

**Tipos de contaminantes atmosféricos asociados a la fabricación de ladrillos artesanales en  
Colombia**

**Jairciño Páez Claro**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD**  
**Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente**

**Tecnología en saneamiento ambiental**

**Cúcuta, Colombia**

**2020**

**Tipos de contaminantes atmosféricos asociados a la fabricación de ladrillos artesanales en  
Colombia**

**Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de:  
Tecnólogo en saneamiento ambiental**

**Presentado por:  
Jairciño Páez Claro**

**Dirigido por:  
msc. William James Tandioy Bravo**

**Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD  
Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente  
Tecnología en saneamiento ambiental  
Cúcuta, Colombia**

**2020**

## Resumen

El acelerado crecimiento urbano en las diferentes poblaciones a nivel mundial ha ido de la mano también, con el crecimiento de otras industrias como lo es la ladrillera, debido a que hay una creciente demanda de productos para la construcción. No obstante, aunque esta actividad representa un importante papel dentro del sector económico, trae también consecuencias nefastas sobre el medio ambiente, afectando no solo el aire, sino el suelo, la fauna, la flora y los seres humanos que habitan en el entorno. Por medio de esta investigación, se busca identificar cuáles son los tipos de contaminantes y los impactos ambientales que se generan en la fabricación de ladrillos artesanales en Colombia y a su vez, reconocer la normatividad ambiental establecida para esa actividad, con el fin de conocer los límites permisibles de contaminantes atmosféricos a nivel nacional. Por otro lado, se establece de manera precisa, cuáles son los impactos generados sobre los recursos ambientales, como resultado de los gases tóxicos que se originan en los hornos artesanales de fabricación de ladrillos, y, finalmente, a través de dos investigaciones llevadas a cabo en dos empresas diferentes de fabricación de ladrillo en el país, se busca determinar el grado de afectación de esta actividad, sobre los elementos ambientales de su entorno.

**Palabras clave:** Impacto ambiental, gases tóxicos, fabricación de ladrillo, hornos artesanales.

## **Abstract**

Accelerated urban growth in different populations worldwide, has also gone hand in hand with the growth of other industries such as the brick one because there is a growing demand for construction products. However, although this activity represents an important role within the economic sector, it has also carried dire consequences on the environment, affecting not only the air, but also the soil, fauna, flora and human beings that inhabit the environment. Through this research, we sought to identify the environmental impacts generated in the manufacture of artisanal bricks in Colombia and moreover, recognize the environmental laws established in this regard, in order to know the permissible limits of atmospheric pollutants at the national level. On the other hand, it was precisely established the impacts caused on environmental resources, due of the toxic gases brought about by the artisanal brick-making furnaces, finally, through two investigations carried out in two different brick manufacturing companies in the country, we sought to determine the negative impact level on the environmental elements of its surroundings.

**Keywords:** Environmental impact, toxic gases, brick manufacturing, artisanal ovens.

## Tabla de contenido

Planteamiento del problema	12
1.1 Objetivos	15
1.1.1 Objetivo general	15
1.1.2 Objetivos específicos	15
Justificación	16
Marco de referencia	19
2.1 Antecedentes	19
2.2 Emisiones Atmosféricas por fabricación de ladrillos	21
2.3 Tipos de tecnologías en la fabricación de ladrillos	23
2.3.1 Hornos intermitentes	23
2.3.2 Hornos continuos	26
2.4 Tipos de contaminantes asociados a la producción de ladrillo	28
2.4.1 Material particulado (MP)	30
2.4.2 Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	32
2.4.3 Óxidos de azufre (SO <sub>x</sub> )	33
2.4.4 Monóxido de carbono (CO)	34
2.4.5 Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	35
2.5 Impactos ambientales	39

2.5.1 Definición de impacto ambiental	39
2.5.2 Impactos ambientales asociados a la fabricación de ladrillo	39
2.5.2.1 Impacto sobre el aire	40
2.5.2.2 Impacto sobre el suelo	42
2.5.2.3 Impacto sobre especies vegetales y animales	44
2.5.2.4 Impacto sobre el clima	45
2.5.2.5 Impacto sobre el recurso hídrico	46
2.5.2.6 Impacto sobre el paisaje	47
2.5.2.7 Impacto socioeconómico	48
2.5.3 Metodologías de evaluación de impacto ambiental	49
2.5.3.1 Identificación y evaluación de impactos	50
2.5.3.2 Evaluación Económica en el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental	51
2.5.3.3 Zonificación de manejo ambiental	52
2.5.3.4 Plan de manejo ambiental	53
2.5.3.5 Monitoreo y mitigación	54
2.6 Marco normativo	55
2.6.1 Leyes y decretos aplicables	55
2.6.2 Límites permisibles de contaminantes atmosféricos para empresas de fabricación de ladrillos artesanales o industriales en Colombia	56
Descripción del área de estudio	59

3.1 Ladrillera El Recreo 2, Ocaña-Norte de Santander	59
3.1.1 Localización y generalidades	59
3.1.2 Descripción del proceso productivo	60
3.1.3 Cantidad y tipos de contaminantes emitidos a la atmósfera	61
3.2 Ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar-Bogotá	64
3.2.1 Localización y generalidades	64
3.2.2 Descripción del proceso productivo	65
3.2.3 Cantidad y tipos de contaminantes emitidos a la atmósfera	66
3.3 Recomendaciones generales para el manejo de las diferentes emisiones	71
3.4 Prácticas de producción recomendables	73
Conclusiones	76
Recomendaciones	78
Referencias bibliográficas	79

## Lista de figuras

Figura 1. Horno de fuego dormido	24
Figura 2. Horno árabe	25
Figura 3. Horno colmena	25
Figura 4. Horno hoffman	27
Figura 5. Horno de cámara	27
Figura 6. Horno de túnel	28
Figura 7. Etapas del análisis costo beneficio ambiental	52
Figura 8. Localización de la ladrillera El recreo II	61
Figura 9. Localización de la ladrillera en Ciudad Bolívar-Bogotá	65
Figura 10. Factores de emisión	69



## Lista de tablas

Tabla 1. Contaminantes asociados a la producción de ladrillo	37
Tabla 2. Marco legal	55
Tabla 3. Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire	56
Tabla 4. Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire para el año 2030	57
Tabla 5. Normatividad de calidad de aire en Colombia vrs. Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud	57
Tabla 6. Horno a cielo abierto de la ladrillera El recreo II	61
Tabla 7. Emisiones de contaminantes en la ladrillera el recreo 2	62
Tabla 8. Caracterización de los gases por análisis de combustión	63
Tabla 9. Corrección de oxígeno de referencia del 18% del óxido	63
Tabla 10. Especificaciones del Horno Hoffman de la empresa objeto de estudio	66
Tabla 11. Factores de emisión	67
Tabla 12. Comparación con los factores de emisión de la EPA	70
Tabla 13. Prácticas de producción recomendables	73

## Introducción

En los últimos años se ha presentado un rápido desarrollo en la industria ladrillera del país, debido a la creciente demanda de este producto para la construcción. Tal como lo afirma el Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2018), el sector de la construcción es el que más genera empleo en Colombia, siendo además el sector con mayor crecimiento. De hecho, la acelerada urbanización de las ciudades y la migración, han permitido que las fábricas de ladrillos se estén extendiendo rápidamente, dando como resultado, el aumento de los procesos artesanales de dicho producto. Aunque si bien es cierto que esta actividad aporta al desarrollo económico de los sectores en donde se lleve a cabo, también es evidente que tiene efectos ambientales adversos, que recaen no solo sobre el suelo, sino también sobre el aire, la flora, la fauna, el recurso hídrico y los seres humanos que habitan en el entorno.

El impacto causado por las emisiones tóxicas de la industria ladrillera sobre la salud y el medio ambiente, han sido objeto de estudio de diversas investigaciones. La emisión de gases contaminantes hacia la atmósfera ha llamado la atención de especialistas y organizaciones de diversa índole, que buscan por medio de estrategias y políticas, mejorar los procesos empleados y, por consiguiente, las condiciones ambientales.

De acuerdo con Arango y Rodríguez (2017), los hornos y las tecnologías simples empleadas para la fabricación de ladrillos y la falta de dispositivos de control sobre las emisiones, han sido las principales causantes de que, a diario, una gran cantidad de contaminantes sean liberados a la atmósfera. “Los procedimientos de producción son complejos, partiendo de la extracción minera para la arcilla y carbón, el proceso consiste en 5 fases fundamentales: 1 Extracción, 2

Preparación de arcillas, 3 Moldeo, 4 Secado y 5 Cocción” (Lizcano, 2017, p.30). Los contaminantes son derivados principalmente de los combustibles empleados para el proceso de cocción, e incluyen productos de combustión completos e incompletos emitidos durante la combustión.

La contaminación del aire es de especial preocupación ya que afecta directamente el sistema respiratorio. De hecho, la Organización Mundial de la Salud OMS la considera como una de las 10 principales amenazas a la salud en el 2019, pues afirma que, nueve de cada diez personas respiran aire contaminado diariamente. Los contaminantes presentes en el aire afectan sistemas respiratorios y circulatorios, afectando los pulmones, el corazón y el cerebro, causando la muerte prematura de 7 millones de personas cada año. Los hornos normalmente usados en la fabricación de ladrillos emiten principalmente material particulado (MP), CO, SO<sub>2</sub>, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno (NOX) y metales pesados dependiendo del tipo de combustible quemado.

La OMS (2006), también señala que la contaminación del aire presente en interiores es causal de aproximadamente dos millones de muertes prematuras, resaltando además que, cerca de la mitad de esas muertes corresponden al padecimiento de neumonía por parte de individuos menores de 5 años. Por otro lado, se identifica que la contaminación atmosférica urbana tiene efectos nocivos a nivel global. En este punto, la OMS sostiene que anualmente en el mundo ocurren aproximadamente 1,3 millones de muertes relacionadas con esta problemática, siendo los más afectados quienes viven en países de ingresos medios o países sub-desarrollados.

## **Planteamiento del problema**

Las edificaciones y grandes obras de construcción están en auge a nivel mundial, debido al acelerado ritmo de urbanización y el crecimiento constante de las ciudades. El ladrillo se destaca como principal elemento de construcción por lo cual su producción se ha masificado a gran escala, en un intento por satisfacer su demanda. Es así como surgieron industrias ladrilleras en muchos lugares y zonas urbanas; pequeñas, medianas y grandes empresas que manejan distintos tipos de tecnología para el proceso de fabricación de sus productos. Algunas de ellas, con procesos artesanales y rudimentarios que dejan de lado el cuidado ambiental y liberan al ambiente gases nocivos, que afectan la salud y las condiciones del ecosistema.

Por otro lado, la problemática se agrava porque aún con conocimiento de la normatividad pertinente y los contaminantes que genera la fabricación de ladrillos artesanales, se mantienen vigentes los procesos sin llevar a cabo una mejora en los mismos que permita cumplir los requisitos impuestos por la normatividad ambiental que rigen esta actividad tan conocida y tan necesaria a nivel de desarrollo social (generación de vivienda). En ocasiones, los productores de ladrillos usan materiales como aserrín, virutas y desechos de madera como combustibles, los cuales contienen resinas y compuestos químicos. También se están utilizando materiales de desecho más baratos, como llantas viejas, aceite de motor usado, plásticos y basura, empeorando aún más la situación. Ángel et al. (2015), adiciona a lo anterior, que la forma tradicional y artesanal de este negocio, limita la competitividad por aspectos de calidad y variedad de productos.

Así mismo, es evidente el impacto generado sobre la salud de las personas que trabajan en dicho proceso de fabricación y del personal anexo que vive alrededor del lugar de fabricación, teniendo en cuenta que hay viviendas cercanas a las zonas industriales. De acuerdo a Ortiz y Tupaz (2015), este tipo de industrias tienen gran impacto sobre el medio ambiente y la población que las rodea, ya que los gases tóxicos emitidos por su proceso productivo, tienen a largo plazo consecuencias desfavorables que inciden sobre la calidad de vida de las personas y sobre su entorno, teniendo en cuenta que un gran número de ladrilleras actuales, aún conservan técnicas artesanales en los procesos de producción, lo que permite tener un nivel de influencia sobre la contaminación atmosférica.

En el contexto nacional, se tiene el informe técnico titulado "Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia", el cual fue un estudio realizado por el Observatorio Nacional de Salud (ONS) del Instituto Nacional de Salud (INS). En él se determinó que cada año en Colombia ocurren 17,549 muertes causadas por la exposición a la baja calidad de aire y agua, y que están relacionadas con enfermedades como lo son: "La enfermedad isquémica del corazón, el accidente cerebrovascular, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), las infecciones respiratorias agudas, el cáncer de pulmón, la enfermedad diarreica aguda (EDA) y la enfermedad renal crónica" (INS, 2019). Esto sugiere que la contaminación del aire no es una realidad ajena al país, pues la incidencia de múltiples factores medioambientales sobre la población, tiene consecuencias nefastas que requieren de especial atención por parte de diversos actores.

Al determinar la contaminación atmosférica como punto de partida de esta revisión documental, se determinan conceptos como el material particulado que se establece como

material líquido o sólido que es generado en molinos, hornos, estufas, incineradores entre otros equipos que, según el Ministerio de Medio Ambiente (2010), produce efecto sobre la respiración y daños prematuros sobre el tejido pulmonar llevando posteriormente a la muerte. En este sentido, López (2007), afirma en su estudio que en las grandes ciudades se observa un mayor riesgo de mortalidad por enfermedades respiratorias y cardiovasculares, debido a la gran cantidad de contaminantes presentes en el aire.

Conforme a lo establecido por Ortiz y Tupaz (2015), en el aire existen concentraciones de ciertas sustancias que, al momento de sobrepasar los niveles permitidos, estas tienen efectos nocivos sobre el medio ambiente y sus habitantes. Por otro lado, el clima se ha visto afectado debido a la emisión de gases y partículas que alteran la composición normal del aire, lo que desencadena alteraciones climáticas de gran magnitud como el efecto invernadero y el agotamiento del ozono estratosférico.

Finalmente, con el desarrollo de esta investigación, se busca identificar el tipo de contaminantes atmosféricos y sus impactos asociados a la fabricación de ladrillos artesanales en Colombia, la industria ladrillera, a nivel nacional y regional, mediante la selección de una fábrica de ladrillo del departamento de Norte de Santander y otra, del departamento de Cundinamarca. El estudio busca de igual manera, que las empresas de este sector diseñen y adopten medidas que permitan reducir el impacto de sus actividades sobre la calidad del aire y sobre el cambio climático.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general.**

Caracterizar los tipos de contaminantes atmosféricos asociados a la fabricación de ladrillos artesanales en Colombia.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

Identificar los tipos de contaminantes atmosféricos generados en la fabricación de ladrillos artesanales en Colombia.

Reconocer la normatividad ambiental que enmarca los límites permisibles de contaminantes atmosféricos a nivel nacional para empresas de fabricación de ladrillos artesanales o industriales en Colombia.

Examinar el grado de afectación ambiental del sector industrial ladrillero, mediante el análisis documental de dos investigaciones llevadas a cabo en dos empresas de diferentes regiones del país.

## **Justificación**

La industria ladrillera es hoy en día uno de los sectores económicos más importantes en el país, genera miles de empleos y, sumado al hecho de que va de la mano con el sector de la construcción, es posible afirmar que su crecimiento va proporcionalmente con el desarrollo urbanístico de la ciudad y con el crecimiento de la población. En línea con lo anterior, “La industria ladrillera en Colombia genera más de 21000 empleos fijos y cerca de 8000 empleos temporales, por lo cual es una actividad económica importante para el país” (CAEM, 2015, p.7). No obstante, la industria de fabricación de ladrillos es también hoy en día una de las principales contribuyentes al aumento de los niveles de contaminación del aire, dado que no todas las fábricas utilizan tecnologías amigables con el medio ambiente, sino que, por el contrario, estas empresas en su mayoría carecen de controles y se han quedado estancadas con prácticas tradicionales que las convierten en focos de contaminación.

En el escenario regional, se tienen datos también del CAEM (2015), en donde hacen referencia al sector cerámico del departamento del Norte de Santander, ubicándolo en el 4 lugar de contribución a la producción nacional de arcilla con un 10,90% de participación. Adicionalmente, estima una producción aproximada de 150.408 Ton de arcilla/mes. En cuanto a la tecnología empleada para la fabricación, señala que las empresas en su mayoría realizan sus procesos mediante el empleo de hornos intermitentes tipo Colmena, los cuales se constituyen como los más económicos de construir, facilitando así, su masificación en el departamento.

Al respecto, Ortiz y Tupaz (2015), afirman que, en la actualidad, un gran número de ladrilleras operan de manera informal y fabrican sus productos de forma artesanal. Dicho de otro



modo, su línea productiva está compuesta básicamente por un terreno y un horno, el cual, es fijo, de fuego directo y a techo abierto. Los hornos de ladrillos tradicionalmente conocidos son una fuente importante de contaminación del aire urbano, puesto que muchos son ineficientes energéticamente y queman combustibles altamente contaminantes que emiten niveles significativos de gases tóxicos y otros contaminantes en el entorno. “El impacto ambiental generado por las ladrilleras provoca una importante presión por parte de las autoridades municipales y de la población en general sobre los productores artesanales para que se reduzcan estas emisiones o se trasladen a otro sector” (Luján y Guzmán, 2015, p.168).

Según Buitrago y Rojas (2017), el problema ambiental en pequeñas y medianas ladrilleras radica en que estas presentan diversas falencias en su funcionamiento, como la falta de infraestructura técnica adecuada, la inexistencia de controles ambientales sobre los procesos y la ausencia de prácticas ambientales que contribuyan a la conservación del medio ambiente. Lo que, sin lugar a dudas, favorece la generación de un sinnúmero de contaminantes que recaen directamente sobre los habitantes de los sitios cercanos a la fuente.

A pesar de que es evidente su impacto en las personas, los animales y el medio ambiente, esta es una situación poco atendida social y políticamente; es decir, pese a que existen regulaciones legales sobre esta actividad, ni las autoridades, ni las empresas, ni las comunidades afectadas hacen algo al respecto. A nivel nacional, la entidad encargada de regular y monitorear la calidad del aire, es el Ministerio de Medio Ambiente, el cual a través de las Corporaciones Autónomas Regionales CAR, dispone de medidas y mecanismos para mejorar las condiciones de calidad de

aire; sin embargo, la ilegalidad y la informalidad están presentes en todas y cada una de las regiones del país lo cual dificulta esa labor.

Esto permite que dichas fábricas, puedan seguir operando libremente sin hacerse responsable del daño ambiental ocasionado. De igual manera, existen pocos estudios significativos que traten sobre los tipos de contaminantes de los hornos artesanales; así como de las estrategias que deben implementarse para cambiar esta realidad, por lo que se hace necesario caracterizar estos factores de emisión, identificar y evaluar mejor sus impactos ecológicos, a la salud humana y al clima y, reconocer el marco legal pertinente.

## **Marco de referencia**

### **2.1 Antecedentes**

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 en la salud de las personas de la comuna 1. Universidad de Manizales.

Este proyecto fue realizado en el municipio de Palmira (Valle del Cauca) en el sector de Coronado, ya que en este lugar hay contaminación del aire, debido a la quema de ladrillo elaborado artesanalmente. Uno de los puntos críticos en esta situación, es que en el proceso generalmente queman llantas usadas. En el estudio se contó con la participación de 72 ladrilleras, las cuales no cuentan con tecnología que permita mitigar el impacto al ambiente. En este estudio se realizó una investigación de las comunidades aledañas a las ladrilleras, con el fin de conocer la percepción de los habitantes del barrio Coronado de la comuna 1 de Palmira frente a la actividad de producción artesanal de ladrillo en el sector, por otro lado, este proyecto se tuvo en cuenta ya que se hace un análisis de las afectaciones a la salud de los diferentes gases tóxicos emitidos a la atmósfera durante la actividad de estas industrias, dando como resultado que muchas de las enfermedades respiratorias de las personas del sector, son producto de la inhalación de estos residuos presentes en el aire.

Buitrago Torres, D. C., & Rojas Gómez, D. C. (2017). Estimación de factores de emisión de una ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C. Universidad de la Salle.

Esta investigación aportó información importante al presente estudio, ya que en ella se realizó un profundo análisis en la estimación de factores de emisión, para lo cual se tomó una ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá, mediante la aplicación del método de balance de carbono. Se hicieron monitoreos a los hornos empleados en el proceso y se realizó la modelación de la dispersión de los contaminantes atmosféricos primero con el fin de precisar el punto de muestreo y posteriormente para evaluar el impacto en la calidad del aire local por la actividad del horno ladrillero. Como resultado de la investigación, se identificaron los gases que se producen al interior de estos hornos y que se liberan, al medio ambiente, además de que permitió dar una referencia más acertada, en cuanto a los métodos y las medidas que se deben emplear para casos específicos en esta actividad.

Guerrero Gómez, G., Espinel Blanco, E., & Velasquez Perez, T. (2017). Análisis isocinético y corrección a condiciones de referencia en horno a cielo abierto en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña.

En este estudio, realizado en el Municipio de Ocaña (Norte de Santander), se realizó un muestreo isocinético al horno a cielo abierto que se utiliza en la ladrillera el recreo 2, para ello se empleó el método del analizador experimental de acuerdo al procedimiento establecido en la normatividad vigente del ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. Como resultado de esto, se determinó la concentración de oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y óxido de nitrógeno que son liberados a la atmósfera por este horno y finalmente, teniendo en cuenta la normatividad ambiental colombiana, se hizo la comparación con las

emisiones de óxido nítrico medidas en la ladrillera monitoreada y se determinó que cumple con la norma.

Ortiz, O.E. & Tupaz, J.D. (2015). Identificación de zonas de influencia de las ladrilleras por emisión de gases en el corregimiento de Jongovito Municipio de Pasto. Universidad de Nariño.

Este proyecto consistió en una investigación de las diferentes emisiones de las diferentes fábricas de ladrillos ubicados en el corregimiento de Jongovito (Pasto), además de establecer su proceso de producción y los materiales utilizados en el mismo. Se aplicaron herramientas como: entrevistas y encuestas. Para el estudio se utilizó el método de análisis empírico analítico el cual se basa principalmente en la observación de los fenómenos, por otro lado, también se tomó en cuenta el método, ya que establece una hipótesis de trabajo que es la base en la investigación en donde, se analizaron los resultados obtenidos a través de los experimentos para relacionarlos con la realidad. Igualmente, estos resultados fueron comparados con la normativa que aplica para la creación y funcionamiento de ladrilleras, las leyes y normas ambientales dispuestas en el país.

## **2.2 Emisiones Atmosféricas por fabricación de ladrillos**

La producción de ladrillos produce degradaciones ambientales debido a la emisión de cantidades significativas de contaminantes gaseosos y particulados. Dependiendo del tamaño, número de empleados y del nivel de producción, existen diversos tipos de hornos cuyo funcionamiento varía de uno a otro en cuanto a su tamaño, eficiencia energética, tecnología empleada entre otros. Algunos producen niveles más bajos de emisiones contaminantes, ya que se ejerce control de sus emisiones y sobre sus combustibles, idealmente, este sería el contexto en

el cual deberían funcionar estas industrias, sin embargo, la mayoría de los hornos utilizados en la fabricación tradicional de ladrillos producen enormes cantidades de contaminantes que se incorporan al aire y afectan a los elementos medioambientales.

De acuerdo a las estimaciones más recientes, realizadas en el estudio “Sector ladrillero colombiano” de la Corporación Ambiental Empresarial CAEM (2015), en Colombia funcionan 1.378 industrias ladrilleras con 2.430 hornos distribuidos en 15 regiones del país (Norte de Santander, Boyacá, Caldas, Antioquia, Cundinamarca, Sucre, Valle del Cauca, Huila, Cesar, Guajira, Atlántico, Santander, Tolima, Cauca y Pasto) los cuales emplean diferentes tecnologías para la cocción y se clasifican en hornos artesanales, intermitentes, semicontinuos y continuos. Estos hornos, según cifras del CAEM, son los responsables de la emisión aproximada de 3 millones de toneladas anuales de CO.

Al analizar la línea de producción del ladrillo, se evidencia que la contaminación no ocurre únicamente durante el proceso de cocción en los hornos, sino que, desde el momento de la excavación y obtención de la materia prima hasta el retiro del producto terminado, se genera polvo y partículas que quedan suspendidas en el entorno cercano. “La fabricación de ladrillos requiere el uso de cuatro materiales principales: arena, arcilla, agua y combustible. Sin embargo, el mayor problema para los ladrilleros es el combustible” (Corral et al, 2009. P.50). Las tecnologías de cocción rudimentarias e ineficientes, contribuyen a la emisión de partículas y gases. Los hornos liberan principalmente partículas finas de carbón, partículas de polvo, materias orgánicas y gases como dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), azufre (S), monóxido de carbono (CO), etc. Estas emisiones, según el CAEM, están afectando

negativamente el suelo, las plantas, los animales y las personas en su entorno, siendo las más severas para los trabajadores de ladrillos, niños y mujeres.

### **2.3 Tipos de tecnologías en la fabricación de ladrillos**

Actualmente existen variedad de procesos para fabricar ladrillos, en donde se identifican tipos diferentes de hornos los cuales se pueden clasificar en 2 categorías:

**2.3.1 Hornos intermitentes.** Son hornos generalmente pequeños y estáticos que se utilizan para generar pequeños lotes de productos. El horno es cargado con el producto, se inicia el proceso de cocción y luego se descarga una vez es enfriado el producto. Para el nuevo lote, el horno debe vaciarse y encenderse para un nuevo ciclo. En este tipo de hornos, se pierde la mayor parte del calor contenido, a través de los gases de combustión. Un ciclo tiene los siguientes cinco pasos, de acuerdo al estudio de Arango y Rodríguez (2017): Entrada de los productos, precalentamiento, cocción de los productos, enfriamiento de los productos y salida de los productos. A continuación, se describirán los hornos intermitentes más utilizados:

**Horno de Fuego Dormido.** Es un horno artesanal que se construye a partir de una base circular, en la parte superior se levanta una bóveda circular abierta. El material es cargado directamente a través de una puerta en la parte lateral del horno y su cocción tiene una duración cercana a los 30 o 40 días dependiendo de diversos factores. Según lo establecen Arango y Rodríguez (2017), estos hornos son de baja producción, pero presentan niveles altos de contaminación, dado que presenta quema del material sin ningún tipo de control y presenta

combustión incompleta, adicional a esto, produce materiales de baja calidad, debido a la irregularidad en los resultados obtenidos mediante la quema.



*Figura 1.* Horno de fuego dormido  
Fuente: León, L.A. (2013).

**Horno árabe.** Este horno tiene la particularidad de que no posee techo y la introducción de los materiales se hacen desde la parte superior. Debido a esto, el aprovechamiento energético es muy poco, ya que se requiere de mucha energía y combustible para que alcance la temperatura ideal de cocción, ya que esta se pierde en la parte superior del horno. Según León (2013), junto con los hornos de fuego dormido, este tipo también es altamente contaminante.





*Figura 2.* Horno árabe.

Fuente: Corporación Ambiental Empresarial (2011).

**Horno colmena.** Son también conocidos como hornos de llama invertida. Son hornos contruidos con recamaras circulares o rectangulares, las cuales se rodean totalmente por una bóveda de ladrillo. El material de cocción es introducido por un lado del horno y los gases de combustión salen por el piso de la bóveda, es decir son evacuados de arriba hacia abajo en donde salen a través de una chimenea. El combustible de estos hornos, se incorpora en la pared de horno por lo que el producto en cocción no tendrá contacto con este ni con sus residuos, mejorando así la calidad de los productos finales.



*Figura 3.* Horno colmena

Corporación Ambiental Empresarial (2011).

**2.3.2 Hornos continuos.** Estos son empleados principalmente para la producción a gran escala, resultan más económicos y con capacidad de producir grandes cantidades de ladrillos a una velocidad constante. En un horno continuo, el fuego es constante y los ladrillos van pasando por diferentes partes del horno hasta finalizar su cocción y enfriamiento. Al mismo tiempo, en otra parte del horno, van ingresando productos que hasta ahora iniciaran su proceso de cocción. Debido esto, son más eficientes energéticamente, ya que el calor derivado en un proceso, es tomado por el otro proceso y así sucesivamente. Dentro de los hornos continuos se puede encontrar la siguiente clasificación:

**Horno Hoffmann.** Según el estudio de Arango y Rodríguez (2017), este es uno de los primeros hornos empleados en este tipo de producción, que inicialmente empleaba carbón como combustible, pero que se ha propagado su uso con otros como gas y petróleo. Su estructura se compone básicamente de galerías continuas que se conectan en los extremos con pasa fuegos, el fuego y los gases de la combustión fluyen hacia la izquierda, acción que permite el aprovechamiento de la temperatura, ya que va precalentando materiales y productos que siguen en el proceso de producción. Otra ventaja que posee este horno, es que su funcionamiento es continuo, es decir 24/7, lo que resulta una gran capacidad de producción.



*Figura 4.* Horno hoffman  
Fuente: Corporación Ambiental Empresarial (2011).

**Horno de cámara.** Básicamente, un horno de cámara consiste en un túnel anular dividido en cámaras o secciones. Los ladrillos se cargan en el horno frente al fuego y se precalientan durante 1 o 3 días antes de que el fuego los alcance, una vez que el proceso de cocción ha finalizado, los ladrillos se enfrían antes de ser retirados del horno. Luego se reemplazan con ladrillos frescos y secos en espera del próximo ciclo de quema.



*Figura 5.* Horno de cámara  
Fuente: Arias, L. & Arias, I. (2014).

**Horno de túnel.** En un horno de túnel, los ladrillos listos para cocción, se cargan en un carro ignífugo, el cual viaja despacio y horizontalmente a través del horno. Este, se encuentra dividido principalmente por 3 zonas delimitadas que son: precalentamiento, cocción y enfriamiento. De acuerdo con Jiménez (2017), este horno fija una zona de fuego y hace pasar los productos siguiendo la curva de calentamiento. De hecho, este proceso ahorra energía tanto en el enfriamiento como en el precalentamiento y mayor rapidez en la etapa de cocción.

Los vagones de carga de material que va ingresando, se introducen de forma intermitente a intervalos de tiempo fijos y estos se van precalentando con los gases de combustión que expiden aquellos que ya se encuentran en la zona de cocción. Aunque estos hornos de túnel implican más costos en su construcción, son más económicos de operar y de controlar.



*Figura 6.* Horno de túnel  
Fuente: Arias, L. & Arias, I. (2014).

## 2.4 Tipos de contaminantes asociados a la producción de ladrillo

La población se encuentra constantemente expuesta a niveles altos de contaminantes atmosféricos que, en su mayoría, carecen de controles sobre su emisión. Con relación a la calidad

del aire que debe existir en cualquier lugar del planeta la OMS publicó por primera vez en 1987, Las Guías de la Calidad del Aire, cuyo objetivo es orientar a la población en general, para disminuir las consecuencias que trae sobre la salud, la contaminación del aire. Dichas guías, están respaldadas por la evaluación por expertos y fueron actualizadas en 2005, a partir de ese momento, se han realizado diversos estudios de carácter científico, que se enfocan en países de ingresos bajos y medios, en donde los niveles de contaminación han llegado a su nivel máximo. (OMS, 2006).

Sumado a lo anterior, se tiene el Manual de capacitación del sector ladrillero en América latina (2016), en donde se hace referencia al cambio climático y se le vincula con el uso intensivo de combustibles fósiles, hecho común en la industria y la cotidianidad. Los combustibles comúnmente empleados corresponden al carbón, el gas y el petróleo.

**Contaminantes atmosféricos.** Existe una clasificación para los contaminantes de la atmósfera. Estos se pueden agrupar como contaminantes primarios y secundarios. De acuerdo con Ecoadmin (2011), los contaminantes primarios corresponden a aquellos cuya emisión se realiza de forma directa hacia la atmósfera, entre los que se encuentran: Óxidos de carbono (CO), Compuestos nitrogenados (NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, N<sub>2</sub>O), Compuestos azufrados (SO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>), Material Particulado (MP<sub>10</sub> y MP<sub>2,5</sub>), hidrocarburos, metales y compuestos orgánicos volátiles VOC<sub>s</sub>. Los contaminantes secundarios son los que se originan mediante procesos químicos dados en la atmósfera, en donde interactúan dos o más contaminantes primarios y ejercen influencia sobre especies no contaminantes, creando: O<sub>3</sub> (troposférico), hidrocarburos oxidados, aerosoles orgánicos secundarios, sulfatos, nitratos y material particulado secundario

Con respecto a lo anterior, Las Guías de calidad del aire para Europa estipulan los cuatro contaminantes frecuentes del aire, estos son: material particulado (MP), ozono (O<sub>3</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), y (SO<sub>2</sub>). Según las conclusiones de la OMS (2006), los contaminantes que no aparecen en estas guías deben ser tenidos en cuenta también.

Ahora, con relación a los hornos de ladrillos, la ONU (2016), en su Manual de capacitación Sector ladrillero en América Latina, les atribuye a estos la liberación de monóxido de carbono y emisiones de otras partículas dependiendo de los tipos de combustibles utilizados, también se emiten compuestos orgánicos volátiles, óxido de nitrógeno, dióxido de azufre, metales pesados y dióxido de carbono. Adicional a esto, la quema de carbón masiva, además de otros combustibles da como resultado las emisiones de Material Particulado (PM), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y monóxido de carbono (CO). Estos gases afectan a la salud inmediatamente desde su inhalación y el CO<sub>2</sub> contribuye al efecto invernadero. A continuación, se hace una descripción detallada de cada uno de ellos.

Con base en datos aportados por el programa de las Naciones Unidas “Coalicón clima y aire limpio” (2016), en América Latina las ladrilleras se caracterizan principalmente por: Su producción artesanal, la informalidad en los procesos, el uso de combustibles con alto impacto ambiental, la baja eficiencia energética, la ausencia y desconocimiento de tecnologías adecuadas y mejores prácticas de producción.

**2.4.1 Material particulado (MP).** La contaminación causada por partículas, se compone de una mezcla de sólidos y gotas de líquido que flotan en el aire. Algunas partículas se liberan

directamente de una fuente específica, mientras que otras se forman en reacciones químicas ocurridas en la atmósfera. Estas partículas tienen una amplia variación en su tamaño, las partículas de diámetro igual o inferior a 10 micrómetros son tan pequeñas que pueden penetrar en los pulmones. “Este último es el contaminante más dañino para la salud y que genera mayores niveles de mortalidad prematura en la población” (Ministerio del medio ambiente, 2016, p.18).

“Las partículas se dividen en dos grupos principales, y uno de esos grupos se refiere al tamaño, a las más grandes se le llaman  $PM_{10}$  y a las más pequeñas se le llaman  $PM_{2.5}$ . Las partículas más grandes, miden entre 2.5 y 10 micrómetros (de 25 a 100 veces más delgado que el cabello humano), estas partículas llamadas  $PM_{10}$ , que significa hasta 10 micrómetros en tamaño. Las partículas pequeñas son menores a 2.5 (100 veces más delgadas que un cabello humano)”. (Arias y Arias, 2014, p.35).

Adicionalmente, Arciniegas (2012), establece que las personas con enfermedades cardíacas o pulmonares, los adultos mayores y los niños tienen más probabilidades de verse afectados por la exposición a la contaminación por partículas. Incluso si una persona está sana, puede sentir síntomas temporales si está expuesto a altos niveles de contaminación por partículas. Diversos estudios conectan la exposición a la contaminación por partículas con una variedad de problemas de salud, que incluyen:

Irritación de los ojos, nariz y garganta

Tos, opresión en el pecho y dificultad para respirar

Función pulmonar reducida

Latido del corazón irregular

Ataques de asma

Ataques al corazón

Muerte prematura en personas con enfermedad cardíaca o pulmonar

**2.4.2 Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>).** Los NO<sub>x</sub> son una familia de siete compuestos derivados del Nitrógeno. Uno de estos es el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), el cual es la forma más prevalente de NO<sub>x</sub> en la atmósfera y se genera a partir de la realización de actividades humanas. El NO<sub>2</sub>, también es regulado, debido a que es uno de los grandes contaminantes del aire, actuando como un solo componente o reaccionando en la atmósfera para formar ozono (O<sub>3</sub>) y lluvia ácida. La creciente demanda de energía, especialmente en el sector industrial, dará como resultado la expulsión de grandes cantidades de estos contaminantes en países en desarrollo. Conforme a lo establecido por Fernández (2015, los NO<sub>x</sub> se producen por la reacción de gases de nitrógeno y oxígeno en el aire durante la combustión, especialmente a altas temperaturas. En áreas de alto tráfico de vehículos, como en las grandes ciudades, la cantidad de óxidos de nitrógeno emitidos a la atmósfera es significativa.

Según los autores Arias y Arias (2014), los óxidos de nitrógenos constituyen un grupo importante de gases contaminantes. Entre los que se destacan: el dióxido de nitrógeno, NO<sub>2</sub> y el óxido nítrico, NO. Debido a las altas temperaturas presentes en procesos de combustión, se generan óxidos de nitrógeno. Estas altas temperaturas, también benefician la producción de ácido nítrico, al permitir la combinación directa del oxígeno y el nitrógeno de la atmósfera, posteriormente este gas se oxida y se origina dióxido de nitrógeno. La liberación a la atmósfera



de este gas, es evidente al disminuir la visibilidad, se presenta corrosión de materiales e interfiere en el crecimiento de algunas plantas de gran importancia para el sector agrícola.

Teniendo en cuenta las Guías de la Calidad del Aire, el dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ) se ha empleado como referencia de contaminantes que son emitidos durante la combustión en diversos estudios epidemiológicos, en especial aquellos que se originan a partir de medios de transporte o emisores de combustión en lugares cerrados. Adicional a esto, la OMS señala la salud de los individuos que se encuentran en cercanía a estas fuentes siempre guardan relación directa con este contaminante.

**2.4.3 Óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ).** El término  $\text{SO}_x$  es un término estándar que describe las emisiones de los óxidos de azufre, principalmente  $\text{SO}_2$  y  $\text{SO}_3$ . La emisión de  $\text{SO}_x$  en la fabricación de ladrillos ha recibido considerable atención. Actualmente, el  $\text{SO}_2$  es el principal contaminante del aire en los países en desarrollo, donde contribuye tanto a la contaminación urbana como a la precipitación regional de lluvia ácida. “El dióxido de azufre ha sido identificado como un contaminante perjudicial para la salud y el bienestar de los seres humanos” (Coalición clima y aire limpio, 2016, p.13).

El dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), uno de los óxidos de azufre más comunes, es un gas venenoso y contaminante que impacta directamente sobre la salud respiratoria de las personas, puesto que puede ser el desencadenante de diferentes enfermedades como el asma y la bronquitis crónica. Al respecto, Arias y Arias (2014), apuntan en su trabajo que el  $\text{SO}_2$  es altamente nocivo para otras especies que habitan con nosotros, ya que este gas, en compañía de otros como el ácido sulfúrico

$\text{H}_2\text{SO}_4$ , ocasionan daños y destrucción de la flora y fauna, deterioro del suelo y fuentes de agua, entre otros.

El trióxido de azufre,  $\text{SO}_3$ , es un contaminante significativo en su forma gaseosa, y es el componente principal de la lluvia ácida. Cuando está perfectamente seco, el vapor de trióxido de azufre es completamente invisible; cuando está en forma líquida, es transparente. El vapor inodoro es extremadamente corrosivo, debido a su formación de neblina de ácido sulfúrico. Es importante saber que el trióxido de azufre debe manejarse con mucho cuidado, ya que reacciona muy violentamente con el agua. La combinación de trióxidos de azufre con agua crea ácido sulfúrico, que es altamente peligroso y corrosivo.

**2.4.4 Monóxido de carbono (CO).** Según los autores Arias y Arias (2014), el monóxido de carbono tiene unas características especiales, ya que no presenta color, sabor u olor y en condiciones normales es químicamente inerte, lo que lo hace prácticamente indetectable. Se produce por la combustión incompleta de combustibles, incluidos petróleo, carbón, madera, propano y gas natural. Los electrodomésticos, como hornos y calentadores de agua, son fuentes importantes de CO.

Cuando hay bajas concentraciones de este gas en el ambiente, no tiene consecuencias graves; no obstante, al presentar elevados niveles de concentración, ocasiona daños serios sobre el metabolismo respiratorio debido a la afinidad de la hemoglobina con este compuesto. Cuando respiramos, nuestros glóbulos rojos recogen oxígeno en los pulmones. Luego, el oxígeno se transporta por todo el cuerpo a los tejidos y órganos. Los glóbulos rojos recogen CO más

fácilmente que el oxígeno. Entonces, si inhalamos cantidades suficientemente grandes de CO, los glóbulos rojos recogerán CO en lugar de oxígeno. Esto evitará que llegue suficiente oxígeno a nuestras diferentes partes del cuerpo, lo que puede causar daños en los tejidos. “Los daños sobre la salud que produce el CO se debe a que al combinarse con la hemoglobina de la sangre disminuye en ésta su capacidad para ejercer su función normal de transporte de oxígeno” (Carnicer, 20077, p.16), por consiguiente, en casos extremos, la falta de absorción de oxígeno debido a la intoxicación por CO puede conducir a la muerte.

Lo anterior sugiere que el monóxido de carbono es altamente peligroso debido a su imperceptibilidad. Ni las personas ni los animales pueden saber cuándo lo están respirando, pero puede ser fatal. El monóxido de carbono (CO) es un subproducto de la combustión. Los artículos domésticos comunes, como incendios, fugas de gas, generadores portátiles, parrillas de carbón, entre otros, exponen a las personas a este gas venenoso. De acuerdo con Arciniegas (2012), el CO también existe en el medio ambiente como un contaminante del aire que se emite desde el escape de los automóviles, botes y otros equipos de combustión interna que se utilizan diariamente en actividades humanas. Aunque los motores de combustión no suelen ser las principales causas de intoxicación por CO, son contribuyentes importantes a la contaminación del aire.

**2.4.5 Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).** El Dióxido de carbono se produce de forma natural y de igual manera, es el resultado de actividades industriales, comerciales y humanas o, por la quema de combustibles fósiles. Así lo establece Oyarzún, (2010), quien afirma que el Dióxido de carbono es constantemente emitido por los seres humanos y animales que habitan los espacios

cerrados; de hecho, el dióxido de carbono es considerado como un gas de efecto invernadero, pues el cambio climático a escala mundial se debe en gran medida al aumento de las emisiones de este. En cuanto a los efectos sobre la salud, Skinder (2014), menciona que cuando hay niveles elevados de CO<sub>2</sub> en el aire, puede causar dolores de cabeza, confusión, inquietud y somnolencia. En ambientes laborales, esta situación puede dar lugar a baja productividad y enfermedades laborales.

Finalmente, en la siguiente tabla se resumen los contaminantes anteriormente expuestos, junto con sus características principales y sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

Tabla 1.  
*Contaminantes asociados a la producción de ladrillo*

<b>Contaminante</b>	<b>Características generales</b>	<b>Efectos</b>
Dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> )	Es un gas sin color, olor ni sabor que se encuentra presente en la atmósfera de forma natural. Desempeña un importante papel en el ciclo del carbono en la naturaleza. Proviene de manera artificial, por la quema de los combustibles fósiles y de grandes extensiones de bosques.	No es tóxico, pero es un gas que produce un importante efecto de atrapamiento del calor (efecto invernadero).
Monóxido de Carbono (CO)	Es un gas sin color, olor ni sabor. Es un contaminante primario. Alrededor del 90% existe en la atmósfera y se forma de manera natural, en la oxidación de metano (CH <sub>4</sub> ) en reacciones fotoquímicas. Se va eliminando por su oxidación a CO <sub>2</sub> . La actividad humana lo genera en grandes cantidades siendo, después del CO <sub>2</sub> , el contaminante emitido en mayor cantidad a la atmósfera por causas no naturales. Procede, principalmente, de la combustión incompleta de combustibles fósiles.	Es tóxico, se combina fuertemente con la hemoglobina de la sangre y reduce drásticamente la capacidad de la sangre de transportar oxígeno, también puede ocasionar cambios estructurales en el corazón y cerebro de los animales, cambios en el umbral de la luminosidad relativa y agudeza visual e impedimento en el funcionamiento de las pruebas psicomotoras.
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Es un gas incoloro y no inflamable, de olor fuerte e irritante, emitido en mayor cantidad después del monóxido de carbono (CO). Su vida media en la atmósfera es corta, de unos 2 a 4 días. Es emitido por actividades humanas, sobre todo por la combustión de combustibles fósiles y por la metalurgia, debido a	Alrededor de la mitad que llega a la atmósfera vuelve a depositarse en la superficie y el resto se convierte en iones sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ). Por este motivo es un importante factor en la lluvia ácida, acidificando aguas superficiales y

<b>Contaminante</b>	<b>Características generales</b>	<b>Efectos</b>
	la reacción entre el aire de la combustión y el azufre contenido en el combustible. En la naturaleza, es emitido en la actividad volcánica. Otra fuente muy importante es la oxidación del H <sub>2</sub> S.	suelos y produce corrosión de estructuras metálicas.
Óxidos de nitrógeno	Se produce por combustiones realizadas a altas temperaturas, debido a la reacción entre el nitrógeno presente en el aire y en el combustible y el oxígeno del aire, es precursor del smog fotoquímico.	Causa enfermedades respiratorias (fibrosis pulmonar crónica, bronquitis, entre otros), irritación y disminución del crecimiento de las plantas.
Material particulado	Compuesto por ceniza, polvo, hollín, entre otros. Están compuestas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono (hollín). Dentro de los metales, los más relevantes desde un punto de vista toxicológico son el arsénico, cadmio, cobre, mercurio, plomo, entre otros.	Tos, resolló, dificultad para respirar, agravamiento del asma (en personas que la padecen), agravamiento de enfermedades coronarias, daño al pulmón (incluyendo la disminución de la función del pulmón y enfermedades respiratorias de por vida), alteraciones en la coagulación de la sangre y muerte prematura en individuos con enfermedades del corazón y del pulmón.

**Nota.** Fuente: (Wark & Warner, 1990).

## 2.5 Impactos ambientales

**2.5.1 Definición de impacto ambiental.** “Cualquier alteración sobre el medio ambiente (medios abiótico, biótico y socioeconómico), que sea adverso o beneficioso, total o parcial, que pueda ser atribuido al desarrollo de un proyecto, obra o actividad” (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2014, p. 12). Dicho de otra manera, el impacto ambiental es el efecto que tiene sobre los organismos o su entorno, todas aquellas actividades humanas, proyectos industriales y de infraestructura.

**2.5.2 Impactos ambientales asociados a la fabricación de ladrillo.** Como se mencionó anteriormente, en el proceso de fabricación de los ladrillos los hornos son una de las principales fuentes de contaminación del aire. Skinder et al (2014), aseguran que este no es el único recurso afectado, puesto que muchos de los elementos del entorno inmediato se ven involucrados también. Los contaminantes liberados en esta actividad, envenenan el entorno de diversas maneras, los gases y partículas tóxicas contaminan el agua potable, los cultivos de alimentos, así como las zonas habitadas por las personas y en general, el aire que respiramos. Así que se puede afirmar que, nuestro cuerpo se contamina cada vez que come, toma agua o incluso, con el solo hecho de respirar.

Las implicaciones evidenciadas, pueden ser a largo y corto plazo. Por ejemplo, tiene efectos a corto plazo porque la liberación de sustancias tóxicas al aire interfiere sobre el crecimiento de la vegetación, por lo tanto, la producción agrícola disminuye. Ahora, entre los impactos a largo plazo se destacan los daños causados sobre la atmósfera: el calentamiento global, el agotamiento del ozono y el smog fotoquímico.

De acuerdo con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, en Colombia el ecosistema sufre variaciones, debido a la extracción a cielo abierto de recursos naturales y su posterior transformación y beneficio. Esta actividad produce cambios en la estructura del ecosistema, modificando su dinámica y ocasionando pérdidas de biota necesaria para la producción de alimentos. Al referirse a la explotación minera en el país la CAR señala que, en términos generales, esta actividad es llevada a cabo con una mínima inversión por parte de los empresarios, debido a la abundancia de recursos de buena calidad y la facilidad de conseguir mano de obra barata no calificada. lo que indudablemente está ligado a un mayor impacto sobre el ecosistema y en general sobre los recursos naturales. A continuación, se hace una descripción con mayor detalle, sobre los recursos naturales afectados.

**2.5.2.1 Impacto sobre el aire.** La actividad de la industria ladrillera, deja como consecuencia la presencia de sustancias nocivas en la atmósfera en cantidades que afectan negativamente a los humanos, la vegetación, los animales y los recursos naturales. Los hornos empleados para los ladrillos liberan a través de sus chimeneas, enormes cantidades de humos y vapores cargados con gases tóxicos y material particulado, entre ellos: Óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido de carbono, debido a la combustión incompleta del combustible, los cuales pueden extenderse no solo sobre el entorno inmediato, sino que pueden llegar a lugares alejados, ya sea porque se propague por el aire o por el agua. Una de las principales causas de este fenómeno, es la quema a gran escala de combustibles (carbón, petróleo, gas, etc.) para suministrar energía a industrias, hogares y medios de transporte. Los principales contaminantes son partículas, gases y metales (plomo) entre otros.



En el proceso también se libera MP conformado por el polvo y cenizas del carbón, y partículas de arcilla o combustible quemado. La inhalación de estos contaminantes causa irritación en la piel y los ojos y puede causar enfermedades pulmonares como la neumoconiosis y la silicosis, que son causadas por la inhalación de polvo silíceo. Se cree que el MP contribuye a la enfermedad cardiovascular y cerebrovascular por los mecanismos de inflamación sistémica, activación de coagulación directa e indirecta y translocación directa a circulación sistémica. Según la OMS, las poblaciones sometidas a exposición a largo plazo a PM tienen una tasa de mortalidad e incidentes cardiovasculares significativamente más alta. Las exposiciones agudas a corto plazo aumentan sutilmente la tasa de eventos cardiovasculares a los pocos días de un pico de contaminación.

Difícilmente se podría determinar todos los impactos ocasionados por la contaminación del aire, la OMS también advierte que aún así, cuando las emisiones de la contaminación del aire se liberan desde fuentes locales fijas, esta contaminación puede trasladarse a través de las fronteras nacionales en escalas de tiempo de 4 a 6 días, bajo ciertas condiciones atmosféricas, lo que afecta a las personas que se encuentran lejos de su fuente original. Cuando contaminamos nuestro aire, también estamos contaminando la precipitación que cae en las fuentes de agua y los suelos de lugares que se encuentran lejos de nosotros. Esta situación es preocupante, dado que el suelo y el agua son dos recursos de los cuales depende toda la vida del planeta, ya que proporcionan nutrientes, minerales y elementos que son esenciales para el crecimiento y las funciones biológicas.

En el contexto nacional, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales– IDEAM (2018), estimó que, durante el año 2015, la contaminación del aire estuvo relacionada con 10.527 muertes y 67,8 millones de síntomas y enfermedades. Adicionalmente, el IDEAM sostiene que el contaminante que más causa impacto en el país, es el Material Particulado Menor a 2,5 micras (PM<sub>2.5</sub>), el cual se conforma por partículas muy pequeñas, generadas primordialmente por el empleo de combustibles en vehículos pesados y en la industria. Estas partículas penetran profundamente en el organismo, afectando las vías respiratorias y los pulmones.

La niebla es otro fenómeno cuyo efecto puede extenderse a áreas cercanas. La formación de niebla se acelera debido a la contaminación del aire. La vida normal, especialmente el transporte, se ve seriamente afectada debido a la niebla, este fenómeno puede incluso afectar los ciclos normales y vitales de componentes bióticos, desarrollo de la fauna y flora, e incluso, es posible que interfiera sobre el crecimiento de los cultivos, el cual se ve afectado por la reducción de la luz solar.

**2.5.2.2 Impacto sobre el suelo.** La fabricación tradicional de ladrillos libera gases nocivos en la atmósfera, los cuales logran hasta el suelo, en este sentido, este sufre alteraciones que modifican su composición natural. Desde el momento en que ocurre la excavación para la extracción de la arcilla, se lleva a cabo la tala y quema del manto vegetal, lo que paulatinamente va degradando el suelo hasta el punto en que es poco factible su recuperación. Un suelo en estas condiciones requiere entre 25 y 30 años para que recupere su fertilidad. Pero este lapso puede ser más largo, si el suelo estuvo expuesto a la concentración de desechos tóxicos como monóxido de

carbono y óxido de azufre, pues sus propiedades físicas, biológicas y químicas pueden verse alteradas, haciendo que el suelo no sea apto para el cultivo.

Sumado a esto, se tiene también la precipitación de lluvia ácida, la cual puede alterar la química del suelo, lo que, a su vez, puede afectar el crecimiento de las plantas y la calidad del agua de varias maneras. A medida que los suelos se vuelven más ácidos, disminuye su capacidad de retener muchos nutrientes esenciales, minerales y elementos, como calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K). Como resultado, estos nutrientes, minerales y elementos son transportados, o lixiviados, por el agua que fluye a través del suelo, haciéndolos menos disponibles para el uso de los organismos terrestres.

Al respecto, Jiménez (2017), expone esta situación como uno de los principales problemas ocasionados al suelo, ya que se elimina la capa orgánica fértil junto con la vegetación. Lo anterior ocasiona que el suelo se vuelva inestable y vaya perdiendo su capacidad de drenaje y sostén, aumentando de esta manera, el riesgo de erosión, derrumbes y deslizamientos. Sobre esta problemática, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2018), advierte que la contaminación del suelo provoca una reacción en cadena, que modifica su biodiversidad, por lo tanto, se observa una disminución de la materia orgánica y una pérdida considerable en capacidad para actuar como filtro. Adicionalmente, al perder su capacidad para filtrar, el agua que esté almacenada en el suelo también puede contaminarse provocando un desequilibrio de sus nutrientes.

**2.5.2.3 Impacto sobre especies vegetales y animales.** La combinación de partículas y otros contaminantes en el ambiente como el dióxido de azufre puede afectar el crecimiento de las plantas. Las partículas gruesas, como el polvo, pueden depositarse directamente sobre las superficies de las hojas y reducir el intercambio de gases, aumentar la temperatura de la superficie de las hojas y disminuir la fotosíntesis. Gheorghe e Ion (2010), afirman que esta reducción se debe a que las partículas tienen un efecto negativo sobre la superficie de las plantas, puesto que se depositan sobre ellas y cubren la lámina de la hoja, reduciendo la penetración de la luz y bloqueando la apertura de las estomas.

En cuando a la afectación sobre la especie animal, las partículas tóxicas que contienen elementos como el arsénico o el flúor pueden caer sobre suelos agrícolas o plantas que son ingeridas por los animales y, por lo tanto, pueden afectar la salud de las especies. Al igual que los humanos, los animales pueden experimentar problemas de salud si están expuestos a concentraciones elevadas de tóxicos en el aire o en el agua. Los contaminantes tóxicos persistentes en el medio ambiente se acumulan en los sedimentos y pueden formar parte de la cadena alimenticia de muchos seres.

Uno de los fenómenos con mayor impacto sobre las plantas y los animales es la lluvia ácida, la cual es causada porque el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno se combinan con el vapor de agua en la atmósfera y forman ácidos. La industrialización es la razón principal de la lluvia ácida porque las industrias emiten dióxido de azufre y óxidos de nitrógeno, los ácidos formados regresan a la tierra cuando ocurren las precipitaciones, dejando residuos tóxicos sobre la tierra.

Se puede decir que esto causa daño considerable a las especies vegetales, a los animales y sobre todo a las fuentes hídricas, ya que la lluvia acida puede venir acompañada de contaminantes como el flúor, el plomo y el mercurio. “El dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno se disuelven muy fácilmente en agua y pueden ser acarreados por el viento a lugares muy lejanos. En consecuencia, los dos compuestos pueden recorrer largas distancias y convertirse en parte de la lluvia y la niebla que tenemos en ciertos días” (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos EPA, 2014).

**2.5.2.4 Impacto sobre el clima.** Está relacionado con la contaminación del aire, dado que este no se limita a afectar únicamente el entorno local o regional, sino que potencialmente puede desencadenar daños muchos más graves a nivel mundial. Uno de esos efectos es el calentamiento global. La atmósfera de la Tierra posee un conjunto de gases naturales, los cuales se integran equilibradamente para atrapar parte del calor del sol cerca de la superficie de la Tierra. Este fenómeno más conocido como “efecto invernadero” mantiene estable la temperatura de la Tierra. Desafortunadamente, la actividad humana ha alterado este equilibrio natural al producir grandes cantidades de gases de efecto invernadero, incluidos el dióxido de carbono y el metano. Como resultado, la concentración de estos gases en la atmósfera provoca múltiples modificaciones sobre su capacidad para atrapar el calor, lo que está dando como resultado cambios permanentes en el clima global, con el aumento o la disminución de la temperatura.

En este sentido, el IDEAM (2007), establece Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático, que el aumento en la concentración de dióxido de carbono debido principalmente a la quema de combustibles fósiles (carbón, productos derivados del

petróleo) está causando un aumento global de la temperatura de la atmósfera y la superficie de la tierra. Independientemente de los grados que se aumenten o disminuyan en la temperatura, estos pueden causar cambios en los patrones climáticos en todo el mundo, tales como: el derretimiento del hielo en las regiones polares, lo que resulta en un aumento en los niveles de agua de mar que pueden sumergir las áreas costeras bajas, el cambio en el patrón de lluvia, etc.

Así mismo, en dicho informe también se expone que el clima de la Tierra depende del equilibrio radiactivo de la atmósfera y de la concentración de gases en la atmósfera. Estos factores pueden variar de forma natural o antropogénica, debido a las actividades humanas. La influencia de elementos ajenos al comportamiento normal de la atmósfera y la absorción de la radiación, causan alteraciones en el clima y la respuesta de la tierra a estas fluctuaciones.

**2.5.2.5 Impacto sobre el recurso hídrico.** La contaminación presente en el agua no siempre es visible. En la mayoría de los casos, los ríos, lagos o áreas costeras pueden parecer limpios, pero aún están contaminados debido a la precipitación ácida de la lluvia, o debido a filtración a través de los suelos, de nutrientes, elementos y metales. La contaminación producto de los hornos de ladrillos, es una fuente de contaminación también para el agua. Estas industrias afectan la calidad del recurso tanto superficial como subterránea. Debido al vertido de cenizas, extracción de tierra y arena y otras actividades, producen afectación sobre el recurso hídrico en las áreas de captación, haciendo que, por ejemplo, el agua sea más turbia y contaminada en las zonas aledañas al lugar de la actividad.

**Impacto sobre aguas superficiales.** De acuerdo con la CAR de Cundinamarca, en las zonas cercanas a la extracción de arcilla, existen algunas quebradas y cañadas que se ven afectadas ya que sólo sirven de desaguadero en épocas de lluvia, pero también, sus cauces están parcialmente obstruidos con el material sobrante de diversas actividades hechas con la arcilla. Otro impacto sobre el agua superficial es el que ocurre con la ya mencionada lluvia ácida, pues esta cae sobre diversas fuentes hídricas. En este caso, esto puede tener un alcance mucho más amplio sobre la región, pues esta agua contaminada se distribuye junto con el flujo natural de ríos y quebradas, distribuyéndose así hacia poblaciones, plantas y animales. Por otro lado, cuando se realizan labores extractivas, se pueden presentar represas que afectan las corrientes fluviales, causando variaciones en su trazado natural, erosiones y sedimentación.

**Impacto sobre aguas subterráneas.** Así mismo, la CAR, también establece los posibles impactos sobre la calidad de las aguas subterráneas en el área de influencia de un proyecto extractivo. Principalmente esto se debe al vertimiento de contaminantes sobre el suelo, ya que estos logran filtrarse a través del mismo llegando hasta pozos subterráneos de agua, que en muchas ocasiones son liberados finalmente a otras fuentes y nacimientos de agua.

**2.5.2.6 Impacto sobre el paisaje.** La producción de ladrillos puede alterar el paisaje de diversas maneras que son perjudiciales para el medio ambiente. La producción de ladrillo, en su etapa de extracción, puede, por ejemplo; aumentar la deforestación y los impactos ambientales asociados (como la erosión del suelo), aunque las directrices legales exigen que se realice una reforestación o recuperación de la capa vegetal extraída, la mayoría de las empresas no la realizan y, además, el suelo empleado, no queda en las mismas condiciones, dejándolo

prácticamente inutilizable para futuras actividades. Esta situación, va creando espacios alterados dentro de la vista natural de un paisaje, pues adicional al hecho de que daña la flora, afecta las fuentes hídricas y a su vez, disminuye la vida animal de su entorno.

Por otro lado, en la mayoría de las situaciones, el lugar de fabricación de los ladrillos queda retirado del lugar de la extracción, razón por la cual es necesaria la construcción de vías transitorias por donde se pueda transportar la materia prima. Esto implica también una serie de actividades que, sin lugar a duda, alterará el paisaje y los demás componentes del lugar. En este aspecto, la CAR, hace señalamiento al hecho de que los frentes de explotación dejan como resultado, una serie de montículos dispersos, mal manejo de residuos, escombreras y carbones, evidente deforestación y fuentes de humo producido por los hornos de cocción, que además del ya mencionado impacto ambiental, produce un impacto visual negativo, que es aplacado ligeramente debido al hecho de que estas zonas, se encuentran en su mayoría alejadas de vías principales y zonas urbanas.

**2.5.2.7 Impacto socioeconómico.** La actividad de la industria ladrillera, trae también una serie de impactos sobre la sociedad y la economía de la región en la cual se lleva a cabo. En el aspecto económico, por ejemplo, aunque este tipo de industria genere empleo, muchas de estas empresas que no están legalmente constituidas, realizan contrataciones que no cumplen del todo con los requerimientos legales, provocando que la población afectada, no tenga un estilo de vida digno. Sanjel et al. (2016), exponen que, este tipo de industria en muchas ocasiones no cuentan con las regulaciones requeridas por el Sistema de Seguridad y Salud en el trabajo, exigido a las empresas; aunque la fabricación de ladrillos presenta riesgos para los trabajadores, la pobreza y



las pocas posibilidades de conseguir un trabajo, obligan a las personas a unirse a trabajos inseguros como este.

En este sentido, Sánchez y Zapata (2013), mencionan que este tipo de actividad también da origen a conflictos sociales, debido a que las poblaciones aledañas a los sitios productivos se ven afectadas por la contaminación indiscriminada de los recursos, el cambio en los usos del suelo y la vocación agrícola; así como el abandono de estas zonas, las cuales se convierten en espacios aptos para la proliferación de invasiones y de construcciones ilegales.

**2.5.3 Metodologías de evaluación de impacto ambiental.** “La Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) en Colombia, se constituye en la principal herramienta para tomar decisiones sobre, proyectos, obras y actividades (POA) con potencial para generar impactos ambientales significativos” (Toro, Martínez y Arrieta, 2013, p.43). Esta evaluación se fundamenta en la identificación, el análisis y la valoración de los impactos ambientales de un proyecto, para lo cual se debe tener en cuenta la información y los alcances del mismo. El propósito de una EIA es determinar los posibles efectos ambientales, sociales y para la salud, de modo que quienes toman las decisiones al desarrollar el proyecto, estén informados sobre las posibles consecuencias, mientras se busca evitar, reducir o mitigar los posibles impactos adversos mediante la consideración de opciones, sitios o procesos alternativos.

Como primera medida, se deben identificar las actividades o acciones del proyecto que probablemente causen impactos ambientales y los componentes y elementos ambientales en cada medio que puedan verse afectados por esas acciones o actividades. También se consideran los

posibles efectos positivos que el proyecto puede tener en su entorno. La valoración de los impactos permite determinar su magnitud e importancia, lo que permite la preparación de un plan de gestión ambiental orientado a eliminar, mitigar o compensar los efectos negativos y aprovechar los efectos positivos del proyecto. En última instancia, facilita el diseño de un programa de monitoreo ambiental y planes de seguimiento para verificar el cumplimiento y la efectividad de las medidas de gestión llevadas a cabo.

Se requieren varias actividades en la realización de un estudio de impacto ambiental, entre las que se encuentran: La identificación del impacto, la caracterización del proyecto y del entorno, la predicción y evaluación del impacto, y la selección de la acción propuesta de un conjunto de alternativas que se evalúan para satisfacer las necesidades identificadas. En concordancia con lo dispuesto por el Ministerio de Ambiente (2010), la EIA debe iniciar a partir del reconocimiento de las interacciones entre las actividades de la comunidad cercana con el medio ambiente circundante y, a su vez las interacciones de las actividades del proyecto con estos. Los pasos a seguir en la EIA son los siguientes:

**2.5.3.1 Identificación y evaluación de impactos.** Un impacto ambiental ocurre cuando se produce una interacción entre la actividad de un proyecto y un receptor ambiental. En este paso, se busca la identificación, descripción y evaluación de los efectos directos e indirectos de un proyecto sobre: seres humanos, fauna y flora; suelo, agua, aire, clima y paisaje; y a su vez como esta interacción de estos factores; interfiere en bienes materiales y el patrimonio cultural. La determinación de la magnitud del evento requiere la identificación y cuantificación (en la medida de lo posible) de las fuentes de posibles efectos ambientales y socioeconómicos de las

actividades rutinarias y no rutinarias del proyecto. La determinación de la sensibilidad ambiental del receptor requiere una comprensión del entorno biofísico.

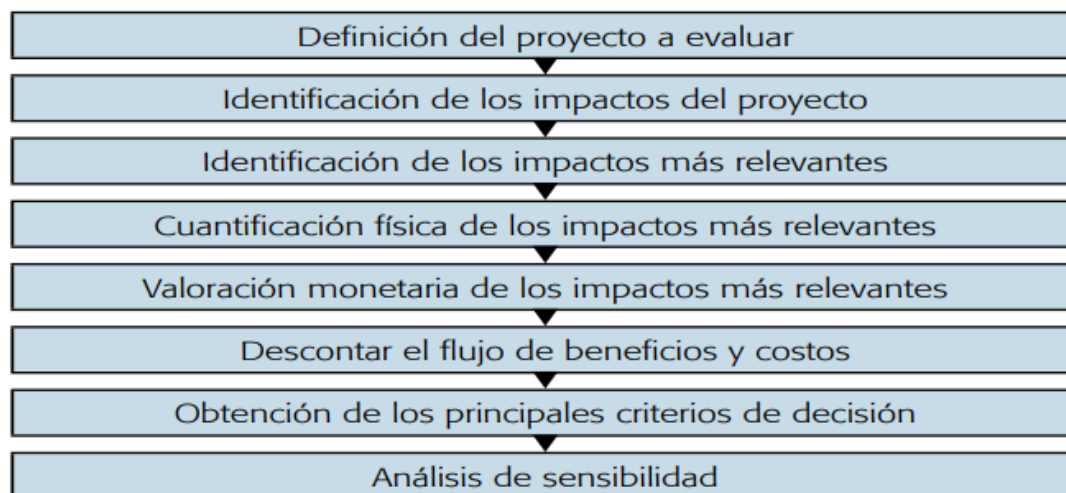
Toro, Martínez y Arrieta (2013), establecen que, en el país, no existen métodos oficiales para la evaluación de los impactos ambientales. Por lo tanto, el procedimiento seleccionado para llevar a cabo dicha actividad queda en manos del evaluador o solicitante de la licencia. Debido a esto, es importante saber reconocer los métodos utilizados y cuál es el más adecuado conforme a las características del proyecto y la valoración de los impactos generados. Es de vital importancia que el método empleado supla todos los requerimientos y cubra a cabalidad todos los aspectos de las actividades, para que las autoridades cuenten con información pertinente que les permita tomar las decisiones adecuadas en materia ambiental.

La identificación de impactos puede llevarse a cabo mediante listas de verificación, matrices, diagramas de redes, comparaciones gráficas y superposiciones. Los principales métodos cuantificables para comparar opciones son mediante la aplicación de ponderaciones, a los impactos ambientales o mediante el análisis de costo-beneficio económico o una combinación de ambos. Los valores numéricos, o ponderaciones, pueden aplicarse a diferentes impactos ambientales para definir (subjetivamente) su importancia.

***2.5.3.2 Evaluación Económica en el Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental.*** Tal como lo dispone el Ministerio de ambiente (2010), el objetivo de este proceso es identificar y calcular cual sería el valor económico de los impactos ambientales, esto con el fin de que sean

considerados dentro del análisis financiero ambiental del proyecto y contribuir a determinar si es viable o no la ejecución del mismo.

La EIA conlleva costos y beneficios, tanto privados como públicos. Los costos incluyen, entre otros, los costos directos involucrados en la preparación de la EIA, posibles demoras en el progreso del proyecto y los costos para las autoridades competentes. Puede haber otros costos debido a procedimientos legales que no habrían ocurrido si no hubiera tenido un procedimiento de EIA. Los principales beneficios son las mejoras en la calidad ambiental que pueden ocurrir si la EIA ha llevado a una decisión acertada en cuanto a la gestión de su impacto hacia el medio ambiente. A continuación, se mostrarán cuáles son los pasos a seguir para realizar el análisis de costo-beneficio en un estudio de impacto ambiental:



*Figura 7.* Etapas del análisis costo beneficio ambiental  
Fuente: Ministerio de medio ambiente (2010).

**2.5.3.3 Zonificación de manejo ambiental.** “Busca evaluar la vulnerabilidad de las unidades ambientales (zonificación ambiental) ante la construcción y operación de un proyecto. El análisis

de cada una de las unidades de manejo debe realizarse de manera cualitativa y cuantitativa, utilizando sistemas de información geográfica” (Ministerio de medio ambiente, 2010, p.27).

Es importante la ubicación general del proyecto a evaluar, considerando, por ejemplo, la identificación y descripción general de los estados climáticos característicos de la zona, las condiciones del suelo y del recurso hídrico, el diagnóstico general de los elementos bióticos y abióticos, también es importante tener datos de factores meteorológicos relevantes como temperatura, precipitación, evaporación, dirección de la velocidad del viento y radiación solar. Todos estos aspectos pueden tener una influencia importante en las vías probables para la liberación de contaminantes al medio ambiente y en qué medida el factor específico del sitio puede influir en el impacto de dicha liberación. Por lo tanto, la ubicación del sitio tiene influencia directa sobre los elementos que se tomaran en el estudio ambiental.

**2.5.3.4 Plan de manejo ambiental.** En este punto se debe diseñar un plan de manejo ambiental, que se origine como el resultado de las estimaciones ambientales previas, por lo tanto, debe cumplir con los requisitos legales o las regulaciones generales en cuanto a las evaluaciones ambientales y en cuanto a lo dictaminado con referencia a la actividad a realizar. Idealmente, este proceso debe contar con la participación de especialistas y expertos en los diversos campos que sean tenidos en cuenta dentro del proyecto, es decir, no pueden faltar elementos dentro de las consideraciones previas, ya que lo que se busca es predecir los probables impactos del proyecto y diseñar medidas de mitigación de los mismos.

Para su diseño, es importante la predicción de los impactos, que se debe hacer tanto cualitativa como cuantitativamente. La escala y la gravedad de un impacto están determinadas por si es reversible o irreversible. Si el impacto es reversible, entonces puede tomarse como de bajo impacto. Si el impacto adverso no se puede revertir, se dice que el impacto es alto. La duración del impacto es igualmente importante de entender. Se deben tener en cuenta los aspectos cronológicos de los impactos que surgen en diferentes etapas.

**2.5.3.5 Monitoreo y mitigación.** Esta es una fase primordial, posterior a la puesta en marcha del proyecto y la ejecución del plan de manejo ambiental. Con ella se busca, no solamente evaluar la correcta ejecución de los planes propuestos con la evaluación ambiental, sino que se busca asegurar que se implementen las medidas de mitigación requeridas. Para lo cual, estas medidas pasan por un proceso de valoración para determinar si estas están funcionando correctamente y si se están logrando los resultados esperados con su implementación. Para la mitigación, se establecen acciones para compensar los impactos medioambientales del proyecto, con la finalidad de disminuir los efectos negativos que tiene sobre el entorno y mejorar el alcance de los beneficios del mismo.

Finalmente, con este proceso, se pretende dar validación y respaldo a los modelos o proyecciones que se utilizaron durante el proceso de evaluación de impactos, para esto, es importante realizar una retroalimentación de lo previamente pautado con los resultados finales, lo cual permite observar si efectivamente las prácticas seleccionadas, contribuyeron a mitigar los impactos y puedan servir como ejemplo para futuros proyectos similares.

## 2.6 Marco normativo

**2.6.1 Leyes y decretos aplicables.** A continuación, se describen las diferentes disposiciones legales que se han creado en materia de calidad de aire e impacto ambiental.

Tabla 2.  
*Marco legal*

Marco legal		
Norma	Entidad que La Expide	Observaciones
Ley 99 de 1993	Congreso de Colombia	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones.
Resolución 601 de 2006	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	Por la cual se establece la Norma de Calidad del Aire o Nivel de Inmisión, para todo el territorio nacional en condiciones de referencia.
Resolución 909 de 2008	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	Por la cual se establecen las normas y estándares de emisión admisibles de contaminantes a la atmósfera por fuentes fijas y se dictan otras disposiciones.
Decreto 1299 de 2008	El presidente de la república de Colombia	por el cual se reglamenta el departamento de gestión ambiental de las empresas a nivel industrial y se dictan otras disposiciones.
Resolución 610 de 2010	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006
Resolución 650 de 2010	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	Por la cual se adopta el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire
Resolución 760 de 2010	Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial	Por la cual se adopta el protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas
Resolución 935 de 2011	Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales– IDEAM	Por la cual se establecen los métodos para la evaluación de emisiones contaminantes por fuentes fijas y se determina el número de pruebas o corridas para la medición de contaminantes en fuentes fijas.
Resolución 6982	Ministerio de	Por la cual se dictan normas sobre prevención y

de 2011	ambiente, vivienda y desarrollo territorial	control de la contaminación atmosférica por fuentes fijas y protección de la calidad del aire.
resolución 2254 de 2017	Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible	Establece la norma de calidad del aire o nivel de inmisión y adopta disposiciones para la gestión del recurso aire en el territorio nacional para garantizar un ambiente sano y minimizar el riesgo sobre la salud humana.

**2.6.2 Límites permisibles de contaminantes atmosféricos para empresas de fabricación de ladrillos artesanales o industriales en Colombia.** Los niveles máximos permisibles aplicables a nivel nacional, se establecen en la Resolución 2254 de 2017 la cual, exige el cumplimiento de estos valores, a partir del 1 de enero del año 2018. En la siguiente tabla, se pueden observar los niveles permisibles y las condiciones de referencia de cada uno de ellos. Adicionalmente, se establecen también los niveles permisibles que se regirán a partir del 1 de enero de 2030:

Tabla 3.  
*Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire*

<b>Niveles máximos permisibles de contaminantes criterio en el aire</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Nivel máximo permisible (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tiempo de exposición</b>
PM <sub>10</sub>	50	Anual
	75	24 horas
PM <sub>25</sub>	25	Anual
	37	24 horas
SO <sub>2</sub>	50	24 horas
	100	1 hora
NO <sub>2</sub>	60	Anual
	200	1 hora
O <sub>3</sub>	100	8 horas
CO	5.000	8 horas
	35.000	1 horas

Fuente: Gobierno de Colombia - Resolución 2254 de 2017.



Tabla 4.

*Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire para el año 2030*

<b>Niveles máximos permisibles de contaminantes en el aire para el año 2030</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>Nivel máximo permisible (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Tiempo de exposición</b>
PM <sub>10</sub>	30	Anual
PM <sub>25</sub>	15	Anual
SO <sub>2</sub>	20	24 horas
NO <sub>2</sub>	40	Anual

Fuente: Gobierno de Colombia-Resolución 2254 de 2017.

Por otro lado, el gobierno de Colombia, a través del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM, publicó en el año 2018 un Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia, en el cual, se hace alusión a los niveles permisibles de contaminantes liberados a la atmósfera, atendiendo las recomendaciones que al respecto hace la Organización Mundial de la Salud. En este sentido, la normativa establece que “La exposición prolongada a material particulado menor a 10 y 2.5 micras, es correspondiente con el objetivo intermedio 2 de la OMS, mientras que, para exposición de corta duración, la normatividad colombiana corresponde con el objetivo intermedio 3” (IDEAM, 2018, p.7). Lo anterior, se resume en la siguiente tabla:

Tabla 5.

*Normatividad de calidad de aire en Colombia vs. Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud*

<b>Normatividad de calidad de aire en Colombia vs. Recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud</b>					
<b>Contaminante</b>	<b>Res. 2254 de 2017 (a partir de 2018)</b>	<b>Res. 2254 a 2030 (a partir de 2030)</b>	<b>OMS Objetivo intermedio-2</b>	<b>OMS Objetivo intermedio-3</b>	<b>Valor guía OMS</b>
<b>Valores anuales-Exposición prolongada</b>					

PM <sub>10</sub>	50	30	50	30	20
PM <sub>2.5</sub>	25	15	25	15	10
NO <sub>2</sub>	60	40	-	-	40
<b>Valores diarios-Exposición de corta duración-24 horas</b>					
PM <sub>10</sub>	75	75	100	75	50
PM <sub>25</sub>	37	37	50	37.5	25
SO <sub>2</sub>	50	20	-	-	-
<b>Valores octohorarios-Exposición de corta duración-8 horas</b>					
O <sub>3</sub>	100	-	-	-	100
CO	5000	-	-	-	-

Fuente: Adaptado del Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia (2018).

## **Descripción del área de estudio**

Para fines de este estudio, se tiene en cuenta dos investigaciones, la primera, llevada a cabo por Guerrero, Espinel y Velásquez (2017) y titulada “Análisis isocinético y corrección a condiciones de referencia en horno a cielo abierto en el municipio de Ocaña, Norte de Santander” y la segunda, es la realizada por Buitrago y Rojas (2017) la cual se basa en la “Estimación de factores de emisión de una ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C”. Para cada una de las ladrilleras objeto de estudio, se mostrarán las principales generalidades en cuanto a su ubicación y funcionamiento, la identificación y valoración de los gases contaminantes producto de su actividad y finalizando con un análisis comparativo de estas estimaciones.

### **3.1 Ladrillera El Recreo 2, Ocaña-Norte de Santander**

**3.1.1 Localización y generalidades.** El municipio de Ocaña, está ubicado en el departamento colombiano de Norte de Santander. Limita al norte con el departamento del César y con los municipios nortesantandereanos Teorama, Convención, san Calixto y Ábrego; al sur limita con Ábrego; al oriente con el municipio La Playa de Belén y al occidente con el departamento de César. Nacionalmente se conecta con carreteras que van hacia Cúcuta, Bucaramanga y Santa Marta. Ocaña se divide administrativamente por 17 corregimientos y 90 veredas. Hidrográficamente, tiene los ríos Algodonal, Tejo, Catatumbo y las quebradas Espíritu Santo y las Flores.

El municipio basa su economía principalmente en la producción agrícola de alimentos como el café, fríjol, tomate y cebolla cabezona, en la producción pecuaria como los bovinos y aves de corral y, en el turismo. Esto le ha permitido al municipio desarrollarse económicamente, mediante el crecimiento de pequeñas y medianas empresas con diferentes actividades encaminadas en su mayoría a la agricultura y la explotación minera de productos como la plata, el hierro y el cobre. De acuerdo con los autores, Guerrero, Espinel y Velásquez (2017), en el sector cerámico del municipio existen 30 empresas, las cuales producen al mes aproximadamente 1.027.600 de productos para la construcción entre los que se incluyen: ladrillos, bloques y tejas.

**3.1.2 Descripción del proceso productivo.** La Ladrillera El Recreo 2, ubicada en el municipio de Ocaña, posee un horno a cielo abierto para la cocción de sus productos. De acuerdo con los autores, el proceso en esta ladrillera es artesanal. La cocción inicia con el cargue del ladrillo de forma ordenada en el horno y empleando carbón como combustible. Para el proceso de cocción, se sella el horno por medio de una pared de ladrillos y se da inicio a la combustión inyectándole aire con un ventilador. Esto se realiza hasta que el carbón mineral se haya quemado en su totalidad. Para el enfriamiento del producto, simplemente se abre la entrada del horno y se deja por un tiempo a temperatura ambiente hasta que los ladrillos estén en temperatura adecuada para su retiro.

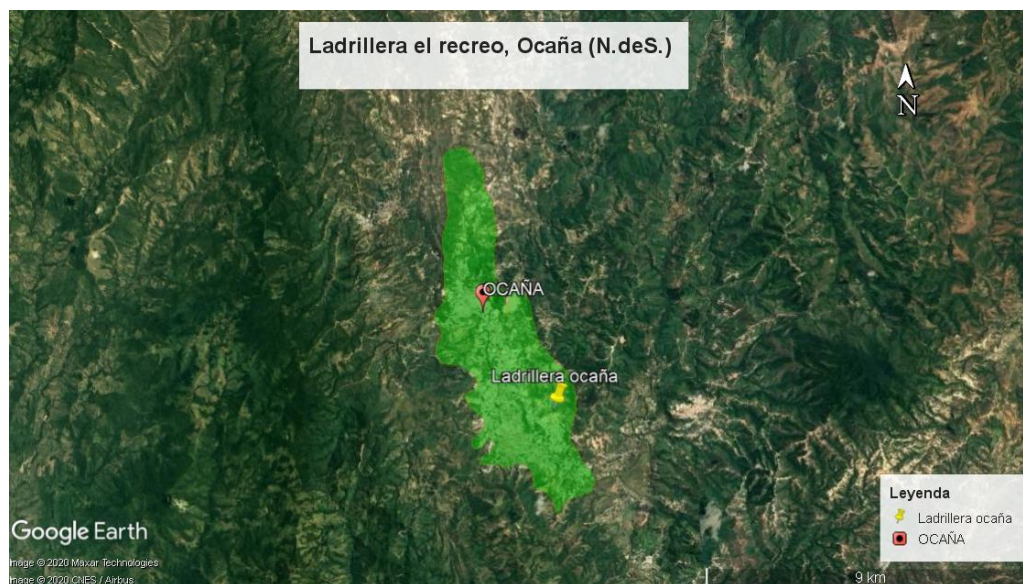


Figura 8. Localización de la ladrillera El recreo II  
Fuente: Google Earth.

Tabla 6.  
*Horno a cielo abierto de la ladrillera El recreo II*

### Horno a cielo abierto de Ladrillera El recreo II



fuelle: Guerrero, Espinel y Velásquez (2017).

Este horno es circular con un diámetro interior de 2,12 metros y una altura de 4,52 metros, su capacidad es de 4.300 ladrillos por quema con un consumo de carbón de 1.500 kg por cada cocción. La duración de la quema puede durar de 6 a 7 días dependiendo el clima y capacidad del horno, realizándose generalmente dos quemas por mes.

Tipo de combustible	Carbón
<b>Producción</b>	4.300 ladrillos por quema
<b>Consumo</b>	1.500 kg por cada cocción

**3.1.3 Cantidad y tipos de contaminantes emitidos a la atmósfera.** Para evaluar las emisiones de contaminantes a la atmósfera, los autores se valieron del analizador experimental,

siguiendo las pautas establecidas por la normatividad del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en el Protocolo para el control y vigilancia de la contaminación atmosférica generada por fuentes fijas (2010).

Para ejecutar el método, se llevaron a cabo 3 pruebas y por cada prueba se realizaron 4 mediciones con intervalo de tiempo de 15 minutos. Debido a que el horno no posee chimenea, para realizar las mediciones de los gases se tomó como punto de referencia la parte superior, que es por donde salen los gases producto de la combustión. En la tabla 3, se muestran los resultados obtenidos en la primera prueba.

Tabla 7.  
*Emisiones de contaminantes en la ladrillera el recreo 2*

<b>Mediciones contaminantes</b>				
<b># de mediciones</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Hora</b>	9:00 A.M.	9:15 A.M.	9:30 A.M.	9:45 A.M.
<b>Contaminante</b>				
O <sub>2</sub> ( % )	13.23	8.67	15.10	12.47
CO ( % )	3.18	5.58	2.63	0.00
CO <sub>2</sub> ( % )	7.93	12.32	7.82	0.00
NO (p.p.m )	26.73	25.40	18.83	73.27
T ( °C )	67,97	67,73	69,07	56,80

Fuente: Guerrero, Espinel y Velásquez (2017).

En la siguiente tabla, se muestran los resultados obtenidos mediante la medición de gases que fueron tomados del horno seleccionado. Estos resultados son un promedio de las concentraciones de los contaminantes regulados por la Resolución 909 de 2008.

Tabla 8.  
*Caracterización de los gases por análisis de combustión*

Ladrillera	Contaminante			
	O <sub>2</sub> ( % )	CO ( % )	CO <sub>2</sub> ( % )	N <sub>2</sub> ( % )
<b>El recreo 2</b>	12,42	3,01	7,52	77,05

Fuente: Guerrero, Espinel y Velásquez (2017).

Los análisis llevados a cabo en el estudio, determinaron que la concentración de óxido de nitrógeno en partes por millón (p.p.m.) emitido en la ladrillera seleccionada es de 17,52. En la siguiente tabla, se pueden apreciar los resultados de la corrección de oxígeno de referencia del 18% del óxido nítrico en la ladrillera El recreo 2 y el estándar de emisión admisible según la resolución 909 de 2008 para las fábricas de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla.

Tabla 9.  
*Corrección de oxígeno de referencia del 18% del óxido*

Ladrillera	Concentración		Norma (mg/m <sup>3</sup> )
	C <sub>CL</sub> (p.p.m)	C <sub>CR (O<sub>2</sub>Ref)</sub> (mg/m <sup>3</sup> )	
<b>El recreo 2</b>	17,52	9,27	550,00

Fuente: Guerrero, Espinel y Velásquez (2017).

CCR Concentración del contaminante a condiciones de referencia (mg/m<sup>3</sup>)

CCL Concentración del contaminante a condiciones locales (mg/m<sup>3</sup>)

Los autores determinaron que en general, la ladrillera cumple con los parámetros de emisión instaurados por la regulación ambiental vigente para emisión por fuentes fijas. Las concentraciones de gases presentes a la salida del horno fueron: Oxígeno con un porcentaje de 12,42 %, monóxido de carbono con un porcentaje de 3,01 %, dióxido de carbono con un porcentaje de 7,52 % y nitrógeno con un porcentaje de 77,02 % y la corrección de óxidos de nitrógeno contaminante a condiciones de referencia fue de 17,52 p.p.m.

Adicionalmente, los resultados de la corrección de oxígeno de referencia  $C_{CR(O_2 \text{ ref})}$  del 18% del óxido nítrico en la ladrillera seleccionada es de 9,27 mg/m<sup>3</sup> y, de acuerdo con la resolución 909 de 2008 para las industrias existentes de fabricación de productos de cerámica refractaria, no refractaria y de arcilla es de 550 mg/m<sup>3</sup>.

## **3.2 Ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar-Bogotá**

**3.2.1 Localización y generalidades.** El estudio se llevó a cabo en Ciudad Bolívar, la cual está localizada al suroccidente de la ciudad de Bogotá D.C, capital del país y del departamento de Cundinamarca. Limita al Oriente con las localidades de Tunjuelito y Usme, al Norte con la localidad de Bosa, al Occidente con el municipio de Soacha y al Sur con la localidad de Usme. Su extensión territorial es de 12.998,46 hectáreas (Ha), de las cuales el 74,33% está clasificado como suelo rural, el 16,44% se establece como suelo urbano y el 1,5% se considera suelo de expansión.





*Figura 9.* Localización de la ladrillera en Ciudad Bolívar-Bogotá  
Fuente: Google Earth

La empresa seleccionada, se dedica a la fabricación, comercialización y distribución de material cerámico y, está ubicada específicamente en El Parque Minero Industrial Mochuelo (PMIM), el cual tiene una superficie aproximada de 1.656 Ha. De acuerdo con los autores, el sector ladrillero del departamento de Cundinamarca participa con un 20,59% de la producción nacional según los resultados de inventario realizado por la CAEM durante 2014-2015, lo cual la posiciona como la segunda región más representativa del país, después del departamento de Cauca. Existen 225 ladrilleras con 453 hornos. En el caso particular de Bogotá, en la zona de Mochuelo, se registran 51 unidades de producción de ladrillo, que fabrican un total de 66.554 Ton/mes (CAEM, 2015).

**3.2.2 Descripción del proceso productivo.** De acuerdo con los autores, Buitrago y Rojas (2017), el proceso llevado a cabo comprende una serie de fenómenos físicos y químicos que inician con la extracción de la arcilla en la mina, continua con la homogenización de los distintos

materiales arcillosos extraídos, sigue el desmenuzado del material con el fin de dividirlo y facilitar su manejo posterior, luego, el moldeo extrusión y corte del material en la forma y diseño de los productos deseados, secado del material extruido y finalmente la cocción en el horno.

Para su actividad, la empresa emplea horno Hoffman semicontinuo, el cual produce 2574,7 Ton/mes de ladrillo y quema 126,9 Ton/mes de carbón mineral como combustible. En la siguiente tabla, se muestra la información correspondiente a la fuente fija analizada y su chimenea:

Tabla 10.

*Especificaciones del Horno Hoffman de la empresa objeto de estudio*

<b>Tipo de fuente fija</b>	Horno Hoffman
<b>Año de entrada en operación a las condiciones actuales</b>	2005
<b>Uso</b>	Cocción de material cerámico
<b>Producción promedio de los últimos 12 meses</b>	2574,7 Ton/mes
<b>Tiempo de operación</b>	24 horas/día
<b>Frecuencia del mantenimiento</b>	Permanente
<b>Tipo de combustible</b>	Carbón mineral
<b>Consumo de combustible</b>	126,9 Ton/mes
<b>Almacenamiento del combustible</b>	Cuarto de acopio
<b>Configuración de la chimenea</b>	Circular
<b>Material de la chimenea</b>	Ladrillo

Fuente: Buitrago y Rojas (2017).

**3.2.3 Cantidad y tipos de contaminantes emitidos a la atmósfera.** Con el estudio, se buscó estimar factores de emisión (masa de contaminante emitido por masa de combustible quemado) de BC (carbono negro), PM<sub>2.5</sub>, CO<sub>2</sub> y CO, mediante la aplicación del método de balance de carbono. Para esto, se seleccionaron los posibles puntos de muestreo, considerando factores como la distancia de estos a la chimenea, la estructura del terreno y las condiciones de seguridad.

Finalmente, el punto de medición de los contaminantes objetos de estudio se tomó a una distancia aproximada de 98 m de la chimenea.

En la siguiente tabla, se muestran los factores de emisión de CO, CO<sub>2</sub>, PM<sub>2,5</sub> obtenidos en el estudio mediante la aplicación del método de balance de carbono. Los autores Buitrago y Rojas (2017), compararon los resultados con los factores de emisión de contaminantes del aire que establece la AP42 de la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), tomando como referencia la fuente Coal-fired kiln (uncontrolled). Los factores de emisión están en unidades de libras de contaminante por tonelada de ladrillo producido, por lo tanto, se usó el valor de la producción promedio de los últimos 12 meses (2574,7 Ton/mes) y el consumo de combustible (Carbón mineral) (126,9 Ton/mes) para realizar la conversión.

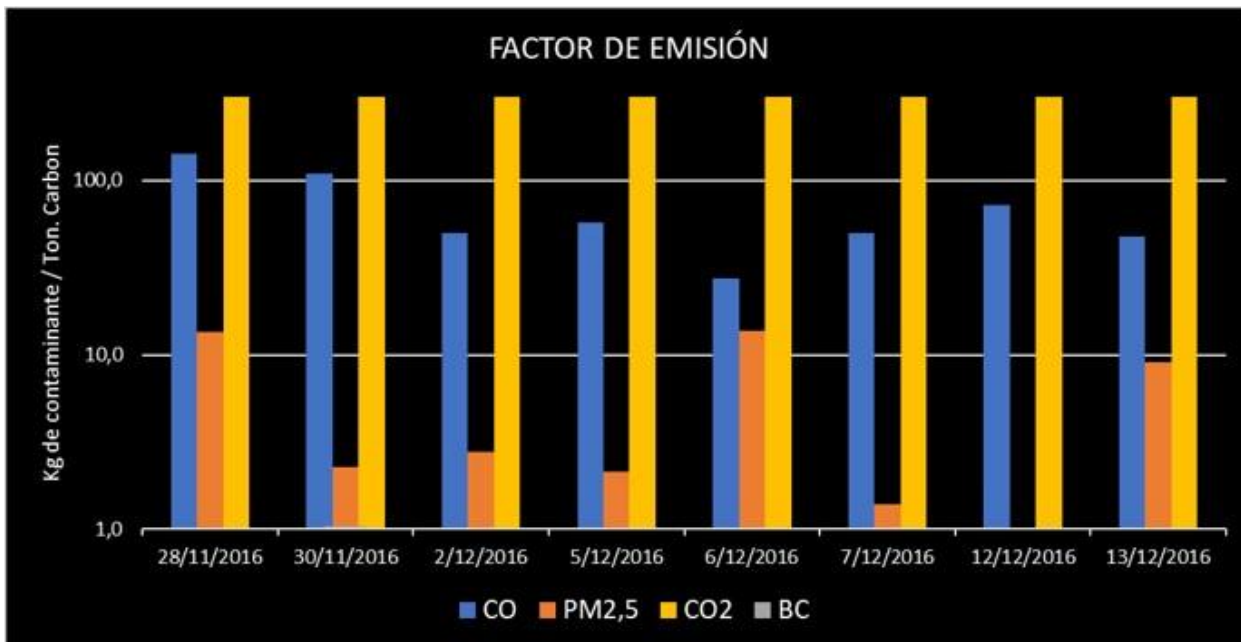
Tabla 11.  
*Factores de emisión*

Fecha	Factor De Emisión (Kg Contaminante/Ton Carbón mineral)			
	CO	PM <sub>2,5</sub>	BC	CO <sub>2</sub>
28/11/2016	31,340	3,895	0,054	2160,453
28/11/2016	252,007	23,235	3,217	1802,095
30/11/2016	109,785	2,281	2,270	2029,059
2/12/2016	31,190	1,260	0,859	2157,736
2/12/2016	64,838	0,820	1,013	2104,296
2/12/2016	45,281	3,730	0,983	2135,139
2/12/2016	83,387	5,340	0,773	2076,028
2/12/2016	42,347	1,849	0,310	2142,219
2/12/2016	14,408	4,377	0,650	2184,874
2/12/2016	70,243	2,006	1,424	2094,298
5/12/2016	11,489	0,417	0,163	2191,249
5/12/2016	23,059	0,569	0,110	2173,262
5/12/2016	80,023	1,125	0,832	2081,099

<b>5/12/2016</b>	265,898	11,913	3,944	1777,600
<b>5/12/2016</b>	3,943	0,565	0,172	2203,071
<b>5/12/2016</b>	14,185	0,265	0,023	2187,523
<b>5/12/2016</b>	13,660	0,799	0,001	2188,430
<b>5/12/2016</b>	30,075	0,810	0,135	2162,143
<b>5/12/2016</b>	72,314	2,637	0,306	2095,141
<b>6/12/2016</b>	49,580	1,386	1,211	2127,549
<b>6/12/2016</b>	3,930	1,854	0,140	2203,212
<b>6/12/2016</b>	33,638	5,287	0,476	2155,295
<b>6/12/2016</b>	25,116	0,873	1,360	2165,445
<b>6/12/2016</b>	14,451	5,466	1,190	2182,828
<b>6/12/2016</b>	1,136	43,148	0,927	2204,718
<b>6/12/2016</b>	58,321	40,669	0,258	2117,309
<b>6/12/2016</b>	31,814	11,729	0,464	2158,206
<b>7/12/2016</b>	59,262	1,432	0,407	2115,282
<b>7/12/2016</b>	134,101	2,161	0,350	1997,885
<b>7/12/2016</b>	24,569	1,529	0,137	2170,789
<b>7/12/2016</b>	31,451	0,557	0,230	2159,633
<b>7/12/2016</b>	73,195	0,821	0,231	2094,033
<b>7/12/2016</b>	47,092	2,955	1,890	2128,967
<b>7/12/2016</b>	0,052	0,013	0,073	2209,549
<b>7/12/2016</b>	29,116	1,658	0,129	2163,673
<b>12/12/2016</b>	56,554	0,428	2,234	2112,837
<b>12/12/2016</b>	103,480	0,079	0,434	2045,696
<b>12/12/2016</b>	57,779	0,405	0,056	2118,900
<b>13/12/2016</b>	22,851	2,149	0,693	2171,451
<b>13/12/2016</b>	24,644	0,822	0,738	2168,466
<b>13/12/2016</b>	217,680	25,393	7,032	1842,048
<b>13/12/2016</b>	15,632	0,086	0,151	2184,782
<b>13/12/2016</b>	0,593	5,139	0,023	2208,882
<b>13/12/2016</b>	11,389	7,341	0,282	2190,969
<b>13/12/2016</b>	100,411	4,072	1,996	2044,792
<b>13/12/2016</b>	2,854	17,935	0,822	2202,400
<b>13/12/2016</b>	17,804	22,969	2,874	2171,384
<b>13/12/2016</b>	62,903	4,499	1,200	2106,651
<b>Promedio</b>	53,560	5,849	0,943	2122,278
<b>Desviación</b>	59,275	9,782	1,267	96,535

Fuente: Buitrago y Rojas (2017).

Como se puede observar, se estimó la desviación estándar de los factores de emisión de cada uno de los contaminantes, ya que por medio de esto es posible conocer la incertidumbre de los resultados obtenidos; dado que entre más alta esta sea, mayor es la dispersión de los datos. A continuación, se puede apreciar la variación en el nivel de emisión por cada contaminante:



*Figura 10.* Factores de emisión  
Fuente: Elaboración propia.

“Si se compara la desviación del CO y CO<sub>2</sub> se puede establecer que para CO<sub>2</sub> la variación de los factores es menor que para el CO, esto puede deberse al proceso de combustión que realiza la empresa ladrillera, la cual no es continua gracias al tipo horno que utiliza, además de que el proceso no cuenta con una dosificación de combustible estándar y que el monóxido de carbono es un producto intermedio en la combustión. Igualmente, los factores de emisión

calculados corresponden a días y periodos de tiempo diferentes” (Buitrago y Rojas, 2017, p.89).

Tabla 12.  
*Comparación con los factores de emisión de la EPA*

<b>Comparación con los factores de emisión de la EPA</b>			
<b>Contaminantes</b>	<b>Factores de emisión EPA (Lb contaminante/Ton ladrillo producido)</b>	<b>Factores de emisión EPA (Lb contaminante/Ton ladrillo producido)</b>	<b>Factores de emisión estudio promedio <math>\pm</math> desviación estándar (Lb contaminante/Ton ladrillo producido)</b>
<b>CO<sub>2</sub></b>	300	C	230,60 $\pm$ 10,48
<b>CO</b>	0,80	D	5,820 $\pm$ 6,44
<b>PM<sub>2,5</sub></b>	0,87	D	0,636 $\pm$ 1,06

Fuente: Buitrago y Rojas (2017).

Tal como se observa en la tabla anterior, los factores de emisión estimados para CO<sub>2</sub>, y PM<sub>2,5</sub> son similares a los presentados por la EPA. Estos tienen una clasificación D que significa que sus niveles están por debajo del promedio; de igual manera, el factor de emisión de CO<sub>2</sub> estimado (230,607Lb contaminante/Ton ladrillo producido), se ubica en la categoría C, lo cual podría indicar, según los autores, que las condiciones de la empresa ladrillera objeto de estudio posee características similares a las empleadas por la EPA al momento de determinar los factores de la industria ladrillera que se exponen en la AP-42.

Los autores concluyen finalmente que, la ladrillera no representa un grave impacto ambiental para los habitantes de Ciudad Bolívar ya que las concentraciones presentes de sus emisiones están por debajo de los niveles permitidos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que las concentraciones medidas, corresponden solo a una pequeña parte de este tipo de empresas

en el sector, por lo tanto, al considerar la totalidad del gremio del Mochuelo, posiblemente pueda representar un riesgo para la salud de los habitantes de esta localidad.

**3.3 Recomendaciones generales para el manejo de las diferentes emisiones.** El problema de contaminación del aire es un asunto que debe ser tratado desde diferentes enfoques, es decir, tomar medidas de prevención y mitigación sobre las fuentes de contaminación, no compete únicamente a los entes de gobierno o a los sectores industriales, ya que cualquier individuo, empresario o líder político, tiene parte de responsabilidad sobre esta situación.

No obstante, el estado de esta problemática se puede relacionar en gran medida con el ejercicio oportuno del gobierno, el cual debe establecer la legislación, los planes y las políticas pertinentes. Estas políticas deben tener su fundamento desde la constitución, en donde se plasman los deberes y derechos de la sociedad en general, siendo entonces, una base sobre la cual se pueden formular las leyes nacionales y las directrices necesarias para la prevención y control de la contaminación del aire.

Tal como aparece en el Informe del Estado de la Calidad del Aire en Colombia (2017), el Gobierno de Colombia, a través del Ministerio de Ambiente junto con el IDEAM, las Corporaciones Autónomas Regionales y las diferentes Autoridades Ambientales han llevado a cabo el diseño e implementación de diversos planes y estrategias encaminadas a reducir las emisiones de contaminantes en todos los sectores del país.

Estas medidas enmarcan diversas fuentes de emisiones en general y entre ellas se cuentan: controles en las vías para la inspección de fuentes móviles, el monitoreo y auditorias constantes

a los sectores industriales que se consolidan como fuentes de contaminación del aire, evaluación y seguimiento de sectores mineros y de construcción, entre otros. Así mismo, el gobierno de cada departamento o municipio, debe ser el principal responsable y ente regulador de las principales actividades industriales de su región, dado que cada zona posee características, economía y crecimiento diferente, que deben tener, por lo tanto, un tratamiento especial mediante la disposición de planes y proyectos que atiendan las necesidades ambientales, sociales e industriales que podrían no ser del todo cubiertas por legislación a nivel nacional.

Tradicionalmente, en las operaciones industriales de la fabricación de ladrillos no se adoptaban técnicas para reducir o controlar los gases contaminantes emitidos, sin embargo, debido al evidente impacto ambiental y social producido por esta actividad y el énfasis correspondiente en la prevención como prioridad de gestión que se le ha dado desde el sector gubernamental, ha crecido el interés de las empresas por mantener una responsabilidad social ambiental.

Según la CAR de Cundinamarca, para el sector ladrillero en específico existen principalmente alternativas de Producción más limpia, que abarcan las “Buenas Prácticas de Producción” y la “Reconversión Tecnológica”. Con lo primero, se busca que la organización adquiera mejores prácticas ambientales para un mejor manejo y disposición de residuos y pérdidas en producción, y en segundo lugar, se refieren a los cambios que deben efectuarse en la maquinaria, los procesos y las tecnologías empleadas en la producción, que le ayudaran no solo con el mejoramiento del proceso productivo en sí, sino que adicionalmente les permitirá



mantenerse bajo el cumplimiento de los requisitos legales que por consiguiente, les evitará sanciones económicas.

A la par de esto, en los últimos años se han desarrollado tecnologías que sirven a este tipo de industrias para disminuir su contaminación hacia el medio ambiente. Por ejemplo, ha aumentado el empleo de hornos que utilizan menores cantidades de combustible o que también tienen un mejor uso de la energía, disminuyendo así, niveles de emisión, tiempo de producción y cantidad de combustible. “La aplicación de estas medidas, además de reducir el gasto en combustible, también mejora la calidad de los productos, reduce pérdidas en la producción y disminuye las emisiones” (Organización de las Naciones Unidas, 2016, p.20).

**3.4 Prácticas de producción recomendables.** A continuación, se muestran un conjunto de prácticas de producción establecidas por la ONU (2016), en su Manual de capacitación Sector ladrillero en América Latina, las cuales contribuyen a un proceso más eficiente.

Tabla 13.

*Prácticas de producción recomendables*

<b>Prácticas de producción recomendables</b>
<p><b>Diseño de la cámara de combustión</b></p> <p>La cámara de combustión del horno debe estar diseñada de acuerdo con tipo de combustible y la carga a ser procesada. Una pequeña cámara de combustión alimentada con mucha leña podría no recibir suficiente aire para la combustión y perder energía.</p>
<p><b>Inyección de aire</b></p> <p>Permite reducir el tiempo de quema y el consumo de combustible (entre 15 y 30 %) y obtener una mejor calidad del producto. Se genera una mejor distribución del calor. Ya que la falta de aire (oxígeno) genera altas emisiones, este sistema también permite disminuir</p>

---

emisiones.

---

### **Masa cerámica**

---

Algunos tipos de combustible pueden ser aprovechados en la mezcla misma de la masa cerámica, tales como finos de carbón, coque de petróleo, turba, desperdicios de fibra de papel y aserrín. Esto permite reducir el consumo de combustible entre 10 y 15 % e incrementa la resistencia mecánica del producto.

---

### **Monitoreo del combustible**

---

El control de la combustión se hace mediante el monitoreo de la cantidad de aire en la combustión y la temperatura. Se sugiere tener una alimentación continua de combustible y observar la intensidad de inyección de combustible y la radiación de las llamas.

---

### **Tipo de combustible**

---

Se recomienda el gas porque disminuye las emisiones de material particulado y carbón negro. El empleo de leña picada reduce hasta en 20 % el consumo de combustible. En caso de utilizar biomasa (ejemplo leña), es importante que sea de origen legal.

---

### **Identificación de las propiedades de la arcilla**

---

Se necesita conocer la granulometría (tamaño de grano), plasticidad y endurecimiento al secado de la arcilla a ser usada. En caso que no se tenga acceso a análisis de laboratorio, estas mediciones se pueden realizar a través de sencillas prácticas.

---

### **Arreglo de piezas**

---

Una adecuada disposición de las piezas cerámicas dentro del horno puede ayudar a que se realice una quema eficiente, así como productos de buen calidad y más uniformes. Esta práctica puede ayudar a reducir el consumo de combustible y tiempo de operación.

---

### **Aislamiento térmico**

---

Los sistemas de aislamiento térmico pueden ampliar la eficiencia de los hornos. El dimensionamiento y sellado adecuado de las paredes, puertas y hornos también contribuyen a un mayor ahorro energético.

---

Fuente: Adaptado del Manual de capacitación Sector ladrillero en América Latina (2016).

En general, el marco de acción para disminuir o mitigar los niveles de contaminación presentes en el aire, debería incluir: La planificación urbana y social, atendiendo el Plan de Ordenamiento Territorial, controles especiales sobre la contaminación de los vehículos

automotores, la supervisión constante de los diversos proyectos industriales, la exigencia del cumplimiento de las leyes dispuestas, a través de los diferentes entes y autoridades ambientales y responsables de otorgar licencias y permisos y por último, desarrollar la legislación, planes y políticas de manera tal que conformen un lineamiento claro y ajustable a cada situación.

## Conclusiones

Es evidente que los hornos empleados para la fabricación de ladrillos se posicionan como uno de los principales factores de contaminación del aire en la actualidad. En este estudio, se han dado conocer los principales contaminantes emitidos por los hornos y los impactos que cada uno de ellos representa sobre el estado de salud de la población local y sobre los diversos recursos naturales, en los cuales se ven afectaciones a corto y a largo plazo.

Con base en los estudios analizados se pudo determinar que, aunque muchas instituciones e investigaciones se han puesto en la tarea de identificar y valorar los impactos ambientales generados por la industria ladrillera, y además, de alertar a los entes internacionales sobre los peligros que pueden traer sobre la población en general, aún muchas de estas empresas operan con hornos de ladrillos artesanales, los cuales funcionan bajo ningún tipo de control o vigilancia ambiental, dejando como resultado que se liberen a la atmósfera, grandes cantidades de material particulado y gases, sumado a esto, el rendimiento de este tipo de hornos es muy bajo y se requieren grandes cantidades de materiales y combustibles, lo que se traduce, en mayores emisiones al aire.

Así mismo, queda demostrado que, aunque se han estipulado leyes, normas y planes de control ambiental sobre estas fuentes, queda mucho camino por recorrer, teniendo en cuenta que es una industria en constante crecimiento. Se han hecho diversas resoluciones que con el tiempo se han ido renovando, con el fin de acoger a totalidad, todos los aspectos que puedan ir surgiendo a la par de la evolución de estas industrias. De igual manera, en estas organizaciones no siempre se hacen las inversiones necesarias para adoptar buenas prácticas de producción en

este tipo de empresa, al no reconocer los beneficios que trae esto a corto y largo plazo, el factor ambiental no es un motivo de preocupación para todos los empresarios. No obstante, en este documento, se compararon los datos obtenidos de dos estudios realizados en dos ladrilleras del país, mediante estos, se comprobó que las dos cuentan con un control sobre sus emisiones, lo cual les ha permitido mantener sus niveles en los límites que exige la norma.

## **Recomendaciones**

Se recomienda a las empresas estudiadas y en general, continuar con el enfoque hacia el empleo de prácticas amigables con el medio ambiente, de igual manera es recomendable también, mantenerse en constante búsqueda de nuevos métodos de producción, adopción de nuevas tecnologías y permanente acción de mejora e innovación. Esto permitirá numerosos beneficios que se verán reflejados no solo en el cumplimiento legal de la empresa, sino con el compromiso social y misional que se adquiere al ejecutar cualquier proyecto económico de índole empresarial.

Por último, se incentiva a la población en general, a tomar conciencia y emprender acciones sobre la problemática planteada, aunque la industria representa uno de los principales focos de contaminación, podemos estar siendo parte del problema también, sin darnos cuenta. Es importante tomar medidas para evitar, mitigar y controlar nuestras malas prácticas y también para evitar que esta situación tenga mayores consecuencias sobre nuestra salud. Como personas integrantes de una sociedad, estamos obligados a participar, a cumplir y a exigir sobre los planes y políticas que los entes gubernamentales disponen para nosotros.

## Referencias bibliográficas

- Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos EPA. (2014). La lluvia ácida. Obtenido de Centro EstudiantilEpa: [https://www3.epa.gov/acidrain/education/site\\_students\\_spanish/whatcauses.html](https://www3.epa.gov/acidrain/education/site_students_spanish/whatcauses.html)
- Ángel, S. M. G., Dueñas, D. A. C., & Rojas, M. A. (2015). Reconversión tecnológica en el sector productivo artesanal de hornos de ladrillo y cal para reducir la contaminación atmosférica en el valle de Sogamoso (Boyacá, Colombia).
- Arciniégas Suárez, C. A. (2012). Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable pm10. *Luna Azul*, 195-213.
- 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 en la salud de las personas de la comuna 1. Universidad de Manizales.
- Bernstein, J. A., Alexis, N., Barnes, C., Bernstein, I. L., Nel, A., Peden, D., ... & Williams, P. B. (2004). Health effects of air pollution. *Journal of allergy and clinical immunology*, 114(5), 1116-1123.
- Buitrago Torres, D. C., & Rojas Gómez, D. C. (2017). Estimación de factores de emisión de una ladrillera en la localidad de Ciudad Bolívar en Bogotá D.C. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/476](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/476)
- Colprensa. (29 de Noviembre de 2018). *Construcción es el sector que más genera empleo en Colombia, dice el Dane*. Obtenido de El país: <https://www.elpais.com.co/economia/construccion-es-el-sector-que-mas-genera-empleo-en-colombia-dice-el-dane.html>
- Corporación Ambiental Empresarial CAEM. (2015). Protocolo de medición de black carbon en fuentes fijas del sector ladrillero. Bogotá D.C.: Corporación Ambiental Empresarial.
- Corporación Ambiental Empresarial CAEM. (2015). Validate inventory of the brik sector in Colombia. Bogotá D.C.: Corporación Ambiental Empresarial.

- Corporación Ambiental Empresarial CAEM. (2013). Oportunidades para reducir las emisiones contaminantes SLCPS en el sub-sector de producción de ladrillos en Colombia. Recuperado de la url: [http://www.redladrilleas.net/apps/manual\\_ccac/pdf/es/oportunidades-de-reduccion-de-SCLPs-en%20ladrilleras-Colombia-CAEM.pdf](http://www.redladrilleas.net/apps/manual_ccac/pdf/es/oportunidades-de-reduccion-de-SCLPs-en%20ladrilleras-Colombia-CAEM.pdf).
- Corporación Ambiental Empresarial CAEM. (2011). Programa de eficiencia energética en ladrilleras artesanales de América Latina para mitigar el cambio climático – eela. Nemocón – Colombia.
- Corporación Ambiental Empresarial CAEM. (15 de Noviembre de 2015). Validate inventory of the brick sector in Colombia. Bogotá, Colombia : Cámara de comercio de Bogotá.
- Corral-Avitia, A. Y., Bruce, C., Jiménez, R., Lara, A. S., & Márquez, R. O. (2009). Implementación de una nueva tecnología para minimizar la contaminación del aire derivada de hornos ladrilleros. *Ciencia en la frontera*, 49.
- Ecoadmin. (2011). Contaminación atmosférica. Recuperado de la url: <https://www.ecologiahoy.com/contaminacion-atmosferica>.
- Fernández Rivas, L. (30 de Junio de 2015). El papel de los óxidos de nitrógeno en el Cambio Climático. Efectos sobre la salud. España: Universidad Complutense de Madrid.
- Gheorghe, I. F., & Ion, B. (26 de Septiembre de 2011). Los efectos de los contaminantes del aire sobre la vegetación y el papel de la vegetación en la reducción de la contaminación atmosférica.
- Gobierno de Colombia. (1 de Noviembre de 2017). *Resolución 2254 de 2017*. Obtenido de Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible : <https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res%202254%20de%202017.pdf>
- Guerrero Gómez, G., Espinel Blanco, E., & Velasquez Perez, T. (2017). Análisis isocinético y corrección a condiciones de referencia en horno a cielo abierto en el municipio de Ocaña, Norte de Santander. *Revista Ingenio UFPSO*, 43-51.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2018). *Contaminación atmosférica. Calidad de aire*. Obtenido de IDEAM: <http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>



Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2007). *Información técnica sobre gases de efecto invernadero y el cambio climático*. Bogotá: Subdirección de Meteorología.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2018). *Informe del estado de la calidad del aire en Colombia*. Colombia: Ministerio de Ambiente.

IDEAM. (2008). Informe de gestión 2008 3. Recuperado de la url: [http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/transparencia-y-acceso-a-informacion-publica/informes-de-gestion/-/document\\_library\\_display/vI9N5o33W7J5\\_/view/359098](http://www.ideam.gov.co/web/atencion-y-participacion-ciudadana/transparencia-y-acceso-a-informacion-publica/informes-de-gestion/-/document_library_display/vI9N5o33W7J5_/view/359098)

Instituto Nacional de Salud INS. (22 de Enero de 2019). *Informe Carga de Enfermedad Ambiental en Colombia*. Obtenido de Observatorio Nacional de Salud : <https://www.ins.gov.co/Noticias/Paginas/Informe-Carga-de-Enfermedad-Ambiental-en-Colombia.aspx>

Jaya, J.L & Gomez Coello, J.L. (2012). Análisis comparativo de la contaminación atmosférica producida por la combustión en ladrilleras artesanales utilizando tres tipos de combustibles.

León, L.A. (2013). Ladricol. Recuperado de la url: <http://ladricol.blogspot.com/>.

Lizcano, A. U. (2017). *Diagnóstico sobre la incidencia de la actividad ladrillera en el territorio, a partir de sus impactos ambientales, en Sogamoso-Colombia* (Bachelor's thesis).

López, E. M. (2007). Diagnóstico de la Contaminación Atmosférica en el Valle de Aburrá. Medellín.

Ltda., R. (2011). Programa de eficiencia energética en ladrilleras artesanales de América Latina para mitigar el cambio climático – eela. Colombia.

Luján, M., & Guzmán, D. (2015). Diseño, Construcción y Evaluación de un Horno (MK3) para la Cocción de Ladrillos Artesanales. *Acta Nova*, 7(2), 165-193.

Martínez Prada, R., Arrieta Loyo, G., & Toro Calderón, J. (2013). Métodos de Evaluación de Impacto Ambiental en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 43-53.

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. (2008). Resolución número 909 de junio de 2008. BOGOTA.

Ministerio del Medio Ambiente. (Diciembre de 2016). Guía de Calidad de aire y educación ambiental. *División de Educación Ambiental y Participación Ciudadana*. Gobierno de Chile .

Organización Mundial de la Salud. OMS. (2006). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. Recuperado de la url: [http://207.248.177.30/mir/uploadtests/22838.177.59.13.ANEXO%202.1%20AQG\\_spanish%20guías%20calidad%20del%20aire%20OMS.pdf](http://207.248.177.30/mir/uploadtests/22838.177.59.13.ANEXO%202.1%20AQG_spanish%20guías%20calidad%20del%20aire%20OMS.pdf)

Organización Mundial de la Salud. OMS. (2006). OMS Guías de calidad del aire: actualización mundial 2005. Recuperado de la url: <http://www.bvsde.paho.org/bvsea/fulltext/omsguiaaire.pdf>.

Organización de las Naciones Unidas onu . (2016). Manual de capacitación Sector ladrillero en América Latina. *Coalición Clima y Aire Limpio*. Perú: Fundación Suiza de Cooperación para el Desarrollo Técnico.

Ortiz, O.E. & Tupaz, J.D. (2015). Identificación de zonas de influencia de las ladrilleras por emisión de gases en el corregimiento de Jongovito Municipio de Pasto. Recuperado de la url: <http://biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90954.pdf>

Oyarzún, M. (2010). Artículo basado en una conferencia pronunciada en el 1er Congreso de Atención Primaria en Salud: “Mejorando la red asistencial con un enfoque multidisciplinario”. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad Católica del Maule. Talca 29.08.2008.

Riera Bravo, D. A. (2018). *Estandarización del proceso productivo y control de calidad en la industria ladrillera. Caso: Ladrillera y Comercializadora Alfredo* (Bachelor's thesis, Univesidad del Azuay).

Sánchez Silva, M., & Zapata Valencia, L. A. (2013). Impacto ambiental y gestión del riesgo de ladrilleras en la vereda. *Cuaderno Activa. Revista científica de la Facultad de Ingeniería*, 109-123.

Sanjel, S., Thygerson, S. M., Khanal, S. N., & Joshi, S. K. (2016). Environmental and Occupational Pollutants and Their Effects on Health among Brick Kiln Workers.

Skinder, B. M., Pandit, A. K., Sheikh, A. Q., & Ganai, B. A. (2014). Brick kilns: cause of atmospheric pollution. *J Pollut Eff Cont*, 2(2)

Vargas, L. F. (2008). Aplicación del modelo isc aermod para determinar los niveles de aplicación del modelo isc aermod aermod para determinar los niveles de incumplimiento de la norma de calidad del aire para material particulado (pm10), en el sector industrial de patio bonito.

World Health Organization. (2016). *Air pollution*. Obtenido de Ambient air pollution: Pollutants: <https://www.who.int/airpollution/ambient/pollutants/en/>