

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**



**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Proyecto de Investigación previo a la obtención del título de Ingeniero Ambiental

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CO DE LADRILLERAS Y SU POSIBLE  
AFECTACIÓN A LA FORMACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL  
CANTÓN CHAMBO**

**Autores:**

**CEPEDA ORDOÑEZ MORELIA ELIZABETH  
ROBALINO MORENO ANGEL ALEJANDRO**

**Tutor:**

Msc. Marcel Paredes

**Riobamba - Ecuador  
Año 2018**

Los miembros del Tribunal de Graduación el proyecto de investigación de título: **“DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CO DE LADRILLERAS Y SU POSIBLE AFECTACIÓN A LA FORMACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL CANTÓN CHAMBO”**. Presentado por: Morelia Elizabeth Cepeda Ordoñez y Angel Alejandro Robalino Moreno y dirigida por: Msc. Marcel Paredes.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Msc. Marcel Paredes  
Tutor del Proyecto

PhD. Iván Ríos  
Presidente del Tribunal

PhD. Arquímedes Haro  
Miembro del Tribunal

Msc. Patricio Santillán  
Miembro del Tribunal

## **DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA**

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del Grado de INGENIERO AMBIENTAL. Con el Tema: “DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CO DE LADRILLERAS Y SU POSIBLE AFECTACIÓN A LA FORMACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL CANTÓN CHAMBO”, ha sido elaborado por CEPEDA ORDOÑEZ MORELIA ELIZABETH Y ROBALINO MORENO ANGEL ALEJANDRO, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para su presentación y defensa respectiva. Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



---

Msc. Marcel Paredes  
C.I. 060378318-4

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, Morelia Elizabeth Cepeda Ordoñez, con cédula de identidad No. 0604125393 y Ángel Alejandro Robalino Moreno, con cédula de identidad No. 0604065003; hago constar que somos autores del presente trabajo de investigación, titulada: **“DETERMINACIÓN DE NIVELES DE CO DE LADRILLERAS Y SU POSIBLE AFECTACIÓN A LA FORMACIÓN DE CARBOXIHEMOGLOBINA EN EL CANTÓN CHAMBO”**, el cual constituye una elaboración, dirigida por el Tutor del Proyecto, Msc. Marcel Paredes.

En tal sentido, manifiesto la originalidad de la Conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de las conclusiones, con el aporte de varios autores que se han referenciado debidamente en el texto del documento.



---

Morelia Elizabeth Cepeda Ordoñez  
C.I. 0604125393



---

Ángel Alejandro Robalino Moreno  
C.I. 0604065003

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo, por haberme aceptado ser parte de ella, en especial a los docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental, por haber compartido sus conocimientos académicos durante estos 5 años de estudio.

Gracias a nuestro Tutor Msc. Marcel Paredes, gracias por su paciencia, dedicación, motivación, ha sido un privilegio contar con su guía y ayuda.

A los Ingenieros: Patricio Santillán, Arquimides Haro y la Dra. Nancy Orozco, por su apoyo y valiosa colaboración en el desarrollo de esta investigación.

Y para finalizar, también agradezco a mis compañeros de clases, con los que he compartido grandes momentos, en especial a mis amigos por estar siempre a mi lado.

Morelia Elizabeth Cepeda Ordoñez

Agradezco a la Universidad Nacional de Chimborazo, por permitirme seguir esta hermosa Carrera de Ingeniería Ambiental y poder conocer personas fabulosas y hacer grandes amigos, gracias por todos estos años de experiencias y anécdotas.

A todos los docentes de la Carrera, por haber transmitido sus conocimientos académicos y experiencias personales durante estos 5 años de estudio.

Al Msc. Marcel Paredes, a las Doctoras Ana Mejía y Nancy Orozco, por darnos la oportunidad de desarrollar esta investigación y apoyarnos por este largo camino.

A mis amigos y amigas de los diferentes semestres y carreras que hicimos en la universidad, los cuales me apoyaron a lo largo de todo este sendero, gracias por todos esos buenos momentos, alegrías y recuerdos.

Angel Alejandro Robalino Moreno

## **DEDICATORIA**

A mi Dios por permitirme tener vida, salud y poder realizar uno más de mis propósitos

A mis padres Enrique Cepeda y Janeth Ordóñez, porque ellos son la motivación de mi vida, gracias por todo el sacrificio que hacen, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, pues todo lo que hoy soy es gracias a ellos.

A mis hermanos Geovanny y Karen, porque son la razón de sentirme tan orgullosa de cumplir mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mi

A toda mi familia, por el apoyo que siempre me brindaron día a día.

Morelia Elizabeth Cepeda Ordoñez

A Dios, por la vida, la salud y las múltiples oportunidades que me has dado, hoy gracias a ti puedo hacer realidad uno de mis sueños.

A mis padres Vinicio y Laura que son un apoyo fundamental en mi vida, gracias por todos los sacrificios, por su apoyo incondicional y por haber extendido su mano durante todas mis caídas a lo largo de este camino, les agradezco por todo y sé que siempre estarán ahí para mí.

A toda mi familia, amigos y amigas, por su apoyo constante, su cariño me ha permitido siempre seguir adelante.

Angel Alejandro Robalino Moreno

## INDICE

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA .....	iii
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
DEDICATORIA .....	vi
RESUMEN .....	1
SUMMARY OR ABSTRACT .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.2. Justificación .....	5
2. OBJETIVOS .....	6
2.1. Objetivo general .....	6
2.2. Objetivos específicos .....	6
3. MARCO TEÓRICO .....	7
3.1. Contaminación Atmosférica .....	7
3.2. La calidad del aire y la salud, según la OMS (Organización Mundial de la Salud).....	7
3.3. Fuentes de contaminación - Fijas o estacionarias .....	8
3.4. Contaminantes atmosféricos .....	8
3.5. Monóxido de carbono (CO) .....	8
3.6. Fuentes de exposición de CO.....	9
3.7. Valores Referenciales .....	10
3.7.1. CO en el ambiente según la OMS .....	10
3.8. Carboxihemoglobina.....	10
3.9. COHb según la OMS .....	11
3.10. Concentración de CO, %COHb y sintomatología. ....	11
3.11. Calidad del aire en Chambo.....	12
3.12. Higiene ocupacional .....	12
3.13. Descripción de la actividad ladrillera .....	13
3.14. Combustible utilizado para la elaboración de ladrillos.....	13

3.15.	Quema de leña .....	14
3.15.1.	Principales contaminantes producidos al quemar leña .....	14
3.16.	Descargas al medio ambiente en la actividad ladrillera.....	15
3.16.1.	Principales impactos .....	15
4.	METODOLOGÍA.....	16
4.1.	Tipo de Investigación.....	16
4.2.	Metodología de la investigación .....	16
4.2.1.	Búsqueda del Estado del Arte.....	17
4.2.2.	Determinación del dominio .....	18
4.2.3.	Selección de las ladrilleras a estudio .....	18
4.2.4.	Campaña Experimental.....	18
4.2.5.	Validación de datos .....	19
4.2.6.	Determinación de dispersión de CO.....	19
4.2.6.1.	Interpolación Kriging.....	19
4.2.7.	Encuestas .....	20
4.2.8.	Determinación de la concentración de carboxihemoglobina.....	20
5.	RESULTADOS Y DISCUSION .....	21
5.1.	Identificación del área de estudio .....	21
5.2.	Campaña Experimental.....	22
5.2.1.	Determinación de emisión de CO.....	22
5.3.	Validación de datos - Índice de Incertidumbre .....	24
5.4.	Determinación de dispersión de CO .....	25
5.5.	Determinación de Concentración de carboxihemoglobina.....	26
6.	CONCLUSIONES.....	29
7.	RECOMENDACIONES .....	30
8.	BIBLIOGRAFÍA .....	31
9.	ANEXOS.....	34
9.1.	Promedios de valores de emisión de monóxido de carbono obtenidos durante el mes de Enero del 2018 en la zona urbana del Cantón Chambo .....	34
9.2.	Modela de Encuestas .....	37
9.3.	Fotografías .....	38
9.3.1.	Identificación del Área de Estudio .....	38
9.3.2.	Medidor de emisión A QUAL 500.....	39

9.3.3. Medición de niveles de Monóxido de Carbono.....	39
9.3.4. Encuestas .....	40

### INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ladrilleras a monitorear dentro del área en estudio.....	21
<b>Figura 2.</b> Relación entre los valores obtenidos de emisión de CO frente al valor guía de la OMS.....	23
<b>Figura 3.</b> Modelo de emisión de CO .....	26
<b>Figura 4.</b> Concentración de COHb .....	28

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Límites de CO en el ambiente según la OMS .....	10
<b>Tabla 2.</b> Concentración de CO, %COHb y sintomatología.....	11
<b>Tabla 3.</b> Concentración de CO en ladrilleras del cantón Chambo.....	22
<b>Tabla 4.</b> Índice de Incertidumbre.....	24
<b>Tabla 5.</b> Determinación de la concentración de carboxihemoglobina.....	27

### INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen 1.</b> Etapas de la Actividad .....	13
<b>Imagen 2.</b> Etapas de la metodología de la investigación .....	17

### INDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1.</b> Concentración de Carboxihemoglobina.....	20
---	----



## RESUMEN

El incremento de emisiones de monóxido de carbono (CO) es considerado un grave problema de contaminación atmosférica a nivel mundial, a su vez en el país no existen investigaciones sobre el CO y como este produce un incremento en la concentración de carboxihemoglobina (COHb), generando así una preocupación en la población con respecto a su salud sobre todo aquellos que laboran en el sector ladrillero.

En el presente proyecto de investigación se monitoreo la emisión CO de diez ladrilleras estratégicas presentes en la zona urbana del cantón Chambo; los análisis se realizaron mediante la medición de CO de los hornos de cada ladrillera y la determinación de las concentraciones de COHb se lo realizo mediante la fórmula de Stewart en donde se aplicó encuestas para definir las variables en dicha ecuación.

Las mediciones se las realizo durante el mes de Enero del 2018, se registró un valor máximo de 17.92 ppm y un valor mínimo de 7.84 ppm para CO; en cuanto a la concentración de COHb se refiere la mayor concentración se encontró en el barrio Jesús del Gran Poder con un 17.47% COHb; los límites establecidos por la OMS para CO es de 8.7 ppm y para COHb es de 5%, en siete ladrilleras se superó el límite de CO con altas concentraciones, mientras que en nueve ladrilleras se superó los límites de concentración de carboxihemoglobina. Finalmente se generó una interpolación kriging utilizando los datos de emisión obtenidos y se los valido por medio del índice de incertidumbre.

**Palabras clave:** monóxido de carbono, A QUAL 500, interpolación, carboxihemoglobina.

## ABSTRACT

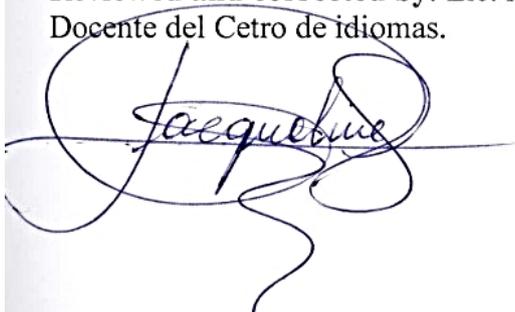
The increase in carbon monoxide (CO) emissions is considered a serious problem of air pollution worldwide. What is more, in the country, there is no research on CO, and how it produces an increase in the concentration of carboxyhemoglobin (COHb), thus generating a concern in the population with regard to their health, especially to those are working in the brick industry.

In the present research project, the CO emission of ten strategic brick kilns in the urban area of Chambo was monitored. The analysis was carried out by measuring the CO in the kilns of each brick kiln in order to determine the COHb concentrations by employing Stewart's formula. Also surveys were applied to define the variables in this equation.

The measurements were made during the month of January 2018, with a maximum value of 17.92 ppm and a minimum value of 7.84 ppm for CO; as far as the concentration of COHb is concerned, the highest concentration was found in the Jesús del Gran Poder neighborhood with a 17.47% COHb; OMS limits for CO are 8.7 ppm and 5% for COHb, seven brick kilns exceed the high concentration CO limit, meanwhile nine kilns exceed the carboxyhemoglobin concentration limit. Finally, a kriging interpolation was generated using the emission data obtained and validated by using the uncertainty index.

**Key Words:** carbon monoxide, A QUAL 500, interpolation, carboxyhemoglobin

**Reviewed and corrected by:** Lic. Armijos Jacqueline, MsC.  
Docente del Centro de idiomas.



## 1. INTRODUCCIÓN

El monóxido de carbono (CO) es un contaminante primario, siendo este el principal contaminante del aire y de lugares cercanos a procesos de combustión, es producido cuando la combustión se realiza en condiciones deficientes por lo que no se lleva a cabo la oxidación completa del carbono, debido a sus características (incolore e inodoro) es difícil detectarlo sin el instrumental adecuado. (Familiar, 2011)

Del Inventario de Emisiones realizado en la ciudad del Cusco, se identificaron que CO representa el 9.92% de contaminantes emitidos a la atmosfera, de éste contaminante las Ladrilleras y Tejerías emiten el 31.4%. (Contreras, Caceres, Huaracha, Gamarra, & Hanqui, 2017). Generalmente este gas se produce debido uso de combustibles en la etapa de cocción, entre los combustibles utilizados tenemos: hidrocarburos líquidos, carbón de piedra, biomasa (aserrín de madera, cáscara de café, ramas y leña de eucalipto, llantas y aceite usado). (Venegas, 2018)

En toda la zona urbana del cantón Chambo existen alrededor de 70 hornos artesanales para la elaboración de ladrillos. Los dueños de dichos hornos se agrupan en asociaciones a fin de alcanzar ciertos beneficios en la compra de materia prima como el aserrín, arena negra, la madera y costos o condiciones preferenciales en cuanto al transporte del producto. (Baquero, 2013)

La exposición a corto plazo a ciertos niveles de CO produce dolores de cabeza leves y dificultad para respirar. La exposición durante períodos más prolongados produce dolores de cabeza, náuseas, irritabilidad, aumento del ritmo respiratorio, dolor en el pecho, alteración del juicio y desvanecimientos. (ATSDR, 2009). En concentraciones elevadas afecta seriamente el metabolismo respiratorio dado a la alta afinidad de la hemoglobina con este compuesto, ya que al unirse se transforma a carboxihemoglobina lo cual no permite que la hemoglobina realice la función de transportar el oxígeno. (Espinoza, 2011)

Este proyecto determina la cantidad de emisión de CO producto de la elaboración de ladrillos, debido a que por su naturaleza es un contaminante atmosférico, y a ciertas concentraciones pueden provocar daños a la salud humana.

## 1.1.Planteamiento del problema

Una de las mayores actividades de subsistencia de la población de Chambo es la producción de ladrillo, esta actividad genera problemas ambientales y daños a la salud por las emisiones tóxicas de gases, olores que dificultan la respiración, y alteraciones del paisaje. Así, durante el proceso de cocción de ladrillos se utilizan como combustibles la madera misma que se convierte luego en la principal fuente de contaminación, ya que los hornos emiten grandes cantidades de gases generado por la combustión, estos contaminantes están compuestos por óxido de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de azufre, compuestos orgánicos totales, partículas en suspensión, compuestos orgánicos volátiles (Zuñiga, 2017). Estos tóxicos del aire emitidos por las empresas ladrilleras son particularmente preocupantes porque se desgravan muy lentamente, algo más, estas sustancias pueden permanecer en el. (Aguilar, 2015)

Si bien el ladrillo del cantón Chambo se ha convertido en un referente de calidad a nivel nacional, no obstante, su fabricación artesanal puede acarrear muchos problemas, uno de ellos la emisión de CO. Siendo este el más peligroso debido a que es producto de combustiones incompletas, a su vez si se presenta en altas concentraciones puede causar afectaciones que alteren el porcentaje de carboxihemoglobina.

Siendo la Carboxihemoglobina, la unión de un gas tóxico, el monóxido de carbono, con la hemoglobina, la proteína de la sangre que transporta el oxígeno. Cuando hay presencia de monóxido de carbono, mucho más afín a la hemoglobina que el oxígeno, ocupa los lugares que tendría que ocupar éste, desplazándolo en el transporte sanguíneo. “La carboxihemoglobina nos quita el oxígeno, que es una de nuestras moléculas de la vida. El no tener oxígeno implica una serie de situaciones negativas para el metabolismo de las células. (Fernández, 2015)

Se ha comprobado que una saturación de carboxihemoglobina por encima del 10% puede provocar efectos sobre la función psicomotora que se manifiesta con síntomas de cansancio, cefaleas y alteraciones de la coordinación. Por encima del 5% de saturación se producen cambios funcionales cardíacos y pulmonares y se aumenta el umbral visual. No se han encontrado pruebas que indiquen efectos significativos con una concentración de carboxihemoglobina inferior al 2%. (Sáez, 2017).

En nuestro país al revisar el estado del arte no se han realizado estudios sobre emisión de contaminantes de ladrilleras, solo se han producido estudios sobre deprecación para la producción de ladrillos o del mejoramiento de la calidad de los mismos.

### **1.2. Justificación**

El aire del cantón Chambo en los últimos años se ha visto afectado principalmente por la ubicación de distintas ladrilleras esparcidas en distintos puntos del cantón. (PDOT CHAMBO, 2014)

La situación se agrava por el proceso de la elaboración de los ladrillos ya que se lo realiza de forma artesanal sin tomar en cuenta las respectivas medidas técnicas de producción, además muchas de ellas no están en condiciones adecuadas de funcionamiento por lo que aumenta el grado de contaminación.

Las distintas ladrilleras del cantón se encuentran en constante funcionamiento, además de ello, los moradores en general transitan por estos lugares a diario; en el estudio se planteó determinar los niveles de CO, conociendo las concentraciones de emisión en las zonas aledañas a las ladrilleras de mayor producción y además se determinó posibles síntomas de enfermedades producto del aumento de niveles de carboxihemoglobina en la sangre, es un estudio importante porque nos permite determinar la emisión proveniente de las ladrilleras ubicadas en el cantón Chambo.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.Objetivo general**

- ✓ Determinar los niveles de CO de ladrilleras y su posible afectación a la formación de carboxihemoglobina en el Cantón Chambo

### **2.2.Objetivos específicos**

- ✓ Identificar el área de estudio dentro de la zona urbana
- ✓ Determinar las concentraciones de valores de emisión de CO de ladrilleras por medio del medidor de gases AEROQUAL
- ✓ Utilizar sistemas de Información Geográfica para la generación de una interpolación kriging del contaminante CO
- ✓ Realizar el cálculo de concentración de carboxihemoglobina en el cantón Chambo dentro del área en estudio, en base a información obtenida a través de encuestas.

### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. Contaminación Atmosférica**

Existen muchas definiciones de contaminación atmosférica. La Organización Mundial de la Salud (OMS) por ejemplo, establece que existe contaminación del aire cuando en su composición aparecen una o varias sustancias extrañas, en tales cantidades y durante tales periodos de tiempo, que pueden resultar nocivas para el hombre, los animales, las plantas o las tierras. (Ingesyma, 2012)

La contaminación ha existido siempre, ya que también se produce de forma natural (emisiones volcánicas, incendios forestales de origen natural, etc.), pero es la contaminación producida por el hombre la que tiene mayor importancia. (Ingesyma, 2012)

Es importante destacar que para el propósito del cálculo se toma en cuenta las emisiones de contaminantes resultantes de las distintas actividades económicas que realiza el ser humano. A pesar de que la metodología internacional propone la contabilización tanto de gases efecto invernadero como de gases criterio, en el caso ecuatoriano se ha decidido tomar en cuenta sólo los gases criterio que se encuentran en las capas atmosféricas más cercanas a la Tierra (tropósfera y estratósfera), dado que son los de mayor importancia en el análisis de contaminación atmosférica por las afecciones a la salud humana. (MAE, 2014)

#### **3.2. La calidad del aire y la salud, según la OMS (Organización Mundial de la Salud)**

Según la OMS la contaminación atmosférica constituye un riesgo ambiental para la salud, y se estima que causa alrededor de dos millones de muertes prematuras al año en todo el mundo; cuanto menor sea la contaminación atmosférica de una ciudad, mejor será la salud respiratoria (a corto y a largo plazo) y la cardiovascular de su población, se calcula que la contaminación del aire de interiores causa aproximadamente dos millones de muertes prematuras, la mayoría en los países en desarrollo, casi la mitad de esas muertes se deben a neumonía en menores de 5 años.

Se calcula que la contaminación atmosférica urbana causa en todo el mundo; al respecto la OMS dice; en el mundo 1,3 millones de muertes al año, que afectan de forma desproporcionada a quienes viven en países de ingresos medios. (Arias & Arias, 2014)

### **3.3.Fuentes de contaminación - Fijas o estacionarias**

Toda instalación en donde se desarrollan procesos industriales, de servicio, comerciales o toda aquella actividad que genera o podría generar emisiones contaminantes a la atmósfera. (Aguirre & Machado, 2015)

En el caso de la presente investigación el enfoque será únicamente a las fuentes fijas de contaminación atmosférica presentes en el Cantón Chambo, es decir, empresas o actividades que empleen hornos (fuente fija) para su producción, por donde emiten directamente los contaminantes a la atmósfera, produciendo alteraciones a la misma.

### **3.4.Contaminantes atmosféricos**

La niebla tóxica que flota por encima de las ciudades es la forma de contaminación del aire más común y evidente. No obstante, existen diferentes tipos de contaminación, visibles e invisibles, que contribuyen al calentamiento global. Por lo general, se considera contaminación del aire a cualquier sustancia, introducida en la atmósfera por las personas, que tenga un efecto perjudicial sobre los seres vivos y el medio ambiente. (Zapata, 2017)

Ahora bien, al entender claramente el tema de contaminación ambiental y los distintos contaminantes existentes, para su análisis se considera al monóxido de carbono (CO), Dióxido de Carbono (CO<sub>2</sub>), siendo estos los que presentan mayor relevancia a efectos ambientales, encontrándose dentro del listado de los gases de efecto invernadero. (Majdanik, Orowicz, Borowiak, & B, 2008)

### **3.5.Monóxido de carbono (CO)**

El monóxido de carbono (CO) es un gas inodoro, incoloro e insípido, ligeramente menos denso que el aire, constituido por un átomo de carbono y uno de oxígeno en su estructura molecular. (Heredia, 2014).

La principal fuente de actividad humana de CO es la combustión incompleta de combustibles como la gasolina, así como también la combustión incompleta de materia orgánica (hidrocarburos, madera, carbón o petróleo), así como también las chimeneas industriales, calefones, calderos, cocinas, estufas, calentadores a kerosene, etc.; son los causantes de las emisiones de CO. (Aguirre & Machado, 2015)

La formación del CO es generalmente el resultado de alguno de los siguientes procesos químicos:

- Combustión incompleta del carbono.
- Reacción a elevada temperatura entre el CO<sub>2</sub> y materiales que tienen carbono.

- Disociación del CO<sub>2</sub> a altas temperaturas.
- Oxidación atmosférica del metano (CH<sub>4</sub>) procedente de la fermentación anaerobio (sin aire) de la materia orgánica.
- Proceso de producción y degradación de la clorofila en las plantas. (IPARRAGUIRRE, 2016)

La emisión de CO puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. En concentraciones tóxicas penetra en el organismo por vía inhalatoria sin que la víctima se dé cuenta hasta que este cause síntomas clínicos (se le llama "el asesino silencioso"), la intoxicación por CO es frecuente y muchas veces grave, pudiendo llegar a ser letal o dejar secuelas irreversibles. Es decir, estamos ante un tóxico que mata, que deja secuelas, pero que tiene un tratamiento eficaz. (Durán, 2015)

El monóxido de carbono causa daño al reaccionar con la hemoglobina de la sangre, formando carboxihemoglobina (COHb). El CO se une a la hemoglobina aproximadamente 220 veces con mayor intensidad que el oxígeno, de modo que pequeñas cantidades significativas de la hemoglobina formen COHb. La hemoglobina combinada no puede desempeñar su función normal como es la de transportar oxígeno a la sangre (como oxihemoglobina, O<sub>2</sub>Hb), como la sangre presenta un déficit en el transporte de oxígeno en el organismo se ocasiona déficit de oxígeno en los tejidos produciéndose efectos negativos en las personas. (Rodríguez M. , 2009)

### **3.6.Fuentes de exposición de CO**

Entre las fuentes de producción exógena más importantes están:

- Gases emanados de escape de un motor de explosión (contienen hasta 7 % de CO), como consecuencia de la combustión incompleta de la gasolina o diésel.
- Combustión incompleta de productos que contengan carbono. Cualquier combustión con madera (leña), carbón, aceite, papel, gas, gasolina, parafina y otros derivados del petróleo en general.
- Procesos de combustión en hornilla, estufa, gas de calefacción, etc.
- Incendios, en general, también por combustión incompleta y explosiones.
- Humo de tabaco (3-6% de CO).
- Determinados procesos industriales como la Industria metalúrgica en la que se emplean hornos a altas temperaturas y calderas.
- Removedores de pintura con cloruro de metileno. (Heredia, 2014)

Las fuentes de exposición que han sido normalmente asociadas a diversos grados de intoxicación son: la combustión incompleta por aparatos de calefacción o de cocina, inadecuada ventilación, negligencia en mantención y uso de aparatos en pequeñas áreas. Los individuos más susceptibles corresponden a: embarazadas, niños pequeños. (Heredia, 2014)

### 3.7. Valores Referenciales

#### 3.7.1. CO en el ambiente según la OMS

La exposición a CO puede contribuir a la disminución del suministro de oxígeno en el torrente sanguíneo. Normalmente, la hemoglobina en la sangre transporta el oxígeno por el cuerpo. La afinidad de la hemoglobina con el CO es mayor que con el oxígeno, lo que da lugar a la formación de carboxihemoglobina (COHb). En presencia de CO en el aire, esta mayor afinidad causa escasez de oxígeno en la sangre. A continuación, se presenta los valores guía para CO recomendados por la OMS e indica los niveles de CO por encima de los cuales se han observado efectos en la salud, el factor de incertidumbre calculado por consenso científico y los valores guía para diferentes tiempos promedio de exposición. (Durán, 2015)

**Tabla 1.** Límites de CO en el ambiente según la OMS

<b>Efectos sobre la salud</b>	<b>Nivel de efecto observable (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Factor de incertidumbre</b>	<b>Valor Guía (ppm)</b>	<b>Tiempo promedio de exposición</b>
Nivel crítico de COHb <2,5 %	n.a.	n.a.	8,7	8 horas

**Fuente:** (EMOV, 2015)

### 3.8. Carboxihemoglobina

Hemoglobina en la que el monóxido de carbono (CO) ha desplazado al oxígeno. Si la cantidad de carboxihemoglobina es grande, el sujeto, por anoxia, puede perder el conocimiento e incluso producirle la muerte. (CUN, 2015)

Niveles relativamente bajos de concentración de COHb en la sangre pueden causar anomalías en el sistema nervioso central. (Majdanik, Orowicz, Borowiak, & B, 2008).

El monóxido de carbono, que por sus características fisicoquímicas es llamado “el asesino silencioso”, utiliza múltiples mecanismos de toxicidad que explican sus

potenciales efectos adversos en la salud humana. Entre ellos se encuentran los siguientes: Compite con el oxígeno y altera la curva de disociación de la hemoglobina. Una vez penetra al organismo, el monóxido de carbono se une a las enzimas del grupo Hem de la hemoglobina, desplazando al oxígeno de la misma. De esta manera se forma en la sangre un complejo que se denomina carboxihemoglobina. (Morales, 2016)

### 3.9.COHB según la OMS

Los niveles considerados inminentemente dañinos son de 1200 ppm de CO en adelante. Varios minutos de exposición a 1000 ppm (0.1%) pueden resultar en un 50 % de saturación de la carboxihemoglobina. (Durán, 2015)

A continuación, un cuadro donde se explica concentraciones de CO en el ambiente, el porcentaje de formación de COHb y los síntomas que ocasionan a esos niveles.

### 3.10. Concentración de CO, %COHb y sintomatología.

**Tabla 2.** Concentración de CO, %COHb y sintomatología.

Monóxido de carbono	de Carboxihemoglobina (%)	Síntomas
Menos de 35 ppm (cigarrillo)	5	Ninguno o cefalea leve
0,005% (50ppm)	10	Cefalea leve, disnea de grandes esfuerzos, vasodilatación cutánea.
0,01% (100ppm)	20	Cefalea pulsátil, disnea de moderados esfuerzos.
0,02% (200ppm)	30	Cefalea severa, irritabilidad, fatiga, visión borrosa.
0,03-0,05% (300-500ppm)	40-50	Cefalea, taquicardia, náuseas, confusión, letargia, colapso, respiración de Cheyne Stokes.
0,08-0,12% (800-1200ppm)	60-70	Coma, convulsiones, falla respiratoria, y cardíaca.
0,19% (1900ppm)	80	Muerte.

**Fuente:** (Gutierrez, 2009)

### **3.11. Calidad del aire en Chambo**

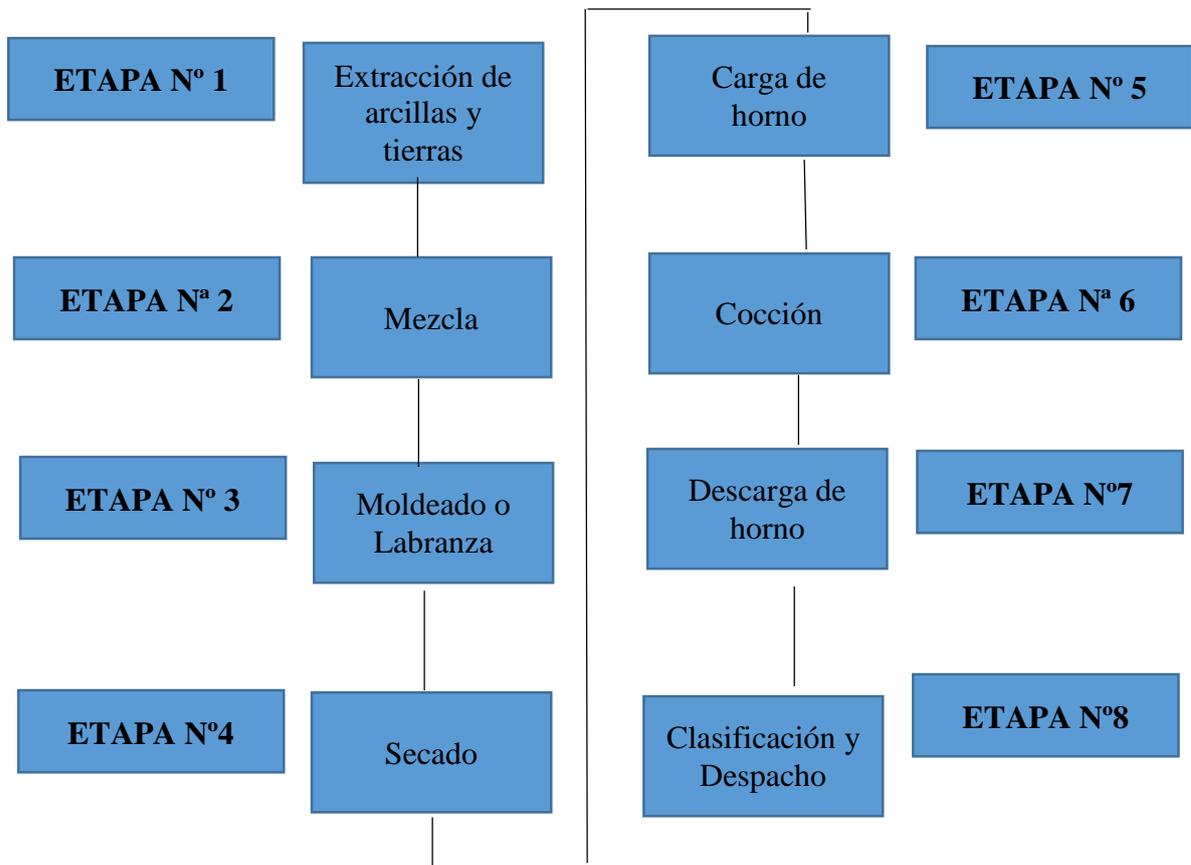
El aire del cantón Chambo se está contaminado mayormente en los últimos años, debido a la proliferación indiscriminada de fábricas de ladrillos, en el proceso de fabricación de ladrillo consta la etapa de cocción, la cual se lo realiza en grandes hornos con capacidad de 20.000 ladrillo o más, los cuales deben ser cocinados por algunos días, durante las 24 horas del día con la quema de leña de árboles de eucalipto, dicha cocción produce grandes emanaciones de gases que contaminan el aire. (PDOT CHAMBO, 2014)

### **3.12. Higiene ocupacional**

Se dedica a estudiar los efectos de los contaminantes sobre las personas expuestas, con el fin de determinar los valores de la concentración o cantidad de las sustancias químicas o agentes físicos contaminantes que pueden resultar peligrosos para generar daño para la salud. Su objeto es establecer los Valores Límites Permisibles, con los cuales se espera que casi todos los trabajadores puedan estar expuestos día tras día de manera repetitiva sin efectos adversos a la salud, así como de establecer y estandarizar los métodos de monitoreo o de toma de muestras o de prácticas analíticas. (Morales, 2016)

### 3.13. Descripción de la actividad ladrillera

Imagen 1. Etapas de la Actividad



Fuente: (Ministerio de Producción, 2010)

### 3.14. Combustible utilizado para la elaboración de ladrillos

En el proceso de elaboración del ladrillo intervienen una serie de materiales usados en el encendido del horno y posterior quema, es usual utilizar los materiales que se describen a continuación:

- **Llantas usadas.** Este material junto con los artículos de plástico son los más contaminantes de todos los usados como combustible puesto que su quema genera desde una elevada cantidad de partículas hasta humos altamente tóxicos de riesgo cancerígeno.
- **Artículos de plástico:** Junto con las llantas usadas son los materiales de más alta toxicidad.
- **Leña:** no existe material forestal exclusivo para el uso de combustible, pero no es limitante para su uso, algunas personas se dedican a buscar leña en los alrededores para venderla las ladrilleras

- **Aserrín y viruta de madera:** la viruta es utilizada como complemento para acelerar el encendido y avivar el fuego. Se adquieren en los aserraderos y depósitos de madera de la ciudad.
- **Petróleo diésel y petróleo residual:** Estos combustibles son de los más costosos y su uso requiere contar con instalación de mecanismos de inyección y tanques de almacenamiento que también son costosos. Difícilmente son elegibles para las ladrilleras artesanales.
- **Otros combustibles:** Eventualmente y casi siempre combinados con hidrocarburos líquidos se utilizan aceites lubricantes y aceites comestibles usados para aumentar el volumen de combustible disponible. Estos aceites pueden contener elementos cancerígenos. (Arias & Arias, 2014)

Los combustibles usados en el sector ladrillero luego de varias visitas a diferentes lugares se ha constatado que el combustible más usado para el encendido de los hornos y la continuación de la quema es la leña de *Eucalyptus globulus* por su facilidad de obtención, ya que esta es la más comercializada y despachada en las fábricas de manera directa. (Maza, 2011)

### 3.15. Quema de leña

Estar expuesto al humo de leña de manera ocasional puede causar sólo problemas menores y reversibles en la salud, estar expuesto de manera continua y diaria puede causar daños en la salud mucho más significativos. (CCE, 2016)

#### 3.15.1. Principales contaminantes producidos al quemar leña

Cuando se quema leña se producen compuestos que pueden causar una gran cantidad de malestares, entre ellos: irritación de ojos, nariz y garganta; dolores de cabeza; náuseas, y mareos. Algunos de estos compuestos son:

- **Materia particulada o partículas de materia (PM)**, partículas finas compuestas por contaminantes adheridos a pequeñísimos pedazos de cenizas y carbono.
- **Monóxido de carbono (CO)**, gas sin olor y sin color que reduce la habilidad de la sangre para transportar oxígeno. Es muy venenoso y en altas concentraciones puede causar la muerte.
- **Compuestos irritantes**, como la acroleína, que causa inflamación y reacciones alérgicas.

- **Hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP)**, que causan cáncer y que también están presentes en el humo del cigarrillo y en el hollín de las chimeneas.
- **Compuestos orgánicos volátiles, como el benceno que pueden causar cáncer.**
- **Dioxinas**, que son altamente carcinogénicas, se producen también al quemar leña. (CCE, 2016)

### **3.16. Descargas al medio ambiente en la actividad ladrillera**

#### **3.16.1. Principales impactos**

La actividad de fabricación de ladrillos genera impactos sobre la calidad del aire y sobre la morfología del terreno. En el primer caso debido principalmente a las emisiones de humos procedentes de los hornos en la etapa de cocción que causan efectos directos e indirectos sobre la salud humana, la flora, la fauna, los cuerpos de agua, y contribuyen al cambio climático global. En el segundo caso porque la explotación de las canteras produce excavaciones que no solamente afectan el paisaje sino también la estructura y configuración del terreno ocasionando deforestación, pérdida de la capa productiva del suelo, y erosión. (Siñami & Marcilla, 2012)

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1. Tipo de Investigación**

Esta investigación se realizó en Chambo debido a que en esta zona se encuentran gran cantidad de ladrilleras las cuales aún laboran de manera artesanal, a su vez muchos de sus trabajadores no cuentan con el equipo necesario de protección.

El tipo investigación que se realizó es de campo, porque se obtuvo información directamente del área de estudio y así se analizó las características de la emisión de los contaminantes de CO provenientes de ladrilleras mediante el cálculo de valores de emisión, para con estos generar simulaciones de emisión del contaminante atmosférico en la zona urbana del cantón Chambo.

Según el nivel de la investigación será de carácter descriptivo ya que pretende mencionar si la presencia de emisiones de CO tiene relación con el incremento de niveles de carboxihemoglobina.

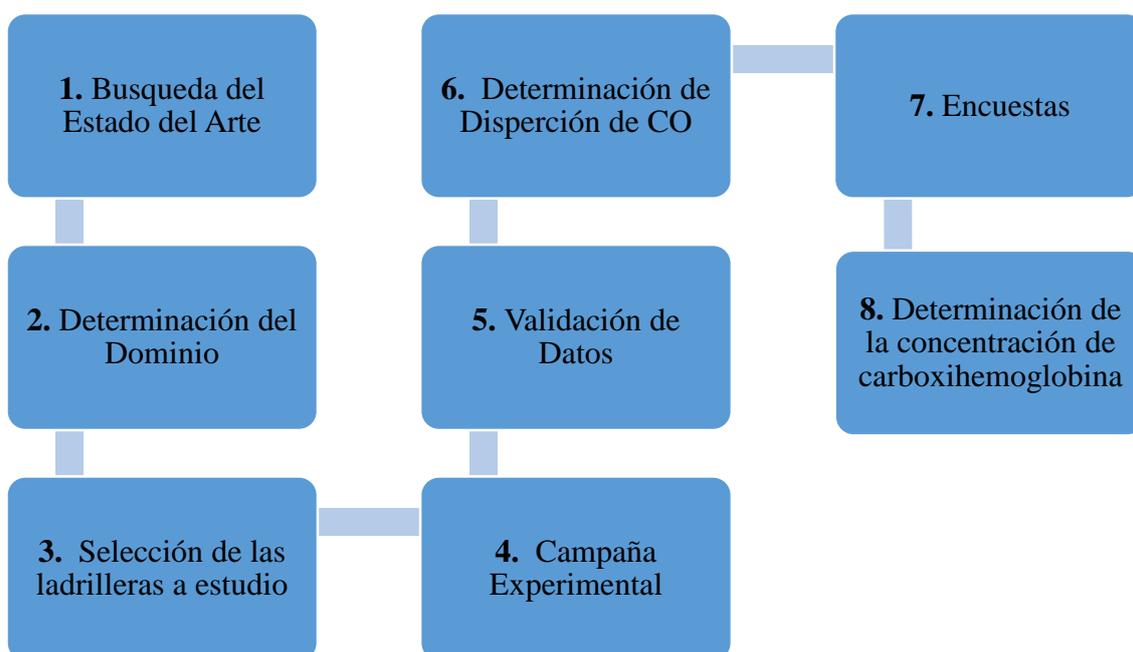
Para esta investigación se aplicó el método inductivo, ya que suele basarse en la observación y la experimentación de hechos y acciones concretas para así llegar a una resolución o conclusión general sobre estos, donde se generó información mediante la toma de datos y su análisis, lo que nos ayudó a determinar la cantidad de CO, así como también su posible relación con la carboxihemoglobina del sitio en estudio.

La técnica que se utilizó es la observación ya que permite identificar fenómenos, hechos, casos, acciones, situaciones, etc. que se desarrollan en las ladrilleras y sus zonas aledañas, con lo cual se obtendrá información necesaria para la investigación.

### **4.2. Metodología de la investigación**

Para el desarrollo de la investigación se consideró las siguientes fases metodológicas, las cuales se describen a continuación:

**Imagen 2.** Etapas de la metodología de la investigación



**Fuente:** Autores

#### **4.2.1. Búsqueda del Estado del Arte**

En esta fase se determinó la ubicación geográfica, identificación puntos para la posterior determinación de emisión de CO; mediante la técnica de observación e instrumentos de investigación como registro fotográfico y de observación, Software informático.

Se determinó realizar el presente estudio en el Cantón Chambo debido a que en los últimos años este se ha visto afectado el aire del mismo producto de la fabricación de ladrillos de forma artesanal.

El cantón Chambo está ubicado en la región Sierra, La altura promedio del cantón está por los 2780 msnm. La temperatura promedio es de 14 °C. y cuenta con un clima frío característico de las ciudades de esta zona. (Reinoso, 2015)

Las características del área son las siguientes:

1. La humedad relativa en la zona es de 70%.
2. La velocidad del viento es de 1.38 m/s.
3. Precipitación atmosférica de 500 - 1000 mm.
4. Presión atmosférica de 548.3 mmHg.

5. Geográficamente se encuentra en las coordenadas: (Latitud: 01° 48'' S, Longitud: 78° 37'' W). (Caiza, 2011)

#### **4.2.2. Determinación del dominio**

Durante la visita en campo realizada se logró identificar un valor de 70 ladrilleras esparcidas por toda la zona urbana del Chambo.

#### **4.2.3. Selección de las ladrilleras a estudio**

Debido a que el área en estudio es extensa ya que se trata de todo el cantón, hemos decidido realizar el estudio en las 10 ladrilleras que mayor producción tienen utilizando un muestreo por conveniencia.

#### **4.2.4. Campaña Experimental**

Para esta fase se utilizó el Comprobador de CO serie A QUAL 500 el mismo que nos ayudó a medir la emisión de estos contaminantes atmosféricos. Como se mencionó anteriormente en este caso de estudio se realizó las mediciones del contaminante en las 10 ladrilleras de mayor producción.

Los contaminantes emitidos en las etapas de almacenamiento, molienda, y conformado del ladrillo, son emisiones fugitivas por lo que no tienen forma de ser monitoreadas y por lo que el monitoreo se lo realizara en la fuente de emisión es decir en las cercanías de las chimeneas de los hornos donde se realiza la cocción del ladrillo. (Rodriguez C. , 2008)

Para el uso del comprobador de CO serie A QUAL 500 se debe seguir la siguiente metodología:

- Antes de la operación, el sensor debe ser calentado para quemar cualquier contaminante. Cuando el monitor se encienda por primera vez se va a calentar durante 3 minutos.
- Si la lectura parpadea durante los siguientes 7 minutos indican que el sensor se encuentra todavía en la fase de calentamiento.
- Para realizar las mediciones del o los contaminantes el equipo se debe ubicar a 1.5 m de altura sobre el suelo. (Lin, y otros, 2015)

- Se recomienda que el monitor se mantenga en modo stand by cuando no se utiliza para mantener el sensor calentado y prevenir la acumulación de contaminantes.
- El controlador no debe colocarse directamente en una corriente de CO.
- Para realizar mediciones se debe ubicar el equipo a distancia aproximada de 2 metros de la fuente de emisión.
- En caso de necesitar más tomas de emisión la frecuencia se establece en intervalos de 1 minuto
- Asegúrese de que el controlador está protegido contra las salpicaduras de agua excesiva, el polvo, la vibración, calor o frío excesivos altas concentraciones de ozono y oscilaciones excesivas de humedad.
- Una vez hecho lo mencionado anteriormente se inicia con la medición que dura 1 minuto por muestra, seleccione “Inicio” para iniciar el ciclo de medición. (AEROQUAL, 2013)

#### **4.2.5. Validación de datos**

Se utilizó el método estadístico conocido como índice de incertidumbre con el fin de validar los datos de emisión de CO obtenidos en campo.

#### **4.2.6. Determinación de dispersión de CO**

Para esta fase siendo una de las más importantes se utilizó los datos obtenidos de la medición de CO se realizó una interpolación kriging con el fin de determinar la concentración del contaminante de la zona en estudio.

##### **4.2.6.1. Interpolación Kriging**

Se utilizó la interpolación kriging ya que se basa en la distancia entre puntos, lo que significa que los lugares que disten menos entre sí, tendrán valores más semejantes de sus atributos que los correspondientes a los puntos o bloques que estén más separados, en contraste con los resultados que pueden ser obtenidos mediante el método de interpolación de Inverso a la distancia o IDW, el cual tiende a producir patrones poco

reales conocidos como tipo “ojo de buey” alrededor de los puntos muestreados. (Villaroto, Henriquez, & Sancho, 2008)

#### **4.2.7. Encuestas**

Se realizó encuestas a los trabajadores de las distintas ladrilleras mismas que nos sirvió de ayuda para el presente estudio

#### **4.2.8. Determinación de la concentración de carboxihemoglobina**

Finalmente, en esta fase para determinar la concentración de carboxihemoglobina resultante de la exposición a monóxido de carbono puede determinarse por medio de la siguiente ecuación:

**Ecuación 1.** Concentración de Carboxihemoglobina

$$\%COHb = (3.317 \times 10^{-5}) * (ppmCO^{1.036}) * RMV * t$$

En donde:

**ppmCO:** es la concentración de monóxido de carbono dada en partes por millón.

**RMV:** es el volumen de aire respirado por minuto y sus unidades son litros/minuto.

Para un adulto saludable en promedio es 50 l/min.

Con la letra **t** se designa el tiempo de exposición en minutos. (Barajas, 2016)

A su vez se realizó encuestas para definir el tiempo de exposición que tienen los trabajadores frente a los hornos y de igual forma determinar posibles síntomas asociados al incremento de carboxihemoglobina.

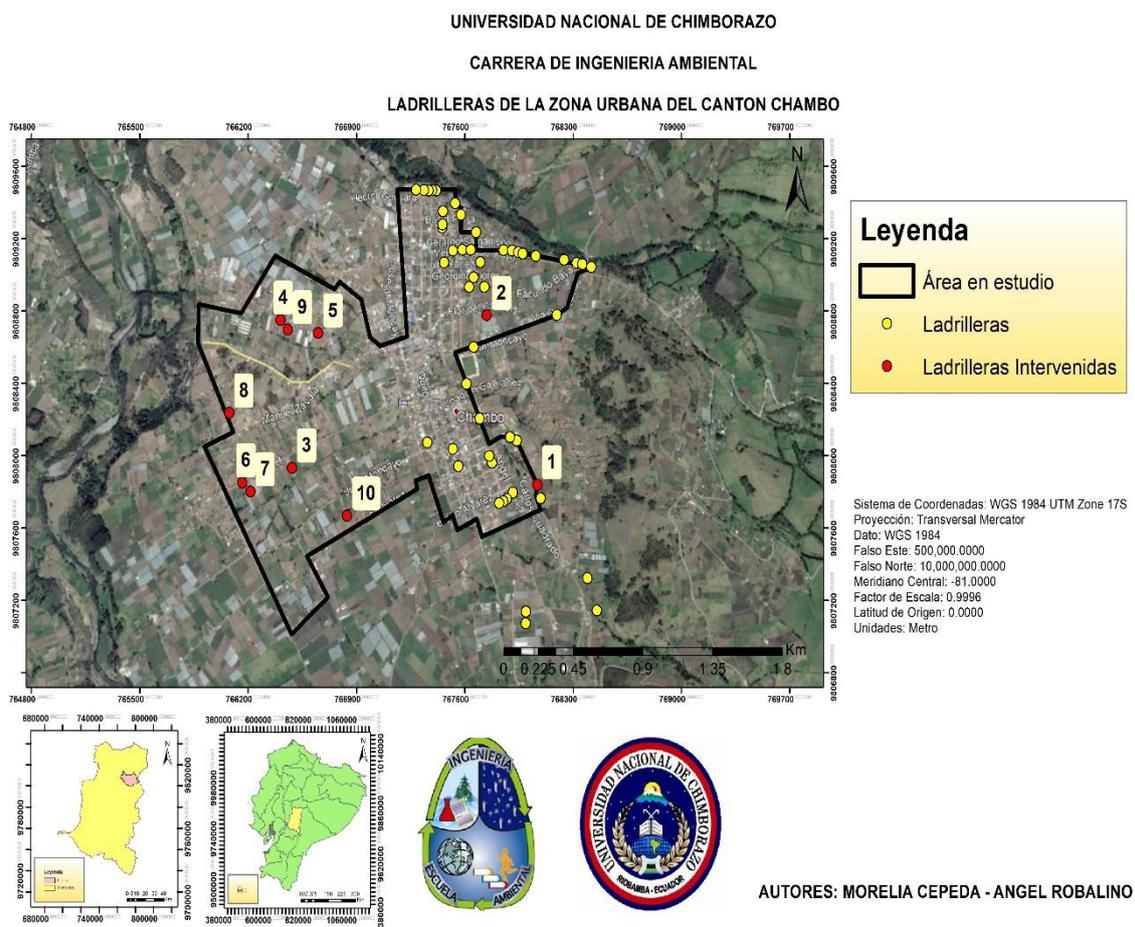
Como en los puntos anteriores se realizó una muestra por conveniencia de la población aledaña debido a la extensa cantidad de habitantes propios de la zona.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Identificación del área de estudio

Como se mencionó anteriormente se ha identificado 70 ladrilleras dentro de la zona urbana, para este caso de estudio se utilizó el muestreo por conveniencia el cual se lo define como un procedimiento de muestreo cuantitativo en el que el investigador selecciona a los participantes, ya que están dispuestos y disponibles para ser estudiados. (Creswell, 2008)

Por medio de este tipo de muestreo se identificó 10 ladrilleras las mismas que se encuentran esparcidas dentro del área en estudio y que se convirtieron en nuestros puntos de monitoreo.



**Figura 1.** Ladrilleras a monitorear dentro del área en estudio

**Fuente:** Autores

## 5.2.Campaña Experimental

### 5.2.1. Determinación de emisión de CO

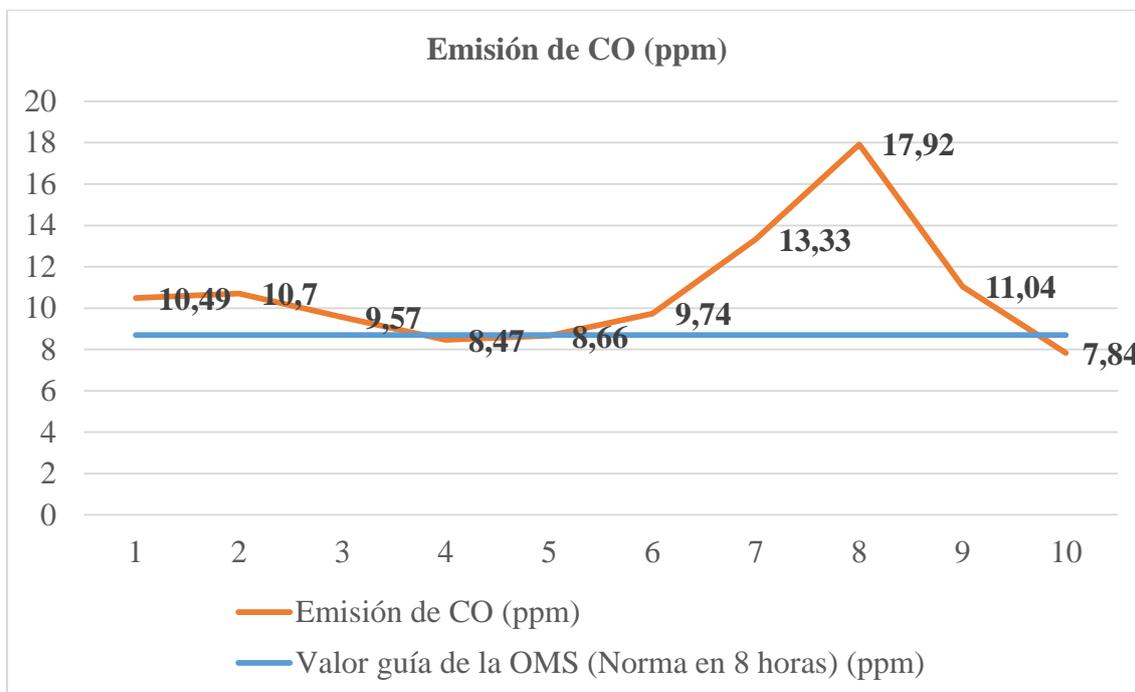
Los valores de emisión de CO determinados por el equipo A QUAL 500 en el periodo del mes de enero del 2018 de las diferentes ladrilleras se presentan en la siguiente tabla resumen respectivamente.

**Tabla 3.** Concentración de CO en ladrilleras del cantón Chambo

<b>Ladrillera</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Emisión de CO (ppm)</b>	<b>Valor guía de la OMS (Norma en 8 horas) (ppm)</b>
<b>1</b>	768069	9807839	10.49	8.7
<b>2</b>	767743	9808775	10.7	8.7
<b>3</b>	766484	9807932	9.57	8.7
<b>4</b>	766410	9808749	8.47	8.7
<b>5</b>	766654	9808677	8.66	8.7
<b>6</b>	766163	9807851	9.74	8.7
<b>7</b>	766216	9807801	13.33	8.7
<b>8</b>	766079	9808235	17.92	8.7
<b>9</b>	766457	9808696	11.04	8.7
<b>10</b>	766839	9807667	7.84	8.7

**Fuente:** Autores

Las zonas seleccionadas según lo anterior fueron porque estas se encuentran con mayor número de ladrilleras y se ubican en la zona urbana de Chambo, también cabe recalcar que las mediciones se realizaron por 5 horas continuas en donde se verifico que no existían variabilidades entre los valores obtenidos en cada ladrillera por lo que se los puede comparar con la norma establecida por la OMS.



**Figura 2.** Relación entre los valores obtenidos de emisión de CO frente al valor guía de la OMS.

**Fuente:** Autores

Las concentraciones obtenidas de monóxido de carbono ambiental en estos 10 puntos y mediante su comparación con la tabla 1, se pudo verificar que 7 ladrilleras sobrepasan con los límites establecidos por la Organización Mundial de la salud (Norma 8 horas) (ppm) que es 8.7 ppm” en concordancia a los niveles señalados.

Los promedios de concentración del CO para cada zona de estudio fueron:

10.49 ppm en el punto 1; 10.7 ppm en el punto 2; 9,57 ppm en el punto 3; 8.47 ppm en el punto 4; 8.66 ppm en el punto 5; 9.74 ppm en el punto 6; 13.33 ppm en el punto 7; 17.92 ppm en el punto 8; 11,04 ppm en el punto 9; 7.84 ppm en el punto 10. Estos resultados son evidentemente mayores a los considerados permisibles por la OMS a

excepción de los puntos 4, 5 y 10 que son menores al límite permisible y es probable que los valores observados debieran analizarse teniendo en cuenta otras variables tales como la altura sobre el nivel del mar, condiciones meteorológicas, etc.

### 5.3. Validación de datos - Índice de Incertidumbre

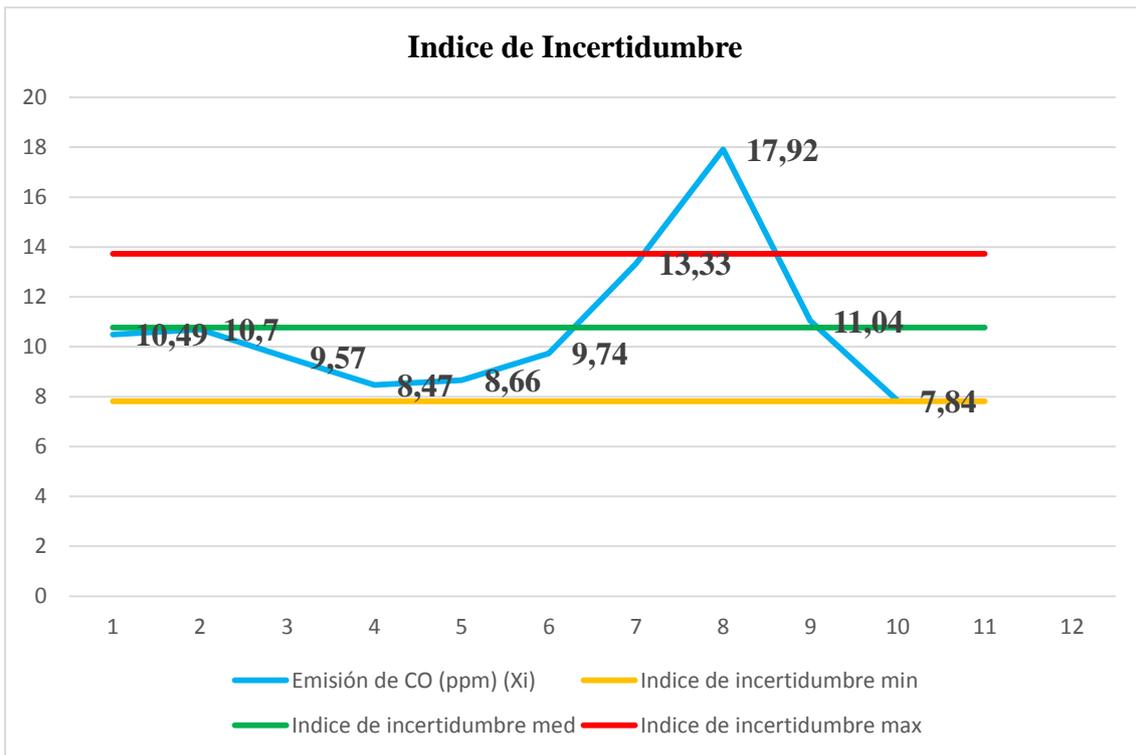
Esta etapa se realizó con el fin de validar los datos de emisión de CO obtenidos en campo, durante todo el mes de Enero del 2018.

**Tabla 4.** Índice de Incertidumbre

Ladrilleras	Emisión de CO (ppm) (Xi)	X	Xi-X	Xi-X <sup>2</sup>	$\Sigma(Xi-X^2)/n-1$	Índice de incertidumbre	Índice de incertidumbre min	Índice de incertidumbre med	Índice de incertidumbre máx.
1	10.49	10.78	-0.29	0.08			7.82	10.78	13.73
2	10.7	10.78	-0.08	0.01			7.82	10.78	13.73
3	9.57	10.78	-1.21	1.45			7.82	10.78	13.73
4	8.47	10.78	-2.31	5.32			7.82	10.78	13.73
5	8.66	10.78	-2.12	4.48	8.74	2.96	7.82	10.78	13.73
6	9.74	10.78	-1.04	1.07			7.82	10.78	13.73
7	13.33	10.78	2.55	6.52			7.82	10.78	13.73
8	17.92	10.78	7.14	51.04			7.82	10.78	13.73
9	11.04	10.78	0.26	0.07			7.82	10.78	13.73
10	7.84	10.78	-2.94	8.62			7.82	10.78	13.73
<b>SUMA</b>	107.76		<b>SUM A</b>	78.66			7.82	10.78	13.73
<b>PROMEDIO</b>	10.78								
<b>DESVESTA</b>	2.96								

**Fuente:** Autores

Entonces la medida correcta de este grupo de datos es:  $10.78 \pm 2.96$ , lo que significa que nuestros datos son válidos ya que se encuentran tanto dentro de los límites de incertidumbre. Para fundamentar esto último se lo puede realizar por medio de la siguiente gráfica:



**Figura 3.** Índice de Incertidumbre

**Fuente:** Autores

Por medio de la siguiente grafica se indica que los datos obtenidos durante el monitoreo son válidos ya que se encuentran dentro de los limites tanto máximos como mínimos de incertidumbre, a excepción del dato de la ladrillera ocho esto debido a que en la misma se encontró mayores valores de emisión a diferencia de las otras, esto se debe a que en este punto se cuenta con un horno de mayor capacidad de producción.

#### **5.4.Determinación de dispersión de CO**

Con los datos obtenidos de CO durante el monitoreo se procede a realizar la interpolación de los mismos mediante sistemas de información geográfica, logrando el siguiente modelo de dispersión del contaminante.

MODELO DE EMISION DE CO

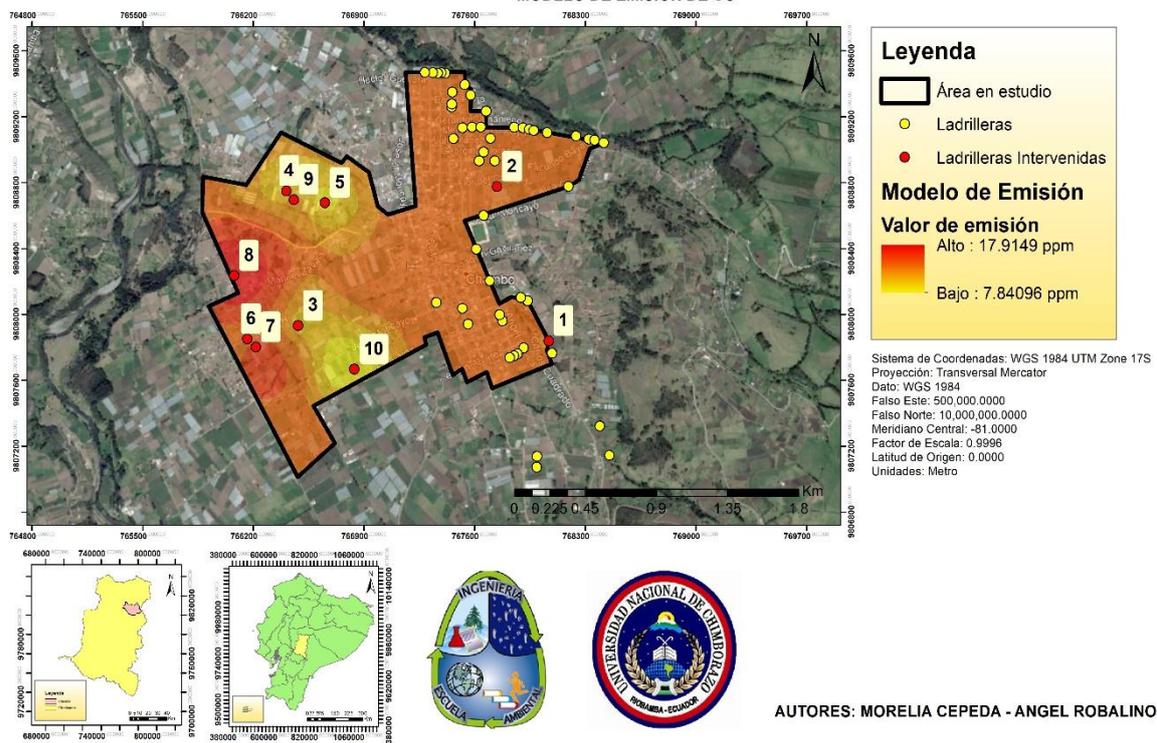


Figura 4. Modelo de emisión de CO

Fuente: Autores

En la zona urbana del cantón Chambo se realizó el modelo de dispersión para los valores de monóxido de carbono, debido a la cantidad de producción de los hornos artesanales, los puntos mayores de concentración se encuentran al este del área en estudio, siendo en el barrio denominado Jesús del Gran Poder, el punto de mayor concentración de 17.9149 ppm.

### 5.5. Determinación de Concentración de carboxihemoglobina

Con los valores obtenidos durante el muestreo se procede a determinar la concentración de carboxihemoglobina resultante de la exposición a monóxido de carbono presente en los habitantes de la zona urbana del cantón Chambo.

**Tabla 5.** Determinación de la concentración de carboxihemoglobina

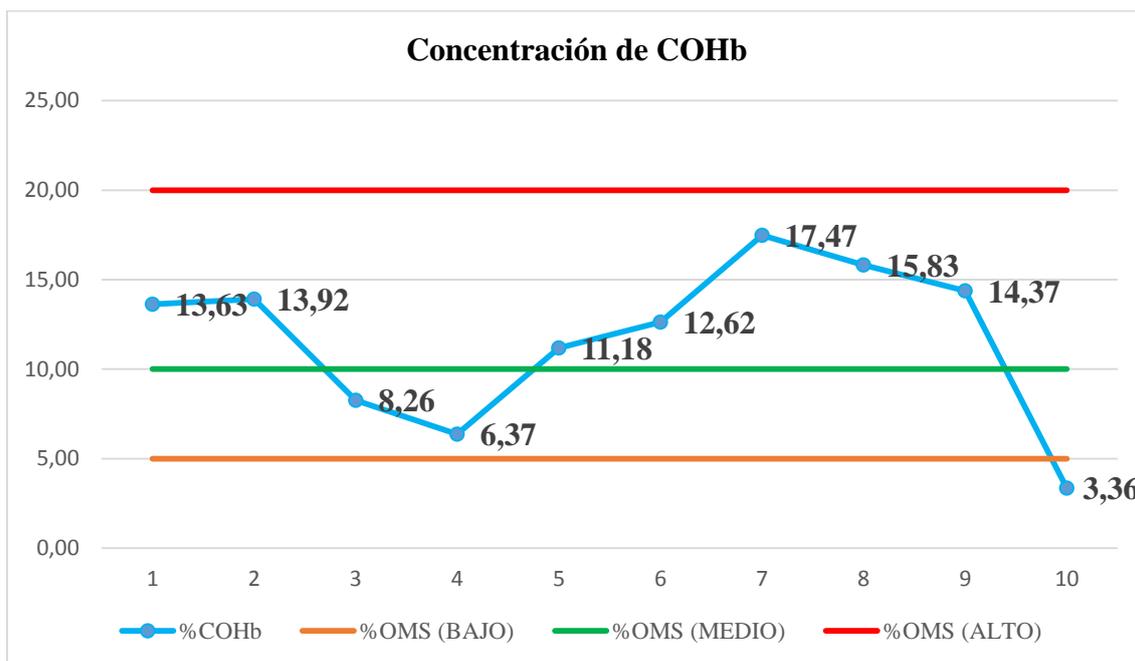
<b>Ladrillera</b>	<b>Emisión de CO (ppm)</b>	<b>Tiempo de Exposición</b>	<b>%COHb</b>	<b>%OMS (BAJO)</b>	<b>%OMS (MEDIO)</b>	<b>%OMS (ALTO)</b>
<b>1</b>	10.49	720	13.63	5	10	20
<b>2</b>	10.7	720	13.92	5	10	20
<b>3</b>	9.57	480	8.26	5	10	20
<b>4</b>	8.47	420	6.37	5	10	20
<b>5</b>	8.66	720	11.18	5	10	20
<b>6</b>	9.74	720	12.62	5	10	20
<b>7</b>	13.33	720	17.47	5	10	20
<b>8</b>	17.92	480	15.83	5	10	20
<b>9</b>	11.04	720	14.37	5	10	20
<b>10</b>	7.84	240	3.36	5	10	20

**Fuente:** Autores

En base a la concentración de carboxihemoglobina obtenida y comparándola con los valores existentes en la tabla 2 determinamos que los niveles COHb se encuentran dentro de los niveles de 3 a 20, lo cual significa que los síntomas que pueden tener los pobladores de esta zona son: cefalea leve, disnea de grandes esfuerzos y vasodilatación cutánea.

Para complementar la afirmación anterior según el PDOT del cantón una de las principales enfermedades que se presentan en la zona son las infecciones de vías respiratorias producto de las ladrilleras. (Velez, 2012)

En base a las encuestas realizadas los pobladores que pueden presentar estos síntomas cuentan con una edad de entre los 20 a los 60 años, los momentos clave donde se produce el incremento de la concentración de carboxihemoglobina es durante la recarga de leña la misma que se produce 8 a 24 veces durante todo el proceso y también durante el día final de cocción de ladrillos, esto debido a que en ese momento se puede evidenciar la mayor cantidad de gases provenientes del horno según los habitantes de esta área y por nuestra observación durante las visitas en campo.



**Figura 5.**Concentración de COHb

**Fuente:** Autores

Las concentraciones de carboxihemoglobina existentes en los trabajadores de las 10 ladrilleras en estudio, se encuentran en su mayoría fuera de límites permisibles establecidos por la OMS es decir el mayores al 5%, aunque cabe recalcar que si bien los ciudadanos pueden presentar síntomas como los anteriormente mencionados producto de encontrarse en el rango de concentración de entre 5% a 20% , no representan un grave riesgo para su salud, pero aun así es recomendable que los mismos utilicen equipos de protección personal durante sus actividades diarias, con el fin de evitar futuros inconvenientes con su salud.

## 6. CONCLUSIONES

- Por medio de la visita en campo se determinó que el área en estudio fue la zona urbana del cantón Chambo esto debido a que en este lugar se pudo evidenciar gran número de ladrilleras las mismas que se encuentran ubicadas aledañas a sectores residenciales.
- Para el análisis de emisión de monóxido de carbono se realizó el monitoreo durante el mes de enero a diez ladrilleras, observando que solo tres son las que no superan las concentraciones de monóxido de carbono ambiental con 8.47 ppm, 8.66 ppm y 7.84 ppm, mientras que los siete restantes superan el límite establecido por la OMS el cual es 8.7 ppm.
- Por medio de la interpolación kriging se identificó al barrio denominado Jesús del Gran Poder como el área con mayor afectación debido a que en esta zona se ubican un gran número de ladrilleras, las mismas que se encuentran a distancias cercanas entre sí, el valor más alto de CO que se registró en este lugar fue de 17.92 ppm el cual se encuentra muy por encima del límite establecido por la OMS de 8.7 ppm.
- Una vez determinadas las concentraciones de Carboxihemoglobina (COHb) por medio de la fórmula de Stewart y fundamentada en base a las encuestas realizadas a los dueños de las ladrilleras, se identificó que estos los valores superan los índices considerados como normales según la OMS (5%), complementado esto, existen valores de 17.47% de COHb por lo que se la considera como una intoxicación de CO leve lo cual significa que los síntomas que pueden tener los pobladores son: Cefalea leve, disnea de grandes esfuerzos, vasodilatación cutánea.
- La leña como combustible emite varios gases los cuales son altamente tóxicos para la salud de toda la población del sector ladrillero, lo cual conlleva a que se produzcan enfermedades de tipo respiratorio que en ocasiones de manera oportuna pueden ser tratadas, pero cuando los ciudadanos se acercan a un centro de salud cuando la enfermedad ha llegado a etapas críticas pueden producirse problemas de tuberculosis. Otra de las enfermedades común en la zona, es la artritis que afecta en edades avanzadas, ya que el trabajo en el proceso de batido lo hacen descalzos.

- Este proyecto sirvió de paso para ayudar a elegir el dominio para los estudiantes de Vinculación de la Carrera de Ingeniería Ambiental misma que realizaran una validación de datos con los que nosotros obtuvimos

## **7. RECOMENDACIONES**

- Es importante se realice las mediciones de CO en diferentes épocas del año y con diferentes equipos para determinar si existe variabilidad en la concentración del contaminante
- Es necesario llevar a cabo seguimiento de los niveles de concentración de los contaminantes en este cantón, utilizando una muestra mayor que la utilizada en el presente proyecto e identificado otras fuentes de generación de los mismo, para conocer cuál es el grado de afectación de calidad de aire en Chambo,
- Finalmente es importante recomendar se realice también un seguimiento de la concentración de carboxihemoglobina en las personas por medio de tomas de sangre.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

AEROQUAL. (2013). *User guide*. Madrid.

Aguilar, G. (2015). *Efectos en la salud de la población en el área de influencia de la ladrillera Santa Rita del Distrito de Calana-Tacna*. Tacna-Perú: Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann-Tacna.

Arias, L., & Arias, I. (2014). *Producción artesanal de ladrillo en Coronado Municipio de Palmira (Valle del Cauca), relacionado con la contaminación atmosférica y su posible impacto con la salud de las personas de la comuna 1*. Colombia: Universidad de Manizales.

ATSDR. (2009). *Curso de toxicología para comunidades*. Atlanta: Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades.

Baquero, J. (2013). *La depredación ambiental por la industria del ladrillo en el cantón Chambo de la provincia de Chimborazo*. Riobamba: IPSUM.

Barajas, Ó. (2016). *Consideraciones de seguridad con monóxido de carbono – CO*. Riad: Loss Prevention Department.

Caiza, E. (2011). *Estudio dendrológico y fenológico de cinco especies nativas en el bosque leonan de llucud del canton chambo, provincia de Chimborazo*. Riobamba: Escuela superior politécnica de Chimborazo.

CCE. (2016). *Cuánto más sabes sobre quemar leña. Ecoronel*.

Contreras, A., Caceres, A., Huaracha, H., Gamarra, B., & Hanqui, L. (2017). *Informe Preliminar de la Evaluación del Impacto Ambiental generado por los productores de la Teja del centro poblado de Piñipampa del Distrito Andahuaylillas Cusco*. Cusco: Universidad Andina de Cusco.

Creswell, J. W. (2008). *Diseño de investigación. Aproximaciones Cuantitativas y Cualitativas*. Nebraska.

CUN. (2015). *Diccionario Médico*. Navarra: Clínica Universidad de Navarra .

Deleg, N. (2010). *Definición de un proceso de producción semi-industrial de ladrillos en la parroquia Susudel*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Durán, V. (2015). *Determinación de carboxihemoglobina al inicio y final de jornada laboral en trabajadores de estaciones de servicio-gasolineras de la zona sur-oeste de la ciudad de Cuenca*. Cuenca: Universidad de Cuenca.

Espinoza, A. (2011). *Contaminación Ambiental*. Sonoroa: USON.

- Familiar, C. (2011). *Inyección de hidrógeno como potencial mejora de los motores actuales*. Barcelona: Facultad de Nautica de Barcelona.
- Fernández, R. (2015). Carboxihemoglobina (COHb): un peligroso intruso al que se puede evitar. *Farmacosalud*.
- Franz, L. (2015). *Crear un mapa de viento en ArcGIS*. Loja: ArgGeek.
- Green, J., & Sánchez, S. (2013). *La Calidad del Aire en América Latina: Una Visión Panorámica*. Clean Air Institute. Washington D.C.
- Gutierrez, M. (2009). *Intoxicación por Monóxido de Carbono*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Heredia, G. (2014). *Evaluación de la exposición al monóxido de carbono en habitantes de la ciudad de Azogues*. Cuenca: Universidad estatal de Cuenca.
- IPARRAGUIRRE, A. (2016). *Formulacion de propuesta de lavado de gases de combustion en las emisiones de las chimeneas de la ciudad de Trujillo, Peru*. Universidad nacional de Trujillo: Trujillo-Perú.
- Lin, C., Gillespie, J., Schuder, M., Duberstein, W., Beverland, J., & Heal, M. (2015). *Evaluation and calibration of Aeroqual series 500 portable gas sensors for accurate measurement of ambient ozone and nitrogen dioxide*. Edinburgh: Atmospheric Environment 100.
- MAE . (2017). *Texto Unificado de Legislación Secundaria de Medio Ambiente*. Quito: Ministerio del Ambiente Ecuatoriano.
- MAE. (2014). *Sistema de Contabilidad Nacional Ambiental -Cuenta de Emisiones al Aire*. Quito.
- Majdanik, S., Orowicz, W., Borowiak, K., & B, P.-B. (2008). *Carbon monoxide as an external cause of fatality*. Ann Acad Med Stetin.
- Maza, M. (2011). *Producción más limpia para ladrilleras en la parroquia Sinincay*. Cuenca: Universidad de Azuay.
- Ministerio de Producción. (2010). *Guia de buenas practicas para ladrilleras artesanales*. Perú.
- Morales, E. (2016). *Procedimiento de Ingreso Seguro para la Intervención en las Celdas de Secado Planta Soacha 2*. Soacha: Corporación Universitaria Minuto de Dios – Virtual a distancia.
- PDOT CHAMBO. (2014). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Chambo*. Chambo.

- Pin, J. A. (2015). *Simulación de sensores atmosféricos mediante la plataforma de labview sobre el comportamiento de contaminantes gaseosos en el sector noroeste de la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Reinoso, R. (2015). *Manual de Geografía Turística Histórica, Antropológica y Ecológica de la Región Interandina del Ecuador*. Quito: Runayupay.
- Rodriguez, C. (2008). *Inventario de emisiones atmosféricas de fuentes fijas en la industria ladrillera de gran escala en el área metropolitana de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad industrial de Santander.
- Rodriguez, M. (2009). *Guía de buenas prácticas ambientales para ladrilleras artesanales*. Peru.
- Sáez, E. (2017). *Análisis de la calidad del aire interior en función de la tipología de ventilación. Aplicación al prototipo E3 (Edificación Eco Eficiente) DE LA UPV*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Siñami, S., & Marcilla, B. (2012). *Problemática ambiental producida por las ladrilleras*. .
- Tulσμα. (2013). *Gestión Ambiental: Norma de calidad del Aire ambiente. (L. V.-D. ESPOL, Productor)*. Ecuador.
- Velez, C. (2012). *Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1: 25000*. Quito: SNI.
- Venegas, A. (2018). *Evaluación de la energía contenida, emisiones de co2 y material particulado en la fabricación del ladrillo semi-mecanizado tochano en Cuenca, a través del análisis de ciclo de vida (acv)*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Villaroto, M., Henriquez, C., & Sancho, F. (2008). *Comparación de los interpoladores IDW y Kriging en la variación espacial de PH, CA, CICE y P del Suelo*. Costa Rica: Agronomía Costarricense.
- Zapata, M. J. (2017). *Determinación de los contaminantes en fuentes móviles producto de la combustión del parque automotor a diésel en el casco urbano de la ciudad de Latacunga, parroquia San Buenaventura*". Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Zuñiga, K. (2017). *Modelamiento de Gases - Ladrilleras*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín.

## 9. ANEXOS

### 9.1. Promedios de valores de emisión de monóxido de carbono obtenidos durante el mes de Enero del 2018 en la zona urbana del Cantón Chambo

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 1</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
768378	9805007	9,52
768378	9805007	9,8
768378	9805007	12,15
	<b>PROMEDIO</b>	10,49

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 2</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766789	980870	8,48
766789	980870	11,57
766789	980870	12,06
	<b>PROMEDIO</b>	10,70

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 3</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766484	9807932	8,66
766484	9807932	13,81
766484	9807932	6,25
	<b>PROMEDIO</b>	9,57

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 4</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766410	9808749	7,28
766410	9808749	4,77
766410	9808749	6,76
766410	9808749	15,08
	<b>PROMEDIO</b>	8,47

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 5</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766654	9808677	7,89
766654	9808677	7,24
766654	9808677	9,73
766654	9808677	9,78
<b>PROMEDIO</b>		8,66

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 6</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766163	9807851	7,33
766163	9807851	8,21
766163	9807851	13,05
766163	9807851	10,38
<b>PROMEDIO</b>		9,74

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 7</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766216	9807801	7,37
766216	9807801	6,22
766216	9807801	21,22
766216	9807801	25,15
766216	9807801	6,67
<b>PROMEDIO</b>		13,33

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 8</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766079	9808235	17,85
766079	9808235	18,11
766079	9808235	17,85
<b>PROMEDIO</b>		17,94

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 9</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766457	9808696	11,32
766457	9808696	9,28
766457	9808696	12,52
	<b>PROMEDIO</b>	11,04

<b>MEDICION NIVEL DE CO EN LAS LADRILLERAS</b>		
<b>LADRILLERA Nº 10</b>		
<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>MAX</b>
766839	9807667	7,16
766839	9807667	7,44
766839	9807667	9,27
766839	9807667	7,47
	<b>PROMEDIO</b>	7,84

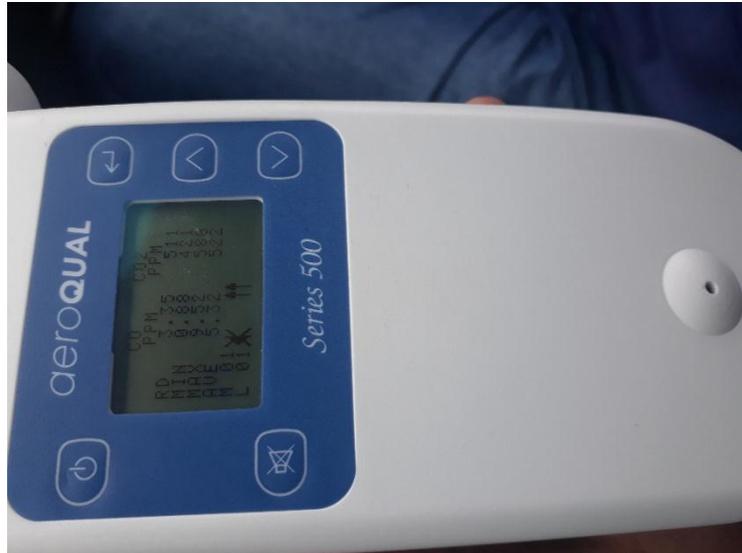


### 9.3.Fotografías

#### 9.3.1. Identificación del Área de Estudio



### 9.3.2. Medidor de emisión A QUAL 500



### 9.3.3. Medición de niveles de Monóxido de Carbono



### 9.3.4. Encuestas

