respecto a la composición química, identificaron metales, metaloides, para PM_{2,5} especies carbonáceas y para PM₁₀ elementos geológicos. Finalmente, llegaron a la conclusión que el PM_{2,5} evidenciaba un mayor riesgo en la salud de las personas.

Pérez *et al.* (2015) evaluaron en la investigación denominada “Evaluación de la calidad de aire por partículas menores a 10 microgramos y nivel de riesgo basado en el índice de calidad de aire en la Universidad Peruana Unión – FTla”. Los autores determinaron la calidad del aire siendo uno de los principales objetivos y compararon los resultados con las normas ambientales peruanas vigentes. La investigación que aplicaron fue de tipo no experimental, descriptivo comparativo de corte trasversal, donde no variaron intencionalmente las variables independientes. La Universidad Peruana de Tarapoto contó con una población de 1500 personas entre alumnos y personal que viven y laboran en dicha institución. La metodología de la investigación estuvo basada en determinar partículas menores a 10 microgramos y compararlas con los valores de la agencia peruana de protección ambiental

en relación con la calidad de aire. Además, determinaron el nivel de riesgo que tiene la población estudiantil y el personal que labora en la universidad, para ello codificaron un filtro con mucho cuidado para que no contamine. El monitoreo que realizaron fue teniendo en cuenta el protocolo de calidad de aire. Asimismo, seleccionaron en la Universidad Peruana la Unión para el monitoreo tres (3) puntos por un tiempo de 24 horas. Los resultados mostraron niveles por debajo a lo establecido por los ECA, lo que no representaron un riesgo para la salud ni para el ambiente. Concluyeron que los estudios en los tres (3) puntos de muestreo ubicados en la UPU de la ciudad de Tarapoto fueron niveles de 10 miligramos, valores que no ocasionaron daño a la comunidad y los resultados estaban por debajo de 150 ug/m^3 de lo estipulado en los ECA del aire, según D.S N° 074-2001. Asimismo, la calificación del nivel riesgo la consideraron buena y satisfactoria la agencia de protección ambiental.

Alarcón (2011) elaboró una investigación denominada “Caracterización de los niveles de calidad de aire para la implementación del proyecto relleno sanitario de la ciudad de Caballo Cocha, Distrito de Ramón Castilla, Provincia de Mariscal Ramón Castilla, Región Loreto”. El principal objetivo con la ayuda de los registros fue evaluar los valores de concentración de los diferentes gases como sulfuro de hidrógeno (H_2S), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y partículas menores a 10 micras (PM_{10}). La metodología de la investigación manifestó brindar alternativas de solución referentes a la calidad de aire, aplicando proyectos, planes de acción y de control en el proyecto relleno sanitario en la ciudad de Caballo Cocha. También, crear conciencia ambiental en la población haciéndola participe. La investigación fue de tipo descriptiva y utilizó como método de referencia para el monitoreo el EPA (Environmental Protection Agency) y el ECA (Estándar Nacional de Calidad Ambiental del Aire) según decreto supremo N° 074-2001-PCM para el PM_{10} , para gases excepto el CO el DS 003-2008-MINAM y para el CO el DS N° 074-2001-PCM. Utilizó los siguientes equipos: para el manejo de PM_{10} un equipo de bajo volumen (Hi-Vol) de la marca Bravo-Tecora con filtro de fibra de cuarzo; y para el manejo de gases utilizó el equipo de Tren de Muestreo, con un analizador para el CO con el método sensor electroquímico por un periodo de una hora. Además, consideró las características meteorológicas. El monitoreo fue por un periodo de tiempo de 24 horas continuas para el SO_2 , H_2S , NO_2 y PM_{10} . Así mismo, tomó en cuenta la dirección del viento (barlovento y sotavento) para sus puntos de monitoreos. Para el análisis de los datos aplicó

la estadística descriptiva correlacional, utilizando el programa SPSS 19. Los resultados para el PM_{10} , en la estación de monitoreo barlovento fue de 0,0003 y sotavento 0,0007 microgramos por metros cúbicos; para el SO_2 , en ambas direcciones de viento fueron menores a 4 microgramos por metros cúbicos; el NO_2 , en sotavento fue de 0,6 y barlovento de 0,1 microgramos por metros cúbicos; H_2S , en ambas direcciones las mediciones fueron menores de 0,1 microgramos por metros cúbicos; y finalmente el CO , en ambas estaciones obtuvieron como resultado de cero del valor referencial de 30 000 microgramos por metros cúbicos. Concluyó que los niveles de los gases evaluados estuvieron por debajo de lo estipulado en la normativa y no generaron un riesgo de contaminación de aire en el área estudiada.

Taboada (2007) elaboró un estudio “Evaluación de la calidad y efectos del aire generada por el uso doméstico de briquetas de carbón antracita en Trujillo-La Libertad-Perú”. El objetivo fue determinar los parámetros en tres (3) espacios similares: abierto, semiabierto y cerrado. Además, evaluó las características a nivel parcial y global de la calidad de aire; y diferenció el nivel de concentración de las exposiciones de los parámetros a evaluar en briquetas de diferentes centros de producción. Es así como, en la metodología de la investigación el tesista evaluó tres parámetros: PM_{10} material particulado de diez micras, dióxido de azufre (SO_2) y monóxido de carbono (CO). También, utilizó en los cuatro lugares de procedencia de las briquetas de carbón antracita, un modelo de un sólo factor con niveles de comparación con un 5 % del nivel de significancia. Los cuatro lugares de estudio fueron: El Porvenir, La Hermelinda dos (2), La Hermelinda uno (1) y el Milagro. Al respecto, en el ambiente cerrado realizó tres repeticiones de prueba, en el ambiente semiabierto cuatro repeticiones y en el ambiente abierto ocho, por cada lugar de procedencia. Por ello, consideró para los tres tipos de ambientes una temperatura de 25 °C aproximadamente. Las características de los tipos de ambientes para el monitoreo de CO , SO_2 y PM_{10} fueron las siguientes: para el ambiente cerrado sus dimensiones consistieron en 1 m² de ventana, 4,75 m de largo, 32 m³ de volumen, 2,9 m de alto y 2,30 m de ancho; de esta forma, usó el mismo espacio, pero con la ventana abierta sólo a la mitad y la puerta totalmente abierta para el ambiente semiabierto; y para el ambiente abierto empleó espacios abiertos. Además, utilizó para el monitoreo del parámetro de CO un sistema de muestreo formado por un equipo automático de medición (Toxi Pro) portátil de tipo personal, por un periodo de 8 horas en los tres tipos de ambientes. Así pues, para el SO_2 utilizó un equipo de Tren de muestreo y aplicó el método de peróxido de

hidrógeno. En el ambiente cerrado las tomas de muestras del parámetro que monitoreó fueron cada hora durante las ocho horas, en ambiente semiabierto tomó las muestras cada tres horas durante nueve horas y en ambiente abierto cada ocho horas. Además, utilizó un impactador Harvard, un restrictor de flujo y una bomba de succión como material para el muestreo de PM₁₀. También, utilizó un método activo Gravimétrico, por un periodo de ocho horas en los tres tipos de ambientes. Los resultados que consiguió fueron altos por las elevadas concentraciones de monóxido de carbono (CO) en los diferentes ambientes como por ejemplo en el área cerrada obtuvo valores de 596 ppm, 146 ppm para el área semiabierta y 136 ppm para el aire en el ambiente abierto. Para concluir, que los resultados que consiguió superaron los límites máximos permisibles estipulados por la normativa internacional y nacional, afectando la salud de la población y el ambiente.

1.2. Bases teóricas especializadas

1.2.1. Contaminación del aire

La contaminación del aire es la alteración del ambiente debido a la incorporación de agentes físicos, químicos y biológicos (contaminantes), que en niveles superiores a las naturales resultan perjudiciales para el bienestar del ser humano afectando el equilibrio ecológico (Romero *et al.*, 2006).

El Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial (2004) manifiesta que cualquier elemento que modifica la estructura natural de la calidad de aire, afectando de manera negativa a la flora, fauna y todo ser vivo se denomina contaminante del aire.

1.2.2. Fuentes de contaminación

Romero *et al.* (2006) indica que existen diferentes fuentes de contaminación del aire, la clasificación es la siguiente:

- a) Fuentes de origen natural: bacterias, polen, esporas y partículas de polvo con contenido de materias biológicas.
- b) Fuentes de origen agrario: herbicidas e insecticidas.

- c) Fuentes de origen especializado: autos, motos y todo vehículo que hace uso de combustible fósil, además de empresas que realizan procesos industriales.

Según lo informado por el Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial (2004, p.22):

Clasifica las fuentes de contaminación como fuentes naturales a las polvaredas ocasionadas por vientos, erupciones volcánicas, erosión de los suelos y los incendios forestales; y dentro de las fuentes antropocéntricas considera dos subclases, las fijas (aquellas donde se desarrollan procesos industriales, comerciales de servicio que generen emisiones a la atmósfera) y móviles (vehículos automotores).

Strauss (2011) definió las principales fuentes industriales de contaminación del aire, entre las que tenemos obtención de fertilizantes, ácido sulfúrico, así como procesos de la industria e industria petroquímica en la elaboración de petróleo, acero hierro y minerales, minerales no metálicos, elaboración de pulpa de papel, secado de pintura, elaboración de alimentos, preparación de materiales orgánicos, incineración de desechos y sistema de combustión externa e interna.

1.2.3. Clasificación de contaminantes atmosféricos

Los principales contaminantes relacionados como perjudiciales para el ser humano son el material particulado ($PM_{2,5}$, PM_{10} y partículas suspendidas totales), dióxido de azufre, monóxido de carbono, dióxido de carbono y ozono troposférico. De igual manera están los contaminantes originados por el consumo de combustibles fósiles (gasolina, diésel y gas natural) y combustión de carbón vegetal, mineral, incendios forestales y materias fecales secas (Pérez, 2017).

a) Material particulado

Mészáros, 1999, citado por Arciniégas (2012, p.195):

El material particulado es un conjunto de partículas sólidas y/o líquidas (a excepción del agua pura) presentes en suspensión en la atmósfera, que se originan a partir de una gran variedad de fuentes naturales o antropogénicas y poseen un amplio rango de propiedades morfológicas, físicas, químicas y termodinámicas.

Asimismo, dentro de estas se tiene a las partículas totales en suspensión (PTS), partículas inhalables en suspensión (PM₁₀) y partículas finas (PM_{2,5}) (Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, 2004).

b) Óxidos de azufre

Se originan al quemar el azufre. El bióxido de azufre es un gas estable, no explosivo, no inflamable e incoloro. Se origina por la quema de combustibles fósiles. Está en la atmósfera y reacciona con el oxígeno y a la vez con la humedad del aire produciendo ácidos (Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial, 2004).

c) Monóxido de carbono

Es un gas sin olor, color ni sabor, un poco más denso que el aire. Originado de manera natural, así como por acción del hombre por la combustión incompleta de combustibles fósiles. El CO en la atmósfera demanda de 2 a 5 meses en reaccionar y luego pasa a ser CO₂. Es considerado un gas tóxico en grandes concentraciones porque envenena la sangre ya que impide el transporte del oxígeno (Echarri, 2007).

Según Cabildo *et al.* (2013), el monóxido de carbono es originado por la quema de combustibles fósiles y productos que contienen carbón, y es resultado de la combustión incompleta.

Combustión completa $C + O_2 \Rightarrow CO_2$ dióxido de carbono ...ecuación (1)

Combustión incompleta $C + O_2 \Rightarrow CO$ monóxido de carbono ...ecuación (2)

El monóxido de carbono, aunque está presente en la atmósfera de manera natural, es muy dañino para el ser humano debido a que se combina con la hemoglobina en la sangre y al

encontrarse con el monóxido ya no puede transportar oxígeno lo que ocasiona graves problemas de salud en el ser humano (Cabildo *et al.*, 2013).

Según lo informado por Vega *et al.* (2017 p. 74):

El monóxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, insípido que no puede ser detectado por los sentidos humanos. En ocasiones se le llama el asesino silencioso, ya que solo puede ser descubierto con un dispositivo especial. El CO se genera por mala combustión de materiales fósiles en cocinas, hornos, calentadores, chimeneas, automóviles y calderas.

Cuando una persona respira aire contaminado con monóxido de carbono, las moléculas de CO entran a los pulmones y se transfieren al sistema sanguíneo. Esto provoca falta de oxígeno en el cuerpo, incluyendo el cerebro. En una persona expuesta a bajas concentraciones de CO, se acumula gradualmente en la sangre, provoca dolor de cabeza, náuseas y fatiga. Si la persona no advierte que lo está respirando, entrará en estado de somnolencia hasta dormirse. Si las concentraciones de CO son altas, provocará en la persona confusión, pérdida de conocimiento, problemas cardíacos y pulmonares y, en el peor de los casos, la muerte. Por tales razones, el CO se clasifica como gas altamente tóxico y puede estar presente en cualquier lugar.

d) Ozono troposférico

Es un gas incoloro, originado por fotólisis del oxígeno o hidrocarburos. En la tropósfera se forma por la reacción de compuestos orgánicos volátiles (COV) y los NO_x a una temperatura alta y con luz solar (Instituto de investigación de ingeniería industrial, 2004).

1.2.4. Fabricación de ladrillo artesanal

El ladrillo es considerado como pequeñas piezas en forma de paralelepípedo, fabricadas de tierra arcillosa, con proceso de cocción para uso en construcción (Moreno, 1981 citado por Barranzuela, 2014).

La fabricación de ladrillo la realizan diferentes industrias, pero en la zona norte del Perú los principales fabricantes son las ladrilleras artesanales que, según Álvarez (2014), son las que realizan la producción de ladrillo a mano en cada una de las etapas del proceso como preparado, mezclado y amasado de la arcilla. Existen diferentes etapas para la fabricación de ladrillo artesanal según (Barranzuela, 2014):

a. Selección y fabricación de la mezcla

La arcilla utilizada se encuentra por lo general en colinas o terrenos agrícolas muy cerca de ríos. Esta se selecciona por su calidad, cantidad disponible y acceso, y se somete a diferentes tratamientos de trituración, homogenización y reposo (Pérez, 2016).

b. Moldeado

Llenado de los moldes con la arcilla, compactándola y alisándola para que quede a la medida (Rhodes, 1990 citado por Barranzuela, 2014, p. 20-25).

c. Secado

Dejar en reposo el ladrillo donde se moldeó, con la finalidad de que se realice el desprendimiento del agua de manera natural (Rojas, 2017).

d. Cocción

Proceso en el cual se somete los ladrillos a temperaturas altas por un espacio de tiempo largo, para que puedan obtener propiedades mecánicas y físicas altas (Barranzuela, 2014). El horno utilizado es de forma de una habitación cuadrada con una altura de 5 a 6 metros de gran espesor, la parte superior se deja libre con la finalidad de que los productos de la combustión puedan liberarse. En la parte baja tienen unas aberturas con la finalidad de poder introducir el combustible (Barranzuela, 2014).

1.2.5. Ladrillo artesanal producido en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón

El ladrillo artesanal producido en el caserío de Zapotal en el distrito de Morropón se utiliza para diversas construcciones, principalmente construcciones de casas en los alrededores. En la Tabla 1, se presentan las características del ladrillo artesanal de Zapotal, sus dimensiones son 22,0 cm de largo x 12,0 cm de ancho x 7,0 cm de altura (Figura 1) su volumen es de 1818 cm³ y tiene un peso de 3,190 kg. También en la Figura 1 podemos observar las dimensiones del ladrillo.

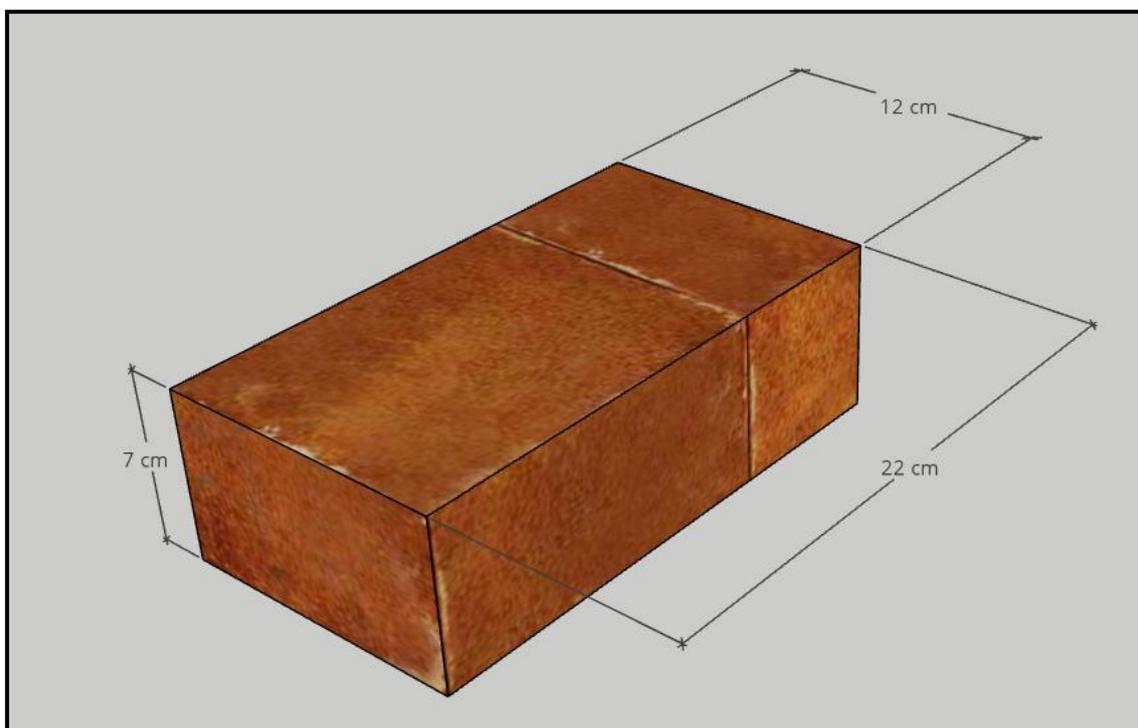
Tabla 1

Características del ladrillo artesanal de Zapotal

Características	Unidad	Cantidad
Dimensiones	cm	22,0 x 12,0 x 7,0
Volumen	cm ³	1848
Peso	kg	3,190

Figura 1

Dimensiones del ladrillo artesanal producido en el caserío de Zapotal



En la Tabla 2 se presentan los parámetros de producción del ladrillo artesanal en Zapotal por ladrillera. Una ladrillera realiza la quema de los ladrillos cada 15 días, es decir, realiza dos quemas al mes, teniendo en cuenta que las ladrilleras están activas durante nueve meses al año (dependiendo la temporada de lluvias en la zona) desde abril hasta diciembre, el número de quemas de los ladrillos al año por ladrillera es 18 veces. La producción por quema en una ladrillera es de 10000 ladrillos o 10 millares de ladrillos, una de las cantidades mínimas en cada quema por horno y su producción anual en nueve meses es de 180 000 ladrillos.

Tabla 2

Parámetros de producción del ladrillo artesanal de Zapotal por ladrillera

Características	Unidad	Cantidad
Número de quema al mes	Unidad	2
Número de quema al año	Unidad	18
Producción por quema	Nº de ladrillos/quema	10 000
Producción anual	Nº de ladrillos/año	180 000

Teniendo en cuenta la producción de ladrillos artesanales, la quema en los hornos varía mucho durante cada mes, ya que se producen ladrillos todos los meses, para tener a disposición según la demanda en el mercado local. La cantidad mínima de ladrillos en un horno pequeño es de 9 millares y la máxima en un horno grande es de 17 millares. La cantidad de ladrillos que quemamos mayormente es de 10 millares por quema en cada horno.

1.2.6. Obtención de la materia prima para la producción del ladrillo artesanal

Según Barranzuela (2014) para la producción de ladrillos artesanales, se utiliza la siguiente materia prima:

- Tierra arcillosa
- Tamo de arroz o aserrín
- Agua

La tierra se obtiene cerca del lugar donde se encuentran los hornos de producción, son pequeñas canteras, en la misma zona. Con esto minimizan el gasto de transporte de materia prima. El límite para la excavación de tierra es de un metro y medio como máximo.

Los productores compran el tamo de arroz. Para quemar 10 millares de ladrillos compran 20 sacos de tamo, cada saco de tamo cuesta el valor de un nuevo sol peruano, gastando en los 20 sacos de tamo de arroz S/ 20,00 nuevos soles (Tabla 3).

Tabla 3

Cantidad de sacos de tamo para la producción de 10 000 ladrillos en un horno

Cantidad de hornos	Cantidad de producción de ladrillos	Cantidad de sacos de tamo de arroz	Precio por saco de tamo (S/)	Precio total (S/)
1	10 000	20	1	20

En tiempo de lluvia en Morropón, que son los meses desde diciembre hasta marzo (según la variabilidad del clima), los dueños de cada ladrillera aprovechan el agua de lluvia que captan sus pozos para la fabricación del ladrillo artesanal. El agua se considera materia prima indispensable. En los demás meses del año, en los que no llueve, captan el agua de un pequeño reservorio que tienen las personas que siembran arroz en Zapotal, a través de un dren con unos tubos y mangas que utilizan para extraer el agua hasta donde están las ladrilleras. Una vez por semana realizan esta actividad.

Otra materia prima de gran importancia en el proceso de cocción para la producción de ladrillos artesanales es la leña. Todo tipo de palo seco como algarrobo, zapote y faique son combustibles de los hornos de ladrillos. El combustible para utilizar es comprado en el mercado local por motofurgón, en cargas a las que llaman motadas de leña. Una motada tiene el valor de cincuenta nuevos soles peruanos. Para la cocción de 10 000 ladrillos se necesitan 10 motadas de leña, cada motada de leña tiene el valor de S/ 50,00 soles, gastando un total de S/ 500,00 soles sólo en leña (Tabla 4).

Tabla 4*Cantidad de leña a utilizar para la cocción de 10 000 ladrillos en una ladrillera*

Cantidad de ladrillos a cocción	Número de motadas de leña	Precio por cada motada de leña	Total (S/)
10000	10	50	500

Para saber la cantidad de palos de leña que hay en la olla de una motofurgón, calculamos el volumen de la olla de la motofurgón y el volumen del palo de leña.

El volumen de la olla de la motofurgón para el transporte de la leña consta de las siguientes características. Sus dimensiones son 290 cm largo x 200 cm de ancho x 60 cm de altura, teniendo un volumen de 3480 000 cm³ (Tabla 5).

Tabla 5*Volumen de la olla de la motofurgón para el transporte de la leña*

Características	Unidad	Cantidad
Dimensiones	cm	290x200x60
Volumen	cm ³	3 480 000

Para obtener el volumen de la madera utilizada como leña se consideran cilindros con las siguientes dimensiones: de largo 200 cm y de diámetro 15 cm, calculando su volumen de 35343 cm³ (Tabla 6), con ayuda de la fórmula para hallar el volumen de un cilindro: (Aliaga, 2017).

Ecuación para hallar el volumen de un cilindro

$$V: \left[\frac{\pi \cdot d^2}{4} \right] \times l \quad \dots \text{ecuación (3)}$$

Donde:

- V: volumen (m³)
- d: diámetro (cm)
- l: largo (cm)

Tabla 6*Dimensiones de madera utilizada como leña para la cocción de ladrillos*

Características	Unidad	Cantidad
Diámetro	cm	15
Largo	cm	200
Volumen	cm ³	35 343
Peso de cada palo de leña	kg	4

Para obtener la cantidad de palos de leña que hay en la olla de una motofurgón, se considera el volumen de la olla y el volumen de la madera utilizada como leña. Teniendo la cantidad de 99 palos de leña que llenan la olla de una motofurgón (Tabla 7).

Ecuación para hallar la cantidad de palos de leña en la olla de una moto furgón

$$CP: \left[\frac{V_o}{V_m} \right] \quad \dots \text{ecuación (4)}$$

Donde:

- CP: cantidad de palos de leña
- Vo: volumen de olla (m³)
- Vm: volumen de madera (m³)

Tabla 7*Cantidad de palos de leña en la olla de una motofurgón*

Características	Unidad	Cantidad
Volumen de la olla de la motofurgón	cm ³	3 480 000
Volumen de madera utilizada como leña	cm ³	35 343
Cantidad de palos de leña en la olla de una moto furgón	Unidad	99

Para obtener el peso de leña por carga en la olla de una moto furgón, necesita como dato el número de palos de leña que hay en la olla de una moto furgón, siendo de 99 palos de leña;

y el peso aproximado del palo de leña a utilizar, siendo de 4 kg. Teniendo un peso por carga en una moto furgón de 396 kg (Tabla 8).

Ecuación para hallar cantidad de palos de leña en la olla de una moto furgón

$$PC: [CP * PL] \quad \dots \text{ecuación (5)}$$

Donde:

- PC: peso por carga
- CP: cantidad de palos de leña
- PL: peso por palo de leña

Tabla 8

Peso de leña por carga en una motofurgón

Características	Unidad	Cantidad
Cantidad de palos de leña en la olla de una moto furgón	Unidad	99
Peso por palo de leña	kg	4
Peso por carga	kg	396

1.2.7. Proceso de fabricación del ladrillo artesanal en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón

La producción de ladrillo artesanal en Zapotal se realiza a mano de obra en cada una de las diferentes etapas del proceso; empezando desde la extracción de la materia prima, preparado, mezclado y amasado de la tierra; moldeado; secado de los moldes; y finalmente la cocción (Pérez, 2016).

Las ladrilleras artesanales operan con hornos totalmente convencionales. El proceso de fabricación del ladrillo es rudimentario. Las herramientas que se utilizan son las siguientes: palas, picos, carretillas, barretas, machetes, moldes de madera, escalera y baldes.

La fabricación del ladrillo en el distrito de Morropón se realiza en diferentes zonas, las cuales se ubican en el asentamiento humano de Santa Rosa y en el caserío de Zapotal, lugar que abarca la gran mayoría de ladrilleras artesanales activas.

Etapas para la fabricación de ladrillo artesanal en el caserío de Zapotal:

a. Selección y fabricación de la mezcla

La materia prima es seleccionada por su cantidad, disponibilidad y acceso. La tierra utilizada se encuentra por lo general en terrenos muy cerca del lugar de cada ladrillera. Esta se somete a diferentes procesos de extracción, amasado y reposo (Figura 2).

Figura 2

Materia prima seleccionada del lugar, en diferentes procesos de extracción, amasado y reposo



En la Figura 3 y Figura 4 se muestran unos ejemplos en donde los dueños de cada ladrillera artesanal utilizan el agua de lluvia que queda almacenada en diferentes pozos cerca del lugar para el proceso de la fabricación de ladrillos artesanales (preparación, trituración y homogenización de la tierra). Cuando ya no hay agua para trabajar, esta se bombea, es decir,

ponen tubos y mangas para extraer el agua hasta donde se encuentran las ladrilleras. Al preparar la tierra, la mezclan con tamo de arroz y agua, dejándola en reposo de un día para el otro (Figura 5).

Figura 3

Agua de lluvia almacenada al inicio de las ladrilleras



Figura 4

Agua de lluvia almacenada en diferentes pozos intermedios de las ladrilleras



Figura 5

Preparado de la tierra



b. Moldeado

Para la formación de los ladrillos se utilizan moldes de madera (Figura 6). En la Figura 7 se muestra un ejemplo de cómo son llenados los moldes con la tierra previamente preparada. Está es compactada y alisada para que quede a la medida del molde para hacer ladrillos (Figura 8).

Figura 6

Dimensiones del molde para la fabricación de ladrillos



Figura 7

Llenado de los moldes con la tierra previamente preparada



Figura 8

Llenado y alisado de los moldes con la tierra preparada



c. Secado

El ladrillo se deja en reposo, en un ambiente abierto que facilite la circulación del aire en el interior de cada pieza y también el desprendimiento del agua de manera natural por efecto de la exposición a los rayos solares, hasta tres días como máximo, dependiendo de la intensidad de la radiación solar (Figura 9 y 10).

Figura 9

Reposo de los bloques de ladrillo para su secado



Figura 10

Secado de los bloques de ladrillo al exterior



En la Figura 11 se puede apreciar un ejemplo de los bloques de ladrillo, los cuales están expuestos al sol para su secado.

Figura 11

Bloques de ladrillos

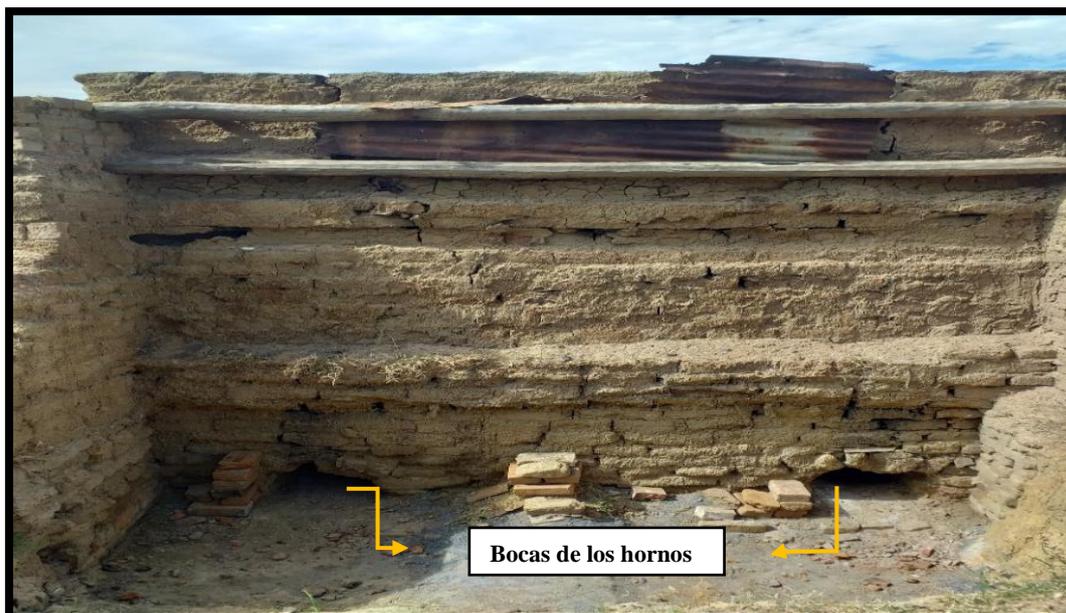


Cocción

El proceso de cocción del ladrillo es uno de los últimos y más importantes. Los ladrillos se someten a temperaturas elevadas por un tiempo promedio de 17 a 18 horas (1 de la madrugada a 6 de la tarde). El ladrillo crudo y pre-secado es cargado al horno de cocción (Figura 12). Al mes se realizan dos quemas por cada horno.

Figura 12

Modelo del horno para la quema de ladrillos artesanales



La cocción del ladrillo genera emisiones al aire procedentes de la quema de combustibles en los hornos (Figura 13). En la producción artesanal, los combustibles utilizados son todo tipo de palo seco al 100 %, la leña utilizada para la cocción es de puro palo seco, entre los cuales se tiene el zapote, algarrobo, faique y overal (Figura 14). Debido a que solo se utiliza leña como combustible, se monitoreó el monóxido de carbono (CO), lo cual está permitido en la normativa ambiental vigente. Los dueños de cada ladrillera compran el combustible mediante el comercio local de la zona. Para quemar 10 millares de ladrillos utilizan diez motadas (moto furgoneta) de leña, cada motada de leña tiene el precio de cincuenta nuevos soles peruanos.

Figura 13

Cocción de los bloques de ladrillo



Figura 14

Palo seco como principal combustible para la cocción del ladrillo



La cantidad de ladrillo que abarca cada horno es de 9 millares a 17 millares. El horno más grande tiene la medida de 4,79 metros de alto y el más pequeño tiene la medida de 3,19 metros de altura. La parte superior del horno es libre para que puedan liberarse los productos de la combustión y, también, para agregar el tamo de arroz ya terminada la quema, lo que contribuye a dar el color característico del ladrillo (mezcla de rojo con tonos color naranja y marrón). En la parte inferior del horno se encuentran unos orificios pequeños de forma cuadrada llamados bocas para introducir el combustible utilizado, el cual es la leña (palo seco).

En los costados del horno hay unos orificios más grandes que los que se encuentran en su interior llamados puertas, los cuales se abren cuando terminan de quemar para sacar los ladrillos (Figura 15).

Figura 15

Puerta del horno para fabricación del ladrillo artesanal



Características en la producción del ladrillo artesanal:

- Actividad de pequeñas empresas “Ladrilleras artesanales”: producción del ladrillo artesanal.
- Materia prima: tierra arcillosa, agua y tamo de arroz o aserrín.
- Producto generado: ladrillo.
- Servicio: venta de ladrillo artesanal al mercado local.

Normativa que se aplica:

- Estándar de calidad ambiental del aire (ECA)

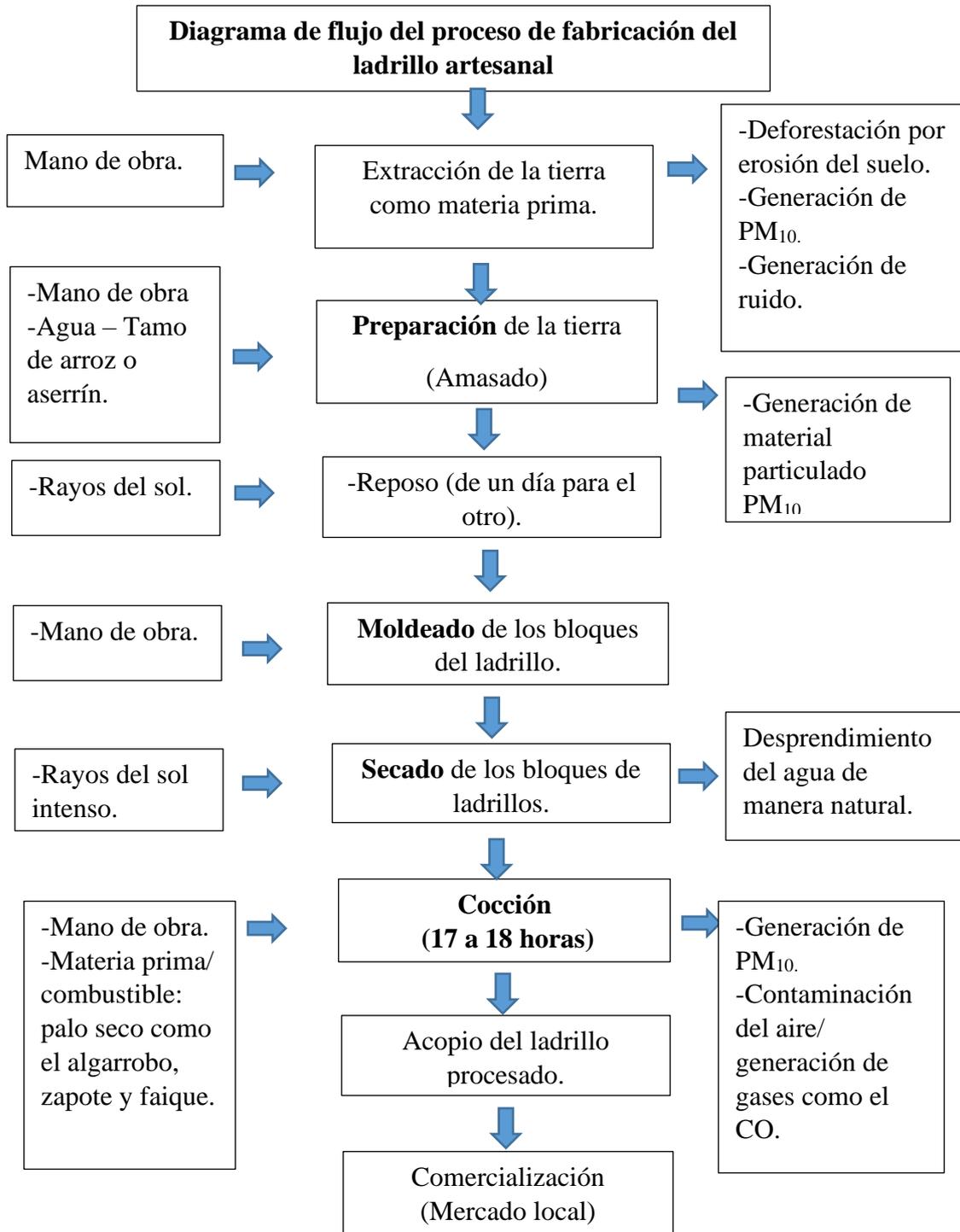
1.2.8. Diagrama de flujo del proceso de la producción de ladrillo artesanal en el caserío de Zapotal, distrito de Morropón

El proceso de fabricación del ladrillo artesanal en Zapotal empieza desde la extracción de la tierra, su preparación, reposo y moldeado. El secado de los ladrillos se realiza al exterior para un mayor desprendimiento del agua. Finalmente, todos los bloques de ladrillos pasan por un proceso de cocción de 17 a 18 horas, en donde su principal combustible es todo tipo

de palo seco. Después de tres días el horno se va abriendo para retirar los ladrillos y venderlos al mercado local (Figura 16).

Figura 16

Diagrama de flujo del proceso de fabricación del ladrillo artesanal



1.2.9. Monitoreo ambiental

Permite supervisar y verificar la presencia de contaminantes con sus respectivas concentraciones en un periodo de tiempo presentes en el ambiente (Seoáñez, 1998). El presente instrumento como herramienta de evaluación integral de calidad permiten medir las diferentes tendencias ambientales, en materia de calidad ambiental. Asimismo, en los diferentes componentes ambientales tales como el agua, aire, suelo, flora y fauna ayuda a determinar sus fuentes de contaminantes (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental [OEFA], 2015).

1.2.10. Muestreo ambiental

Es una técnica de muestreo que se realiza de manera específica basándose en la recolección, análisis y evaluación en forma sistemática de la información obtenida en un determinado área y tiempo (Miller y Freund, 2012). Asimismo, el procedimiento consiste en recolectar una muestra que sea representativa y a la vez permita realizar una caracterización de la variable en estudio, y que es enviada a una institución con laboratorios que garanticen la acreditación de los resultados. La información obtenida es sometida a una evaluación detallada y rigurosa, aplicando técnicas de muestreo muy específicas de las variables en estudio (OEFA, 2015).

1.2.11. Monitoreo de la calidad del aire

La vigilancia y monitoreo ambiental se realiza con el fin de generar información para tomar las medidas necesarias con referencia al cumplimiento de la normativa ambiental (Ley General del Ambiente N° 28611, 2005).

La medición de contaminantes proporciona información para definir la relación de efectos con los niveles de los contaminantes, también se puede corroborar si los niveles se encuentran dentro de los estándares de calidad, así también verificar si el aumento de los niveles de contaminantes es por causa del hombre y determinar el destino de los contaminantes en la atmósfera (Strauss, 2011).

Según el “Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire” publicado por el MINAM en el año 2019, define como una herramienta que permite asegurar la calidad para operar y tratar los datos del monitoreo asegurando que se realice de manera correcta.

1.2.12. Equipos de monitoreo de la calidad del aire

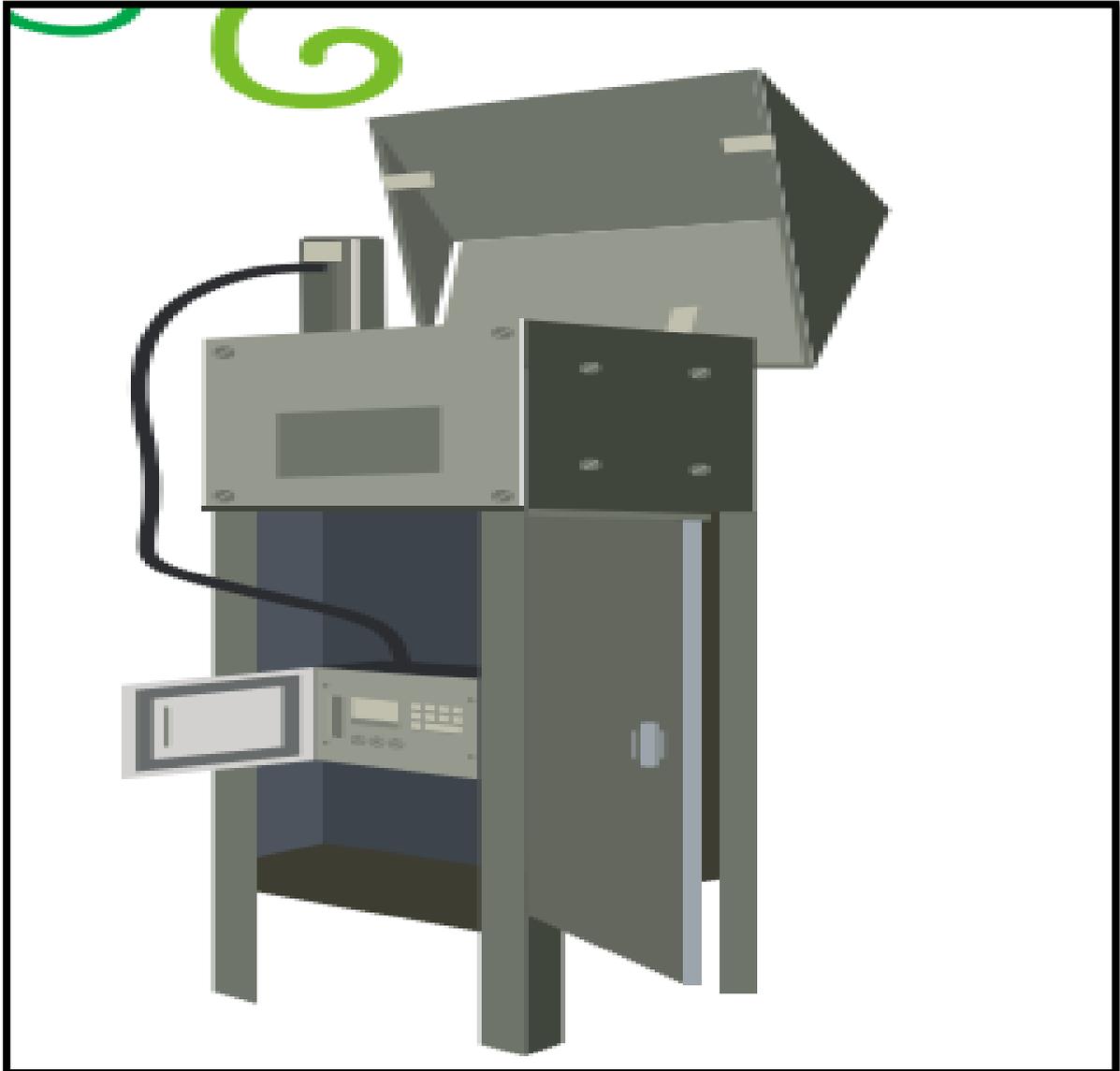
De acuerdo con OEFA (2015), los equipos de monitoreo para el aire permiten realizar el análisis de los contaminantes presentes en el aire que afectan el medio ambiente y bienestar de los seres vivos. Asimismo, son indicativos que reflejan el cumplimiento de la legislación de la normativa peruana, a través de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-aire).

Se emplean para determinar los diferentes componentes de la calidad de aire, los siguientes instrumentos y equipos que aseguren un sostenido y adecuado monitoreo:

- Muestreador alto volumen (Hi vol): En la Figura 17 se observó el equipo de la Agency (US EPA) de los United States Environmental que fue utilizado para medir el material particulado PM_{10} y $PM_{2.5}$. Consiste en un separador aerodinámico donde las partículas se clasifican y luego se colectan para su medición y análisis posterior en un equipo de material de cuarzo llamado filtro (OEFA 2015).

Figura 17

Muestreador de alto volumen (Hi vol)



Nota. OEFA (2015)

- Muestreador de bajo volumen: Equipo utilizado para la medición de PM_{10} y $PM_{2.5}$ el cual fue designado y supervisado por la US EPA. Equipo basado en tres componentes tales como el flujo de masa, presión atmosférica y temperatura ambiental, partes que ayudan a muestrear el aire de forma secuencial. El proceso consiste en que para su análisis y cuantificación primero a través de un equipo aerodinámico las partículas son clasificadas y luego colectadas en un filtro de cuarzo observándose en la Figura 18 (OEFA 2015).

Figura 18

Muestreador de bajo volumen

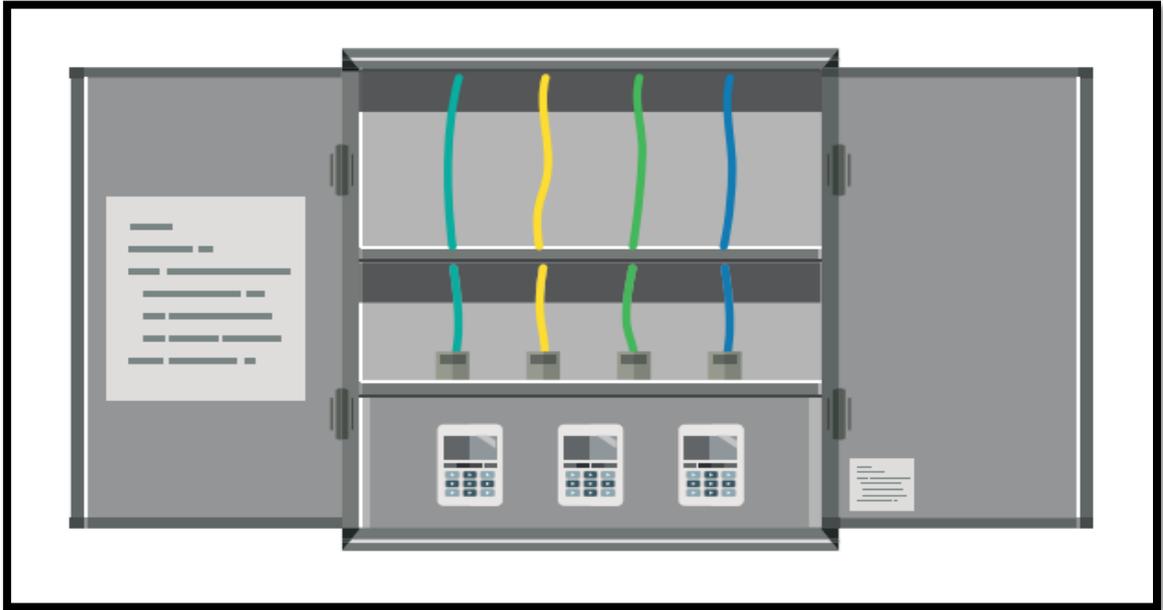


Nota. OEFA (2015)

- Tren de muestreo: En la Figura 19 se observó que el equipo fue fabricado para determinar parámetros designados en las diferentes metodologías y ensayos. Los parámetros que se determinan son: dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO), ozono (O_3), dióxido de nitrógeno (NO_2), benceno y sulfuro de hidrógeno (H_2S) respectivamente. El tren de muestreo permite capturar los gases del ambiente mediante un sistema de succión, la cual luego estos gases reaccionarían con unas soluciones captadoras para luego ser llevado al laboratorio para su respectivo análisis.

Figura 19

Tren de muestreo

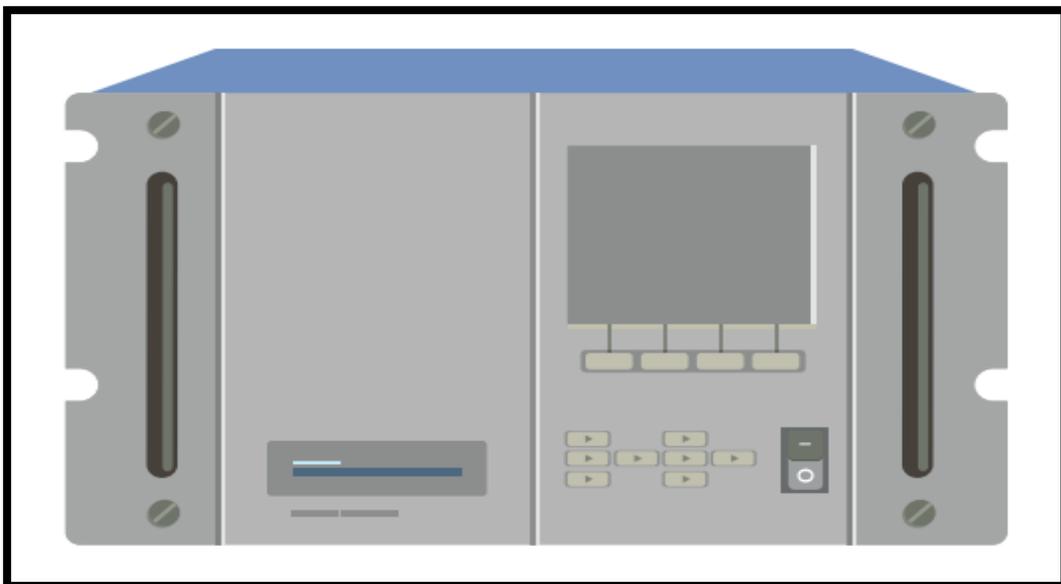


Nota. OEFA (2015)

- Analizadores automáticos: Según OEFA (2015), el equipo se usó para determinar las propiedades químicas y físicas basado en calcular los niveles de concentración de un contaminante gaseoso observando como ejemplo en la Figura 20.

Figura 20

Analizadores automáticos



Nota. OEFA (2015)

1.2.13. Reglamento de los niveles de estados de alerta por contaminación del aire

DIGESA (2005) define los niveles de alerta para contaminantes críticos del aire según Decreto Supremo N° 009-2003-SA. Uno de los contaminantes a evaluar es el monóxido de carbono (CO) con una alerta de CUIDADO si es mayor a 15 000 ug/m³, con promedio móvil de 8 horas; un tipo de alerta de PELIGRO si es mayor a 20 000 ug/m³, con promedio móvil de 8 horas; un tipo de alerta de EMERGENCIA si es mayor a 35 000 ug/m³ con promedio móvil de 8 horas.

Según el Decreto Supremo N° 003-2017- MINAM, hace referencia que el valor estándar del ECA para el Monóxido de carbono, se ha mantenido en el mismo valor de 1 hora: 30 000 ug/m³, lo cual es válido para realizar las evaluaciones de la investigación (Tabla 9).

Tabla 9

Niveles de alerta para contaminantes críticos

Tipos de alerta	Monóxido de carbono (CO)	
Cuidado	>15 000	Prom. Móvil 8 horas
Peligro	>20 000	Prom. Móvil 8 horas
Emergencia	>35 000	Prom. Móvil 8 horas
Referencia	Valor estándar ECA	
	D.S. N° 003-2017-MINAM	
	8 h: 10 000 (promedio móvil)	
	1 h: 30 000 (NE más de 1 vez al año)	

Nota: Todos los valores son concentraciones en microgramos por metro cúbico ug/m³.

NE: No Exceder

1.2.14. Escalas de monitoreo espaciales

DIGESA (2005) define las escalas de monitoreo espaciales por la concentración de aire en un área determinada. Así se tiene las siguientes: microescala (de pocos metros hasta 100 metros); escala media (de 100 metros a 0,5 kilómetros); escala local (área donde el suelo es usado relativamente uniforme y la superficie varia de 0,5 a 4,0 kilómetros); escala urbana (referente a condiciones de las ciudades con una dimensión de 4 a 50 kilómetros); escala

regional (área geográfica rural que va de decenas a cientos de kilómetros); escala nacional (Tabla 10).

Tabla 10

Definición de escalas espaciales para la realización de monitoreos ambientales

Categoría de escala	Definición
Microescala	Algunos metros hasta 100 m
Media	100 m hasta 0,5 km
Local	0,5 km hasta 4,0 km
Urbana	Ciudad/4,0 km hasta 50 km
Regional	Área normal. Desde decenas hasta cientos de kilómetros
Nacional o global	Concentraciones características del mundo como un todo

Nota: DIGESA (2005).

1.2.15. Objetivo de monitoreo y escalas espaciales de representatividad

DIGESA (2005) estableció que la realización de un monitoreo está definida por un objetivo el cual se debe realizar a una escala espacial definida (Tabla 11).

Tabla 11

Objetivo de monitoreo y escalas espaciales de representatividad

Objetivo de monitoreo	Escalas espaciales apropiadas
Medición de altas concentraciones	Micro, media, local, urbana (En ocasiones)
Efectos de la población	Local y urbana
Impacto de fuentes	Micro, media y local
General/ De fondo/ De base	Local y regional

Nota: DIGESA (2005).

1.2.16. Contaminantes a monitorear en función de las principales fuentes

Los contaminantes presentes en el ambiente se originan de diferentes fuentes, es por ello, por lo que DIGESA (2005) definió las diferentes fuentes antropogénicas a monitorear y los contaminantes que emiten cada uno de ellos (Tabla 12).

Tabla 12*Contaminantes a monitorear en función de las principales fuentes*

Fuente	Contaminante
Vehículos (tráfico intenso)	Dióxido de nitrógeno Monóxido de carbono Dióxido de azufre PM ₁₀ /PM _{2,5}
Domicilios/consumo de leña	PM ₁₀ /PM _{2,5} Monóxido de carbono
Industrias y domésticas/ consumo de carbón	PM ₁₀ /PM _{2,5} Dióxido de azufre
Industrias/ consumo de combustible residual	PM ₁₀ /PM _{2,5} Dióxido de azufre
Pesqueras	Sulfuro de hidrógeno PM
Fundición	Dióxido de azufre
Cemento	PM ₁₀ /PM _{2,5}
Generación eléctrica/ consumo de carbón, residual y diésel	Dióxido de azufre PM ₁₀ /PM _{2,5}
Generación eléctrica/ consumo de gas	Dióxido de nitrógeno

Nota: DIGESA (2005).**1.2.17. Laboratorio acreditado**

Entidad que presta garantía en el análisis y evaluación de los resultados. Competencia técnica reconocida por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL), que se encarga de dar conformidad a las evaluaciones específicas en materia de calidad ambiental. Asimismo, el proceso de gestión debe contar todo laboratorio implementado y acreditado, bajo las normas técnicas peruanas del Ministerio del Ambiente (MINAM).

1.2.18. Marco legal

Según la Constitución Política del Perú (1993, p. 15, p. 41):

Artículo 2. Numeral 22. Toda persona tiene derecho a la paz, tranquilidad, al disfrute del tiempo libre y al descanso, así como a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida.

Artículo 67. El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales.

Según la Ley General del Ambiente N° 28611 (2005, p. 302291, p. 302295):

Artículo I. Del derecho y deber fundamental. Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país.

Artículo 24.1. Del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Toda actividad humana que implique construcciones, obras, servicios y otras actividades; así como las políticas, planes y programas públicos susceptibles de causar impactos ambientales de carácter significativo, está sujeta de acuerdo con la ley, al Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental-SEIA, el cual es administrativo por la Autoridad Ambiental Nacional. La ley y su reglamento desarrollan los componentes del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental.

Según la Política Nacional del Ambiente D.S. N° 012.2009-MINAM (2009, p.2):

Instrumento de cumplimiento obligatorio, que orienta a las actividades públicas y privadas. Define los objetivos prioritarios, lineamientos, contenidos principales y estándares nacionales de obligatorio cumplimiento. Conformar la política general de gobierno en materia ambiental, la cual enmarca las políticas sectoriales, regionales y locales. Como herramienta del proceso estratégico de desarrollo del país, constituye la base para la conservación del ambiente, de modo tal que se propicie y asegure el uso sostenible, responsable, racional y ético de los

recursos naturales y del medio que los sustenta, para contribuir al desarrollo integral, social, económico y cultural del ser humano, en permanente armonía con su entorno.

Normativa específica

Según los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire y disposiciones complementarias, es una medida obligatoria para diseñar y aplicar los instrumentos de gestión ambiental (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM) (Tabla 13). Medida que insta los diferentes niveles o grados de concentración de elementos biológicos y químicos para medir la calidad de aire (Decreto Supremo N° 003-2017-MINAM).

Indicadores biológicos, físicos y químicos que se miden para evaluar los niveles y grado de concentración que se encuentran presentes en los recursos naturales como el agua, aire y suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no presenta algún riesgo significativo para la salud de las personas y el ambiente (OEFA, 2015).

Los ECA sirven para proteger la salud de las personas y el ambiente. Establecen las medidas de concentraciones máximas de elementos o sustancias en un componente natural (OEFA, 2015).

Es importante como instrumentos de gestión ambiental basados en las políticas públicas y normas legales peruanas (OEFA, 2015). La medición del ECA se realiza en una fuente ambiental o cuerpo receptor como agua, aire y suelo (OEFA, 2015).

A continuación, apreciamos la Tabla 13 donde se observa los estándares de calidad ambiental para el aire y algunos criterios de evaluación.

Tabla 13

Parámetros	Período	Valor (ug/m ³)	Criterios de evaluación	Método de análisis [1]
Benceno (C ₆ H ₆)	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases

Dióxido de azufre (SO ₂)	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Florescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM _{2,5})	24 horas	50	NE más de 24 veces al año	Separación inercia /Filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material particulado con diámetro menor a 10 micras (PM ₁₀)	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercia /Filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio gaseoso total (Hg) [2]	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) O Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) O Espectrometría de absorción atómica Zeeman (Métodos automáticos)
	1 hora	30 000	NE más de 1 veces al año	
Monóxido de carbono (CO)	8 horas	10 000	Media aritmética móvil	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	100	Máxima media diaria	
Ozono (O ₃)	8 horas	100	NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM ₁₀	Mensual	1,5	NE más de 24 veces al año	Método para PM ₁₀ (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de hidrógeno (H ₂ S)	24 horas	150	Media aritmética	Florescencia ultravioleta (Método automático)

Estándares de Calidad Ambiental para Aire (ECA)

Nota: Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM

NE: No Exceder

[1] o método equivalente aprobado

[2] El estándar de calidad ambiental para mercurio gaseoso total entrará en vigencia al día siguiente de la publicación del Protocolo Nacional de Monitoreo de la calidad Ambiental del Aire, de conformidad con lo establecido en la séptima disposición complementaria final del presente Decreto Supremo.

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Diseño de la investigación

La investigación se realizó con un diseño metodológico no experimental debido a la evaluación de la concentración de monóxido de carbono (CO) en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón por la fabricación de ladrillos artesanales. Según Hernández *et al.* (2010) la investigación fue apoyada en que las variables (cuantitativas) y sucesos fueron proporcionados sin la intervención directa del investigador, observándose los fenómenos o acontecimientos tal y como sucedieron en el contexto natural, para después analizarlos.

2.1.1. Lugar y fecha

El presente trabajo de investigación fue ejecutado en el caserío de Zapotal en el distrito de Morropón, provincia de Morropón en la región Piura, encontrándose ubicadas las ladrilleras artesanales. La fecha de inicio de la investigación fue a partir del mes de agosto de 2018 y culminó en julio de 2019.

2.1.2. Materiales y equipos

Los materiales y equipos utilizados en la presente investigación fueron:

- tren de muestreo (ver Apéndice 1)
- soluciones captadoras de CO
- generador eléctrico GPS.
- estación meteorológica
- laptop, cuaderno, lápiz, servicio de internet (técnicas e instrumentos) cámara fotográfica

2.1.3. Población y muestra

- Población

En el Caserío de Zapotal se encontraron 8 ladrilleras (Figura 21) que pertenecen al distrito de Morropón, a unos 15 minutos de la zona urbana de Morropón, de la provincia de Morropón, perteneciente al departamento de Piura. Además, contaron con vías de acceso en buenas condiciones para llegar al punto de destino.

- Muestra

La muestra representativa para la investigación fueron las ocho ladrilleras artesanales que se encontraron en el caserío de Zapotal (Figura 21), de las cuales seis ladrilleras estuvieron activas, siendo seis personas sus propietarias. En la Tabla 14 se describen las coordenadas de ubicación de las ladrilleras artesanales en el caserío de Zapotal.

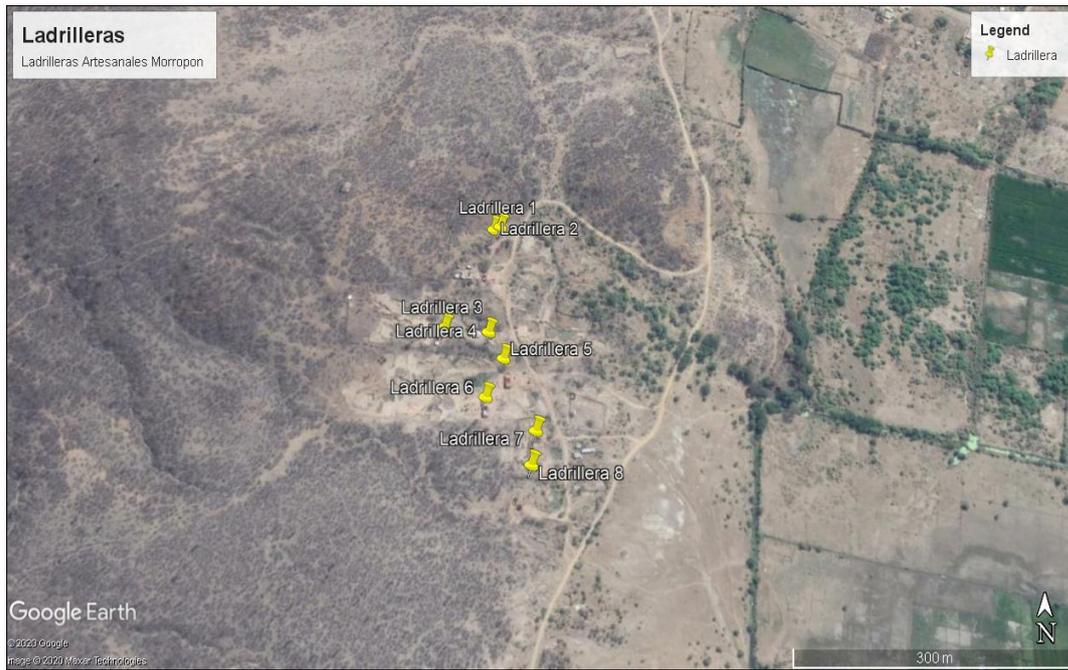
Tabla 14

Coordenadas de ubicación de las ladrilleras artesanales del caserío Zapotal

Ladrillera	Activas	Coordenadas UTM	
		WGS 84	
		Este (E)	Norte (N)
L1	No	611861,95	9427496,38
L2	Si	611799,72	9427409,13
L3	Si	611701,27	9427395,67
L4	Si	611754,92	9427392,94
L5	Si	611713,21	9427359,72
L6	No	611753,25	9427319,20
L7	Si	611811,05	9427284,61
L8	Si	611805,66	9427242,28

Figura 21

Ubicación de ladrilleras artesanales en el caserío Zapotal del distrito de Morropón



Nota: Google Earth

En la investigación se identificaron ladrilleras (Tabla 15) con hornos grandes, las cuales abarcaron 17 millares de ladrillos y ladrilleras con hornos pequeños con capacidad máxima de 9 a 10 millares de ladrillos.

Tabla 15

Dimensiones de los hornos de cocción del ladrillo artesanal

Ladrillera	Capacidad del horno (número de ladrillos)	Medidas de los hornos (m)		
		Ancho	Largo	Alto
L1	9 000	4,88	3,90	3,71
L2	17 000	3,88	3,60	3,19
L3	17 000	5,12	3,37	4,17
L4	17 000	4,73	3,12	3,89
L5	17 000	5,23	4,23	4,71
L6	10 000	5,49	4,13	4,79
L7	10 000	4,00	3,87	4,20
L8	10 000	4,0	3,25	3,50

2.1.4. Descripción de la investigación de campo

a) Identificación de zonas de monitoreo

Para determinar nuestra área de estudio se evaluaron 3 zonas, donde se detectaron varias ladrilleras artesanales en el AA.HH. Santa Rosa y Caserío Zapotal.

En el AA.HH. Santa Rosa se detectó una ladrillera (Tabla 16) ubicada cerca de una institución educativa llamada “Hernán Mogollón- 14648” y la institución pública UGEL (Unidad de Gestión Educativa Local). También es necesario señalar que hubo muchas viviendas habitables cerca.

Tabla 16

Descripción y ubicación del área de estudio AA.HH. Santa Rosa-SA1

Descripción	Coordenadas UTM		Altitud m s.n.m.
	WGS- 84		
	E	N	
Ladrillera SA1	614537,31	9427165,54	149

En la siguiente imagen se observó la ubicación geográfica de la ladrillera en la zona urbana del AA.HH. Santa Rosa (Figura 22).

Figura 22

Ubicación geográfica de ladrillera SA1



En el AA.HH. Santa Rosa también se detectó la existencia de cuatro ladrilleras, todas están ubicadas en el mismo lugar y cerca de una pequeña población (Tabla 17). La mayoría de las ladrilleras en el lugar no estuvieron activas durante todo el año. Hubo pocas casas habitables cerca. Como referencia se detalla la ubicación de una de las ladrilleras, considerando que las demás están juntas a las coordenadas de ubicación de la ladrillera L1 ubicada en el AA.HH. Santa Rosa.

Tabla 17

Descripción y ubicación del área de estudio AA.HH. Santa Rosa-SA2

Descripción	Coordenadas UTM WGS- 84		Altitud m s.n.m.
	E	N	
Ladrillera SA2	613884,06	9427383,51	133

En la siguiente imagen se observó la ubicación geográfica de las ladrilleras en el AA.HH. Santa Rosa (Figura 23)

Figura 23

Ubicación geográfica de Ladrillera SA2



Nota: Google Earth

En el caserío Zapotal se identificó ocho ladrilleras (Tabla 18) con seis propietarios y no existió población alrededor. Las ladrilleras estuvieron activas durante todo el año, únicamente durante los meses de lluvia no fabricaron ladrillos.

Tabla 18

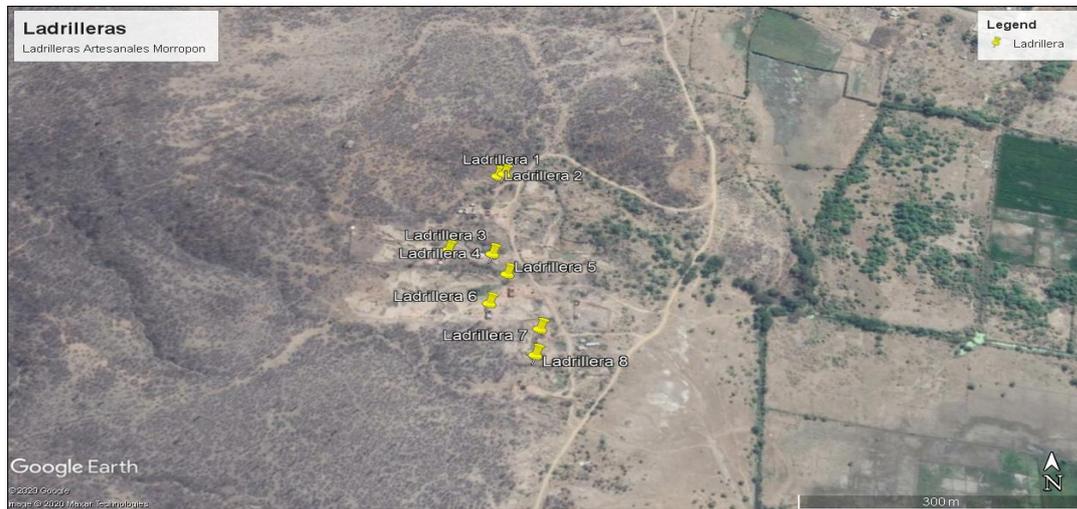
Descripción y ubicación del área de estudio Caserío Zapotal

Descripción de ladrilleras	Coordenadas UTM		Altitud m s.n.m.
	WGS- 84		
	Este	Norte	
L1	611861,95	9427496,38	121
L2	611799,72	9427409,13	122
L3	611701,27	9427395,67	126
L4	611754,92	9427392,94	124
L5	611713,21	9427359,72	125
L6	611753,25	9427319,20	124
L7	611811,05	9427284,61	122
L8	611805,66	9427242,28	122

En la Figura 24 se observó la ubicación geográfica de todas las ladrilleras en el caserío de Zapotal.

Figura 24

Ubicación geográfica del área de estudio Caserío Zapotal



Nota: Google Earth

b) Área de estudio: Caserío Zapotal

En la investigación se realizaron tres monitoreos ambientales con una frecuencia mensual para evaluar las concentraciones de monóxido de carbono (CO), donde se utilizó un equipo llamado tren de muestreo (ver Apéndice 1). El criterio que se tuvo en cuenta fue los meses de producción en la fabricación de ladrillos, desde abril hasta diciembre, según la variabilidad del clima en el caserío de Zapotal.

Para el monitoreo de Condiciones Meteorológicas, en particular la dirección y velocidad del viento se tomó como referencia los datos emitidos por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI) lo cual me sirvió para la elaboración de la rosa de viento. Las actividades del monitoreo están basadas en el “Protocolo Nacional de la Calidad Ambiental del Aire” (MINAM, 2019).

Se seleccionó un laboratorio acreditado con los equipos de monitoreo ambiental y análisis para monóxido de carbono (CO). Para la investigación se contrató los servicios del laboratorio Environmental Quality Analytical Services – EQUAS S.A (ver Apéndice 6)

c) Ubicación de las estaciones de monitoreo

La ubicación de las estaciones de monitoreo fue establecida tomando en consideración la información de los datos emitidos por el SENAMHI con relación a los meses correspondientes de la ejecución.

En la siguiente tabla se describe la ubicación en coordenadas UTM en Sistema WGS 84, código y descripción de las estaciones de monitoreo de calidad de aire establecidas junto con su frecuencia, los monitoreos fueron realizados en el mismo punto (Tabla 19).

Tabla 19

Código y descripción de estaciones de monitoreo en la fabricación de ladrillos artesanales en Zapotal

Código de la estación de monitoreo	Coordenadas UTM WGS 84	Altitud msnm	Descripción	Frecuencia del monitoreo
CA-01	E: 611764 N: 9427451	124	A sotavento a los hornos de ladrilleras artesanales	Mensual

d) Monitoreo de calidad de aire para el monóxido de carbono (CO)

El monitoreo de calidad de aire fue ejecutado basándose en el Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos del año 2005 dado por DIGESA y el Decreto Supremo N°003-2017-MINAM, Estándar de Calidad Ambiental del aire.

- Criterios de ubicación de la toma de muestras por contaminante y escala de medición

El contaminante que fue monitoreado en función a la principal fuente de combustible en las ladrilleras artesanales en el caserío de Zapotal fue el monóxido de carbono (CO) ya que su principal fuente de combustible en el proceso de cocción o quema de ladrillos es el consumo de la leña (todo tipo de palo seco) (Tabla 20).

Tabla 20

Contaminantes a monitorear en función de las principales fuentes en las ladrilleras artesanales de Zapotal

Fuente	Contaminante
Consumo de leña	CO

Nota: DIGESA (2005).

La definición de la escala espacial de monitoreo fue de 0,5 km a 4,0 km perteneciente a una categoría de escala Local para la realización del monitoreo (Tabla 21).

Tabla 21

Definición de escalas espaciales para la realización de monitoreo en las ladrilleras en zapotal

Categoría de escala	Definición
Local	0,5 hasta 4 km

Nota: DIGESA (2005).

El objetivo de monitoreo fue la medición de altas concentraciones de CO a una escala espacial de representatividad local (Tabla 22).

Tabla 22

Objetivo de monitoreo y escalas espaciales de representatividad de ladrilleras artesanales en el caserío de Zapotal-Morropón

Objetivo de monitoreo	Escalas espaciales apropiadas
Medición de altas concentraciones	Local

Nota: DIGESA (2005).

- Estación Meteorológica

Para el monitoreo de Condiciones Meteorológicas, en particular la dirección y velocidad del viento se tomó la información de los datos emitidos por el SENAMHI con los meses correspondientes a la ejecución del monitoreo en la zona del área de estudio. Las actividades del monitoreo están basadas en el “Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos” (DIGESA, 2005).

En la Tabla 23, se indica las características del equipo instalado en el Instituto Superior Tecnológico Técnico Público Morropón ubicado carretera al caserío de Polvazal usado para la evaluación de las variables meteorológicas.

Tabla 23

Estación meteorológica y parámetros a evaluar

Parámetro	Equipo	Técnica de Registro	Tiempo Horas	Protocolo
Temperatura, Velocidad, Dirección del viento, Precipitación, Humedad	Estación Meteorológica portátil; marca OREGON; modelo WMR300; Nº de serie: 00079	In Situ y reporte vía inalámbrica	24	Protocolo de Monitoreo de Calidad del Aire y Gestión de los Datos DIGESA (2005)

En la Figura 25 se detallan los resultados meteorológicos de la información de los datos emitidos por el SENAMHI correspondiente al mes de mayo, en la Figura 27 del mes de junio y en la Figura 29 del mes de julio. Se encuentran el informe de ensayo con el registro Meteorológico y rosa de viento del punto de monitoreo de Calidad de Aire del mes de mayo en la Figura 26, del mes de junio en la Figura 28 y del mes de julio en la Figura 30.

Figura 25

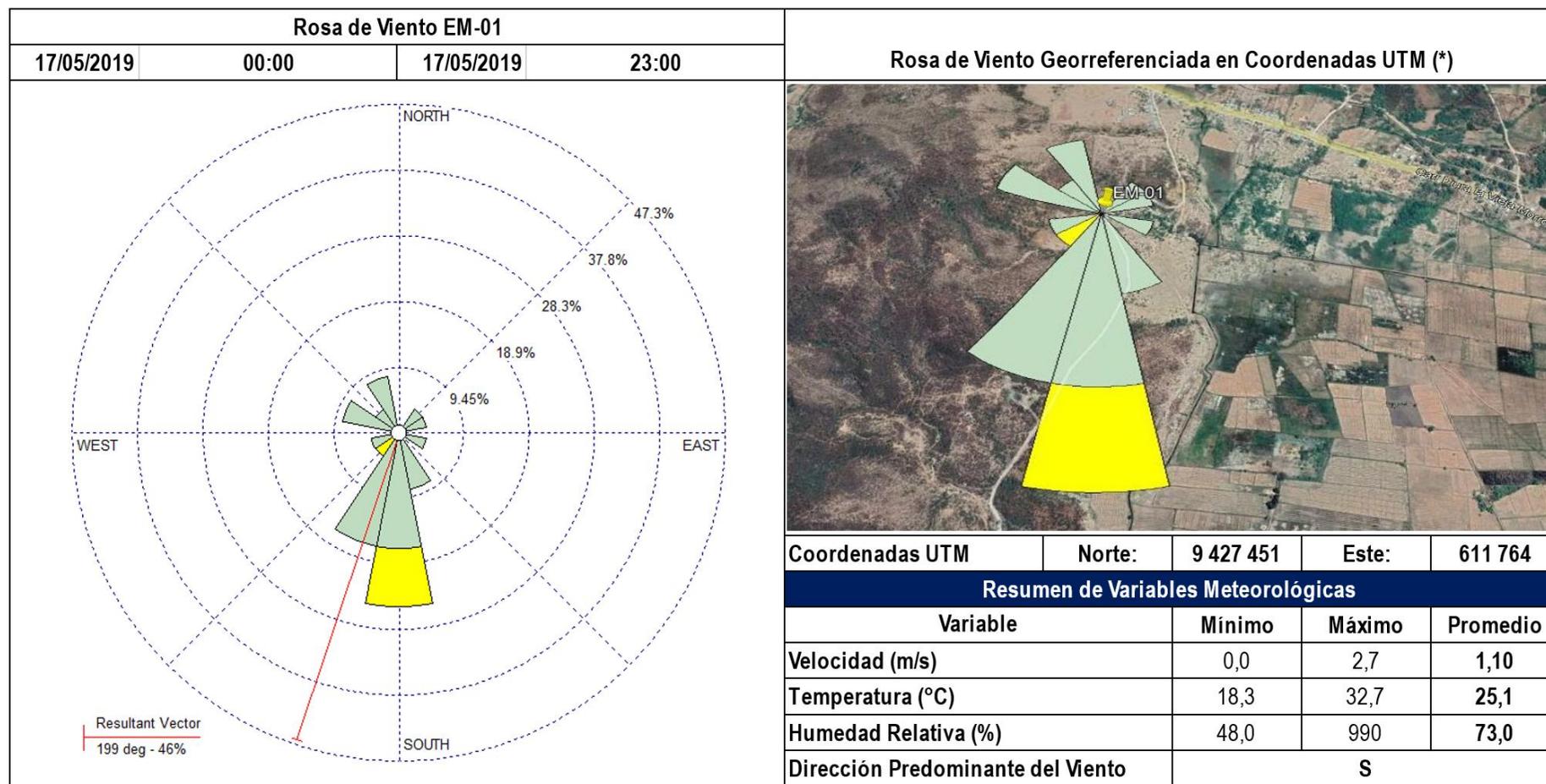
Datos meteorológicos de mayo

DATOS METEOROLÓGICOS						
LIDIA ESPERANZA LI NEYRA						
ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES EN EL CASERÍO ZAPOTAL MORROPÓN – PIURA						
EM - 01						
AÑO / MES / DÍA	HORA	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm /hora)	HUMEDAD (%)	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
17/05/2019	00:00	23	0	81	172	1,1
17/05/2019	01:00	22,5	0	81	184	1,6
17/05/2019	02:00	21,8	0	83	188	1,3
17/05/2019	03:00	21,3	0	85	195	0,8
17/05/2019	04:00	20,3	0	89	195	0,6
17/05/2019	05:00	18,8	0	95	192	0
17/05/2019	06:00	18,3	0	99	334	0,4
17/05/2019	07:00	19,2	0	98	284	0,8
17/05/2019	08:00	20,5	0	92	185	0,3
17/05/2019	09:00	23,3	0	80	309	0,8
17/05/2019	10:00	25,4	0	72	255	1,1
17/05/2019	11:00	26,8	0	67	339	1
17/05/2019	12:00	29	0	60	147	0,8
17/05/2019	13:00	30,9	0	55	78	0,6
17/05/2019	14:00	32,7	0	50	51	1,1
17/05/2019	15:00	33	0	48	105	1,5
17/05/2019	16:00	32,6	0	50	297	0,7
17/05/2019	17:00	32,3	0	51	159	0,8
17/05/2019	18:00	30,5	0	60	214	2,4
17/05/2019	19:00	27,7	0	59	191	2,7
17/05/2019	20:00	25,2	0	67	185	2,7
17/05/2019	21:00	23,7	0	73	189	2
17/05/2019	22:00	22,7	0	78	194	1,4
17/05/2019	23:00	21,7	0	80	196	0,8

Nota: SENAMHI (2019)

Figura 26

Rosa de viento georreferenciada en coordenadas UTM del mes de mayo



Nota: SENAMHI (2019)

Figura 27

Datos meteorológicos de junio

DATOS METEOROLÓGICOS

LIDIA ESPERANZA LI NEYRA

ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES EN EL CASERÍO ZAPOTAL MORROPÓN - PIURA

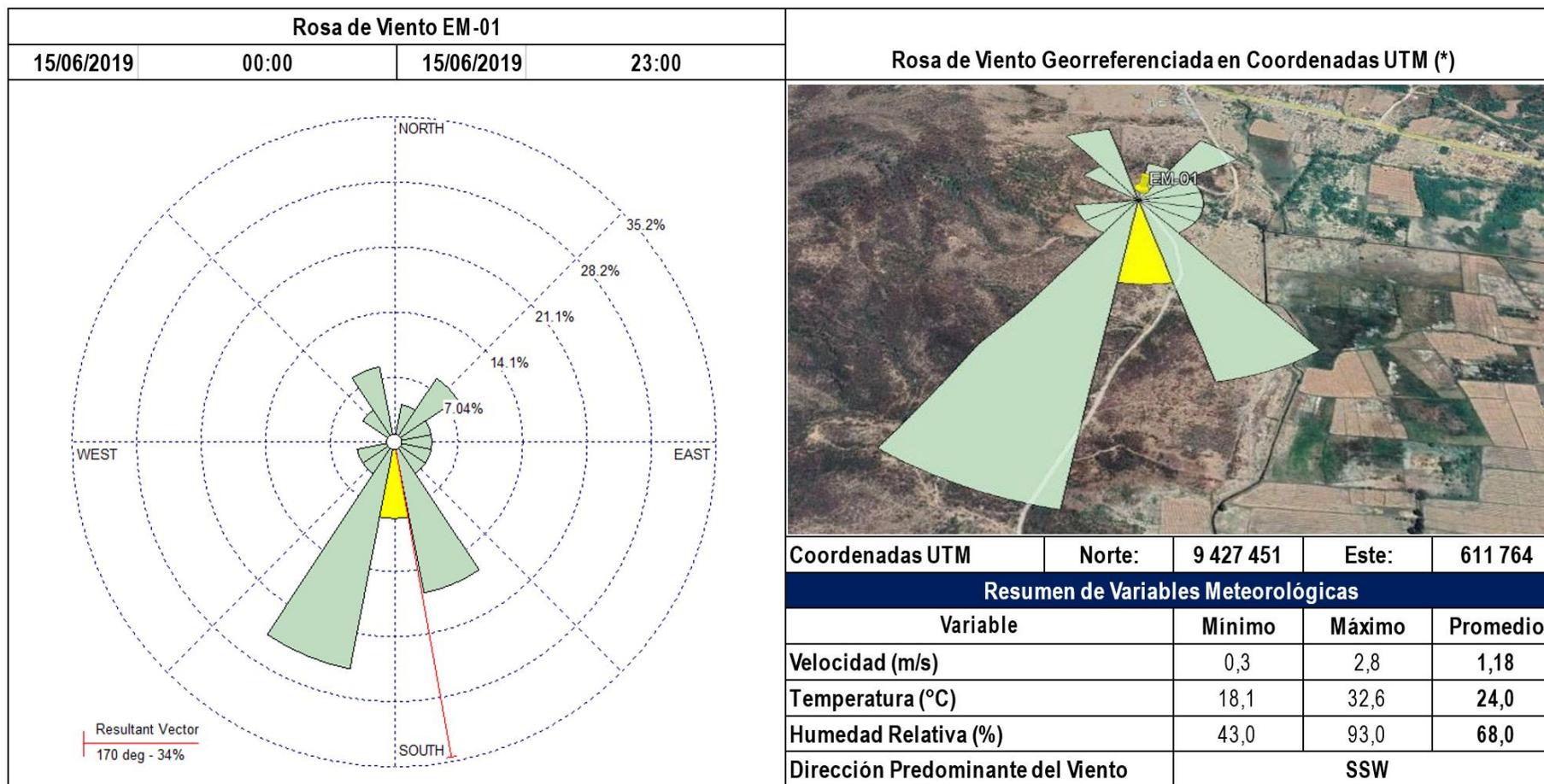
EM - 01

AÑO / MES / DÍA	HORA	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm /hora)	HUMEDAD (%)	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
15/06/2019	00:00	19,3	0	84	147	0,4
15/06/2019	01:00	19,2	0	85	151	0,3
15/06/2019	02:00	19,2	0	85	155	0,4
15/06/2019	03:00	19,2	0	86	326	0,9
15/06/2019	04:00	19,1	0	87	330	0,7
15/06/2019	05:00	18,9	0	89	335	0,9
15/06/2019	06:00	18,8	0	88	164	0,5
15/06/2019	07:00	18,1	0	93	142	0,5
15/06/2019	08:00	19,9	0	84	193	0,6
15/06/2019	09:00	21,2	0	76	40	0,5
15/06/2019	10:00	22,6	0	71	21	0,7
15/06/2019	11:00	24,4	0	64	241	0,8
15/06/2019	12:00	26,3	0	58	102	0,8
15/06/2019	13:00	28,2	0	53	81	1,6
15/06/2019	14:00	30,2	0	48	59	0,7
15/06/2019	15:00	31,9	0	44	39	1,7
15/06/2019	16:00	32,6	0	43	204	0,6
15/06/2019	17:00	31,9	0	43	193	2,2
15/06/2019	18:00	30,1	0	46	191	2,8
15/06/2019	19:00	28	0	50	180	2,5
15/06/2019	20:00	26,2	0	56	203	2,3
15/06/2019	21:00	24,7	0	61	210	2,2
15/06/2019	22:00	23,1	0	67	201	1,9
15/06/2019	23:00	21,8	0	73	214	2

Nota: SENAMHI (2019)

Figura 28

Rosa de viento georreferenciada en coordenadas UTM del mes de junio



Nota: SENAMHI (2019)

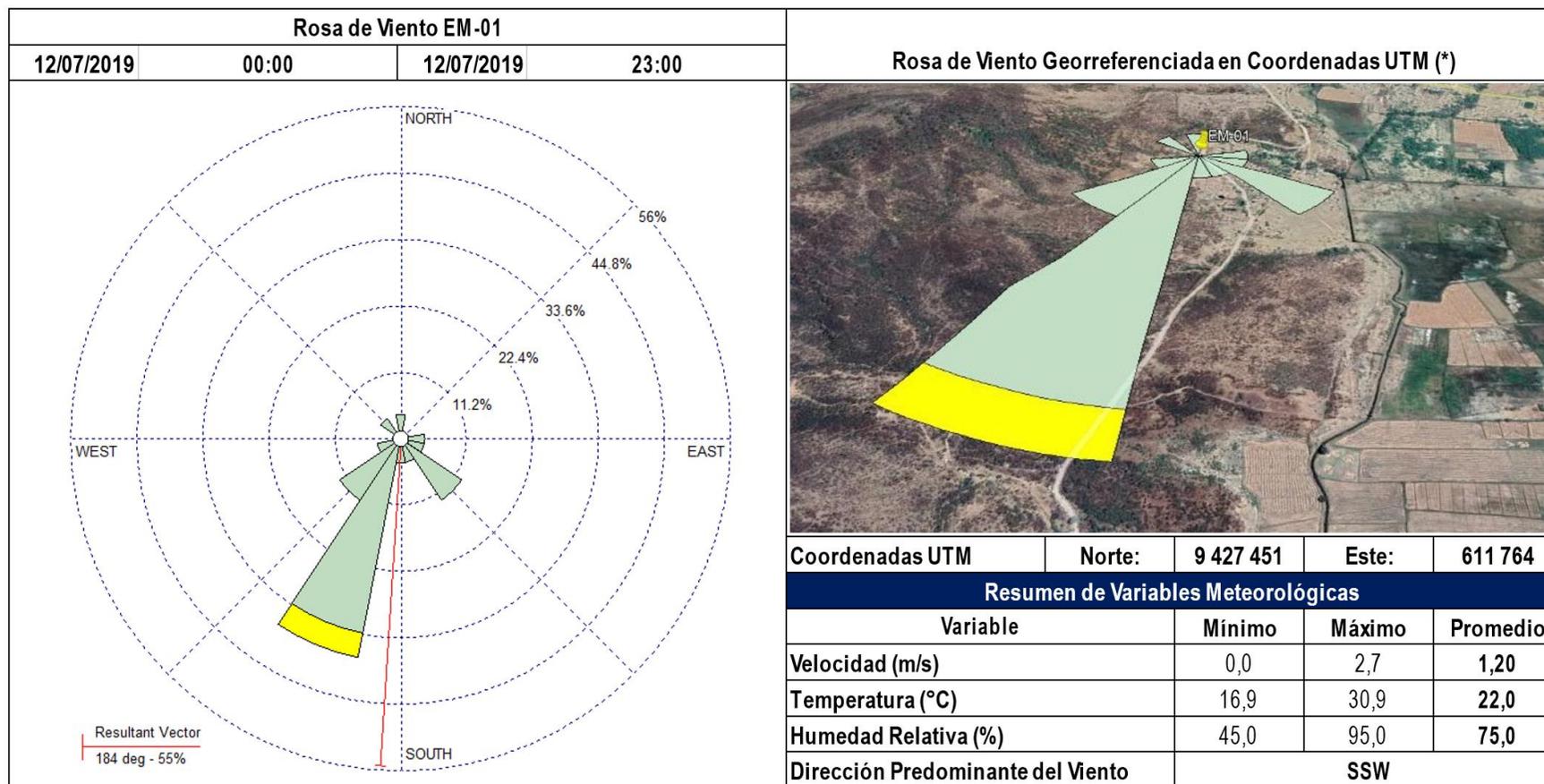
Figura 29*Datos meteorológicos de julio***DATOS METEOROLÓGICOS****LIDIA ESPERANZA LI NEYRA****ÁREA DE INFLUENCIA DE LAS LADRILLERAS ARTESANALES EN EL CASERÍO ZAPOTAL MORROPÓN – PIURA****EM - 01**

AÑO / MES / DÍA	HORA	TEMPERATURA (°C)	PRECIPITACIÓN (mm /hora)	HUMEDAD (%)	DIRECCION DEL VIENTO (°)	VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)
12/07/2019	00:00	18	0	89	228	0,8
12/07/2019	01:00	17,4	0	92	211	1,5
12/07/2019	02:00	16,9	0	95	213	1,5
12/07/2019	03:00	17,1	0	95	197	1,1
12/07/2019	04:00	17,6	0	93	146	0,3
12/07/2019	05:00	17,7	0	92	73	0,2
12/07/2019	06:00	17,7	0	94	81	0
12/07/2019	07:00	17,8	0	93	107	0,5
12/07/2019	08:00	17,9	0	93	132	0,8
12/07/2019	09:00	18,2	0	91	248	0,5
12/07/2019	10:00	18,8	0	88	191	0,8
12/07/2019	11:00	20,3	0	82	313	0,7
12/07/2019	12:00	24	0	67	222	1,1
12/07/2019	13:00	26,5	0	57	357	1,2
12/07/2019	14:00	28,7	0	51	161	0,9
12/07/2019	15:00	30,4	0	47	124	0,6
12/07/2019	16:00	30,9	0	45	82	1
12/07/2019	17:00	31,1	0	45	196	2,3
12/07/2019	18:00	28,5	0	51	215	2,2
12/07/2019	19:00	26,7	0	56	198	1,5
12/07/2019	20:00	24,7	0	61	194	2,7
12/07/2019	21:00	22,2	0	69	206	1,9
12/07/2019	22:00	20,6	0	76	207	2,2
12/07/2019	23:00	19,3	0	82	207	1,5

Nota: SENAMHI (2019)

Figura 30

Rosa de viento georreferenciada en coordenadas UTM del mes de julio



Nota: SENAMHI (2019)

Cabe mencionar que la dirección del viento en todo el día no es estable, el viento proviene de varias direcciones, en los diferentes meses que se ha realizado el monitoreo ambiental.

Como se puede observar en las rosas de viento los datos que fueron emitidos por la estación meteorológica ubicada en el Instituto Superior Tecnológico Técnico Publico Morropón ubicado carretera al caserío de Polvazal en el distrito de Morropón al SENAMHI en los meses de evaluación, la dirección predominante del viento en el mes de mayo es de sur (S) a norte (N), en el mes de junio la predominancia del viento es de sursuroeste (SSW) a nornoreste (NNE) y en el mes de julio la predominancia del viento es de sursuroeste (SSW) a nornoreste (NNE).

Por lo cual se deduce que el punto de control de monitoreo de calidad de aire se ubicó en dirección Nornoroeste con respecto a la mayor cantidad de ladrilleras artesanales que estaban funcionando.

2.1.5. Identificación de variables y su mensuración

a.- Captura de monóxido de carbono. Para determinar la captura de monóxido de carbono (CO), provenientes de las ladrilleras artesanales, se utilizó el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire y Gestión de los Datos del año 2005 dado por DIGESA y el Decreto Supremo N 003-2017- MINAM.

Para la ejecución del monitoreo se utilizó un equipo llamado Tren de Muestreo que funcionó con unas soluciones captadoras y para este proyecto se utilizó soluciones captadoras para monóxido de carbono (CO).

b.- Monóxido de carbono y su nivel de concentración. Para determinar el monóxido de carbono y su nivel de concentración el laboratorio Environmental Quality Analytical Services – EQUAS S.A. hizo uso del equipo Espectrofotómetro de Gases.

La frecuencia de monitoreo ambiental fue de forma mensual por un periodo de 3 meses, según el Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire y Gestión de los Datos del año 2005 dado por DIGESA, el parámetro de monóxido de carbono se monitorea 8 horas o 1 hora diaria. Por lo tanto, de forma mensual se realizaba un monitoreo que consistía en 1 hora diaria.

c.- Metodología del monitoreo y parámetros evaluados

En la Tabla 24 se presenta la metodología de monitoreo, el cumplimiento a los dispositivos mencionados y características del equipo de monitoreo usados para la evaluación de la calidad del aire y el parámetro evaluado.

Tabla 24

Equipo de muestreo y análisis para la evaluación de la calidad del aire

Parámetro - Gas-	Equipo de instrumento de monitoreo	Técnicas de muestreo	Tiempo - Horas-	Método analítico
Monóxido de carbono CO	Ten de muestreo dinámico	Solución captadora para CO parasulfamino benzoico	1 hora	Colorimetría

d.- Instalación del equipo del tren de muestreo

- La caja de muestreo o tren de muestreo se ubicó a una altura representativa con respecto a los hornos de las ladrilleras artesanales a sotavento. Ubicación UTM WG84: E: 611764 Y N: 9427451 de la estación de monitoreo.
- Seguidamente, se enchufó el cable de poder del tren de muestreo a un generador eléctrico (ver Apéndice 2).
- Con las manos con guantes se realizó la limpieza previa de los impinger, es decir, estos se enjuagaron con agua destilada, evitando posibles contaminantes provenientes del ambiente durante el traslado.

- Se añadió la solución captadora del parámetro evaluado, el monóxido de carbono (CO), al impinger.
- La solución captadora para el CO consta de dos soluciones. La primera es la solución lechosa o blanquecina llamada solución A (solución de 4-carboxy bencenosulfonamida) + B (nitrato de plata 1N) la cantidad de 80 ml; la segunda es una solución color transparente o cristalina, denominada solución C (hidróxido de sodio 1N) de 20 ml. La solución C se mezcla en la solución A+B suavemente. Luego se envía al tren de muestreo 50 ml para reaccionar y 50 ml para el control de calidad.
- Se instaló el impinger en el espacio respectivo para el gas a muestrear, el CO.
- También se instaló el juego de mangueras, desde la bomba de aire a los impinger y finalmente a las mangueras que se conectaron al impinger a la entrada de aire.
- Se realizaron las conexiones adecuadas de las mangueras con el impinger.

e.- Operación del equipo del tren de muestreo de gases

- La programación de los temporizadores se realizó en una hora. Cuando el temporizador estuvo en función se observó que pasa de *AUTO OFF* a *AUTO ON* y se enciende el led rojo.
- Iniciada la toma de muestras, se identificaron los recipientes de la solución captadora de monóxido de carbono con los siguientes datos: nombre de la fuente, punto de muestreo, responsable, fecha y hora que corresponden al monitoreo.
- Se consideró tiempo de muestreo según el Procedimiento del laboratorio Equas S.A en relación al Protocolo Nacional de Monitoreo de la Calidad Ambiental del Aire y Gestión de los Datos del año 2005 dado por DIGESA, el tiempo de monitoreo fue de una hora, tiempo estimado para monitoreo de gases de actividades extractivas y productivas utilizando la tecnología manual y la frecuencia de producción, luego del lapso requerido con las manos y habiendo hecho uso de nuevos guantes se procedió a retirar las soluciones muestreadas, desde los impinger a los envases de PVC color ámbar.

- Se procedió al sellado y encintado de los envases para que la solución no pueda derramarse dentro del cooler y no afecte a la etiqueta de identificación, según procedimiento de laboratorio Equas S.A.
- Teniendo en cuenta las horas de monitoreo, se completó todo lo correspondiente a la cadena de custodia de la muestra de aire (Apéndice 7)
- El formato de la cadena de custodia del aire junto con las muestras bien selladas, se enviaron al laboratorio acreditado para su posterior análisis.

2.1.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos se han procesado, analizado, evaluados e interpretado, proporcionando de esta manera información valiosa, de interés tecnológico y científico.

Asimismo, las variables (variables cuantitativas como, por ejemplo, la concentración de CO, cantidad de fabricación de ladrillo, etc.) estudiadas permitieron planificar, organizar y estructurar la información para una correcta y significativa lectura, los elementos utilizados fueron la representación gráfica y la distribución de frecuencias que posibilitaron visualizar de manera ordenada la información obtenida (Ávila, 2006). Para el presente estudio se hizo uso del programa Microsoft Excel para el procesamiento de datos, elaboración de gráficas y para evaluar el comportamiento de las concentraciones durante los meses de evaluación que duro la investigación.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

En el presente capítulo se detalla los resultados a partir del monitoreo realizado en las ladrilleras artesanales en el caserío de Zapotal y el procesamiento de la información obtenida, con sus respectivas tablas y gráficas correspondientes. A continuación, la investigación presentó los resultados de nivel de concentración de monóxido de carbono en el aire y su comparación de acuerdo con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) en el caserío Zapotal.

3.1. Concentración de monóxido de carbono en el aire en el caserío de Zapotal, distrito de Morropón

El nivel de concentración de monóxido de carbono durante los meses de monitoreo: mes de mayo, junio y julio respectivamente durante el intervalo de una hora en cada día de monitoreo en los meses descritos se detallan en la tabla 25.

Tabla 25

Concentración de monóxido de carbono (1 hora) en tres meses de monitoreo

Parámetro	ug/m ³	Mes
CO	7565	Mayo
	7518	Junio
	7611	Julio

Por ello, en la Tabla 25 se muestran los resultados del monitoreo de calidad de aire para determinar la concentración de monóxido de carbono (CO) que realizó de manera mensual con una estación de control (tren de Muestreo) en las ladrilleras artesanales ubicadas en el caserío de Zapotal en el distrito de Morropón.

Las concentraciones de CO dieron como resultados en el mes de mayo: 7565 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, junio: 7518 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y julio: 7611 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

Cabe mencionar que los resultados obtenidos son de una medición de 1 hora por día, quiere decir que en el mes de mayo se realizó un monitoreo de 1 hora, en el mes de junio se realizó un monitoreo de 1 hora y de igual forma en el mes de julio.

A continuación, se aprecia la concentración de CO por cantidad de ladrillos artesanales producidos en hornos durante los meses de mayo, junio y julio (Tabla 26).

Tabla 26

Concentración de CO por cantidad de ladrillo artesanal producido en hornos

Mes de monitoreo	Concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Producción de ladrillos de todos los hornos activos
Mayo	7 565	39 000
Junio	7 518	35 500
Julio	7 611	42 000

En la Tabla 26 se detalló los resultados de la concentración de CO en el aire por cantidad de ladrillo artesanal producido mensualmente en los hornos activos, utilizando una estación de control (Tren de Muestreo).

Las concentraciones de CO dieron como resultados en el mes de mayo una producción de 39 000 ladrillos artesanales con un nivel de concentración de CO de 7565 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mes de junio una producción de 35 500 ladrillos artesanales con un nivel de concentración de CO de 7518 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y julio con una producción de 42 000 ladrillos artesanales con un nivel de concentración de CO de 7611 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.

3.2. Comparación del nivel de concentración de monóxido de carbono (CO) encontrado en el aire de acuerdo con los estándares de calidad ambiental del aire (ECA) según decreto supremo N° 003-2017-MINAM

A continuación, se presenta la comparación de los resultados obtenidos de las concentraciones de CO con los estándares de calidad ambiental (Tabla 27).

Tabla 27

Comparación del CO y el Estándar de Calidad Ambiental del Aire (ECA)

Parámetro evaluado	ug/m ³	Mes	ECA Periodo/Valor (forma estándar)
CO	7 565	Mayo	1h / *30 000 ug/m ³
	7 518	Junio	
	7 611	Julio	

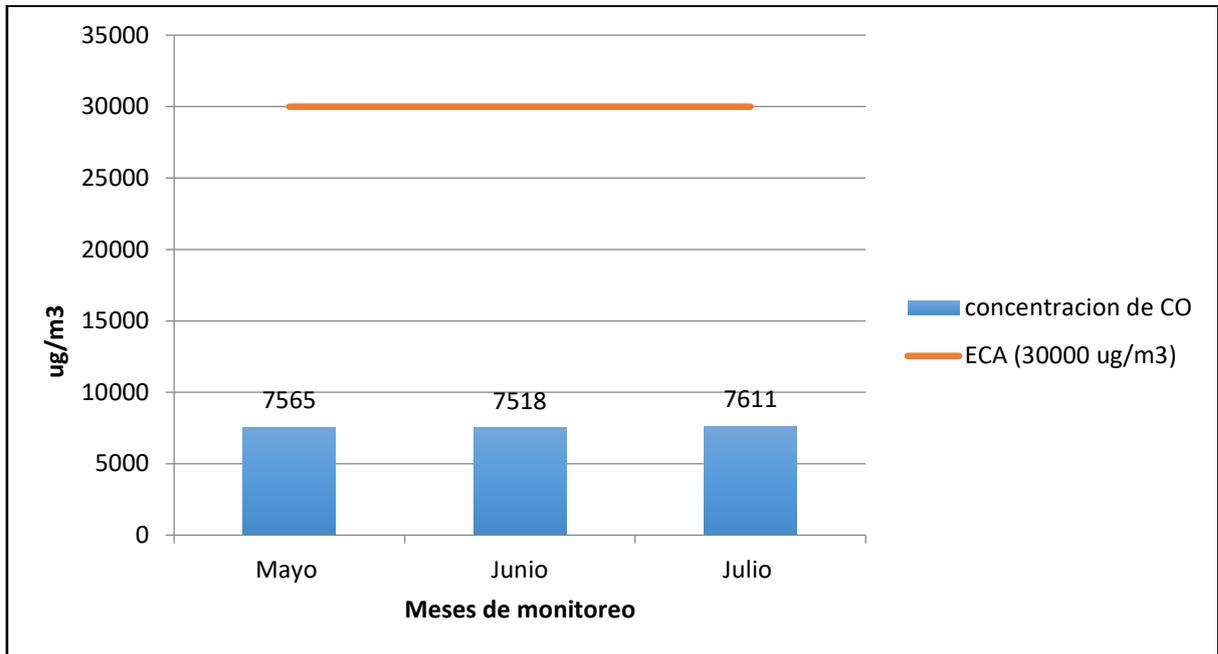
*D. S 003-2017-MINAM.

En la Tabla 27 se visualiza la comparación del Estándar de Calidad Ambiental del Aire (ECA) con los niveles de concentraciones de CO por la fabricación de ladrillos artesanales en el caserío de Zapotal durante los tres meses de monitoreo, encontrándose por debajo de los niveles de la normativa ambiental vigente ECA según D.S N° 003-2017. Por lo tanto, no causan daño al ambiente ni a la salud de las personas, ya que son concentraciones están muy por debajo de los 30 000 ug/m³.

En la Figura 31 se visualiza la comparación de los niveles de concentración de monóxido de carbono (CO) encontrados en el aire donde se encontraron las ladrilleras artesanales durante los meses mayo, junio y julio; y su comparación con el ECA. El mes de julio alcanzó el mayor nivel de concentración de monóxido de carbono con 7 611 ug/m³, en el mes de mayo alcanzo una concentración de CO de 7 565 ug/m³ y finalmente el mes de junio una concentración de 7 518 ug/m³ respectivamente, valores por debajo de los estándares de calidad ambiental (30 000 ug/m³).

Figura 31

Comparación de la concentración de CO en el caserío Zapotal con el ECA nacional



Nota: Resultados de los monitoreos de Monóxido de Carbono en Caserío de Zapotal (1 hora) - Año 2019.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

a. Nivel de concentración de monóxido de carbono en el aire en el caserío Zapotal, distrito de Morropón

De acuerdo con los resultados obtenidos respecto a la concentración de monóxido de carbono (CO) encontrado en el aire producido por la fabricación de ladrillos artesanales en el caserío de Zapotal como apreciamos en la Tabla 25 del presente estudio, es necesario indicar que durante la quema de los ladrillos en los diferentes meses, la concentración de monóxido de carbono tuvo un comportamiento variable y eso es debido a la capacidad de quema de los ladrillos y la cantidad de combustible a utilizar de parte de las ladrilleras artesanales del caserío Zapotal. Además, hay que tener en cuenta que en el distrito de Zapotal la quema de ladrillo es de manera artesanal, quemando los ladrillos durante ciertas temporadas debido a las fuertes lluvias de verano (diciembre, enero, febrero, marzo y abril) y según la variación climática del ambiente. Echarri (2007) indica que el CO es un gas incoloro e inodoro, originado de manera natural o por acción del hombre por combustión incompleta de combustibles fósiles, siendo muy dañino para el ser humano. Por lo que Seoáñez (1998) manifestó que la supervisión y verificación de presencia de contaminantes es necesario a través del monitoreo ambiental.

Durante la ejecución de la investigación se monitoreó los hornos activos donde quemaban los ladrillos. De los 8 hornos, no todos estuvieron activos durante los monitoreos programados, debido a que dos de estos hornos funcionaron según la cantidad de pedido de ladrillos que tuvieron. Considerando importante mencionar que durante el mes como máximo realizaron dos quemas en cada horno, utilizando como principal combustible todo tipo de palo seco como algarrobo, sapote y faique. El funcionamiento de que días puede ver o no producción de ladrillos es un tema impredecible ya que como se detalla líneas arriba todo se basa en la cantidad de pedidos que pueden hacer a estos señores productores de ladrillos artesanales.

La concentración de CO, en el mes de mayo fue de 7 565 ug/m³, debido a que el monitoreo fue del 80 % de los hornos a evaluar, es decir, seis hornos: cuatro hornos de 9 000 ladrillos y dos hornos de 1 500 ladrillos; haciendo un total de 39 000 ladrillos durante la quema. Es importante mencionar que la quema de ladrillo dura 18 h. Asimismo, la concentración de CO en el mes de junio fue de 7 518 ug/m³, debido a que el monitoreo se dio en seis hornos: tres hornos de 10 000 ladrillos, dos hornos de 2 000 ladrillos y un horno de 1 500 ladrillos respectivamente; haciendo un total de 35 500 ladrillos durante la quema. Por otra parte, en el mes de julio la concentración de CO fue de 7611 ug/m³, monitoreando seis hornos: tres hornos de 10 000 ladrillos, dos hornos de 1500 ladrillos y un horno de 9 000 ladrillos respectivamente; haciendo un total de 42 000 ladrillos durante la quema. Jaya y Gomezcoello (2012) referente al CO indicaron en la investigación denominada análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles como palo seco de eucalipto, leña de eucalipto con GLP y leña de eucalipto con diésel. Identificando como principales elementos contaminantes al PM₁₀ y CO. En efecto el uso de sólo la leña de eucalipto como uno de los combustibles para la cocción de ladrillos artesanales se consumía muy rápido y no proporcionaba la energía suficiente para su quema, disminuyendo la eficiencia de producción de los ladrillos. Sus resultados obtenidos no superaron el 73,5 % de monóxido de carbono con el uso de eucalipto como material energético en la quema de ladrillos. Recomendando en la investigación que, con la combinación de combustibles, específicamente el eucalipto con GLP el proceso de combustión se puede mejorar lográndose una menor cantidad de tiempo de quema y menor cantidad de emisiones generadas.

La producción sea mayor a escala artesanal, la concentración de monóxido de carbono seguirá en aumento debido a que en el proceso de fabricación de ladrillos artesanales no cuenta con un proceso de control de gases. La presente investigación encontró que en el mes de mayo la concentración de CO fue de 7 565 ug/m³, en el mes de junio la concentración de CO fue de 7 518 ug/m³ y en el mes de julio la concentración de CO fue de 7 611 ug/m³ debido a que en la forma de quema de ladrillos no existe en su proceso un método de control de gases y partículas. Mientras tanto, Susanibar (2019) en el trabajo de investigación referido a la mitigación de los valores de monóxido de carbono (CO) en el proceso de elaboración de ladrillo artesanal, teniendo como objetivo el desarrollar una mejora tecnológica para disminuir los valores de CO en el proceso de fabricación de los ladrillos. Indica que las

ladrilleras contaban con un sistema de hornos Hoffman, que en una primera medición los hornos operaban con aserrín, viruta y cáscara de café generando elevadas concentraciones de partículas y gas de combustión como el monóxido de carbono. En la primera medición de las concentraciones gaseosas utilizando el Horno Hoffman el valor del CO fue de 914,6 mg/Nm³ y sustituyendo el horno Hoffman por el horno Túnel operando con una Estación de Descompresión de Gas Natural Comprimido el valor del CO fue de 113,0 mg/Nm³, reduciendo su porcentaje de variación a un 87,6 % de CO entre el proceso de cocción actual en la planta con relación al proceso de cocción empleando gas natural en un Horno Túnel. Por otro lado, al comparar la información obtenida observamos que coincide con la propuesta tomando como variable el CO por el uso de palo seco como algarrobo, zapote y faique como principal combustible durante el proceso de cocción de ladrillos. Es por esta razón, que el mejorar los hornos para el proceso de producción de ladrillos traería ventajas de eficiencia y reducción de gases de CO en la atmósfera.

b. Nivel de concentración de monóxido de carbono encontrado en el aire de acuerdo con los Estándares de Calidad Ambiental del aire (ECA) según decreto supremo N° 003-2017-MINAM

En cuanto a la calidad del aire la presente investigación coincide con Alarcón (2011) quien presentó en su investigación en la ciudad de Caballo Colla, distrito de Ramón Castilla, Loreto, Perú, que en el estudio del CO evaluado estuvo por debajo de lo estipulado en la normativa y no generó riesgo de contaminación del aire. Asimismo, manifestó el uso de equipo de alto volumen como el HI-VOL, tren de muestreo y analizador de CO. Además, indicó que los puntos de monitoreo se ubicaron considerando la dirección del viento y el monitoreo del CO fue monitoreado por un periodo de 1 hora, mostrando que los niveles de los gases evaluados estaban por debajo de lo estipulado en la normativa y no generaban un riesgo de contaminación de aire en el área estudiada, coincidiendo con el presente estudio que alcanzó valores por debajo de lo establecido por ECA 30 000 ug/m³, haciendo uso de un equipo de tren de muestreo para gases como el CO, también monitoreado por un periodo de 1 hora; coincidiendo con el presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. Se logró medir el nivel de concentración de monóxido de carbono (CO) producto de las actividades de la fabricación de ladrillos artesanales ubicadas en el caserío de Zapotal del distrito de Morropón, en los meses de mayo, junio y julio resultando niveles bajos de concentración del CO tales como 7 565, 7 518 y 7 611 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente.
2. Al comparar los resultados obtenidos de CO en cada monitoreo con los Estándares de Calidad Ambiental para Aire (D.S 003-2017- MINAM), presentaron concentraciones muy por debajo a los valores indicados en el estándar de calidad ambiental mencionados, siendo de 30 000 ug/m^3 en una hora de monitoreo para el CO según la normativa ambiental vigente.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Para mitigar los impactos negativos al ambiente que los rodea en la zona donde se encontraron las ladrilleras artesanales, se recomienda la innovación de tecnologías más eficientes en el proceso de fabricación de ladrillos, como el tipo de horno y combustible que utilizan. Cambiar el principal combustible que utilizan como la leña por uno que tenga menos riesgo de contaminación como el gas GLP en donde el grado de contaminación atmosférica es muy bajo y acceso a los productores, con un efecto adicional sobre su entorno no representativo, es eficiente y es uno de los combustibles más limpios y baratos, con menos riesgo de contaminación, así como también mejorar el proceso de combustión con la implementación de un método de aireación lo que aportaría a un proceso eficiente de combustión.
2. Que los entes correspondientes de acuerdo a sus competencias realicen las evaluaciones de fiscalización frecuentes en ladrilleras artesanales, ya que en la actualidad no existen muchos reportes respecto a ello y que la municipalidad distrital gestione proyectos de innovación tecnológica enfocados a mejorar el proceso de producción y que estos sean eco amigables con el medio ambiente, con finalidad de mitigar los impactos negativos que desencadena desarrollar esta actividad.
3. El presente trabajo de investigación sirva como fuente para otras investigaciones teniendo información del nivel de CO que se encuentra en el aire por la fabricación de ladrilleras artesanales en la zona en el caserío de Zapotal.
4. Se realice el monitoreo de otros contaminantes como gases y partículas producto de la combustión del combustible que se utiliza para la quema de ladrillos artesanales.

5. También realizar el monitoreo de las variables climatológicas como la temperatura, precipitación, humedad, dirección y velocidad del viento, para saber el comportamiento del viento que es un factor importante en la dispersión del contaminante a evaluar en el ambiente.

6. La frecuencia del monitoreo sea de seis meses a partir del mes de inicio de producción de ladrillos artesanales para la obtención de una data secuencial de la actividad para determinar el nivel de concentración del contaminante en el ambiente. También realizar el monitoreo de las variables climatológicas como la temperatura, precipitación, humedad, dirección y velocidad del viento, para saber el comportamiento del viento que es un factor importante en la dispersión del contaminante a evaluar en el ambiente.

REFERENCIAS

- Alarcón, J. (2011). *Caracterización de los niveles de calidad de aire para la implementación del proyecto relleno sanitario de la ciudad de Caballo Cocha, Distrito de Ramón Castilla, Provincia de Mariscal Ramón Castilla, Región Loreto*. (Tesis de grado). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana. http://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNAP_48273c9ea6cacf055b298f6729fa651
- Aliaga, G. (2017). *Estudio de las propiedades físicas y mecánicas de los ladrillos de arcilla fabricados artesanalmente en la ciudad de Celendín. Cajamarca* (Tesis de grado) Universidad Nacional de Cajamarca. Perú. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1017>
- Álvarez, S. (2014). *Optimización del proceso de mezcla de arcilla para producción de ladrillos, en el sector artesanal*. (Tesis de grado) Universidad de Cuenca Ecuador. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/5529>
- Amaya, D. (2017). *Determinación de la calidad del aire de la población aledaña a la planta Qroma, Ñaña*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. <http://repositorio.untels.edu.pe/jspui/handle/123456789/240>
- Arciniégas, C. (2012). Diagnóstico y control de Material Particulado: Partículas Suspendidas Totales y Fracción Respirable PM₁₀. *Revista de la Universidad Luna Azul*, 195. <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n34/n34a12.pdf>
- Ávila, H. (2006). Introducción a la metodología de la investigación. *Ciencia Técnica Administrativa*. <http://www.cyta.com.ar>
- Barranzuela, J. (2014). *Proceso productivo de los Ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*. (Tesis de grado). Universidad de Piura. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1755/ICI_199.pdf?sequence=1
- Cabildo M., Cornago R., Escolástico L., Esteban S., López G. y Sanz, del C. (2013). *Bases químicas del medio ambiente* (pp. 374-376). Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia. https://www.academia.edu/33650531/Bases_Quimicas_del_Medio_Ambiente_UNED_Madrid?pop_sutd=false
- Consejo Nacional del Ambiente. (2000). *Comisión Ambiental Regional Moquegua. Plan de acción Ambiental*. (1er ed.) Perú, Lima: Programa Capacidad 21 “Gestión Regional

y Local para el Desarrollo Sostenible".
<https://repositoriodigital.minam.gob.pe/bitstream/handle/123456789/454/BIV00389.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Constitución Política del Perú de 1993. Lima, Perú, 29 de diciembre de 1993. pp. 15-41.

Decreto Supremo N.º 003-2017-MINAM. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 07 de junio del 2017, pp. 6-9.

Decreto Supremo N.º 012.2009-MINAM. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de mayo del 2009. pp. 2.

Dirección General de Salud Ambiental (2005). *Protocolo de monitoreo de calidad de aire y gestión de los datos*. DIGESA.
http://www.digesa.minsa.gob.pe/norma_consulta/Protocolo-de-Calidad-del-Aire.pdf

Echarri, L. (2007). *Contaminación de la atmósfera, ecología y ambiente*. Universidad de Navarra en San Sebastián. Tecnum. cmap.unavarra.es/rid=1NQMZQNYR-219B14H-496/Tema%207%20Contaminacion%20atmosferica%2007.pdf

Environmental Quality Analytical Services S.A- EQUAS S.A (2020). *Laboratorio Acreditado de servicio de monitoreo del aire*. Asistencia técnica y monitoreo ambiental. Lima-Perú. <https://equas.com.pe>

Hernández, S.R., Fernández, C.C y Batista L.P. (2010). *Metodología de la investigación*. México: quinta edición por McGRAW-HILL INTERAMERICANA.
https://www.academia.edu/23889615/_Hern%C3%A1ndez_Sampieri_R_Fern%C3%A1ndez_Collado_C_y_Batista_Lucio_M_P_2010_

INACAL. Norma Técnica Peruana 399.613:2017 *Unidades de albañilería. Métodos de muestreo y ensayo de ladrillos de arcilla usados en albañilería*.
<https://servicios.inacal.gob.pe/cidalerta/biblioteca-detalle.aspx?id=25017>

Instituto de investigación de ingeniería industrial (2004). *Gestión de la calidad del aire causas, efectos y soluciones*. Instituto de Investigación de Ingeniería Industrial – UNMSM. Lima-Perú.
https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/libros/mambiente/gest_cal/pdf/t_completo.pdf

- Jaya, J. y Gomezcoello, J. (2012). *Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles*. (Tesis de Grado). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6359/1/UPS-CT002924.pdf>
- Ley General del Ambiente N° 28611. Diario Oficial El Peruano, Lima, Perú, 15 de octubre de 2005 .pp. 302291-302295.
- Manrique, J. (2017). *La contaminación atmosférica y la gestión de la calidad del aire en la ciudad de Huaraz, 2014*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1893>
- Miller I. y Freund J. (2012). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Octava edición. Editorial Pearson educación, México. <https://docer.com.ar/doc/vcvc0>
- Ministerio del Ambiente, (2019). Decreto Supremo que aprueba el protocolo nacional de monitoreo de la calidad ambiental del aire. Lima-Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/439201/DS_N__10-2019-MINAM.pdf
- Mosquera, M. (2018). *Riesgo toxicológico del monóxido de carbono en Trabajadores de las islas de recarga de hidrocarburos en la Terminal de Petroecuador de la ciudad de Cuenca*. (Tesis maestría). Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/29933/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Organismo de Evaluación y Fiscalización ambiental. (2015). *Instrumentos Básicos para la Fiscalización Ambiental*. https://centroderecursos.cultura.pe/sites/default/files/rb/pdf/Librato_instrumentos_basicos_para_la_fiscalizacion_ambiental.pdf
- Pérez, J. (2016). *Mejorar la calidad de los ladrillos artesanales producidos en la ciudad de Catamayo*. (Tesis de Grado) Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador. <https://1library.co/document/eqo665q1-mejorar-calidad-ladrillos-artesanales-producidos-ciudad-catamayo.html>
- Pérez, J. (2017). La calidad del aire en Colombia: un problema de salud pública, un problema de todos. *Revista Biosalud*. 16(2), 5-6. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1657-95502017000200005

- Pérez, J., Cárdenas, R. y Amestar, C. (2015). Evaluación de la calidad de aire por partículas menores a 10 microgramos y nivel de riesgo basado en el índice de calidad de aire en la Universidad Peruana Unión – FT. *Revista de Investigación Universitaria*. 4(2), 79-82. <https://revistas.upeu.edu.pe/index.php/riu/article/view/744/714>
- Rodríguez, D., Aranda, N., Loaiza, L. y Alvarado, J. (2016). Monitoreo de partículas totales suspendidas en el aire en el puerto de La Guaira, estado Vargas, Venezuela. *Ingenium*. 17, 90-112. <https://revistas.usb.edu.co/index.php/Ingenium/article/view/2741/2401>
- Rodríguez, R. (1999). *Aportaciones al conocimiento del estado medio ambiental de hidrosistemas de interés internacional situados en Castilla- La Mancha*. <https://books.google.com.pe/books?id=o33AG2h39O4C&pg=PA12&dq=definici%C3%B3n+de+la++contaminaci%C3%B3n&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjJyduhIPLQAhVCSSYKHxVIBXYQ6AEIzAA#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20de%20la%20contaminaci%C3%B3n&f=false>
- Rojas, N. (2017). *Análisis comparativo de las propiedades de ladrillo artesanal de arcilla y ladrillo adicionando escoria de horno eléctrico. Distrito del Santa Ancash*. (Tesis para Grado) Universidad Cesar Vallejo. Chimbote, Perú. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12238>
- Romero, M., Diego, F. y Álvarez, M. (2006). La contaminación del aire: su repercusión como problema de salud. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*. 44(2), 1-14. <http://www.redalyc.org/pdf/2232/223214848008.pdf>
- Sánchez, J., Urrego, J., Zakzuk, J., Bornacelly, A., Castro, I y Araballo, L. (2013). Niveles de Contaminantes en el aire de Cartagena, Colombia. *Revista de la Universidad Industrial de Santander*. 45(3), 35-44. <http://www.scielo.org.co/pdf/suis/v45n3/v45n3a04.pdf>
- Seoánez, C.M. (1998). *Medio ambiente y desarrollo: Manual de gestión de los recursos en función del medio ambiente*. Edición Mundi Presa Libros-España-Madrid. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=104677>
- Strauss, W. (2011). *Contaminación del aire causas, efectos y soluciones*. México: Trillas. Segunda Edición. http://biblioteca.unach.edu.ec/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=1279#.YbISCfHMKCQ

- Suárez, L., Álvarez, D., Bendezú, Y. y Pomalaya., J. (2017). Caracterización química del material particulado atmosférico del centro urbano de Huancayo, Perú. *Rev Soc Quím Perú*. 83(2), 187-199. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v83n2/a05v83n2.pdf/>
- Susanibar, D. (2019). *Propuesta para la mitigación del nivel de monóxido de carbono en la producción de ladrillos de arcilla*. (Tesis de Grado). Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3877?show=full>
- Taboada, M. (2007). *Evaluación de la calidad y efectos del aire generada por el uso doméstico de briquetas de carbón antracita en Trujillo-La Libertad-Perú*. (Tesis de doctorado). Universidad Nacional de Trujillo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/6010>
- Vega, J., Lagos, M. y Salgado, G. (2017). Monitoreo de concentración de monóxido de carbono usando tecnología Long-Range. *INGENIUS*. 18, 73-83. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1390-860X2017000100073&lng=es&nrm=iso

TERMINOLOGÍA

Ambiente: Factores que afectan las condiciones del entorno sobre la vida, además de la superveniencia de los organismos (DIGESA, 2005).

Contaminación: Alteraciones provocadas por sustancias extrañas a los seres humanos y al entorno (Holdgate, 1979, citado por Rodríguez, 1999).

Calibración: Medidas obtenidas con exactitud a través de instrumentos calibrados y estandarizados (DIGESA, 2005).

Combustión: Producto de una combinación que resulta de una reacción química (DIGESA, 2005).

Compuestos volátiles: Productos que a temperaturas inferiores del punto de ebullición rápidamente se evaporan (DIGESA, 2005).

Concentración máxima permisible: Sustancia química que al manifestarse no se expone a ninguna situación crítica (DIGESA, 2005).

Contaminante: Niveles altos que sobrepasan la concentración natural en forma de materia o energía en un entorno limpio y puro (DIGESA, 2005).

Contaminante primario: Elementos como, CO, NOX, HC, SO₂ y algunas partículas que son emanadas al ambiente a partir de una fuente conocida (DIGESA, 2005).

Contaminante secundario: Elemento como el ozono resultante de una reacción química en la atmosfera (DIGESA, 2005).

Protocolo: estructura establecida bajo regímenes establecidos para lograr un objetivo claro (OEFA, 2015).

APÉNDICES

Apéndice 1

Instalación y operación del equipo de Tren de Muestreo de Gases



Nota. Posición de la caja a una altura representativa con respecto a los hornos de las ladrilleras artesanales a sotavento

Apéndice 2

Tren de muestreo posicionado



Apéndice 3

Instalación del generador de electricidad a gasolina



Apéndice 4

Solución captadora de CO



Nota. La solución captadora de CO se añade al impinger

Apéndice 5

Conexiones de las mangueras con los impinger



Apéndice 6

Programación de los temporizadores de una hora



Apéndice 7

Retiro de las soluciones de muestra



Apéndice 8

Sellado y encintado de los envases



Apéndice 9

Llenado de la cadena de custodia de aire



Apéndice 10

Vista superior del horno de cocción de los ladrillos artesanales



Apéndice 11

Modelo de los ladrillos artesanales



Apéndice 12

Informe de ensayo del monitoreo de CO del mes de mayo

INFORME DE ENSAYO N° IA0553/19

Solicitante : LIDIA ESPERANZA LI NEYRA
Dirección : Calle Cajamarca N° 148 - Morropón - Piura

Procedencia : PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO POR LADRILLERAS ARTESANALES EN EL CASERÍO ZAPOTAL MORROPÓN - PIURA
 Distrito: Morropón – Provincia: Morropón – Departamento: Piura

Matriz de la Muestra : Aire

Fecha de Muestreo : 17 Mayo, 2 019

Responsable del Muestreo : Ing. Gonzalo Pósito Díaz. - Laboratorio EQUAS S.A.

Fecha y Hora de Recepción : 18 - Mayo - 2 019 / 08:30 h

Fecha de Ejecución del Ensayo: 18 al 27 - Mayo - 2 019

Código Interno : L0553/19

Código Laboratorio	Código Solicitante	Descripción del punto de Muestreo	Ubicación en Coordenadas UTM WGS 84		MONOXIDO DE CARBONO (CO) µg/m ³ std (1h)*
			Norte	Este	
L0974 - 1	CA - 01	A sotavento a los hornos de las ladrilleras artesanales	9 427 451	611 764	7.585
MÉTODOS DE ENSAYO					EQUAS-LAB-03
			(*) Tiempo de Muestreo		std= Standard

REFERENCIA DE METODOS ANALITICOS. -

EQUAS-LAB-03 (Referenciado en: Analysis of Air Pollutants – Peter O. Warner) (Validado). Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono en Aire. (2017)

PLAN Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO. -

Orden de trabajo EQ-PIU N° 0130/19. Toma de muestras de aire - I.MOT.02 V07

ESTADO Y CONDICION DE LA MUESTRA. -

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 27 de Mayo de 2 019.

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

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

Código: F73-P.LAB.03

Revisión: 01

Fecha: 10/06/2018

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Apéndice 13

Informe de ensayo del monitoreo de CO del mes de junio

INFORME DE ENSAYO N° IA0779/19

Solicitante : LIDIA ESPERANZA LI NEYRA
Dirección : Calle Cajamarca N° 148 - Morropón - Piura

Procedencia : PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO POR LADRILLERAS ARTESANALES EN EL CASERÍO ZAPOTAL MORROPÓN - PIURA
 Distrito: Morropón – Provincia: Morropón – Departamento: Piura

Matriz de la Muestra : Aire

Fecha de Muestreo : 15 Junio, 2 019
 Responsable del Muestreo : Ing. Gonzalo Pósito Díaz. - Laboratorio EQUAS S.A.

Fecha y Hora de Recepción : 16 - Junio - 2 019 / 08:30 h
 Fecha de Ejecución del Ensayo: 16 al 25 - Junio - 2 019
 Código Interno : L0779/19

Código Laboratorio	Código Solicitante	Descripción del Punto de Muestreo	Ubicación en Coordenadas UTM WGS 84		MONOXIDO DE CARBONO (CO) µg/m ³ std (1h) ^a
			Norte	Este	
L0074 - 2	CA - 01	A sotavento a los hornos de las ladrilleras artesanales	9 427 451	611 784	7 518

MÉTODOS DE ENSAYO

(*) Tiempo de Muestreo

std= Standard

EQUAS-LAB-03

REFERENCIA DE METODOS ANALITICOS. -

EQUAS-LAB-03 (Referenciado en: Analysis of Air Pollutants – Peter O. Warner) (Validado). Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono en Aire. (2017)

PLAN Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO. -

Orden de trabajo EQ-PIU N° 0130/19. Toma de muestras de aire - I.MOT.02 V07

ESTADO Y CONDICION DE LA MUESTRA. -

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 25 de Junio de 2 019.

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras ensayadas.

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

Código: F79-P-LAB.02

Edición: 01

Fecha: 10/04/2018

Dirección de Laboratorio: Mz. I Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Teléfonos: 549-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

Apéndice 14

Informe de ensayo del monitoreo de CO del mes de julio

INFORME DE ENSAYO N° IA0974/19

Solicitante : LIDIA ESPERANZA LI NEYRA
 Dirección : Calle Cajamarca N° 148 - Morropón - Piura

Procedencia : PROYECTO: DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE MONÓXIDO DE CARBONO POR LADRILLERAS ARTESANALES EN EL CASERÍO ZAPOTAL MORROPÓN - PIURA
 Distrito: Morropón – Provincia: Morropón – Departamento: Piura

Matriz de la Muestra : Aire

Fecha de Muestreo : 12 Julio, 2 019

Fecha y Hora de Recepción : 13 - Julio - 2 019 / 08:30 h

Responsable del Muestreo : Ing. Gonzalo Pósito Díaz. - Laboratorio EQUAS S.A.

Fecha de Ejecución del Ensayo: 13 al 22 - Julio - 2 019

Código Interno : L0974/19

Código Laboratorio	Código Solicitante	Descripción del punto de Muestreo	Ubicación en Coordenadas UTM WGS 84		MONOXIDO DE CARBONO (CO) µg/m ³ std (1h)*
			Norte	Este	
L0974 - 3	CA - 01	A sotavento a los hornos de las ladrilleras artesanales	9 427 451	811 784	7 811
MÉTODOS DE ENSAYO					EQUAS-LAB-03

(*): Tiempo de Muestreo

std= Standard

REFERENCIA DE METODOS ANALITICOS. -

EQUAS-LAB-03 (Referenciado en: Analysis of Air Pollutants – Peter O. Warner) (Validado). Determinación de la Concentración de Monóxido de Carbono en Aire. (2017)

PLAN Y PROCEDIMIENTO DE MUESTREO. -

Orden de trabajo EQ-PIU N° 0130/19. Toma de muestras de aire - I.MOT.02 V07

ESTADO Y CONDICION DE LA MUESTRA. -

Las muestras cumplen con los requisitos de calidad para ser analizadas.

Lima, 22 de Julio de 2 019.

Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Gerente General – EQUAS S.A.

Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras enviadas.

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

Código: F79-P.LAB.01

Revisión: 01

Fecha: 10/04/2013

Dirección de Laboratorio: Mz. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km.28,5 de la Pan. Norte

Teléfonos: 548-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

