



# UNIVERSIDAD DE CUENCA

**Facultad de Ciencias Químicas  
Carrera de Ingeniería Ambiental**

**DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y  
MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> Y SEDIMENTABLE) EN EL AIRE  
AMBIENTE DE BLOQUERAS ARTESANALES PRESENTES EN EL  
ÁREA URBANA DEL CANTÓN CUENCA**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**Autores:**

Nelson Gabriel Reinoso Villa  
CI: 0104627559  
greinoso16@gmail.com

Karen Viviana Tello Pacurucu  
CI: 0105706741  
kavitp8@gmail.com

**Directora:**

Ing. Ana Lucía Astudillo Alemán. MSc  
CI: 0103681557

**Cuenca, Ecuador**  
29-abril-2021



## RESUMEN

La actividad dedicada a la construcción de obras civiles ha generado la emisión de diversos contaminantes a la atmósfera, especialmente en las zonas donde se encuentran ubicadas las fábricas que elaboran los materiales utilizados en dicha actividad (bloques, ladrillos, adoquines, entre otros). La presente investigación tiene como objetivo evaluar la calidad del aire ambiente de seis bloqueras artesanales situadas en el área urbana del cantón Cuenca, a través de la determinación del nivel de presión sonora y las concentraciones de material particulado (PTS,  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ ). Para el estudio de material sedimentable se utilizó el método gravimétrico mediante captación de partículas en envases abiertos; para el análisis de las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  se empleó el equipo Partisol 2000i de bajo caudal, finalmente para la determinación de niveles de presión sonora se usó un sonómetro CENTER 390 Data Logger. Utilizando el software SPSS se relacionaron las concentraciones obtenidas de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  con variables como temperatura, precipitación, velocidad del viento y presión atmosférica; se elaboraron mapas de concentraciones de material sedimentable,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y ruido con el software Arcgis 10.5. Por último, se aplicaron encuestas a los trabajadores de las bloqueras para determinar posibles afecciones asociadas a los resultados de las concentraciones contaminantes y niveles de presión sonora registradas en el estudio. El monitoreo se desarrolló durante los meses de Noviembre y Diciembre de 2020. Para el monitoreo de ruido, el tiempo de muestreo fue de 1 hora. El tiempo de monitoreo de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  fue de 4h para cada parámetro. De acuerdo con los resultados obtenidos, las concentraciones de PTS,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y los niveles de ruido, en la mayoría de puntos de monitoreo, superaron los límites máximos permisibles de su respectiva normativa; se observó que las concentraciones de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  son independientes de las variables meteorológicas. Finalmente, con el análisis de las encuestas se aprecia una relación entre los síntomas declarados por los trabajadores y las concentraciones de los contaminantes registrados.

### **Palabras clave:**

Calidad de aire. Nivel de presión sonora. Material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y sedimentable). Bloqueras.



## ABSTRACT

The civil construction activity has generated the emission of various pollutants into the atmosphere, especially in the areas where the factories that manufacture the materials used in this activity (blocks, bricks, paving stones, among others) are located. The objective of this research is to evaluate the ambient air quality of six artisanal block factories located in the urban area of Cuenca's canton, by determining the sound pressure level and the concentrations of particulate matter (PTS, PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub>). For the study of sedimentable particulate matter, the gravimetric method was used by collecting particles in open containers; for the analysis of PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations, the Partisol 2000i low-flow equipment was used; finally, a CENTER 390 Data Logger sound level meter was used to determine sound pressure levels. Using SPSS software, the PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations obtained were related to variables such as temperature, precipitation, wind speed and atmospheric pressure; maps of sedimentable particulate matter, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and noise concentrations were elaborated using Arcgis 10.5 software. Finally, surveys were administered to blockhouse workers to determine possible conditions associated with the results of the pollutant concentrations and sound pressure levels registered in the study. The monitoring was carried out during the months of November and December 2020. For noise monitoring, the sampling time was 1 hour. The monitoring time for PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> was 4h for each parameter. According to the results obtained, the concentrations of PTS, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and noise levels, in most monitoring points, exceeded the maximum permissible limits of their respective regulations; it was observed that PM<sub>10</sub> and PM<sub>2.5</sub> concentrations are independent of meteorological variables. Finally, the analysis of the surveys shows a relationship between the symptoms reported by the workers and the concentrations of the pollutants recorded.

### Keywords:

Air quality. Sound pressure level. Particulate matter (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub> and sedimentable). Block factories.



## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	2
<b>ABSTRACT</b> .....	3
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	16
<b>2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	19
<b>2.1 Objetivo General</b> .....	19
<b>2.2 Objetivos Específicos</b> .....	19
<b>3. FUNDAMENTO TEÓRICO</b> .....	20
<b>3.1 Antecedentes</b> .....	20
<b>3.2 Bloqueras</b> .....	20
<b>3.2.1 Industrial</b> .....	20
<b>3.2.2 Artesanal</b> .....	21
<b>3.2.3 Rubros Productivos en el cantón Cuenca</b> .....	21
<b>3.2.4 Bloque</b> .....	22
<b>3.2.5 Materiales para fabricación de bloques</b> .....	22
<b>3.2.6 Proceso de fabricación de bloques</b> .....	23
<b>3.2.7 Problemas en la salud</b> .....	23
<b>3.2.8 Problemas Ambientales</b> .....	24
<b>3.3 Contaminación Aire Ambiente</b> .....	25
<b>3.3.1 Aire</b> .....	25
<b>3.3.2 Calidad del Aire</b> .....	25
<b>3.3.3 Contaminación del Aire</b> .....	25
<b>3.3.4 Factores que intervienen en la distribución de contaminantes</b> .....	26
3.3.4.1 Viento .....	26
3.3.4.2 Temperatura .....	26
3.3.4.3 Presión atmosférica .....	26
3.3.4.4 Precipitación .....	27
<b>3.3.5 Contaminantes atmosféricos</b> .....	27
<b>3.3.6 Material Particulado</b> .....	27
3.3.6.1 Material Sedimentable .....	28
3.3.6.2 Material Particulado PM <sub>10</sub> .....	29
3.3.6.3 Material Particulado PM <sub>2,5</sub> .....	29



<b>3.3.7 Normativa de Calidad del Aire</b> .....	30
3.3.7.1 Norma de Calidad del Aire Ambiente de Ecuador.....	31
3.3.7.2 Guía de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud .....	32
3.3.7.3 Las Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiente (NAAQS) .....	32
<b>3.4 Contaminación Acústica</b> .....	33
<b>3.4.1 El Sonido</b> .....	33
<b>3.4.2 El Ruido</b> .....	33
<b>3.4.3 Propagación del ruido</b> .....	33
<b>3.4.4 Nivel de Presión sonora</b> .....	34
<b>3.4.5 Propiedades físicas del ruido</b> .....	34
3.4.5.1 Frecuencia.....	34
3.4.5.2 Intensidad .....	34
<b>3.4.6 Tipos de ruido</b> .....	34
<b>3.4.7 Efectos</b> .....	35
3.4.7.1 Efectos a la salud .....	35
3.4.7.2 Efectos al ambiente.....	36
<b>3.4.8 Normativa de ruido</b> .....	36
3.4.8.1 Normativa Ecuatoriana de Emisión de Ruido Ambiente .....	36
3.4.8.2 Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca: Determinación para el uso y ocupación del suelo .....	37
3.4.8.3 Guía para el Ruido Urbano de la Organización Mundial de la Salud (OMS) .....	38
<b>3.5 Mapas Georreferenciados</b> .....	38
<b>3.6 Mapas de Ruido</b> .....	38
<b>3.7 Software ArcGIS 10.5</b> .....	38
<b>3.8 Inverse Distance Weighted (IDW)</b> .....	39
<b>3.9 Software Statistical Package for Sciences Socials (SPSS)</b> .....	39
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	40
<b>4.1 Área de Estudio</b> .....	40
<b>4.2 Puntos de Monitoreo</b> .....	41
<b>4.2.1 Selección y ubicación de los puntos de monitoreo</b> .....	41
<b>4.2.2 Descripción de los puntos de monitoreo</b> .....	42



<b>4.3 Condiciones Meteorológicas</b>	43
<b>4.4 Metodología de Medición</b>	43
<b>4.4.1 Metodología para material sedimentable</b>	43
4.4.1.1 Análisis en Laboratorio	44
4.4.1.2 Cálculo de material sedimentable	44
<b>4.4.2 Metodología para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub></b>	45
4.4.2.1 Equipo de Medición	45
4.4.2.2 Estabilización de filtros	45
4.4.2.3 Determinación de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub>	45
4.4.2.4 Análisis de datos	46
<b>4.4.3 Metodología para ruido</b>	47
4.4.3.1 Equipo de Medición	47
4.4.3.2 Cálculo de Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido (LKeq)	47
<b>4.5 Análisis de resultados</b>	49
<b>4.6 Desarrollo de los mapas de calidad de aire en función de las concentraciones de partículas contaminantes y nivel de presión sonora</b>	49
<b>4.7 Análisis descriptivo de la relación entre las variables nivel de presión sonora, material sedimentable y material particulado, con las posibles afecciones en la salud de los trabajadores de las bloqueras</b>	49
<b>5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	51
<b>5.1 Concentración de material sedimentable</b>	51
<b>5.2 Concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub></b>	54
<b>5.3 Concentración de Material Particulado PM<sub>2,5</sub></b>	57
<b>5.4 Niveles de Presión Sonora</b>	60
<b>5.5 Mapas de Calidad del Aire</b>	63
<b>5.5.1 Mapas de Concentración de Material Sedimentable</b>	64
<b>5.5.2 Mapas de Concentración de PM<sub>10</sub></b>	67
<b>5.5.3 Mapa de Concentración de PM<sub>2,5</sub></b>	68
<b>5.6 Mapa de Ruido</b>	70
<b>5.7 Resultados de las encuestas realizadas a los trabajadores</b>	72
<b>5.7.1 Pregunta 1</b>	73
<b>5.7.2 Pregunta 2 y 3</b>	74



5.7.3 Pregunta 4.....	75
5.7.4 Pregunta 5.....	77
5.7.5 Pregunta 6.....	78
5.7.6 Pregunta 7.....	78
5.7.7 Pregunta 8.....	79
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>81</b>
6.1 Conclusiones .....	81
6.2 Recomendaciones .....	82
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>83</b>
<b>8. ANEXOS.....</b>	<b>92</b>
8.1 Monitoreo y Análisis de Material Sedimentable.....	92
8.2 Conteo Vehicular .....	95
8.3 Monitoreo y Análisis de PM <sub>10</sub> y PM <sub>2,5</sub> .....	96
8.4 Monitoreo de Ruido .....	97
8.5 Diagrama de Flujo 01 para Monitoreo de Ruido Específico .....	99
8.6 Modelo de Encuesta.....	100
8.7 Datos Meteorológicos .....	102
8.8 Resultados de Material Sedimentable.....	104
8.9 Resultados de Material Particulado PM <sub>10</sub> .....	105
8.10 Resultados de Material Particulado PM <sub>2,5</sub> .....	107
8.11 Resultados de Ruido .....	109

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca.....	21
Figura 2. Ubicación del Área de Estudio.....	40
Figura 3. Ubicación de Sitios de Monitoreo por Parroquia .....	41
Figura 4. Concentración de Material Sedimentable en los puntos de Monitoreo. ....	51
Figura 5. Conteo Vehicular en los puntos de monitoreo. ....	52
Figura 6. Concentración de Material Particulado PM <sub>10</sub> en los puntos de monitoreo. ....	55
Figura 7. Concentración de Material Particulado PM <sub>2,5</sub> en los puntos de monitoreo. ....	58
Figura 8. Niveles de Presión Sonora en los puntos de monitoreo. ....	60
Figura 9. Concentración de material sedimentable en el retiro frontal de los puntos de monitoreo.....	64



Figura 10. Concentración de material sedimentable en el área de producción de los puntos de monitoreo..... 66

Figura 11. Concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub> en los puntos de monitoreo ..... 68

Figura 12. Concentración de Material Particulado PM<sub>2,5</sub> en los puntos de monitoreo..... 69

Figura 13. Mapa de Ruido Ambiente en los puntos de monitoreo. .... 70

Figura 14. Resultados en porcentaje del sexo de los trabajadores de las bloqueras ..... 72

Figura 15. Resultados en porcentaje del rango de edad de los trabajadores de las bloqueras..... 73

Figura 16. Resultados en porcentaje de la pregunta 1..... 74

Figura 17. Resultados en porcentaje de las preguntas 2 y 3. .... 75

Figura 18. Resultados en porcentaje de la pregunta 4..... 76

Figura 19. Resultados en porcentaje de la pregunta 5..... 77

Figura 20. Resultados en porcentaje de la pregunta 6..... 78

Figura 21. Resultados en porcentaje de la pregunta 7..... 79

Figura 22. Resultados en porcentaje de la pregunta 8..... 80

Figura 23. Resultados en porcentaje del adicional de la pregunta 8. .... 80

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles Máximos de Emisión de Ruido para Fuentes Fijas ..... 37

Tabla 2. Ubicación de los Puntos de Monitoreo ..... 42

Tabla 3. Resultados de la Prueba Kruskal - Wallis para PM<sub>10</sub>. .... 56

Tabla 4. Resultados de la Prueba Chi-cuadrado para condiciones meteorológicas. .... 57

Tabla 5. Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis para PM<sub>2,5</sub>. .... 59

Tabla 6. Resultados de la Prueba Chi-cuadrado para variables meteorológicas. .... 60

Tabla 7. Niveles de Presión Sonora en los puntos de monitoreo. .... 61





### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Nelson Gabriel Reinoso Villa en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> Y SEDIMENTABLE) EN EL AIRE AMBIENTE DE BLOQUERAS ARTESANALES PRESENTES EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN CUENCA", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 29 de abril 2021



Nelson Gabriel Reinoso Villa

C.I: 0104627559



### Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

---

Karen Viviana Tello Pacurucu en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> Y SEDIMENTABLE) EN EL AIRE AMBIENTE DE BLOQUERAS ARTESANALES PRESENTES EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN CUENCA", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Asimismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 29 de abril 2021

---

Karen Viviana Tello Pacurucu

C.I: 0105706741



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Nelson Gabriel Reinoso Villa, autor del trabajo de titulación "DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> Y SEDIMENTABLE) EN EL AIRE AMBIENTE DE BLOQUERAS ARTESANALES PRESENTES EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autor.

Cuenca, 29 de abril 2021

---

Nelson Gabriel Reinoso Villa

C.I: 0104627559



### Cláusula de Propiedad Intelectual

---

Karen Viviana Tello Pacurucu, autora del trabajo de titulación "DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y MATERIAL PARTICULADO (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> Y SEDIMENTABLE) EN EL AIRE AMBIENTE DE BLOQUERAS ARTESANALES PRESENTES EN EL ÁREA URBANA DEL CANTÓN CUENCA", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 29 de abril 2021

---

Karen Viviana Tello Pacurucu

C.I: 0105706741



## Dedicatoria

A mi mami Maricela, mi pilar fundamental, por estar presente en todas mis etapas de vida, apoyarme en mis decisiones, brindarme amor y consejos. Aunque, por lo general tengamos distintos puntos de vista, siempre le escucho y aprecio demasiado su preocupación hacia mí. Le amo mucho.

A mis hermanos Nicolás, Carolina y Emmanuel; pese a que no lo expreso muy a menudo, son mi motivación para no rendirme y superar los obstáculos en la vida. Con su cariño, ocurrencias y alegría han sido esenciales en mi desarrollo personal y académico.

A mi padre, Antonio, un ejemplo de superación, gracias por sus palabras de aliento, consejos y ayuda, de manera especial en la etapa final de mi carrera universitaria y en el desarrollo de este proyecto. Sabe que difiero en muchas de sus decisiones y estilo de vida, porque han repercutido en las mías, sin embargo, considero que con tiempo y dedicación es posible superar las adversidades.

A mi grupito de amigos, mi pequeña familia que conservo desde el Colegio y creció en la Universidad, gracias por sus imprudencias, sonrisas, palabras de afecto y momentos compartidos. Ustedes han sido muy importantes en mi crecimiento personal.

A cada una de las personas, que me brindaron su apoyo incondicional, que confiaron en mí y me compartieron sus conocimientos de manera desinteresada. Han sido de gran ayuda en la cimentación de mis ideologías, formas de apreciar el mundo, corregir errores, proponerme nuevos objetivos; y nutrirme de conocimientos, no solo académicos sino también espirituales.

**Gabriel Reinoso Villa**



## Dedicatoria

A mi hija Viviana Valentina, por ser el motor de mi vida, la persona que me da fuerza para enfrentar cualquier obstáculo en la vida

A mi madre Ana, mi ejemplo de mujer, por siempre apoyarme, no dejar que me rindiera, preocuparse siempre por mí y nunca dejarme sola

A Javier, mi compañero de vida, quien siempre creyó y confió en mi capacidad para desarrollar este trabajo, gracias a su amor, apoyo y dedicación durante toda mi carrera

A mis tíos Francisco y Carmen, a mis primas, Mónica, Sandra y Valeria porque con sus consejos y palabras de aliento me motivaron a no rendirme y poder cumplir mis metas y sueños

**Karen Viviana Tello Pacurucu**



## Agradecimiento

A Dios, por brindarnos salud y fortaleza durante esta etapa de nuestra vida

A nuestras familias, por darnos su apoyo incondicional, palabras de motivación y enseñarnos que con esfuerzo y dedicación podemos alcanzar lo que nos proponemos

A nuestra tutora, Ing. Ana Astudillo, por el tiempo y la paciencia brindada durante el desarrollo de nuestro trabajo, además de su predisposición a ayudarnos y compartirnos sus conocimientos en la realización de esta investigación

A la Facultad de Ciencias Químicas y al Centro de Estudios Ambientales de la Universidad de Cuenca, por su colaboración en la prestación de equipos e instalaciones necesarias para la elaboración de este estudio; a la Ing. Diana Brazales por su apoyo, consejos y palabras de aliento

A los propietarios y trabajadores de los establecimientos, sin su ayuda y colaboración nuestro trabajo de titulación no hubiera podido desarrollarse

A todo nuestro “grupito” de amigos, con quienes durante estos años hemos compartido varias experiencias, paseos, trabajos, visitas técnicas, gracias por demostrarnos que en la vida el forjar verdaderas amistades nos impulsan a ser mejores personas y desarrollar cualidades como el compañerismo y la generosidad

**Nelson Gabriel Reinoso Villa**

**Karen Viviana Tello Pacurucu**



## 1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo tecnológico de los últimos años, ha provocado una descontrolada emisión de sustancias a la atmósfera, lo que modifica las condiciones naturales del recurso aire y ocasiona su contaminación (Astudillo, 2014). La contaminación atmosférica es uno de los problemas ambientales más significativos para la sociedad, varios estudios han comprobado que la alteración de la composición normal de este recurso, produce perturbaciones representativas en la salud humana, desde enfermedades cardiovasculares hasta trastornos neurodegenerativos (Astudillo et al., 2015).

El material particulado es uno de los indicadores más importantes de la contaminación atmosférica, debido a que constituye una compleja mezcla de partículas que varían en tamaño y composición (Prieto, 2016). Según el tamaño de la partícula, se divide en: sedimentable, partículas sólidas y líquidas con tamaños superiores a 10  $\mu\text{m}$ , están constituidas por polvo, polen, hollín, entre otros;  $\text{PM}_{10}$ , partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico entre 2,5 y 10  $\mu\text{m}$ ;  $\text{PM}_{2,5}$ , partículas en suspensión denominadas fracción fina, su diámetro aerodinámico es menor a 2,5  $\mu\text{m}$  (Escudero, 2017). Esta característica es importante, debido a que determina en que parte del aparato respiratorio quedarán retenidas las partículas (Doria & Fagundo, 2017). La composición química del material particulado dependerá del origen de las partículas, siendo los metales pesados, compuestos orgánicos y óxidos los que se encuentran en mayor proporción (Prieto, 2016).

Otro componente principal de contaminación en las ciudades modernas es el ruido ambiental. Los procesos de industrialización e innovación tecnológica son los responsables del crecimiento exponencial de la contaminación acústica (Alfie & Salinas, 2017). El ruido es un factor ambiental que provoca reducción del rendimiento laboral y escolar; dolor, fatiga y posibles trastornos en la audición; alteración del sueño y por ende dificultades en el rendimiento diurno; variación del sistema inmunológico; efectos cardiovasculares; alteración de la tensión arterial; respuestas hormonales y consecuencias al metabolismo (Orozco & González, 2015).

Desde hace un tiempo, el crecimiento económico del sector de la construcción de obras civiles, ha generado alta demanda de bloques como material de construcción, a causa de su durabilidad y bajos costos de fabricación. De acuerdo a los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, (2011) el 76,72% de las edificaciones construidas en el cantón Cuenca han utilizado ladrillo o bloque como material para cimentar sus paredes. Sin embargo, con el aumento de la producción se ha originado una alteración en la calidad del aire ambiente debido a que varios de los materiales, equipos y máquinas utilizados para sus procesos generan gran cantidad de partículas, a la vez, que emiten altos niveles de presión sonora (Mesías, 2014). Esto podría desencadenar en problemas de salud en la población involucrada y de manera especial en los trabajadores que se encuentran inmersos en dicha actividad, puesto que, la misma en la mayoría de los casos se desarrolla de forma artesanal.





La fabricación artesanal de bloques emplea cemento, áridos finos (arena), áridos gruesos (ripió), polvo de pómez y agua limpia para la obtención del producto final (Sierra, 2014). En algunos casos, para conseguir una mejor durabilidad y resistividad del bloque se les adiciona polvos y escorias provenientes de la fundición de chatarra ferrosa a la mezcla ya establecida, sin embargo, la cantidad de polvo que estas materias primas emiten es elevada. Según, el estudio de Andi & Vega, (2019) realizado en el cantón Riobamba, mismo que presenta condiciones similares al cantón Cuenca, las concentraciones máximas de material sedimentable obtenidas sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana.

Otras investigaciones realizadas en el proceso de fabricación de bloques, registraron niveles máximos de ruido que oscilan entre 97 dB (A) y 110 dB (A) (Khuraibet & Al-Attar, 2000; Nicolalde, 2008). Un estudio desarrollado en la parroquia rural El Valle del cantón Cuenca, evidenció que donde se emplazan este tipo de rubros productivos, los niveles de presión sonora son de 70-75 dB (A) (Quezada, 2020), sobrepasando los límites máximos permitidos en la legislación ambiental del Ecuador, Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A.

También, varios de estos centros de producción al no estar legalizados se encuentran ubicados en zonas de crecimiento urbano, exponiendo a la población cercana a presentar alteraciones en su organismo por las elevadas concentraciones de partículas de polvo y altos niveles de presión sonora que emiten la materia prima, los materiales y maquinaria utilizados en la obtención de bloques (Porrás, 2018).

Cabe mencionar que, el Código Orgánico del Ambiente (COA) como la máxima normativa ambiental vigente en el territorio nacional establece las normas técnicas y los límites máximos permisibles para prevenir, minimizar, evitar y controlar los impactos ambientales negativos de las actividades antropogénicas que generan ruido, partículas y sustancias contaminantes; garantizando así la calidad de los componentes abióticos (aire, suelo, agua) y bióticos (Ministerio del Ambiente, 2017). De la misma forma, el objetivo de esta ley se complementa a la “Constitución de La República Del Ecuador,” (2008) que en su artículo 14 manifiesta “reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*”.

Finalmente, a comparación de la industria ladrillera que se encuentra identificada, zonificada y monitoreada en todo el territorio cuencano; las bloqueras carecen de un catastro cantonal, ya que es una actividad dispersa, informal y artesanal casi en su totalidad (El Mercurio, 2013), siendo necesario desarrollar investigaciones que permitan identificar y cuantificar los efectos negativos que ocasionan estas industrias a la calidad ambiental. De esta manera, se podrán implementar medidas preventivas y/o correctivas, con el fin de aumentar la calidad de vida de la población y minimizar



impactos negativos del recurso aire ambiente; con esto, se podría avanzar en el cumplimiento de las disposiciones establecidas tanto en las leyes y normativas locales y nacionales.

De acuerdo a informes emitidos por la Empresa Pública Municipal de Movilidad y Transporte de Cuenca EMOV EP en el año 2019, las estaciones que registraron las mayores concentraciones de partículas sedimentables fueron las estaciones localizadas en las parroquias: Hermano Miguel, El Vecino y San Sebastián. Así mismo, al analizar el mapa de dispersión del contaminante publicado en el mismo año, se aprecia que varias zonas de las parroquias Yanuncay y Monay también revelan concentraciones de partículas sedimentables elevadas(EMOV EP, 2020).

El Inventario de Emisiones Atmosféricas del cantón Cuenca 2014, contiene los mapas de emisiones para el material particulado  $PM_{10}$  y  $PM_{2.5}$ . La distribución de estos planos, señala que existe una elevada concentración de los parámetros mencionados en las parroquias San Sebastián, Yanuncay, El Vecino, Monay y en el Parque Industrial perteneciente a la parroquia Hermano Miguel (EMOV EP, 2016).

De acuerdo al informe de la evaluación del ruido ambiente y mapa de ruido de la ciudad de Cuenca 2019; las parroquias urbanas que registran los mayores niveles de presión sonora son: Hermano Miguel, San Sebastián, Yanuncay, Monay, El Batán, Bellavista, Gil Ramírez Dávalos, El Sagrario, San Blas, Cañaribamba, Totoracocha y Machángara, cuyos niveles oscilan entre los 67 – 80 dB (A) (UDA & IERSE, 2020).

Con el presente estudio se desea establecer la calidad del aire ambiente de bloqueras artesanales ubicadas en la zona urbana del cantón Cuenca, elaborar mapas de calidad del aire, además se pretende relacionar los resultados obtenidos con posibles alteraciones en la salud de las personas que elaboran bloques.



## 2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del aire ambiente de las bloqueras artesanales del área urbana del cantón Cuenca mediante la determinación de las concentraciones de partículas totales suspendidas,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y nivel de presión sonora.

### 2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Comparar las concentraciones de material particulado  $PM_{10}$ ,  $PM_{2.5}$  y PTS con los valores estipulados en la normativa ambiental nacional e internacional.
- ❖ Elaborar mapas de calidad del aire en función de los niveles de presión sonora y concentraciones de partículas contaminantes.
- ❖ Relacionar los niveles de presión sonora y concentración de partículas contaminantes con posibles afecciones en la salud del personal que labora en las bloqueras.



## 3. FUNDAMENTO TEÓRICO

### 3.1 Antecedentes

La historia de los bloques surge con la cultura romana, en el año 200 a. C. utilizando el mortero de cemento para fundir trozos de piedra en las construcciones. Luego, entre los años 37 y 41 d. C. usaron pequeñas piezas de hormigón prefabricado como material de construcción (Castro et al., 2020).

En 1890, en Estados Unidos, Harmon Sylvanus Palmer diseñó el primer bloque de hormigón. Después de varios años de experimentación, en 1900, logró patentar su diseño, las dimensiones de sus bloques fueron 20,3 x 25,4 x 76,2 cm (Gámez et al., 2011).

Para el año 1905, en Estados Unidos, se registraron más de 1 500 empresas fabricantes de bloques de hormigón; en esta época, los bloques se elaboraban a mano teniendo una capacidad de producción promedio de 10 bloques por hora (*Bloques de concreto*, 2019).

Hoy en día, a nivel mundial se fabrican millones de bloques durante todo el año, por ejemplo, entre E.E.U.U. y Canadá se producen más de 5 000 millones de unidades (Gordillo, 2016). La elaboración de bloques es responsable de la emisión, de aproximadamente 800 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>, a la atmósfera (Tanguila, 2018). Otros impactos significativos que se producen durante el proceso de elaboración de bloques son: la generación de polvo y ruido (Vergara, 2006).

En Ecuador, la producción de bloques se realiza principalmente, de manera artesanal e informal, lo que provoca que los impactos generados tengan un mayor alcance, en cuanto a posibles efectos sobre la salud de las personas y el ambiente (Porrás, 2018).

### 3.2 Bloqueras

Los bloques de hormigón al ser materiales de construcción con una buena calidad, alta demanda y bajo costo, son producidos en todo el mundo. Las bloqueras, los lugares destinados a la elaboración de estos materiales, se dividen en:

#### 3.2.1 Industrial

La elaboración de bloques a nivel industrial, es decir una fábrica, representa una completa intervención de tecnología que permite un volumen elevado de producción, así como también diferentes tamaños y formas de bloques (Gámez et al., 2011).

Los bloques de hormigón producidos en fábrica han sido estandarizados con la finalidad de garantizar similitud en las estructuras. Por ejemplo, las dimensiones comunes son 20 cm de alto por 40 cm de largo (Gámez et al., 2011).

### 3.2.2 Artesanal

La producción de bloques de forma artesanal comprende un procedimiento no tecnificado, es decir no existe un severo control de calidad, además que supone una producción de menor magnitud que la industrial (Porrás, 2018). En la producción artesanal existe una mínima participación de maquinaria o tecnologías; la fuerza productiva es la mano de obra del individuo (Castillo, 2015).

### 3.2.3 Rubros Productivos en el cantón Cuenca

El cantón Cuenca cuenta con un número notable de fábricas dedicadas a la producción de bloques, debido a la tecnología que cada fábrica emplea se define su naturaleza como artesanal o semi industrial (Urgilés, 2017).

En el área urbana del cantón Cuenca (Figura 1), los sitios dedicados a la fabricación de bloques están emplazados únicamente en seis de las quince parroquias urbanas, El Vecino, Hermano Miguel, Monay, Yanuncay, San Sebastián y Machángara (Comisión de Gestión Ambiental, 2020).

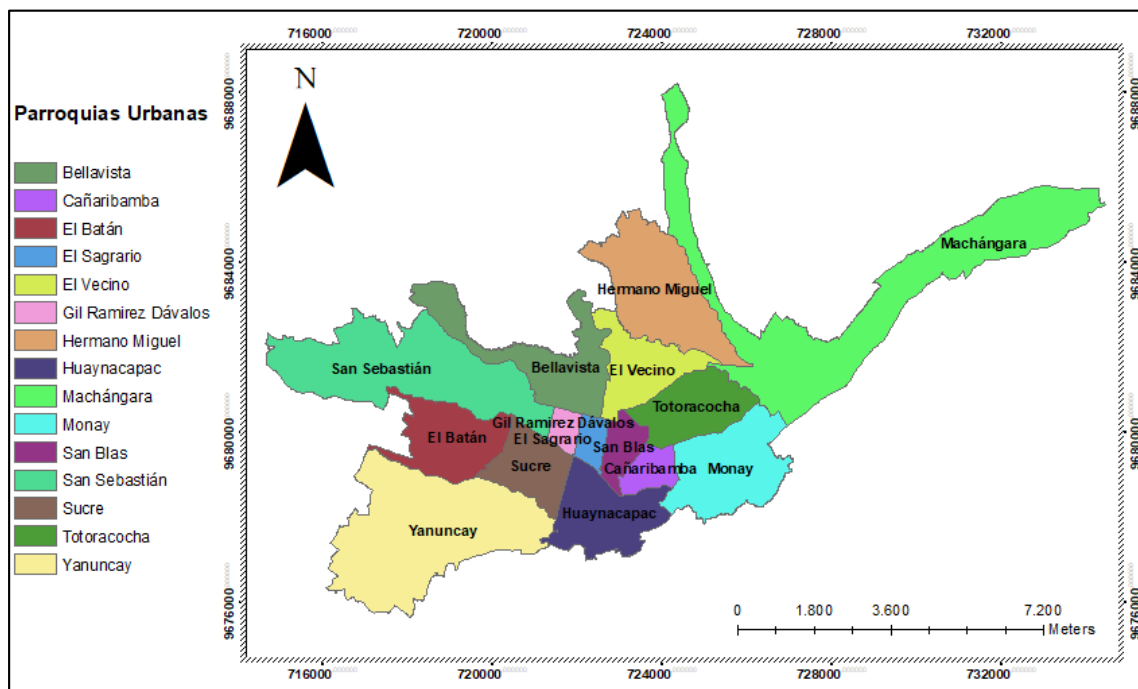


Figura 1. Parroquias Urbanas del Cantón Cuenca  
Fuente: Autores



### 3.2.4 Bloque

Los bloques son piezas producidas a partir de una combinación de cemento, agregados y agua, por lo general se los utiliza para estructuras como muros o paredes (Gamboa, 2005). Se lo puede describir también como un prisma recto de concreto utilizado para la mampostería con ciertas características mecánicas que debe cumplir (Téllez & Vega, 2019).

Según las Normas Ecuatorianas de la construcción las características generales de los bloques de hormigón son: livianos, económicos, resistentes al fuego, durables y capaces de resistir cargas pesadas.

### 3.2.5 Materiales para fabricación de bloques

Las materias primas utilizadas para la elaboración de bloques son las siguientes:

#### **Cemento**

Es un aglomerado hidráulico, que, al ser mezclado con agregados y agua, se solidifica en la etapa de curado, en respuesta a una reacción de hidrólisis e hidratación. El cemento portland normal es el más utilizado en la elaboración de bloques (Ccopa, 2019).

#### **Agregados**

Los agregados son materiales pétreos de forma granular de origen natural o artificial, conocidos también como áridos (Ramírez, 2019). Normalmente es arena, piedra, grava o cualquier otro elemento ligero sin polvo ni fracciones orgánicas, las características de estos agregados intervienen en algunas propiedades del bloque (Gordillo, 2016).

#### **Agua**

Compuesto que permite la manipulación de la mezcla, además influye en la resistencia, plasticidad y permeabilidad del bloque. Los requisitos que este componente debe cumplir son los requeridos para el agua potable (Ramírez, 2019).



### 3.2.6 Proceso de fabricación de bloques

Según Ccopa, (2019) las etapas para la elaboración de bloques de concreto, son las siguientes:

**Selección de materiales:** comprobar que los proveedores proporcionen materiales adecuados y libres de impurezas que aseguren la uniformidad de la mezcla.

**Dosificación:** determinar la cantidad de cada materia prima que se va a colocar para realizar la mezcla; este proceso necesita de una báscula.

**Preparación de la mezcla:** proceso realizado con una mezcladora, en el cual se incorporan los materiales con las cantidades adecuadas, de forma meticulosa.

**Elaboración de bloques:** Se llena la tolva de la máquina de prensar con la mezcla, luego se rellenan los moldes y se los nivela. Se presan los moldes y luego se desmoldan los bloques.

**Fraguado de bloques:** los bloques desmoldados deberán mantenerse quietos, en un lugar con protección del sol y viento, de manera que logren fraguar sin secarse. Esta etapa dura entre 12 y 24 horas.

**Curado:** consiste en conservar a los bloques en condiciones de humedad y temperatura para que desarrollen las propiedades requeridas. La forma mayormente utilizada para curar el bloque es rociarlos con una manguera.

### 3.2.7 Problemas en la salud

La generación de material particulado, durante la elaboración de bloques, es una condición que determina, en las personas, los posibles problemas de salud a los que están expuestos.

Los efectos del material particulado en la salud son varios, sin embargo, se originan específicamente en los sistemas respiratorio y cardiovascular. La totalidad de la población se ve afectada, pero siempre depende del organismo y la edad (World Health Organization, 2006). Las personas que residen en zonas expuestas a contaminación de aire por material particulado soportan continuamente distintos trastornos y afecciones respiratorias, como congestión nasal, dificultad respiratoria, garganta irritada, tos, estornudos, dolor de cabeza, ardor en los ojos, laringitis, resfriados y crisis asmáticas (Martínez et al., 2011).



La inhalación de polvos, partículas y gases, es un riesgo importante al que están expuestos los trabajadores de una bloquera, debido a que se pueden desarrollar problemas respiratorios, como cáncer de pulmón, agravio de cuadros asmáticos y alergias (K. Mejía, 2016).

La presencia de ruido es otro riesgo existente en una fábrica de bloques (Bolaños, 2016), generalmente es producido por la actividad de distintos tipos de máquinas, utilizadas para el desarrollo de actividades económicas (Auquilla, 2015).

Los efectos del ruido, sobre la salud de las personas tienen relación con la duración del ruido, frecuencia y distribución en el tiempo. Los sonidos más perjudiciales para el oído son los altos, de larga duración y/o de alta frecuencia. En cuanto a la distribución en el tiempo, los sonidos intermitentes al parecer son menos dañinos que los continuos (López & Vásquez, 2019). La exposición a ruido daña notoriamente la salud, calidad de vida y bienestar de las personas, ocasionando una amplia gama de efectos, desde estrés, baja concentración, ansiedad, irritabilidad (Alfie & Salinas, 2017), hasta molestar general, disminución de la audición, alteración del sueño, efectos cardiovasculares, reducción de la productividad y rendimiento (Orozco et al., 2015).

### **3.2.8 Problemas Ambientales**

Durante la elaboración de bloques de concreto, los impactos ambientales que se originan son: la generación de partículas suspendidas en el aire y la propagación de ruido cuando la producción está operativa (Arévalo et al., 2015).

El material particulado es un factor contaminante de la atmósfera que es distinguido por su movilidad, debido a que el viento logra trasladarlo a través de amplias distancias (Silva, s. f.). Las partículas suspendidas pueden sedimentarse en el suelo o el agua, ocasionando una acidificación de lagos, disminución de nutrientes en el suelo, efectos nocivos sobre la diversidad de los ecosistemas (Ortiz & Tigsi, 2020). Además, pueden provocar daños a las plantas como, dificultar la fotosíntesis e impedir la penetración de los rayos solares, e incluso favorecer el efecto de otros contaminantes gaseosos (Vara, 2017). En áreas urbanas, el material particulado contribuye al deterioro de los materiales, edificios, monumentos y estatuas (Chávez, 2018).

El ruido es un sonido indeseable que produce contaminación atmosférica (Orozco et al., 2015), los efectos directos que este contaminante genera en la flora son pérdida auditiva temporal o permanente, estrés, cambios de comportamiento, interferencia en la capacidad de reproducción, y en la habilidad para alimentarse o protegerse de los depredadores; teniendo como resultado un descenso poblacional. Las especies vegetales no están exentas al problema, ya que también resultan perjudicadas por el ruido (Méndez, 2011).





## 3.3 Contaminación Aire Ambiente

### 3.3.1 Aire

El aire es considerado uno de los elementos necesarios para el desarrollo de la vida. Conforme la Legislación Ambiental Ecuatoriana establecida en el Libro 6, Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A, se define al aire o aire ambiente como una mezcla gaseosa constituida por: 20 % de oxígeno, 79 % de nitrógeno y 1 % de dióxido de carbono, en conjunto con vapor de agua y gases inertes, en relación volumétrica (Ministerio del Ambiente, 2015b).

### 3.3.2 Calidad del Aire

Hace referencia a la exposición de ciertas sustancias contaminantes del aire, que pueden ocasionar afecciones en la salud y el bienestar de los seres vivos. Estas sustancias se encuentran localizadas en un lugar específico a un espacio de tiempo determinado (Mogrovejo, 2015).

En la última década, la calidad del aire a nivel mundial ha sido alterada por el crecimiento económico generado principalmente en las actividades industriales, comerciales y de movilidad. Estas acciones demandan el empleo de materias primas, servicios y energía que al ser utilizadas liberan una mayor concentración de compuestos contaminantes del aire.

### 3.3.3 Contaminación del Aire

Es la modificación en la calidad y pureza del aire ambiente a causa de la acumulación de contaminantes de origen natural o antropogénico. De manera general, las actividades humanas desarrolladas en centros poblados, industrias, y minería representan el problema más preponderante de la contaminación atmosférica (Bravo, 2017). Otros autores como Gutierrez et al., (2012) relatan que la contaminación del aire es la incorporación a la atmósfera de sustancias químicas, biológicas o energía de distinta naturaleza que ocasiona degradación ambiental.

En las zonas urbanas, la emisión de contaminantes proviene de fuentes fijas (industrias) o móviles (automóviles, transporte público). En la atmósfera, estos compuestos se transforman y modifican debido a las condiciones topográficas y ambientales (temperatura, presión atmosférica, inversión térmica, velocidad del viento) del lugar de emisión. Estos procesos podrían acumular por ciertos períodos de tiempo concentraciones nocivas para la vida (Ubilla & Yohannessen, 2017).

Los efectos de la exposición humana a la contaminación atmosférica son considerados una amenaza destacada a nivel local e internacional. Varios estudios mencionan que los contaminantes ambientales pueden contribuir a problemas en la salud y calidad de vida como la disminución de la



función pulmonar, el aumento en la reactividad bronquial, el riesgo de bronquitis obstructiva crónica, exacerbación del asma bronquial, cáncer pulmonar, entre otros (Scapini et al., 2018).

De acuerdo, a datos emitidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), alrededor de 4,2 millones de muertes prematuras en el mundo son atribuidas a los efectos de este problema. De las cuales, el 82 % de las personas fallecen por cardiopatías, accidentes cardiovasculares, cáncer de pulmón y obstrucción crónica de vías respiratorias (Scapini et al., 2018).

### **3.3.4 Factores que intervienen en la distribución de contaminantes**

La cantidad de emisiones de un contaminante no es el único factor que determina su concentración en el aire, también interviene el transporte y transformación de los contaminantes en la atmósfera, y estos procesos se encuentran influenciados por factores meteorológicos como: viento, temperatura, presión atmosférica y precipitación (López & Pacheco, 2015).

#### **3.3.4.1 Viento**

El viento es un elemento que influye de manera directa en la distribución de contaminantes, el movimiento de las masas de aire se produce de dos formas: horizontal y vertical (Astudillo, 2006).

Se denomina viento al movimiento horizontal de las masas de aire; lo que interviene en la dispersión de contaminantes es la velocidad del viento, debido a que a mayor velocidad de viento menor concentración de contaminantes (Quezada, 2020).

#### **3.3.4.2 Temperatura**

Las condiciones atmosféricas inestables provocan que la atmósfera sea estable, y esto a su vez produce el movimiento vertical. Durante el día, el aire cercano a la superficie terrestre se eleva, debido a que es caliente y liviano, mientras que el aire de la atmósfera superior baja, debido a que es frío y pesado, de esta manera se dispersan los contaminantes. En los días en los que ocurre lo contrario, los contaminantes se encuentren cercanos a la superficie terrestre por lo que no existe dispersión (Astudillo, 2006).

#### **3.3.4.3 Presión atmosférica**

La diferencia de presiones atmosféricas provoca que las masas de aire se muevan, la presión hace referencia a el peso de la atmósfera en un punto determinado (Astudillo, 2006).

El peso atmosférico está compuesto por una columna de aire, en la que influye la altura y temperatura del lugar; el aire frío pesa más que el aire caliente, esto da lugar a la formación de masas de alta presión (aire frío y pesado) y masas de baja presión (aire caliente y liviano). Las diferencias entre las presiones producen movimientos que dan como resultado el viento (Santos, 2017).



#### 3.3.4.4 Precipitación

La precipitación ocasiona un lavado de los contaminantes que se encuentran en forma de partículas suspendidas en el aire, esto reduce la cantidad de partículas en suspensión, por lo que su concentración en aire también disminuye (Quezada, 2020).

### 3.3.5 Contaminantes atmosféricos

Los contaminantes atmosféricos son compuestos emitidos por fuentes fijas o móviles que ocasionan alteraciones en la calidad del aire ambiente.

Se los puede clasificar por su origen, composición química (orgánicos e inorgánicos) o estado molecular (partículas y gases). De acuerdo a su origen se clasifican en primarios y secundarios: los contaminantes primarios son emitidos directamente de la fuente a la atmósfera sin experimentar ningún tipo de cambio; sin embargo, los contaminantes secundarios se conforman por reacciones fotoquímicas, hidrólisis u oxidación de los contaminantes primarios (Arellano, 2002).

Acorde a la investigación realizada por Palacios & Espinoza, (2014) existen seis contaminantes del aire que además de deteriorar la calidad atmosférica, han sido identificados por generar efectos perjudiciales para la salud pública, estos son;

- Ozono ( $O_3$ )
- Dióxido de Azufre ( $SO_2$ )
- Dióxido de Nitrógeno ( $NO_2$ )
- Monóxido de Carbono ( $CO$ )
- Material Particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ )

### 3.3.6 Material Particulado

El material particulado o PM por sus siglas en inglés (particulate matter) es el conjunto de partículas sólidas y/o líquidas en suspensión (a excepción del agua pura) presentes en la atmósfera (Mihelcic & Zimmerman, 2012). También se lo define como una combinación de partículas sólidas y gotas líquidas presentes en el aire. De las cuales, el polvo, hollín y humo son perceptibles a la vista, mientras que otras partículas son demasiado pequeñas que necesitan un microscopio para su detección (US EPA, 2018a).

El parámetro indicador de este material, expresa su concentración en mg o  $\mu g$  de partículas por  $m^3$  de aire, sin poder realizar la equivalencia correspondiente a ppm o ppb, a causa de que las partículas no poseen una estructura química definida (Heredia & Paéz, 2008).



De acuerdo con Velarde, (2017) el material particulado representa un peligro latente tanto para la salud pública como para el ambiente, ya que las partículas con tamaño menor a  $0,4 \mu\text{m}$  penetran y se depositan en los alvéolos pulmones e incluso alcanzan el torrente sanguíneo provocando enfermedades respiratorias agudas y la muerte. Debido a la capacidad de relacionarse con la atmósfera y de acceder a través de las vías respiratorias, las partículas son consideradas uno de los contaminantes ambientales más importantes y complejos al momento de estudiarlos (Abad, 2016).

Algunos autores como Viana, (2003) afirman que el diámetro de las partículas en suspensión, varían desde nanómetros (nm) hasta decenas de micras ( $\mu\text{m}$ ). Por lo tanto, se clasifican en diferentes rangos de tamaños de partículas relacionados en su mayoría con el mecanismo de formación de las mismas, como se presenta a continuación:

### *3.3.6.1 Material Sedimentable*

Las partículas con tamaños superiores a  $10 \mu\text{m}$  son denominadas material particulado sedimentable, las cuales representan un conjunto de partículas sólidas y líquidas, y están constituidas por polvo, polen, hollín, entre otros (Quezada, 2020).

El material sedimentable por la acción de la gravedad, precipita en la superficie terrestre con mayor facilidad que las partículas finas, por lo tanto, sus efectos serán revelados en las inmediaciones del sitio de emisión (Abad, 2014).

El Informe de Calidad de Aire de la ciudad de Cuenca correspondiente al año 2018, manifiesta que en el mes de noviembre se registraron concentraciones de partículas sedimentables que sobrepasan la normativa ambiental atribuidas principalmente a la acción del tráfico vehicular y al viento en ciertas zonas con ejecución de obras civiles, por lo tanto, es necesario ejecutar mediciones más frecuentes que examinen la calidad del aire en la urbe e impidan afecciones en los habitantes y el ambiente (EMOV EP, 2019).

La exposición de la población al material sedimentable por períodos de tiempo prolongados podría ocasionar irritación de nariz y ojos, al igual que problemas de asma. Además, el depósito de estas partículas podría afectar el funcionamiento de órganos en las plantas, composición química del suelo, deterioro de edificaciones y reducción de la belleza paisajista (Abad, 2014).



### 3.3.6.2 *Material Particulado PM<sub>10</sub>*

El material particulado PM<sub>10</sub> hace referencia a partículas sólidas o líquidas (polvo, cenizas, hollín, polen), constituidas por una mezcla de compuestos orgánicos, inorgánicos y metales pesados. Su diámetro es inferior a 10 µm (J. Mejía, 2016).

Existen dos fuentes de generación de PM<sub>10</sub>, siendo la primera por causas naturales como incendios forestales, viento y polinización. La segunda se debe a causas antropogénicas como la combustión incompleta de combustibles fósiles, los cuales son utilizados para la generación de energía, tanto en vehículos como en industrias (Astudillo, 2014).

En la ciudad de Cuenca, la investigación realizada por Palacios & Espinoza, (2014) determinó el incremento en el riesgo de mortalidad por cáncer de pulmón y enfermedades cardiopulmonares entre un 3 y 9 %, debido a que en los puntos de monitoreo se obtuvieron concentraciones promedio de PM<sub>10</sub> que oscilaron entre 32,4 y 42 µg/m<sup>3</sup>.

Los valores del análisis, se asemejan a los obtenidos en el Informe de Calidad de Aire de Cuenca del año 2019, donde se registraron concentraciones máximas entre 35 y 38,4 µg/m<sup>3</sup>. Ambos estudios sobrepasan los límites máximos establecidos en la guía de la OMS (25 µg/m<sup>3</sup>), y registran sus concentraciones máximas en el sector del parque industrial, atribuidos principalmente a las emisiones industriales y al alto tráfico vehicular de la zona (EMOV EP, 2020).

El PM<sub>10</sub> puede afectar tanto a los pulmones como al corazón. Está vinculado con muertes prematuras con enfermedades cardiopulmonares, infartos, asma agravada, tos y dificultad para respirar. El tamaño de la partícula está vinculado con el potencial para provocar problemas de salud (US EPA, 2018b).

El material menor a 10 µm está relacionado con alteraciones en la fotosíntesis, modificaciones en el crecimiento y reproducción de las plantas. Además de contribuir en los efectos de la lluvia ácida (Moscoso et al., 2019).

### 3.3.6.3 *Material Particulado PM<sub>2,5</sub>*

Son partículas finas, constituidas principalmente por contaminantes orgánicos y metales pesados. Su diámetro es inferior a 2,5 µm y poseen la capacidad de adherirse con facilidad a virus y bacterias que se encuentran en el aire ambiente (Quezada, 2020).

En el año 2019, el Informe de Calidad de Aire de Cuenca registró concentraciones medias anuales de 10,5 y 10,8 µg/m<sup>3</sup> en las estaciones ubicadas en el Municipio y el Parque Industrial,



respectivamente. Estos valores sobrepasan los límites máximos establecidos ( $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en la guía de la OMS y corresponden al tráfico vehicular, actividad industrial y ejecución de obras civiles (EMOV EP, 2020).

Además, el mismo informe presentó dieciocho concentraciones que superaron el valor guía de la OMS ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) en 24 horas. Los días 11 de diciembre y 1 de enero, se registraron los valores más destacados, los cuales se presentan a continuación:  $29$  y  $26,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación Municipio;  $33,5$  y  $27,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación Parque Industrial. Los datos mencionados se atribuyen a la caída de cenizas provenientes del volcán Sangay en el mes de diciembre y a la quema de pirotecnia y monigotes en la madrugada del año nuevo (EMOV EP, 2020).

El  $\text{PM}_{2,5}$  atraviesa los pulmones e ingresa en el torrente sanguíneo. Se estima que la exposición crónica a partículas finas origina enfermedades cardiovasculares, respiratorias, así como cáncer pulmonar y es la principal causa de 4,2 millones de muertes prematuras por año. Por lo tanto, son consideradas las partículas de mayor riesgo para la salud pública (World Health Organization, 2018).

La sedimentación de las partículas finas sobre el agua y suelo puede ocasionar: acidificación de cuerpos de agua, disminución en los nutrientes del suelo, daños sensibles sobre ecosistemas, bosques y cultivos. El  $\text{PM}_{2,5}$  es la razón principal de la reducción de la visibilidad (neblina) (US EPA, 2018b).

### **3.3.7 Normativa de Calidad del Aire**

Los estándares de calidad de aire ambiente fueron desarrollados con la finalidad de disminuir los efectos negativos de los contaminantes atmosféricos en la salud y el medioambiente. Este marco normativo identifica los indicadores de contaminación y establece los límites de concentración que no deberán ser excedidos en un territorio en particular, y de manera especial en aglomeraciones urbanas (Mihelcic & Zimmerman, 2012).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA), son consideradas organizaciones precursoras en la lucha contra la contaminación del aire y sus impactos, por lo tanto, a nivel mundial sus lineamientos establecidos son considerados una guía para los países que cuenten o no con agencias regulatorias.

A continuación, se mencionan los estándares de calidad del aire para material particulado establecidos por la Autoridad Ambiental Nacional del Ecuador, la Organización Mundial de la Salud y la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos.



### 3.3.7.1 Norma de Calidad del Aire Ambiente de Ecuador

El Ministerio del Ambiente del Ecuador a través del Acuerdo Ministerial 097-A publicado en el Registro Oficial 387 del 4 de noviembre del 2015, actualiza y expide los Anexos del libro VI pertenecientes al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

La Norma de Calidad de Aire Ambiente o Nivel de Inmisión (Anexo 4) tiene la finalidad de conservar la salud de las personas y la calidad del ambiente. Además, establece los límites permisibles de los contaminantes del aire ambiente durante un período de muestreo definido, al igual que las técnicas y procedimientos para determinar las concentraciones de estos (Ministerio del Ambiente, 2015b).

Según, Ministerio del Ambiente, (2015b) las concentraciones máximas permisibles del material particulado establecidas en la presente norma son las siguientes:

- **Material Sedimentable:** La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 días de forma continua, será de un miligramo por centímetro cuadrado ( $1 \text{ mg/cm}^2 \times 30 \text{ días}$ ).
- **Material Particulado ( $\text{PM}_{10}$ ):** El promedio aritmético de la concentración de  $\text{PM}_{10}$  de todas las muestras en un año no deberá de exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ). El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no debe exceder los cien microgramos por metro cúbico ( $100 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ).

Se considera sobrepasada la norma de calidad de aire para material particulado  $\text{PM}_{10}$  cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a  $100 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ .

- **Material Particulado ( $\text{PM}_{2,5}$ ):** El promedio aritmético de la concentración de  $\text{PM}_{2,5}$  de todas las muestras en un año no deberá de exceder de quince microgramos por metro cúbico ( $15 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ). El promedio aritmético de monitoreo continuo durante 24 horas, no debe exceder de cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ ).

Se considera sobrepasada la norma de calidad de aire para material particulado  $\text{PM}_{2,5}$  cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas durante un periodo anual en cualquier estación monitorea sea mayor o igual a  $50 \text{ }\mu\text{g/m}^3$ .



### 3.3.7.2 Guía de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud

De acuerdo a estudios realizados sobre partículas suspendidas en el aire y sus efectos en la salud pública, la Organización Mundial de la Salud implementó una actualización mundial de la Guía de Calidad de Aire, en donde se establecieron los siguientes límites máximos permisibles para el material particulado (World Health Organization, 2006).

- **Material Sedimentable:** La máxima concentración de una muestra, colectada durante 30 días de forma continua, será de medio miligramo por centímetro cuadrado ( $0,5 \text{ mg/cm}^2 \times 30$  días).
- **Material Particulado ( $\text{PM}_{10}$ ):** La concentración media anual de  $\text{PM}_{10}$  no será superior a veinte microgramos por metro cúbico ( $20 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) y la concentración media en 24 horas no excederá los cincuenta microgramos por metro cúbico ( $50 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ).
- **Material Particulado ( $\text{PM}_{2,5}$ ):** La concentración media anual no será mayor a diez microgramos por metro cúbico ( $10 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) y la concentración media en 24 horas no excederá los veinte y cinco microgramos por metro cúbico ( $25 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ).

### 3.3.7.3 Las Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiente (NAAQS)

En base a los criterios de la Ley de Aire Limpio, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, estableció los siguientes estándares de calidad de aire ambiente (NAAQS por sus siglas en inglés) para material particulado ( $\text{PM}_{10}$  y  $\text{PM}_{2,5}$ ), como parte de los seis contaminantes criterio calificados como nocivos para la salud pública y el ambiente en general (US EPA, 2016).

- **Material Particulado ( $\text{PM}_{10}$ ):** Se define un valor de ciento cincuenta microgramos por metro cúbico ( $150 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ) en 24 horas, el mismo que no debe excederse más de una vez al año en promedio durante tres años.
- **Material Particulado ( $\text{PM}_{2,5}$ ):** La concentración media anual no excederá los doce microgramos por metro cúbico ( $12 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ ). Se considera sobrepasada la normativa cuando el percentil 98 de las concentraciones de 24 horas registradas con promedio anual durante el lapso de tres años sea mayor a  $35 \text{ } \mu\text{g/m}^3$ .





## 3.4 Contaminación Acústica

### 3.4.1 El Sonido

El sonido es considerado un fenómeno físico, que capta el oído mediante variaciones de presión a través de ondas vibratorias. Estas son transmitidas desde un cuerpo vibrante denominado foco a un medio elástico, siendo el más común el aire (Quezada, 2020). Otros autores como, Amable et al., (2017) definen al sonido como la propagación de ondas circulares resultado de un cambio rápido en la presión del medio fluido (aire, agua u otros), al que está expuesto el oído externo.

En las personas, el sonido puede generar estímulos placenteros como las melodías musicales y los murmullos de la naturaleza, sin embargo, también puede originar sensaciones desagradables más conocidas como ruido.

### 3.4.2 El Ruido

Se lo define como un sonido desagradable y molesto, considerado potencialmente nocivo para la audición de personas y animales. Está integrado por dos componentes: un físico (sonido) y un subjetivo (sensación de molestia) (Arellano, 2002).

El ruido, es de origen antropogénico y se encuentra en todos los lugares, de manera especial en las grandes zonas de expansión y movilidad humana. Como todo contaminante, también puede generar daños que afecten la calidad de vida de la ciudadanía.

### 3.4.3 Propagación del ruido

El ruido es transmitido desde una fuente que genera vibraciones en forma de ondas circulares a través de un medio elástico y finalmente es captado por un receptor. La propagación del sonido se extiende de manera semejante en todas las direcciones, reduciendo en amplitud acorde se alejan de la fuente fija (Mestre, 2007).

Debido a que la atmósfera no es uniforme, la propagación del ruido en lugares abiertos se ve afectada por diversos componentes, los cuales pueden presentarse tanto de forma individual como combinada. Según, el trabajo de (Quezada, 2020) los factores que influyen son los siguientes:

- Tipo de fuente: Fuente Fija y fuente Móvil.
- Distancia desde la fuente
- Absorción atmosférica
- Condiciones meteorológicas: viento, temperatura, humedad y precipitación



- Rebote
- Barreras
- Topografía y vegetación.

### **3.4.4 Nivel de Presión sonora**

El nivel de presión sonora se mide en decibeles (dB) y hace referencia a una medición logarítmica procedente de la media de la presión sonora en relación a un nivel de referencia (20 micro Pascales). Dicho valor representa la presión sonora del sonido audible más bajo para el hombre (Arias, 2014).

Cuando una onda sonora provoca un desvío en la presión del aire, en relación a la presión atmosférica se habla de la formación de una presión sonora.

### **3.4.5 Propiedades físicas del ruido**

#### *3.4.5.1 Frecuencia*

La frecuencia se expresa en Hertz (Hz) o ciclos por segundo y se define como el número de repeticiones de una onda por unidad de tiempo. Establece si el sonido es grave o agudo (Puerta & Cuervo, 2019).

#### *3.4.5.2 Intensidad*

La intensidad se expresa en decibeles (dB) y se refiere a la energía que pasa una unidad de superficie por unidad de tiempo. Se encuentra ubicada en forma perpendicular a la propagación de la onda y establece si el sonido es fuerte o débil (Puerta & Cuervo, 2019).

### **3.4.6 Tipos de ruido**

Según, lo establecido en el Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, al ruido se lo clasifica de la siguiente manera (Ministerio del Ambiente, 2015a):

- Ruido Específico: Es el ruido generado y emitido por una fuente fija o una fuente móvil. Es el que se cuantifica y evalúa para efectos del cumplimiento de los niveles máximos de emisión de ruido establecidos en esta norma a través del LK<sub>eq</sub> (Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido).
- Ruido Residual: Es el ruido que existe en el ambiente donde se lleva a cabo la medición en ausencia del ruido específico en el momento de la medición.
- Ruido Total: Es aquel ruido formado por el ruido específico y ruido residual.



- Ruido Impulsivo: El ruido caracterizado por breves incrementos importantes de la presión sonora. Su duración generalmente es inferior a 1 segundo.

Sin embargo, otros autores como Amable et al., (2017) organizan al ruido de acuerdo a su distribución temporal en las categorías que se presentan a continuación:

- Ruido continuo estable: Cuando el nivel de presión sonora es uniforme, durante un período de tiempo. Ejemplo: bomba de agua.
- Ruido no Continuo (fluctuante): Cuando existen variaciones apreciables del nivel de presión sonora en periodos de tiempo cortos.
- Ruido Intermitente: Cuando se presentan niveles significativos de presión sonora en períodos no mayores de 15 minutos. Ejemplo: el arranque del motor de una moto.
- Ruido de impacto o impulso: Aquel de corta duración que presenta pronunciadas fluctuaciones del nivel de presión y que se produce con intervalos.

### 3.4.7 Efectos

#### 3.4.7.1 Efectos a la salud

La exposición al ruido puede generar perjuicios en la salud de las personas expuestas durante periodos prolongados de tiempo a una fuente emisora cercana. Estos daños se pueden manifestar de dos formas: auditivo y extra-auditivo.

El daño auditivo es aquel que ataca directamente al oído y puede ocasionar defectos como: hipoacusia; desplazamiento temporal o permanente del umbral de audición; trauma acústico agudo y crónico. En cambio, el daño extra-auditivo puede desencadenar en fallas al sistema nervioso y cerebro; alteraciones endocrinas e inmunológicas; estrés; alteración emocional, dolores de cabeza; entre otros efectos negativos generados por la exposición al ruido (Peñaloza et al., 2016).

La Organización Mundial de la Salud, revela que una audición saludable depende de la intensidad, la duración y la frecuencia de la exposición. Ciertas investigaciones han determinado que, en entornos laborales el oído humano puede percibir sin riesgo un máximo de 85 dB (A) durante un tiempo de 8 horas al día. Asimismo, en sitios que alcancen los 100 dB (A) únicamente se puede escuchar sin riesgo durante 15 minutos diarios (World Health Organization, 2015).



### *3.4.7.2 Efectos al ambiente*

El ruido genera un impacto negativo significativo en la naturaleza, de manera principal a la fauna. Un ambiente ruidoso incita la migración de especies, poniendo en peligro la vida de otros seres vivos, y a su vez provocando un desequilibrio ecológico (Alfie & Salinas, 2017).

Este fenómeno ha provocado la interrupción de la comunicación existente entre las especies de aves y ranas que habitan en las grandes ciudades. Los anfibios son los más afectados debido a que con la reducción de las llamadas de apareamiento, sus tasas de reproducción han disminuido (Quezada, 2020).

### **3.4.8 Normativa de ruido**

El marco normativo para el ruido ambiental, fue elaborado con el propósito de minimizar los impactos negativos que generan los elevados niveles de presión sonora sobre la salud poblacional y el ambiente. La Organización Mundial de la Salud (OMS) en busca de mejorar la calidad de vida de la población, ha establecido un documento guía para que las naciones desarrollen y/o perfeccionen su legislación y gestión relacionada a la contaminación del ruido en general.

Desde 1982, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (US EPA) no posee las competencias sobre la regulación y control de ruido, debido a un cambio en la política federal que transfirió las responsabilidades a los gobiernos locales y estatales.

Dentro del estudio se deben revisar ordenanzas municipales que hayan sido emitidas para el control de ruido en la ciudad, con el objetivo de determinar si los niveles estipulados se están cumpliendo o no. A continuación, se indican los niveles máximos de emisión de ruido establecidos por las Autoridades Nacionales, Municipales y la Organización Mundial de la Salud.

#### *3.4.8.1 Normativa Ecuatoriana de Emisión de Ruido Ambiente*

El Ministerio del Ambiente del Ecuador a través del Acuerdo Ministerial 097-A publicado en el Registro Oficial 387 del 4 de noviembre del 2015, actualiza y expide los Anexos del libro VI pertenecientes al Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA).

Los Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Emisión para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles (Anexo 5) establece la norma técnica que contiene los niveles máximos permisibles de ruido, según el uso del suelo y la fuente, e indica los métodos y los procedimientos destinados a la determinación de los niveles de ruido en el ambiente, así como las disposiciones para la prevención



y control del mismo. Los criterios de calidad de ruido se realizarán de conformidad con los planes de ordenamiento territorial (Ministerio del Ambiente, 2015a). En la siguiente tabla se presentan los niveles máximos de emisión de ruido establecidos para fuentes fijas.

Tabla 1. Niveles Máximos de Emisión de Ruido para Fuentes Fijas

Uso del Suelo	Denominación	LKeq (dB)	
		Período Diurno	Período Nocturno
		07:01 hasta 21:00 horas	21:01 hasta 07:00 horas
<b>Residencial</b>	R1	55	45
<b>Equipamiento de servicios sociales</b>	EQ1	55	45
<b>Equipamiento de servicios públicos</b>	EQ2	60	50
<b>Comercial</b>	CM	60	50
<b>Agrícola Residencial</b>	AR	65	45
<b>Industrial</b>	ID1/ID2	65	55
<b>Industrial</b>	ID3/ID4	70	65
<b>Uso Múltiple</b>	Cuando exista uso de suelo múltiple o combinado se utilizará el LKeq más bajo de cualquiera de los usos de suelo que componen la combinación.		
<b>Protección Ecológica</b>	PE	El LKeq se determinará de acuerdo al procedimiento descrito en el Anexo 4 del Anexo N°5 del TULSMA.	
<b>Recursos Naturales</b>	RN		

**Fuente:** (Ministerio del Ambiente, 2015a).

**Elaboración:** Autores.

#### 3.4.8.2 Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca: Determinación para el uso y ocupación del suelo

La Alcaldía de Cuenca en el año 2002 expidió esta ordenanza municipal, la cual establece los usos y ocupaciones del suelo del cantón Cuenca según los sectores de planeamiento establecidos por la misma ordenanza.

En base a los usos de suelo la ordenanza establece límites máximos de presión sonora. Para el uso de suelo, vivienda, los valores no deben sobrepasar los 50 dB (A), mientras que, para el uso de suelo, industrial, es 70 dB (A) (Alcaldía de Cuenca, 2002).



### 3.4.8.3 Guía para el Ruido Urbano de la Organización Mundial de la Salud (OMS)

En base a la evaluación de riesgos originado por la emisión de ruido en distintos ambientes, la Organización Mundial de la Salud con la finalidad de fortalecer el conocimiento profesional y proteger la salud pública, estableció los siguientes valores de referencia:

En ambientes exteriores, se considera el nivel máximo permisible de 55 dB (A) en un período de exposición máximo de 16 horas, caso contrario se podrían generar molestias graves en la salud tanto en el día como en la noche (Berglund et al., 1999).

## 3.5 Mapas Georreferenciados

Son documentos técnicos que contienen información georreferenciada, es decir que tienen la ubicación de un elemento, en el espacio; se emplea un sistema de coordenadas estándar producto de una proyección cartográfica (Sarría, 2015).

La georreferenciación es un procedimiento usado en los sistemas de información geográfica (SIG), para establecer la localización de un elemento mediante un sistema de coordenadas espacial (Dávila & Camacho, 2012).

## 3.6 Mapas de Ruido

Un mapa de ruido es un instrumento que facilita la valoración de la condición acústica en una determinada área (Murillo, 2017), son utilizados como documentos fundamentales para fomentar el desarrollo de planes de acción, a partir de la condición de ruido ambiental que perjudica a un determinado lugar (Berrezueta et al., 2018).

Los mapas de ruido son elaborados con la finalidad de evaluar, gestionar y controlar la contaminación acústica, además son herramientas fijadas por la legislación de cada país, para dar soporte a las decisiones en el ordenamiento territorial (Castrillón et al., 2019). Al ser una representación cartográfica de los niveles de presión sonora existentes en un área específica sirven para delimitar y clasificar los usos de suelo e implementar un plan de ordenamiento ambiental territorial sobre el ruido (Berrezueta, 2017).

## 3.7 Software ArcGIS 10.5

ArcGIS es un conjunto de herramientas que facilitan la visualización y manipulación de información geográfica a través de la elaboración de mapas temáticos (Pucha et al., 2017), software que permite recopilar, organizar, administrar, analizar, compartir y distribuir información geográfica; es una plataforma líder a nivel mundial para el manejo de sistemas de información geográfica usada para



poner el conocimiento geográfico al servicio de los sectores del gobierno, la empresa, la ciencia, la educación y los medios (ESRI, 2013).

### **3.8 Inverse Distance Weighted (IDW)**

El método IDW es una herramienta de interpolación espacial que usa combinaciones lineales de valores conocidos para estimar valores de puntos desconocidos; esta interpolación es útil para diferentes casos de estudio como por ejemplo contaminación acústica, contaminación atmosférica, entre otros (Moscoso et al., 2015).

El IDW es el método de interpolación determinístico más común, el cual asume que cada punto medido tiene una influencia particular que merma con la distancia, a los puntos más cercanos por estimar se le asigna una ponderación mayor que a aquellos que se encuentran más alejados, de ahí el nombre de distancia inversa ponderada (Chirinos & Mallqui, 2016).

### **3.9 Software Statistical Package for Sciences Socials (SPSS)**

El programa SPSS es un conjunto de herramientas para el tratamiento y análisis estadístico de datos (Rojo, 2014), se caracteriza por su fácil manejo y comprensión, además de su utilidad en investigaciones aplicadas a las Ciencias Sociales (Herrerias, 2005).

El software informático SPSS es utilizado para el análisis cualitativo de datos, se destaca en su aplicación, manejo adecuado y sencilla interpretación, internamente posee una gran variedad de contenidos estadísticos, la mayoría dirigidos a las ciencias sociales, cubriendo todos los requerimientos de cálculo estadístico que investigadores y profesionales aplican (Rivadeneira et al., 2020).

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Área de Estudio

El área de estudio del presente trabajo fue la zona urbana de la ciudad de Cuenca, capital de la provincia del Azuay. La ciudad cuenta con una superficie de 72 km<sup>2</sup> y es atravesada por cuatro ríos: Tomebamba, Yanuncay, Tarqui y Machángara (Abad, 2016).

Cuenca se localiza al centro sur del Ecuador, en un valle del callejón interandino, a 2 550 m.s.n.m., por lo tanto, presenta una diversidad climática con temperaturas que van desde los 7 a 15 °C en invierno y desde los 12 a 25 °C en verano (López & Pacheco, 2015).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) la población del cantón Cuenca es de 614 539 habitantes, siendo el área urbana con un aproximado de 65 % la que posee la mayor cantidad de ciudadanos (Castillo, 2019).

A continuación, la Figura 2, presenta el área de estudio donde se efectuó la investigación.

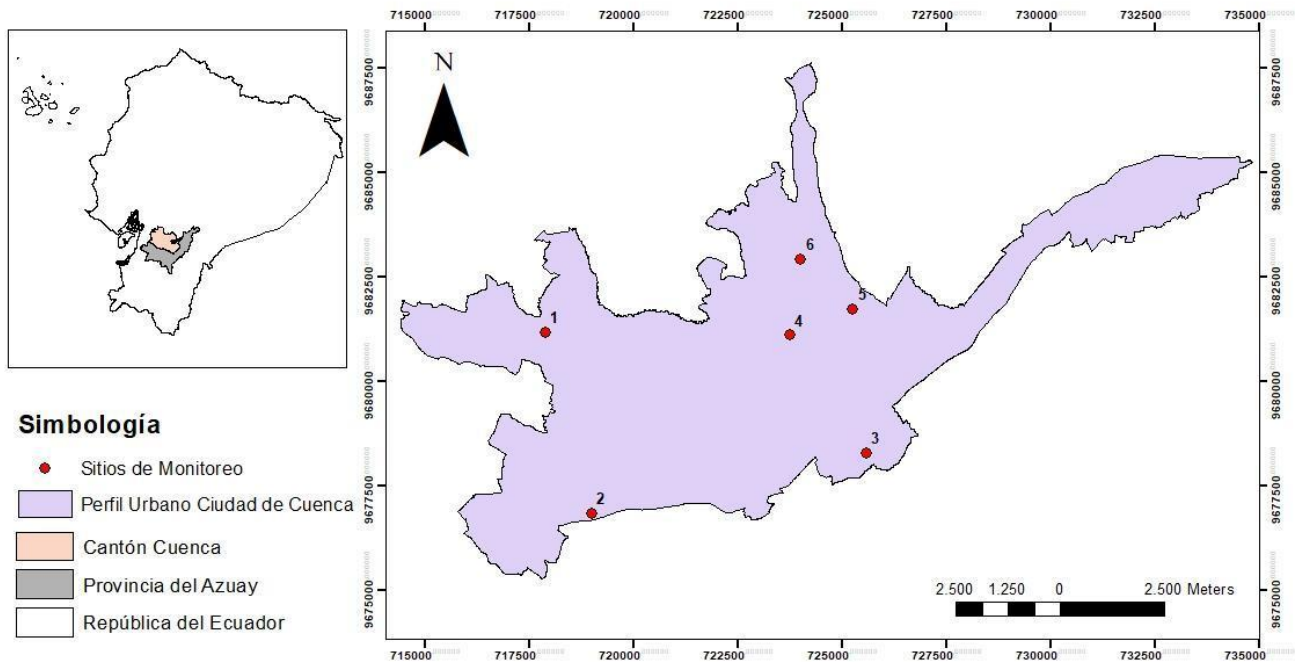


Figura 2. Ubicación del Área de Estudio  
Fuente: Autores



## 4.2 Puntos de Monitoreo

### 4.2.1 Selección y ubicación de los puntos de monitoreo

La Comisión de Gestión Ambiental del cantón Cuenca (CGA) en base a la información registrada en el Sistema Único de Información Ambiental (SUIA) posee un listado de los establecimientos que se dedican a la elaboración de materiales de construcción. De esta lista fueron seleccionados 6 puntos de monitoreo, los mismos que corresponden a instalaciones artesanales que producen bloques de concreto.

Como se visualiza en la Figura 3, los puntos de monitoreo seleccionados se encuentran localizados en las parroquias: Hermano Miguel, San Sebastián, El Vecino, Yanuncay y Monay, los mismos corresponden a las zonas con mayor grado de contaminación por material sedimentable,  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  (EMOV EP, 2020) y ruido (UDA & IERSE, 2020).

#### Simbología

- Sitios de Monitoreo
- Parroquias Urbanas de Cuenca**
- Perfil Urbano de Cuenca
- Bellavista
- Cañaribamba
- El Batán
- El Sagrario
- El Vecino
- Gil Ramirez Dávalos
- Hermano Miguel
- Huayna Cápac
- Machángara
- Monay
- San Blas
- San Sebastián
- Sucre
- Totoracochoa
- Yanuncay

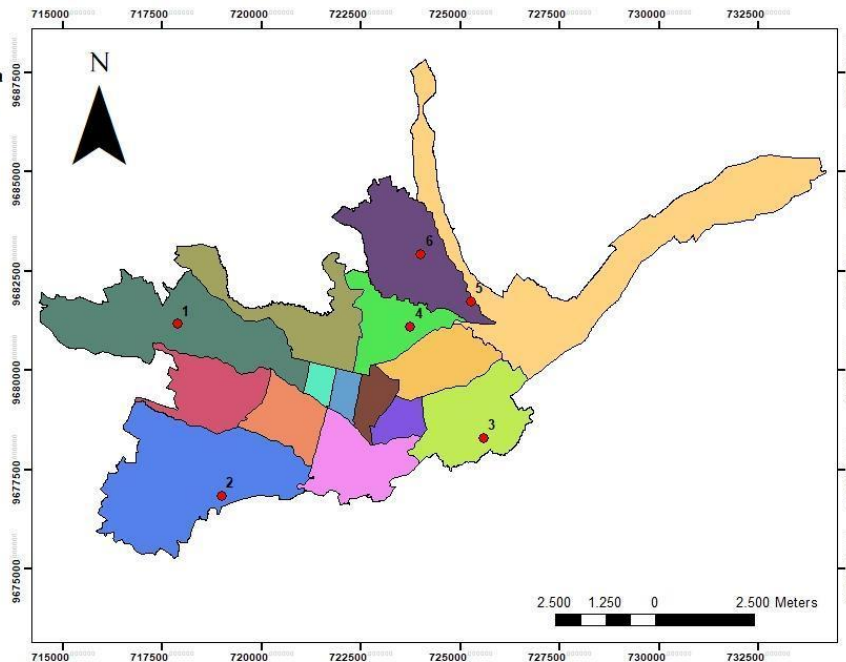


Figura 3. Ubicación de Sitios de Monitoreo por Parroquia  
Fuente: Autores

La ubicación de los puntos de monitoreo seleccionados, se encuentran descritas en la Tabla 2.



Tabla 2. Ubicación de los Puntos de Monitoreo

Punto	Coordenadas UTM WGS84 Zona 17S		Parroquia
	X	Y	
1	717876	9681173	San Sebastián
2	718990	9676838	Yanuncay
3	725583	9678296	Monay
4	723735	9681112	El Vecino
5	725258	9681735	Hermano Miguel
6	724003	9682939	Hermano Miguel

Fuente: Autores

#### 4.2.2 Descripción de los puntos de monitoreo

- Punto de Monitoreo 1

Ubicado en la parroquia San Sebastián. Se encuentra en un espacio abierto, rodeada de viviendas, con escasa vegetación circundante y flujo vehicular moderado. La vía que colinda con el área de estudio es de primer orden. Según el Sector de Planeamiento O-8 de la ordenanza municipal, el área es designada para vivienda.

- Punto de Monitoreo 2

Localizado en la parroquia Yanuncay, en el área circundante se encuentran viviendas y comercios. Se localiza en una calle de lastre, donde el flujo vehicular es nulo, además existe poca vegetación en su entorno. El uso de suelo según el Sector de Planeamiento S-9B de la ordenanza municipal, es vivienda.

- Punto de Monitoreo 3

Ubicado en la parroquia Monay, en la Vía Monay Baguanchi Paccha, en este sitio se evidenció un alto tráfico vehicular. El punto de monitoreo se encuentra en un área abierta, rodeado de comercios y con poca vegetación adyacente. El área corresponde a un uso de suelo forestal (Sector de Planeamiento E-32).

- Punto de Monitoreo 4

Fábrica artesanal ubicada en la parroquia El Vecino, junto a una calle de segundo orden. El área corresponde de acuerdo al uso de suelo a vivienda (Sector de Planeamiento N-9); existe un centro educativo cerca de la misma. El flujo vehicular es reducido y no existe vegetación circundante.



- Punto de Monitoreo 5

Rubro productivo ubicado en la parroquia Hermano Miguel, sector Parque Industrial, se encuentra rodeada de fábricas de cerámicas, alimentos, textiles, plásticos y licores. Se sitúa en una vía de primer orden, por lo que existe un flujo vehicular moderado, alrededor la vegetación es escasa, además próximo al punto de estudio se localiza el río Machángara.

El uso de suelo para esta área, según el Sector de Planeamiento N-12 de la ordenanza municipal, es Industrial de Alto Impacto (Tipo B).

- Punto de Monitoreo 6

Ubicado en la parroquia Hermano Miguel, rodeada de comercios y viviendas, se encuentra en una calle hormigonada donde el tráfico vehicular es moderado. En las proximidades del área de estudio se observa poca vegetación y las instalaciones se localizan junto a la Quebrada Fornuyaico. El uso de suelo designado para esta área es vivienda (Sector de Planeamiento N-16).

### **4.3 Condiciones Meteorológicas**

Durante el estudio se recolectó información de los siguientes parámetros meteorológicos: temperatura ambiente, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento. Los mismos fueron proporcionados por la Estación automática MUN de la Empresa Pública Municipal de Movilidad, Tránsito y Transporte de Cuenca (EMOV EP).

Dicha estación está localizada en el centro de la ciudad sobre el edificio de la Alcaldía, la misma que registra en tiempo real los valores de los parámetros ya establecidos en un radio aproximado de 4 km, por lo tanto, sus datos son relevantes para la investigación.

### **4.4 Metodología de Medición**

#### **4.4.1 Metodología para material sedimentable**

Para la determinación de material particulado sedimentable se utilizó el método gravimétrico, mediante captación de partículas en envases abiertos planteado en el Anexo 4 del Acuerdo Ministerial 097-A. El monitoreo se desarrolló durante un periodo de 30 días, del 05 de noviembre al 05 de diciembre de 2020.

En cada punto de estudio se utilizaron dos recipientes para la captación de partículas sedimentables. Los recipientes fueron colocados a una altura de 2,0 m por encima del suelo. Una vez recolectadas



las muestras, estas fueron transportadas al Laboratorio de Análisis Ambiental de la Universidad de Cuenca, para su posterior análisis.

#### 4.4.1.1 Análisis en Laboratorio

El análisis en el laboratorio permite, mediante pesos ganados, determinar el total de material particulado sedimentable captado por el recipiente. Las muestras obtenidas son filtradas, de manera que, lo retenido por el papel filtro permite determinar el material insoluble, mientras que el líquido filtrado proporciona el material soluble. El papel filtro utilizado es de microfibras de cuarzo 203 mm x 254 mm, marca Whatman, con un tamaño de poro de 2,2 µm.

El papel filtro que contiene las partículas insolubles es colocado en una estufa marca POL-EKO APARATURA, durante 2 horas a una temperatura de 80 °C (Quezada, 2020). Para el material soluble, se debe aforar a 250 ml el material filtrado, tomar una alícuota de 50 ml y colocarla en una cápsula de porcelana previamente pesada. La cápsula es colocada en una estufa durante 24 horas a una temperatura de 80 °C (Quezada, 2020).

Una vez que el papel filtro y la cápsula de porcelana son sacados de la estufa, se los coloca en un desecador por 15 minutos, para que las muestras se estabilicen, luego son pesados en una balanza analítica marca Sartorius modelo ENTRIS 224I – 1S con un margen de error de ± 0,001 gramos.

#### 4.4.1.2 Cálculo de material sedimentable

Finalizado el análisis de laboratorio se procede a calcular la concentración observada de material sedimentable, utilizando la ecuación (1) y la concentración corregida según temperatura y presión local, mediante la ecuación (2).

- **Concentración Observada:  $C_o$**

$$C_o = \frac{(PF_f - PI_f) + (PF_c - PI_c)}{\pi * r^2} = \left[ \frac{mg}{cm^2 * 30 \text{ dias}} \right] \quad (1)$$

Fuente: (Quezada, 2020)

Donde:

$PF_f$  = Peso Final del papel filtro

$PI_f$  = Peso Inicial del papel filtro

$PF_c$  = Peso Final de la cápsula

$PI_c$  = Peso Inicial de la cápsula

$r$  = radio del recipiente



- **Concentración Corregida: Cc**

$$Cc = \frac{Co * 760 \text{ mmHg}}{P \text{ atmosférica local en mmHg}} * \frac{(273 + T \text{ local en } ^\circ\text{C}) ^\circ\text{K}}{298 ^\circ\text{K}} = \left[ \frac{\text{mg}}{\text{cm}^2 * 30 \text{ días}} \right] \quad (2)$$

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015b)

#### 4.4.2 Metodología para PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>

##### 4.4.2.1 Equipo de Medición

Se empleó un equipo de monitoreo activo semi automático de bajo volumen, denominado Partisol 2000i Air Sampler, se trata de un muestreador de filtro único que opera con un caudal de 16,7 L/min. Para el muestreo de PM<sub>10</sub>, se instala un tubo descendente recto con adaptador dentro del equipo y para PM<sub>2,5</sub>, se reemplazó el adaptador del proceso anterior por un VSCC (ciclón diseñado para separar partículas finas). Además, el aparato proporciona cada 5 minutos un promedio de los siguientes parámetros: temperatura ambiente, presión atmosférica, temperatura del filtro y caudal medio (Thermo Fisher Scientific, 2015).

El monitoreo fue realizado del 23 de noviembre al 9 de diciembre del 2020; por un período de 4 horas. El equipo fue colocado sobre su soporte a una altura de 1,3 m sobre el nivel del suelo, en el punto medio del área de producción.

En cada bloquera se realizaron un total de 4 mediciones, 2 de PM<sub>10</sub> y 2 de PM<sub>2,5</sub>; para cada parámetro medido, se utilizó un filtro de politetrafluoroetileno PTFE de 46,2 mm.

##### 4.4.2.2 Estabilización de filtros

Los filtros empleados para el muestreo fueron sometidos a un proceso de estabilización por 48 horas, a una humedad relativa entre 20 % a 45 % y una temperatura entre 15 °C a 30 °C, antes y después del muestreo (Astudillo, 2014). La finalidad de dicho proceso es obtener el peso real de los filtros, de forma que la humedad contenida en el mismo no afecte los resultados del monitoreo.

##### 4.4.2.3 Determinación de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>

Los filtros colectores fueron sometidos a un pre pesado, mediante una balanza analítica, posteriormente al ser utilizados durante el muestreo fueron pesados nuevamente, de manera que el peso ganado por el papel filtro luego de la exposición en el punto de monitoreo sea el peso del material particulado captado (Medina, 2018). Para determinar la concentración de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> se aplicó la ecuación (3).



$$\text{Concentración PM} = \frac{W_f}{VT} \quad (3)$$

Fuente: (Medina, 2018)

Donde:

$W_f = PF_f - PI_f$  = Peso Final del filtro menos el Peso Inicial del filtro

VT = Volumen Total en m<sup>3</sup>

Una vez realizado el cálculo, se utilizó la ecuación (2) para obtener la concentración corregida de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub> en cada punto de monitoreo.

#### 4.4.2.4 Análisis de datos

La aplicación de la prueba Chi cuadrado determinó si existe o no dependencia entre las concentraciones de material particulado PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y las condiciones meteorológicas de los sitios de monitoreo. Se aplicó el software estadístico SPSS 22.0 para determinar el valor de la prueba.

Chi cuadrado es una prueba no paramétrica de libre distribución, valora la discrepancia entre una distribución de frecuencias observadas y esperadas, toma valores entre cero e infinito y no tiene valores negativos porque es la suma de valores elevados al cuadrado (Mendivelso & Rodríguez, 2018).

Para determinar si existen diferencias significativas entre las concentraciones de material particulado PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y las condiciones meteorológicas de los sitios de monitoreo, registradas en los diferentes sitios de estudio, se aplicó el estadígrafo de Kruskal - Wallis, aplicando la herramienta de pruebas no paramétricas ubicada en el software SPSS 22.0.

La prueba de Kruskal - Wallis, conocida también como test H, es una prueba no paramétrica que sirve para comprobar la hipótesis de que las diferentes muestras están equi-distribuidas, es decir han sido adquiridas de la misma población (Joaquín, 2016).

Las hipótesis que se manejan en la prueba de Kruskal - Wallis son:

$H_0$ : todas las muestras provienen de la misma población.

$H_1$ : al menos una muestra proviene de una población con distinta distribución.

Cuando el valor de la prueba sea mayor de 0,05 se permite rechazar la hipótesis que declara la igualdad de las muestras (López, 2013).



### 4.4.3 Metodología para ruido

#### 4.4.3.1 Equipo de Medición

Se empleó un sonómetro CENTER 390 Data Logger, el cual tiene un rango de medición de 30 a 130 dB, se ajusta a la norma IEC 61672-1 clase 2 y tiene una precisión de  $\pm 1,4$  dB.

Utilizando un trípode, el equipo fue colocado a 1,3 m del suelo, con un ángulo de inclinación de  $90^\circ$  y una distancia mínima de 2 m de cualquier objeto que pudiera causar perturbación; fue colocado en ponderación A, respuesta lenta. El sonómetro registró una medición cada 15 segundos por un periodo de 1 hora; acorde al método que se encuentra en el Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A, además durante el período de monitoreo se realizó un conteo vehicular y se registraron eventualidades.

En cada bloquera se realizaron un total de 7 mediciones, 3 en el área de producción, 3 en el retiro frontal y una medición para determinar ruido residual.

#### 4.4.3.2 Cálculo de Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido (LKeq)

La metodología utilizada para determinar el Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido (LKeq), en los seis puntos de monitoreo, es la estipulada en el Anexo 3.1 - Flujo 01 (Ver Anexo 8.5), el cual consta en el Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A.

Según el Anexo 3.1 – Flujo 01, el Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido (LKeq) es igual al Ruido específico (Le), por lo tanto, se utilizó la ecuación (4) para calcular los valores de LKeq.

$$LKeq = Le = LAeq, tp - Kr \quad (4)$$

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015a)

Donde:

LKeq = Nivel de Presión Sonora Continua Equivalente Corregido

Le = Ruido específico

LAeq,tp = Ruido total promedio

Kr = corrección por ruido residual

- Cálculo del factor de corrección debido a la contribución por ruido residual



Para aplicar la ecuación (4) se tuvo que calcular el factor de corrección por ruido residual, aplicando la ecuación (5).

$$Kr = -10 \log (1 - 10^{-0.1\Delta Lr}) \quad (5)$$

*Fuente:* (Ministerio del Ambiente, 2015a)

Donde:

$$\Delta Lr = LAeq,tp \text{ (Ruido Total promedio)} - LAeq,rp \text{ (Ruido Residual promedio)}$$

- Cálculo del Ruido Total promedio

Se utilizó la ecuación (6) para determinar el promedio de las mediciones de ruido total realizadas en los puntos de monitoreo.

$$LAeq,tp = 10 \log \left[ \frac{1}{n_i} * (10^{0,1LAeqn_1} + 10^{0,1LAeqn_2} + \dots + 10^{0,1LAeqn_i}) \right] \quad (6)$$

*Fuente:* (Ministerio del Ambiente, 2015a)

Donde:

$LAeq,tp$  = promedio de las muestras de nivel de presión sonora del ruido total

$n_i$  = número de muestras adquiridas durante el muestreo

$LAeqn_1$  = primer valor de las muestras

$LAeqn_i$  = n valor de las muestras

- Cálculo del Ruido Residual promedio

Para calcular el promedio de las mediciones de ruido residual en los puntos de monitoreo se utilizó la ecuación (7).

$$LAeq,rp = 10 \log \left[ \frac{1}{n_i} * (10^{0,1LAeqn_1} + 10^{0,1LAeqn_2} + \dots + 10^{0,1LAeqn_i}) \right] \quad (7)$$

*Fuente:* (Ministerio del Ambiente, 2015a)

Donde:

$LAeq,rp$  = promedio de las muestras de nivel de presión sonora del ruido residual

$n_i$  = número de muestras adquiridas durante el muestreo





## **4.5 Análisis de resultados**

La Norma de Calidad de Aire Ambiente y los Niveles Máximos de Emisión de Ruido, estipulados en el Acuerdo Ministerial 097-A, son el marco legal ecuatoriano utilizado para el análisis de los resultados. En el caso de la normativa internacional se emplearon las Guías de Calidad de Aire y Ruido Urbano de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y las Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiente (NAAQS) pertenecientes a la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (US EPA).

Una vez obtenidos los datos del monitoreo, estos fueron ingresados en una hoja de cálculo del programa Excel y se elaboraron varios diagramas de barras. En el eje de las abscisas se colocaron las concentraciones de material sedimentable, material particulado ( $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ ), niveles de presión sonora y los puntos de medición; en el eje de las ordenadas se ingresaron los valores establecidos en los cuerpos legales nacional e internacional. De tal forma, fue posible determinar si los resultados obtenidos sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos en las normativas mencionadas.

## **4.6 Desarrollo de los mapas de calidad de aire en función de las concentraciones de partículas contaminantes y nivel de presión sonora**

Previo a la obtención de los mapas de calidad de aire, en el software Excel se elaboró una matriz para cada parámetro de monitoreo, en la que se registraron las denominaciones de los sitios de muestreo, las coordenadas del sitio en el sistema UTM WGS 84 Zona 17 Sur, las concentraciones de material particulado (sedimentable,  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ ), niveles de presión sonora y las unidades de medición de cada uno de los parámetros.

Los datos procesados en Excel, son exportados al programa ArcGis 10,5. El software posee la herramienta Inverse Distance Weighted (IDW), la misma que permite interpolar una variable dependiente de la ubicación originando valores superiores o inferiores en función a la distancia de la fuente. Es así que, se construyeron los mapas de calidad de aire en función del nivel de presión sonora y las concentraciones de partículas contaminantes.

## **4.7 Análisis descriptivo de la relación entre las variables nivel de presión sonora, material sedimentable y material particulado, con las posibles afecciones en la salud de los trabajadores de las bloqueras**

Para realizar un análisis descriptivo de la relación entre estas variables, se aplicó una encuesta a todo el personal que labora en cada una de las bloqueras seleccionadas, la misma consta de 8 preguntas cerradas de opción múltiple, relacionadas a obtener información general de los



trabajadores y a efectos adversos en la salud ocasionados por los contaminantes. El modelo de encuesta se encuentra en el Anexo 8.6. La información obtenida de las encuestas fue tabulada y procesada en el software estadístico SPSS 22.0. Los resultados de la tabulación fueron analizados y descritos.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Concentración de material sedimentable

En la Figura 4, se representan los puntos de monitoreo (abscisa) con respecto a las concentraciones de material sedimentable (ordenada), tanto en el retiro frontal como en el área de producción. Adicional, la figura indica los límites máximos permisibles estipulados en la Norma de Calidad Aire Ambiente del Ecuador (Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097-A) y en la Guía de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

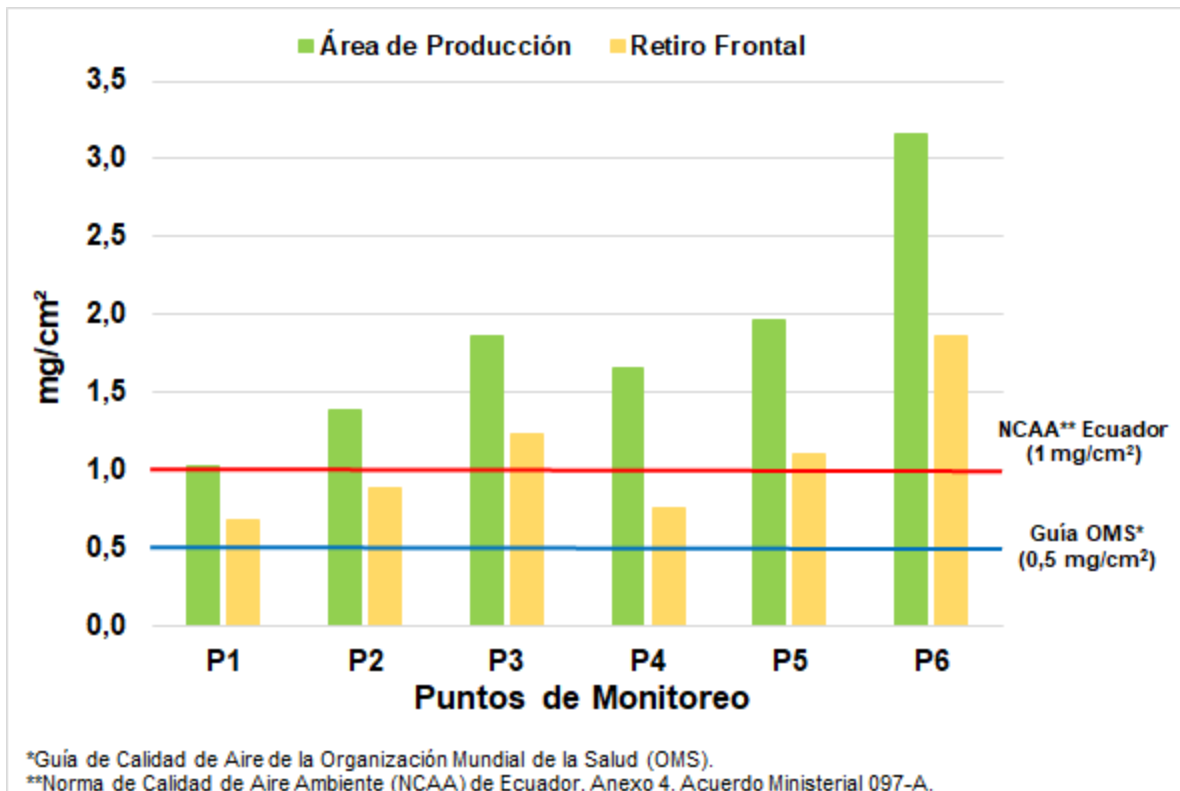


Figura 4. Concentración de Material Sedimentable en los puntos de Monitoreo.  
Período Noviembre - Diciembre 2020.  
Fuente: Autores

Como complemento al estudio, se realizó un conteo vehicular para tener una referencia del tránsito vehicular por las vías en las que se encuentran emplazados los puntos de monitoreo (Figura 5).

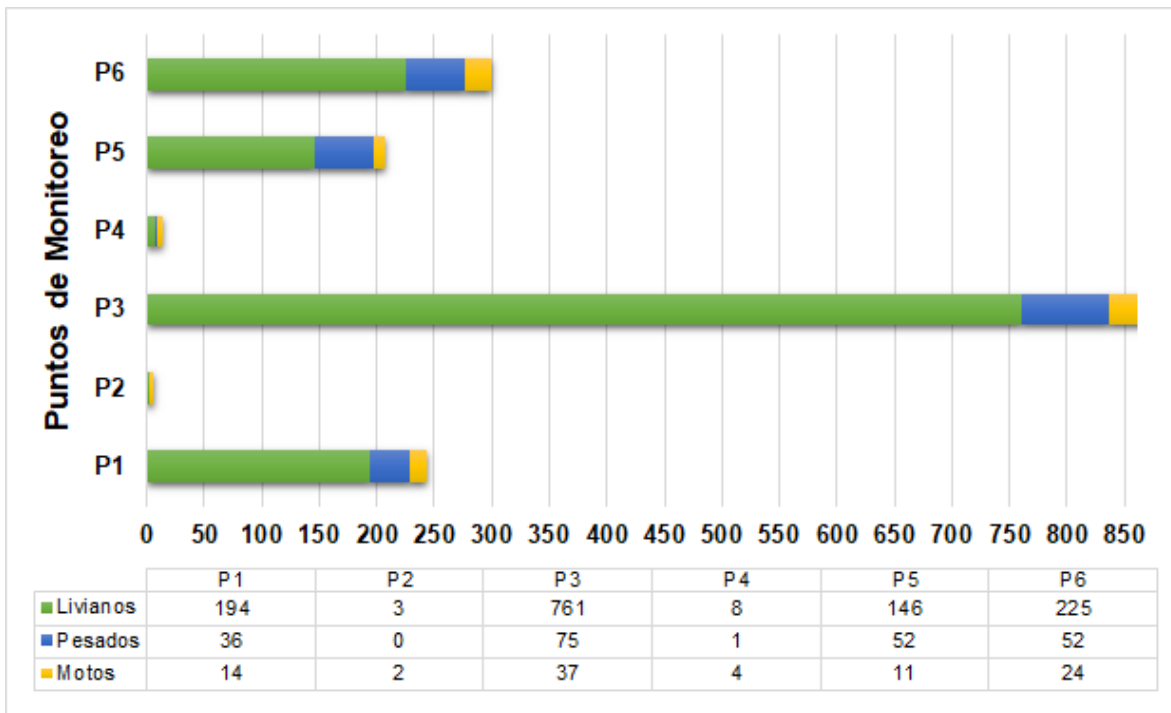


Figura 5. Conteo Vehicular en los puntos de monitoreo.  
 Periodo Noviembre - Diciembre 2020.  
 Fuente: Autores

Mediante la Figura 4 se evidencia que, en el área de producción, la totalidad de los puntos de monitoreo sobrepasan el límite máximo permisible de la normativa ambiental ecuatoriana (1 mg/cm<sup>2</sup> en 30 días), al igual que la Guía de Calidad de Aire Ambiente de la OMS (0,5 mg/cm<sup>2</sup> en 30 días), para la concentración de material sedimentable. El valor mínimo de concentración, 1,03 mg/cm<sup>2</sup>, corresponde al P1, mientras que el valor máximo, 3,16 mg/cm<sup>2</sup> al P6; la diferencia entre estos valores es de 2,13 mg/cm<sup>2</sup>.

El P6 presenta la concentración máxima debido a que su infraestructura es más grande y cuenta con 6 trabajadores a jornada completa, lo que le permite tener una mayor capacidad productiva, 2 730 bloques por día, generando una cantidad superior de partículas; mientras que el P1 cuenta con un espacio reducido para el área productiva y dos trabajadores, elaborando únicamente 300 bloques por día. Se debe indicar que aunque todos los puntos de monitoreo sobrepasan los límites máximos permisibles, tanto para la normativa nacional e internacional, es la capacidad productiva la que influye directamente en la variación de concentraciones en los diferentes puntos de monitoreo, obteniendo los siguientes resultados: el P2 con una concentración de 1,38 mg/cm<sup>2</sup> y una producción diaria de 2 000 bloques, el P3 con 1,86 mg/cm<sup>2</sup> y 1 800 bloques diarios, el P4 con 1,65 mg/cm<sup>2</sup> y 600 bloques diarios y por último el P5 con 1,96 mg/cm<sup>2</sup> y 1 200 bloques diarios.



Para el retiro frontal, se visualiza que la totalidad de los puntos de monitoreo se encuentran por encima del valor máximo que sugiere la Guía de la OMS, por el contrario, teniendo en cuenta el valor máximo estipulado en la normativa ecuatoriana, tan solo el 50 % de los puntos de monitoreo lo sobrepasan. Las concentraciones varían entre 0,68 y 1,87 mg/cm<sup>2</sup>, en los puntos P1 y P6 respectivamente. Es importante mencionar que, en el retiro frontal de la mayoría de los puntos de monitoreo, se encuentra el área de almacenamiento de materias primas, por lo tanto, la concentración de material sedimentable captada representa parte de las partículas transferidas por acción del viento. En un estudio realizado en el parque industrial y zonas aledañas se obtuvieron concentraciones de material sedimentable entre 0,8 y 1,17 mg/cm<sup>2</sup> para el área en la cual se encuentra ubicado el P6 (González & Sánchez, 2021), la variación entre los resultados se debe a que dicho estudio toma en cuenta varias fuentes de emisión, al contrario del presente estudio que solo monitorea una fuente fija de emisión.

En el Informe de Calidad de Aire Cuenca de 2019 se atribuye al tráfico vehicular como principal causa de la presencia de material sedimentable (EMOV EP, 2020). El P6 se ubica en una vía de primer orden con un flujo vehicular elevado, de 301 vehículos entre livianos, pesados y motos, de la misma manera el P1 se localiza en una vía de primer orden que cuenta con un tránsito vehicular menor, registrándose 244 vehículos. Es importante mencionar que el P3 presenta un elevado flujo vehicular, 873 vehículos, lo que supone que este punto presente la mayor concentración de material sedimentable, sin embargo, debido a la relación con su capacidad productiva de 1 800 bloques diarios, su retiro frontal almacena menor cantidad de materia prima, en comparación con el P6 que produce 2 730 bloques diarios.

Se debe tener en cuenta que el valor de concentración estipulado en la Guía de la OMS es menor, en comparación con el valor de concentración registrado en la normativa nacional, esto debido a que la OMS se centra en precautelar la salud pública y prevenir posibles efectos adversos en la salud. En cambio, la normativa nacional tiene que ser más flexible, ya que para cumplir con el valor que señala la OMS, las empresas deben invertir en tecnología que mitigue la generación de partículas sedimentables.

Un estudio realizado por Mejía et al., (2018), en el cual se relaciona el uso de suelo con las concentraciones de material sedimentable, obtuvieron las siguientes concentraciones: 1,65 mg/cm<sup>2</sup>, 6,20 mg/cm<sup>2</sup>, 0,31 mg/cm<sup>2</sup>, 0,34 mg/cm<sup>2</sup> y 0,58 para puntos de monitoreo ubicados en las parroquias Hermano Miguel, San Sebastián, Yanuncay, El Vecino y Monay, respectivamente; en este estudio, los valores obtenidos son atribuidos principalmente al tránsito vehicular. Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, se indica que la concentración para la parroquia Hermano Miguel concuerda con la del P6; debido a que este estudio monitorea a rubros productivos



dedicados a la elaboración de bloques, las concentraciones para las parroquias Yanuncay, El Vecino y Monay difieren significativamente de lo expuesto en el estudio citado. La elevada concentración en el punto ubicado en la parroquia San Sebastián, se debe a su ubicación en una vía altamente transitada, al ser la entrada y salida de la ciudad de Cuenca.

En el estudio realizado por González & Sánchez, (2021) se obtuvieron concentraciones de material sedimentable de 0,96 a 3,56 mg/cm<sup>2</sup> en la calle Cornelio Vintimilla, misma en la cual se encuentra ubicado el P5; este punto de monitoreo presenta una concentración de 1,10 mg/cm<sup>2</sup>, valor que se encuentra dentro del rango expuesto por el estudio citado, además indicar que en estos dos estudios los valores sobrepasan la normativa nacional e internacional. Otro estudio realizado en bloqueras de la zona urbana del cantón Chordeleg evidencia una concentración de material sedimentable de 1,76 mg/cm<sup>2</sup>, valor que concuerda con los obtenidos en el presente estudio (Orellana, 2020), lo que permite señalar a este rubro productivo como una fuente constante de emisión de material sedimentable, al aire ambiente, dentro de la zona en la que se encuentre ubicada.

## 5.2 Concentración de Material Particulado PM<sub>10</sub>

Las concentraciones de material particulado PM<sub>10</sub> registradas en la investigación fueron determinadas en un período de monitoreo de 4 horas. Dicho período fue establecido en base a varios factores relacionados con la realidad de las bloqueras como: disminución de la producción y decrecimiento en ventas del producto a causa de la crisis económica que atraviesa el país como consecuencia de la pandemia; de la misma forma los propietarios de los establecimientos proporcionaron un suministro eléctrico limitado no mayor al tiempo de monitoreo y a su vez, no garantizaban la seguridad requerida para el uso y permanencia del equipo en sus instalaciones.

Por lo tanto, es importante recalcar que al momento de comparar los resultados de las concentraciones de PM<sub>10</sub> con la normativa ambiental vigente nacional e internacional, estos valores se consideran referenciales, debido a que el período de monitoreo estipulado en los marcos normativos es de 24 horas.

Como resultado de los muestreos realizados en el área de producción de cada una de las bloqueras, la Figura 6 presenta una media de las concentraciones de material particulado PM<sub>10</sub> (abscisa) para cada sitio de monitoreo (ordenada). Asimismo, se indican los niveles máximos permisibles establecidos en la Norma de Calidad Aire Ambiente del Ecuador (Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097-A), la Guía de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud y en las Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiente de Estados Unidos, cuyos valores, no pueden superar los 100 µg/m<sup>3</sup>, 50 µg/m<sup>3</sup> y 150 µg/m<sup>3</sup> respectivamente en un lapso de 24 horas.

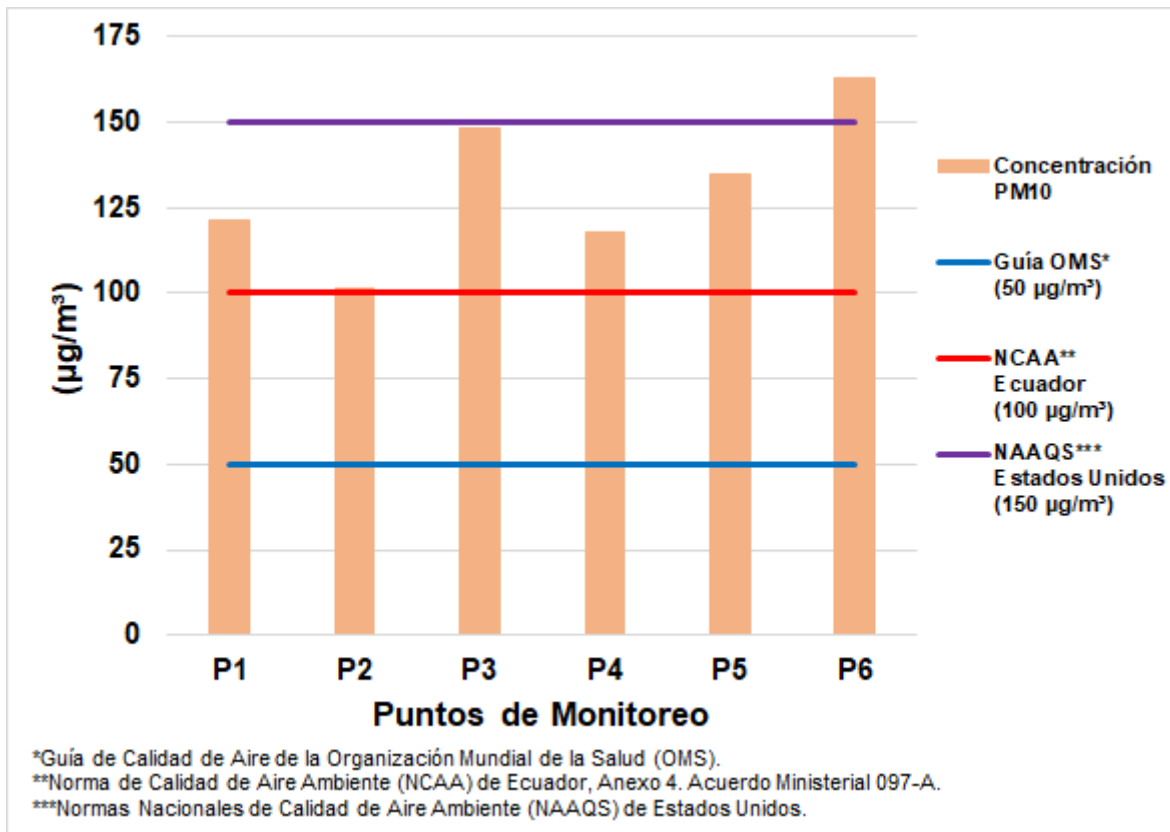


Figura 6. Concentración de Material Particulado  $\text{PM}_{10}$  en los puntos de monitoreo. Período Noviembre - Diciembre 2020. Fuente: Autores

Al observar la Figura 6, se menciona que el 100 % de las concentraciones obtenidas en los 6 puntos de monitoreo no cumplen con los límites establecidos en la normativa nacional e internacional. La menor concentración se registra en el P2 con un valor de  $101,31 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y la máxima en el P6 con un valor de  $163,06 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

La mayor concentración de  $\text{PM}_{10}$  obtenida en el P6, se atribuye a la elevada producción diaria de bloques que se presenta en el sitio de monitoreo, al moderado tráfico vehicular en la zona y a la ausencia de precipitación durante el muestreo. Además, se puede establecer que el P5 pese a encontrarse en la zona industrial de la ciudad, presenta la menor concentración de  $\text{PM}_{10}$  en el estudio, debido a la presencia de una leve precipitación al momento del monitoreo. Concordando así, con lo expuesto en el Informe de Calidad de Aire de Cuenca 2018, el mismo que señala, a la lluvia como un condicionante al momento de monitorear  $\text{PM}_{10}$  y establece la presencia de concentraciones más elevadas en zonas con industrias, tráfico vehicular y obras civiles en ejecución (EMOV EP, 2019).

Es necesario aclarar que durante el primer monitoreo de  $PM_{10}$  en el P6, se suscitó la emisión de una gran cantidad de partículas de cemento a causa de un accidente. Dicho evento ocasionó una alteración en el resultado de la muestra 1, por lo tanto, la misma fue despreciada para el estudio. En consecuencia, para el P6 no se obtuvo una concentración media, se consideró para el resultado final únicamente el valor de la segunda muestra.

De igual forma, la Figura 6 presenta que las concentraciones de  $PM_{10}$  registradas en el estudio varían entre 101,31 y 163,06  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . En general, estos resultados son elevados y se asocian a la producción de bloques y al flujo vehicular; lo cual se asemeja con lo expresado en los estudios de Gallegos et al., (2006); Salini & Medina, (2017); Vivar, (2014); Zegarra et al., (2020) en donde se obtuvieron concentraciones de  $PM_{10}$  que oscilan los 90 y 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , las mismas que están relacionadas directamente a la circulación vehicular y a la actividad industrial. Los trabajos mencionados se desarrollaron en ciudades con características similares como Cochabamba, Azogues y Cuenca, por lo tanto, es posible relacionar las investigaciones.

Adicional, del análisis estadístico realizado en el software SPSS se evidencia que no existen diferencias significativas entre las concentraciones de  $PM_{10}$  registradas y las condiciones meteorológicas de los diferentes sitios de monitoreo, puesto que las variables presentaron valores de significancia asintótica (bilateral) mayores a 0,05; lo que indica que se acepta la hipótesis nula (Tabla 3).

Tabla 3. Resultados de la Prueba Kruskal - Wallis para  $PM_{10}$ .

Hipótesis	Variables	Sig. Asintótica (Bilateral)	Decisión
H <sub>0</sub> : No existen diferencias significativas entre las concentraciones de $PM_{10}$ registradas y las variables meteorológicas.	Concentración de $PM_{10}$	0,735	Se acepta hipótesis nula (H <sub>0</sub> )
	Velocidad de Viento	0,242	
H <sub>1</sub> : Si existen diferencias significativas entre las concentraciones de $PM_{10}$ registradas y las variables meteorológicas.	Precipitación	0,672	
	Temperatura	0,117	
	Presión Atmosférica	0,118	

Fuente: Autores

En la Tabla 4, se presentan los resultados obtenidos al aplicar la prueba Chi-cuadrado, los mismos se encuentran en un rango de 0,232 a 0,323, valores que son superiores a 0,05, por lo tanto, se acepta la hipótesis nula y se indica que las variables meteorológicas no influyen en las concentraciones de  $PM_{10}$ . Lo mencionado concuerda con la investigación de Astudillo, (2014), en donde se señala que las concentraciones de  $PM_{10}$  no presentan una relación con los factores meteorológicos del sitio de monitoreo.





Tabla 4. Resultados de la Prueba Chi-cuadrado para condiciones meteorológicas.

Hipótesis	Variables	Sig. Asintótica (Bilateral)	Decisión
H <sub>0</sub> : Las concentraciones de PM <sub>10</sub> emitidas a la atmósfera no están asociadas a las condiciones meteorológicas.	Velocidad de Viento	0,232	Se acepta hipótesis nula (H <sub>0</sub> )
	Precipitación	0,323	
	Temperatura	0,232	
H <sub>1</sub> : Las concentraciones de PM <sub>10</sub> emitidas a la atmósfera si están asociadas a las condiciones meteorológicas.	Presión Atmosférica	0,232	

Fuente: Autores

### 5.3 Concentración de Material Particulado PM<sub>2,5</sub>

Al igual que en el PM<sub>10</sub>, las concentraciones de material particulado PM<sub>2,5</sub> registradas en la investigación fueron alcanzadas en un período de monitoreo de 4 horas. Por lo tanto, se recalca que al comparar los resultados de las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> con la normativa ambiental vigente nacional e internacional, estos valores se consideran referenciales.

La Figura 7 presenta una media de las concentraciones de material particulado PM<sub>2,5</sub> (abscisa) para cada sitio de monitoreo (ordenada). Asimismo, se indican los niveles máximos permisibles establecidos en la Norma de Calidad Aire Ambiente del Ecuador (Anexo 4, Acuerdo Ministerial 097-A), la Guía de Calidad de Aire de la Organización Mundial de la Salud y en las Normas Nacionales de Calidad de Aire Ambiente de Estados Unidos.

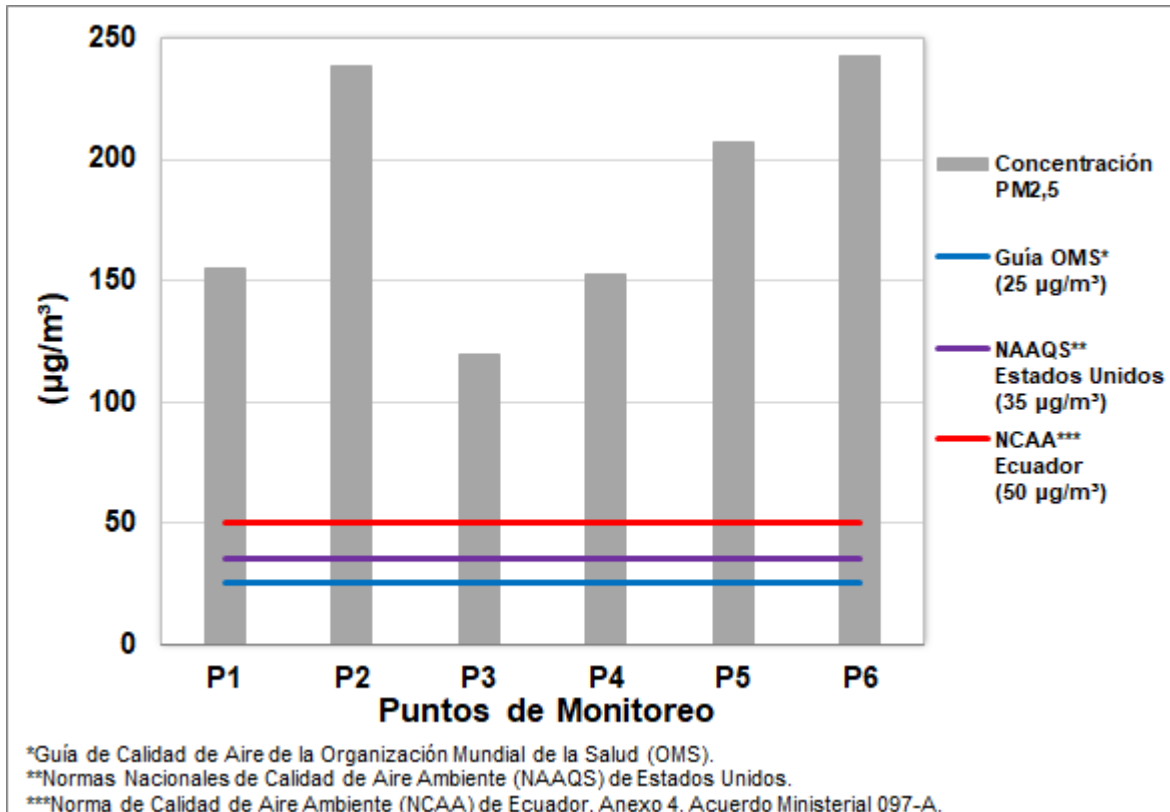


Figura 7. Concentración de Material Particulado PM<sub>2.5</sub> en los puntos de monitoreo. Período Noviembre - Diciembre 2020. Fuente: Autores

Al visualizar la Figura 7, se puede apreciar que la totalidad de las concentraciones de material particulado PM<sub>2.5</sub> obtenidas en los puntos de monitoreo sobrepasan los límites máximos permisibles planteados en la Norma de Calidad Aire Ambiente del Ecuador (50 µg/m<sup>3</sup>), la Guía de Calidad de Aire de la OMS (25 µg/m<sup>3</sup>) y en la Norma Nacional de Calidad de Aire Ambiente de Estados Unidos (35 µg/m<sup>3</sup>).

La máxima concentración se encuentra en el P6, con un valor de 242,66 µg/m<sup>3</sup>, mientras que, la menor concentración se ubicó en el P3, con un valor de 119,70 µg/m<sup>3</sup>. El P6 presenta una mayor concentración de PM<sub>2.5</sub> en comparación a los demás sitios de monitoreo, a causa de que se emplaza cerca de una vía con moderada circulación vehicular, posee una alta producción de bloques (2 730 bloques por día), registró altas temperaturas y escasez de lluvias en el sitio durante el período de monitoreo.

Al contrario de lo mencionado en el P6, en los puntos P1 (155,38 µg/m<sup>3</sup>) y P4 (152,49 µg/m<sup>3</sup>) se evidenció niveles de PM<sub>2.5</sub> más bajos, debido a su menor productividad diaria (300 y 600 bloques por día respectivamente), ligeras precipitaciones, bajas temperaturas registradas durante el monitoreo,

menor circulación vehicular y ubicación cercana de una vía pavimentada. Lo expuesto, se ajusta a lo mencionado en el Informe de Calidad de Aire Cuenca 2018, donde se relaciona las altas concentraciones de  $PM_{2,5}$  con la presencia de factores como las altas temperaturas, escasez de precipitaciones, emisiones vehiculares, vías de tercer orden y construcciones en ejecución (EMOV EP, 2019).

Las concentraciones de  $PM_{2,5}$  obtenidas en el estudio se encuentran en un rango que varía desde los 119,70 a 242,66  $\mu g/m^3$ ; el resultado del P3 (119,70  $\mu g/m^3$ ) es similar a las concentraciones registradas en dos sitios de monitoreo pertenecientes al trabajo de Quezada, (2020), en donde se menciona que estos elevados niveles de  $PM_{2,5}$  son producto de la actividad comercial y la circulación vehicular lenta. Coincidiendo con las características del P3, en donde a diario existe un flujo comercial importante y se origina congestión vehicular debido a la alta cantidad de vehículos que circulan por la vía Monay Baguanchi Paccha.

Las investigaciones desarrolladas por Basaldud et al., (2016); Cheriyan & Choi, (2020); Gobierno de Jalisco, (2011) registraron concentraciones de  $PM_{2,5}$  que superan los 200  $\mu g/m^3$ ; estos valores se asemejan con las concentraciones obtenidas en los puntos P5 (207,17  $\mu g/m^3$ ) y P6 (242,66  $\mu g/m^3$ ). De tal forma, es posible relacionar dichos resultados con los del presente estudio debido a que en estos sucesos las elevadas concentraciones se registraron en zonas industriales destinadas principalmente a la elaboración de materiales de la construcción como bloques y ladrillos.

Asimismo, en la Tabla 5 se aprecia que los valores de significancia asintótica (bilateral), entre las concentraciones de  $PM_{2,5}$  registradas y las variables meteorológicas, son mayores a 0,05; lo que indica que, al no existir diferencias significativas, los valores de las variables se encuentran dentro de un mismo grupo de datos.

Tabla 5. Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis para  $PM_{2,5}$ .

Hipótesis	Variables	Sig. Asintótica (Bilateral)	Decisión
H <sub>0</sub> : No existen diferencias significativas entre las concentraciones de $PM_{2,5}$ registradas y las variables meteorológicas.	Concentración de $PM_{2,5}$	0,653	Se acepta hipótesis nula (H <sub>0</sub> )
	Velocidad de Viento	0,485	
	Precipitación	0,592	
H <sub>1</sub> : Si existen diferencias significativas entre las concentraciones de $PM_{2,5}$ registradas y las variables meteorológicas.	Temperatura	0,136	
	Presión Atmosférica	0,069	

Fuente: Autores

En la Tabla 6, se muestra que entre las concentraciones de  $PM_{2,5}$  y las variables meteorológicas no existe una dependencia, es decir que los parámetros como la velocidad del viento, precipitación, temperatura y presión atmosférica no influyen en la mayor o menor manifestación de este

contaminante en el aire. De la misma forma, esto coincide con los resultados obtenidos en el estudio realizado por Dextre, (2016), en donde también se concluye que no existe una relación de dependencia entre las condiciones meteorológicas y las concentraciones de  $PM_{2.5}$ , ya que los valores de significancia asintótica bilateral se encuentra en un rango de 0,191 a 0,802.

Tabla 6. Resultados de la Prueba Chi-cuadrado para variables meteorológicas.

Hipótesis	Variables	Sig. Asintótica (Bilateral)	Decisión
H <sub>0</sub> : Las concentraciones de $PM_{2.5}$ emitidas a la atmósfera no están asociadas a las variables meteorológicas.	Velocidad de Viento	0,233	Se acepta hipótesis nula (H <sub>0</sub> )
	Precipitación	0,330	
	Temperatura	0,233	
H <sub>1</sub> : Las concentraciones de $PM_{2.5}$ emitidas a la atmósfera si están asociadas a las variables meteorológicas.	Presión Atmosférica	0,233	

Fuente: Autores

### 5.4 Niveles de Presión Sonora

En la Figura 8, se presentan los valores de nivel de presión sonora (abscisa) obtenidos para cada punto de monitoreo (ordenada), tanto para el área de producción como para el retiro frontal.

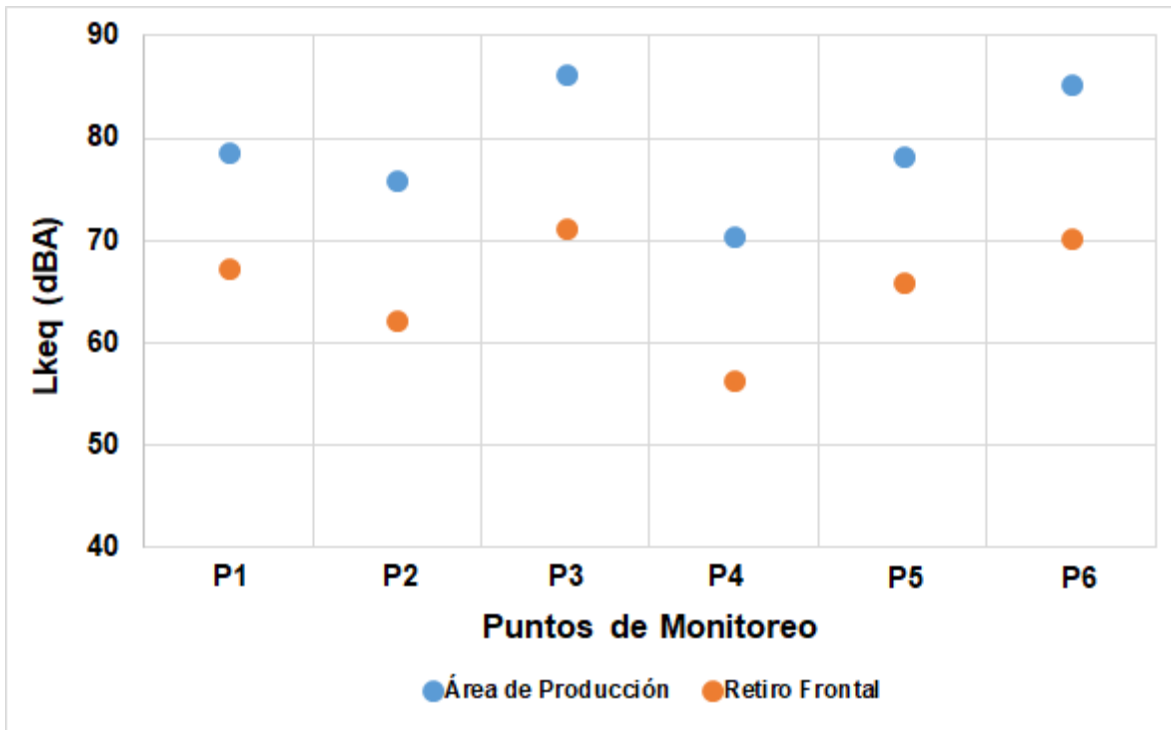


Figura 8. Niveles de Presión Sonora en los puntos de monitoreo. Período Noviembre - Diciembre 2020.

Fuente: Autores

Además, en la Tabla 7 se observan los valores de nivel de presión sonora de cada punto de monitoreo y los límites máximos permisibles de la Ordenanza Municipal del cantón Cuenca y del Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A (Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles).

Es importante mencionar que los valores máximos permisibles del Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A han sido seleccionados de acuerdo al periodo diurno, debido a que el monitoreo se realizó en el intervalo de 08h00 a 17h00.

Tabla 7. Niveles de Presión Sonora en los puntos de monitoreo.  
Período Noviembre - Diciembre 2020. Fuente: Autores

Nº	Ubicación del Punto	Ruido Específico L <sub>Keq</sub> dB (A)		Ordenanza Municipal de Cuenca <sup>a</sup>		Normativa Ambiental Nacional <sup>b</sup>
		Área Producción	Retiro Frontal	Uso de Suelo	Límite Máximo (dB)	Límite Máximo (dB)
P1	Av. Cerezos y Gladiolos	78,64	67,31	VIVIENDA	50	55
P2	Carlos Tobar y Fausto Moreno	75,99	62,21	VIVIENDA	50	55
P3	Vía Monay Baguanchi Km 1	86,21	71,31	FORESTAL	50	55
P4	Cabogán 2-74 y Calle Vieja	70,44	56,42	VIVIENDA	50	55
P5	Cornelio Vintimilla y Calle Primera	78,29	65,99	IAI (TIPO B) <sup>c</sup>	70	70
P6	San Silvestre y Vicente C. Moscoso	85,29	70,17	VIVIENDA	50	55

a. Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que Sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del cantón Cuenca. Determinaciones para el Uso y Ocupación del Suelo Urbano.

b. Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles, Anexo 5. Acuerdo Ministerial 097-A.

c. Uso de Suelo designado como Industrias de Alto Impacto (TIPO B).

Los niveles de presión sonora obtenidos, tanto para el área de producción como para el retiro frontal, hacen referencia al ruido específico emitido por las bloqueras, estos niveles se los comparó con los



valores establecidos en el Anexo 5 del Acuerdo Ministerial 097-A y la Ordenanza Municipal que rige en el cantón Cuenca, de acuerdo al uso de suelo y sectores de planeamiento de la ciudad.

De la Tabla 7, se observa que los niveles de presión sonora, para el área de producción, oscilan entre 70,44 y 86,21 dB (A). El 100 % de los puntos de monitoreo sobrepasan los límites permisibles de las normativas mencionadas; de la misma manera, el nivel de presión sonora determinado en los retiros frontales de los sitios de medición, oscilaron entre 56,42 y 71,31 dB (A), para este caso el 83 % de los puntos de monitoreo están por encima de los valores de referencia de la normativa nacional y municipal.

En la Figura 8, se evidencia que, el P3 registra los niveles máximos de presión sonora tanto en el retiro frontal como en el área de producción, mientras que los valores mínimos corresponden al P4. En el área de producción, el P3 no cuenta con un aislamiento de ruido para la maquinaria, lo que provoca que el ruido se propague y se registre un valor elevado, mientras que al P4 le corresponde el valor mínimo, debido a que la prensadora se localiza en un área específica de la fábrica y correctamente aislada del ruido; esto se fundamenta en la investigación desarrollada en bloqueras de la comunidad de Boliche – Cotopaxi, la cual determina que la máquina que mayor ruido genera es la prensadora, misma que produce entre 92 y 129 dB (A) (Mesías, 2014). Un estudio realizado en la ciudad de Otavalo, en el área industrial en la que se encuentran emplazadas bloqueras, se registraron niveles de presión sonora de 79,8 a 88,6 dB (A) (Campos, 2018), valores que concuerdan con los obtenidos en el presente estudio.

El P6, de igual manera reportó un nivel de presión sonora elevado, 85,19 dB (A), esto se atribuye a la falta de aislamiento y a la elevada producción diaria (2 730 bloques), que implica que la maquinaria funcione de manera continua. Aseveración que se ajusta con lo mencionado por Khuraibet & Al-Attar, (2000); Nicolalde, (2008) y Mesías, (2014); pues en todos estos casos el ruido generado en las bloqueras es superior a los 85 dB (A), lo cual genera preocupación con respecto a la salud de las personas.

Para el retiro frontal, el P5 es el único punto que no sobrepasa los valores de la normativa nacional y municipal, esto debido a que se encuentra ubicado en una zona determinada como industrial, en la cual los niveles máximos permisibles no son tan bajos como los estipulados para zonas residenciales. Los demás puntos al estar ubicados en zonas residenciales superan los límites que las normativas manifiestan; la actividad que estos rubros productivos realizan, genera niveles de ruido mayores a los aceptables dentro de estas áreas, este hecho podría provocar molestias a la población aledaña.



En el P3 se registró el nivel máximo de presión sonora con un valor de 71,31 dB (A), este nivel se atribuye al elevado flujo vehicular en la zona de estudio registrándose un total de 873 vehículos durante el período de monitoreo (Figura 5), además, es importante considerar los niveles de presión sonora generados en el área de producción que también influyen en el retiro frontal. El nivel de presión sonora mínimo igual a 56,42 dB (A), corresponde al P4, el cual tiene una influencia de tráfico vehicular baja (13 vehículos), esto en conjunto con el buen aislamiento de la maquinaria ocasiona que los valores del nivel de presión sonora sean bajos. Esto concuerda con el documento “Elaboración del mapa de ruido del área urbana de Cuenca” del año 2012, en el que se manifiesta que el tráfico vehicular se relaciona con niveles elevados de presión sonora (Alcaldía de Cuenca & Universidad del Azuay, 2012). Otro estudio realizado en México, determina que el ruido que ocasiona el tránsito vehicular es un importante contaminante ambiental que genera malestar y problemas de salud en las personas expuestas (Zamorano et al., 2019).

En general, los resultados del monitoreo varían en un rango entre los 56 y 87 dB (A); lo cual se asemeja con las emisiones de ruido que oscilan los 70 y 89 dB (A) y se expresan en los trabajos de Chamba & Moreno, (2011); Ibarra & Machuca, (2015); Vela, (2017). Se recalca, que los estudios del 2017 y 2011 fueron realizados en otro tipo de negocio dedicados también a la elaboración de materiales para la construcción.

Con respecto al valor, 55 dB (A) sugerido por la OMS para ruido exterior, todos los puntos de monitoreo sobrepasan dicho valor; la investigación realizada en Madrid - España sobre los efectos del ruido urbano en la salud, menciona que la molestia o irritación ocasionada por el ruido depende no solo de los niveles sonoros, sino también del tipo de ruido, además señala que las molestias severas pueden empezar a producirse a partir de 55 dB en el día y 45 dB en la noche (Recio et al., 2016). La OMS establece valores guía y tiempos de exposición a los que se evidencia efectos adversos en la salud; para el caso de ruido exterior el tiempo es de 16 h (Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía, 2012).

## 5.5 Mapas de Calidad del Aire

A continuación, se presentan los mapas de calidad del aire, los cuales fueron elaborados mediante el software ArcGIS 10.5, con las concentraciones de material sedimentable y particulado determinadas durante el estudio.

### 5.5.1 Mapas de Concentración de Material Sedimentable

Con respecto a material sedimentable se presentan dos mapas, los cuales corresponden a las concentraciones registradas en el retiro frontal y en el área de producción de los puntos de monitoreo.

Analizando la Figura 9, las concentraciones de material sedimentable del retiro frontal, se observa que los valores superiores oscilan entre 1,52 y 1,86  $\text{mg}/\text{cm}^2$ , en la parroquia Hermano Miguel, ubicada al noroeste de Cuenca. Es importante tener en cuenta, que, si bien existen zonas de la ciudad en las que no se sobrepasa el límite máximo permisible de la normativa ambiental nacional, el mapa evidencia que en el área urbana las concentraciones están por encima del valor fijado por la OMS. En virtud de ello la salud de la población podría estar afectada por este tipo de contaminante.

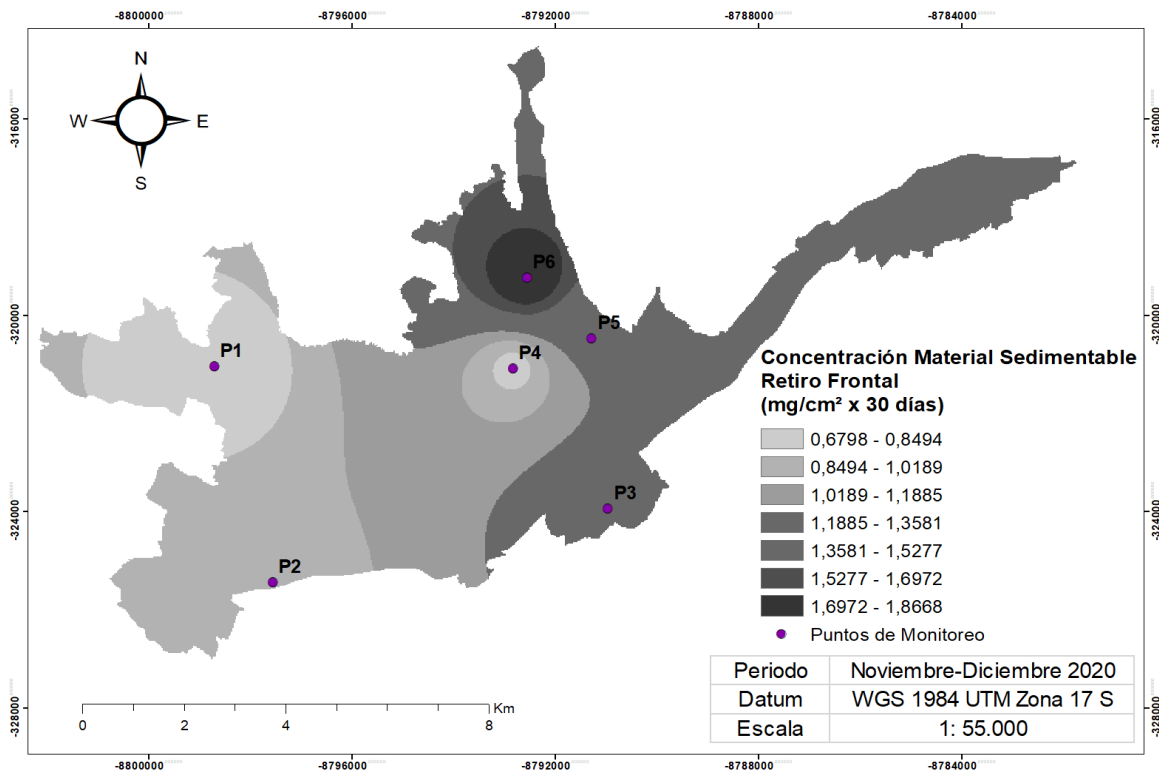


Figura 9. Concentración de material sedimentable en el retiro frontal de los puntos de monitoreo. Período Noviembre - Diciembre 2020. Fuente: Autores

Las concentraciones de material sedimentable registradas son similares a las reportadas en un estudio realizado en Amarilis, una ciudad de Perú, con características meteorológicas similares a Cuenca. Las concentraciones de dicho estudio varían entre 0,66 y 1,9  $\text{mg}/\text{cm}^2$ ; además ejecutaron





un análisis estadístico que dio a conocer que el material sedimentable tiene un efecto negativo en la salud de los habitantes de dicha ciudad (Sanchez, 2019).

El estudio de Mejía et al., (2018), analiza las concentraciones de material particulado sedimentable con los usos de suelo establecidos en el Plan de Ordenamiento Territorial, para el área industrial la concentración de material sedimentable obtenida por este estudio es semejante a la registrada en el P5 donde se registran las mayores concentraciones, además es importante recordar que este punto se encuentra localizado en el área Industrial, coincidiendo con la investigación de Mejía et al., (2018).

La elaboración de bloques genera partículas que incrementa la concentración de material sedimentable en la zona, sin embargo, es importante recordar el aporte del tráfico vehicular al aumento de este contaminante (EMOV EP, 2019). Esto concuerda con las elevadas concentraciones presentadas en los puntos P3 y P6, a los cuales se les atribuye un alto tráfico vehicular.

En la Figura 10, se evidencian las concentraciones de material sedimentable registradas para el área de producción de cada bloquera, las cuales fluctúan entre 1,03 y 3,15 mg/cm<sup>2</sup>, valores que se encuentran por encima de lo establecido en la normativa nacional e internacional. Dichos valores representan un riesgo para la calidad del aire ambiente, así como también para las personas cercanas a estas zonas (Orellana, 2020). Al igual que en el retiro frontal, las concentraciones superiores se ubican al noreste de la ciudad, específicamente en la parroquia Hermano Miguel.

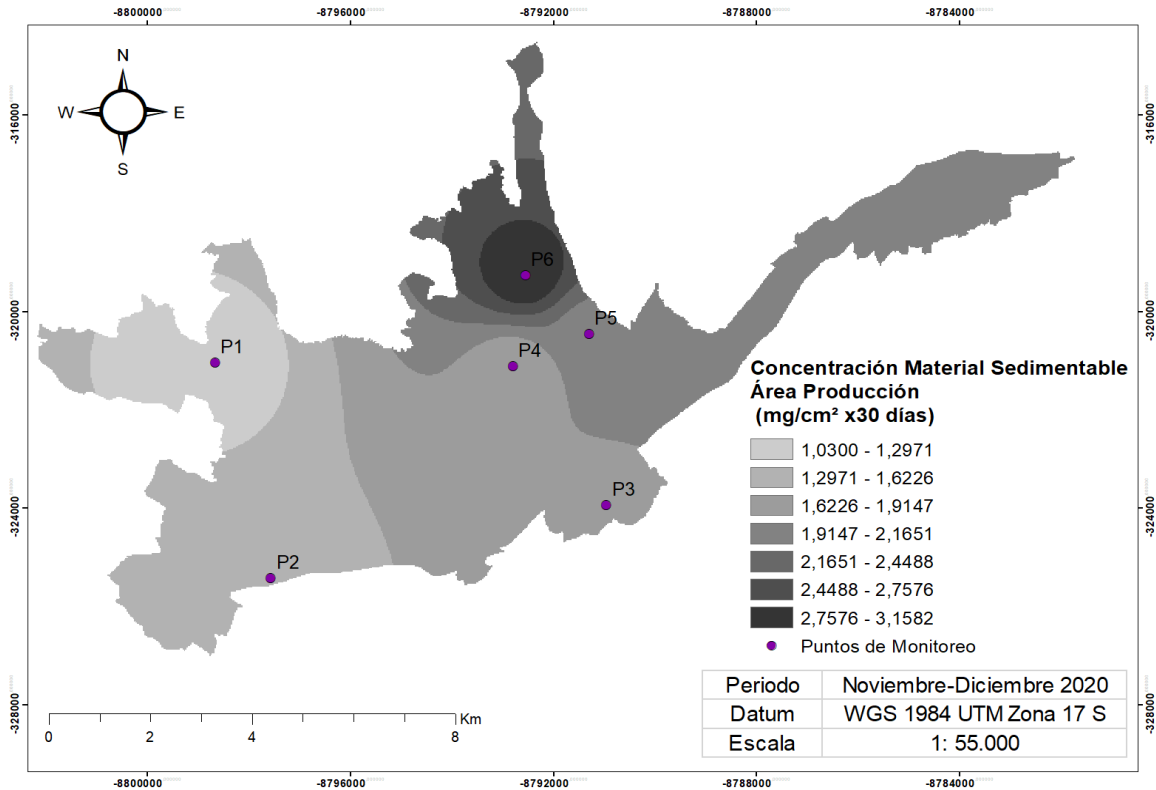


Figura 10. Concentración de material sedimentable en el área de producción de los puntos de monitoreo. Período Noviembre - Diciembre 2020. Fuente: Autores

La falta de investigaciones enfocadas a este rubro productivo dificulta el poder comparar las concentraciones medidas del área de producción; en el estudio realizado por García et al., (2015) en el sector del parque industrial de la ciudad de Cuenca se registraron concentraciones de material sedimentable elevadas, siendo la máxima de 84,17 mg/cm<sup>2</sup> registrada en el año 2011, justificando que la Parroquia Hermano Miguel, en donde se encuentran los puntos P5 y P6, registra las mayores concentraciones. Por otra parte, una investigación realizada en la ciudad de Riobamba, en la cual se determina la concentración de material particulado sedimentable por acción industrial, los valores obtenidos de esta investigación oscilan entre 1,2 y 4,01 mg/cm<sup>2</sup>, mismos que se aproximan a los que se registran en el mapa (Guevara & Logroño, 2020). De igual forma, la investigación realizada por Quezada, (2020) en la parroquia El Valle revela resultados similares a las concentraciones obtenidas en este estudio, los valores varían entre 1,16 y 4,24 mg/cm<sup>2</sup>. En un estudio desarrollado en ladrilleras del cantón Chambo, se registraron concentraciones de material sedimentable de 0,48 a 1,07 mg/cm<sup>2</sup>, las cuales generan una alerta, ya que sobrepasan los valores que la OMS indica (Gallo & Paredes, 2019).



En las bloqueras, el riesgo de inhalar polvos y partículas contaminantes está presente todo el tiempo (K. Mejía, 2016), por lo tanto, según las concentraciones registradas en esta investigación el riesgo de que los trabajadores presenten efectos adversos en su salud por la exposición a material sedimentable es muy elevado; tal como se menciona en el estudio realizado por Sanchez, (2019), el cual indica que a concentraciones entre los 0,66 y 1,9 mg/cm<sup>2</sup>, se exhibe deterioro de la salud de la población de Amarilis, por lo que a concentraciones superiores, como las observadas en la Figura 10, existe mayor probabilidad de que los trabajadores de las bloqueras desarrollen alteraciones en su salud.

### **5.5.2 Mapas de Concentración de PM<sub>10</sub>**

En la Figura 11, se presenta el mapa generado a partir de las concentraciones de PM<sub>10</sub> conseguidas durante el proceso de experimentación, los valores superiores varían entre 145,42 y 163,06 µg/m<sup>3</sup>, siendo las parroquias Hermano Miguel y Monay las que registran mayores concentraciones de PM<sub>10</sub>.

En un estudio realizado en la ciudad de Riobamba para determinar las concentraciones de material particulado en el centro histórico, se obtuvieron concentraciones que oscilan entre 95,10 a 172,91 µg/m<sup>3</sup>, similares a las de este estudio, y de igual manera se encuentran por encima de la normativa ambiental nacional e internacional (Gaibor, 2015). A valores superiores de 50 µg/m<sup>3</sup>, la OMS establece que pueden manifestarse efectos adversos en la salud de la población (World Health Organization, 2006).

En la investigación realizada por García et al., (2015) se menciona que las concentraciones de PM<sub>10</sub> que sobrepasen el valor fijado por la normativa ambiental nacional, representan un alto riesgo para la salud de las personas, puesto que se inhala con facilidad y quedan retenidos en las mucosas del sistema respiratorio superior (US EPA, 2018b). Las concentraciones reportadas en el presente estudio, al superar el límite máximo permisible de la normativa ambiental nacional, generan preocupación al poder desencadenar en daños en la salud de la población cercana a las bloqueras.

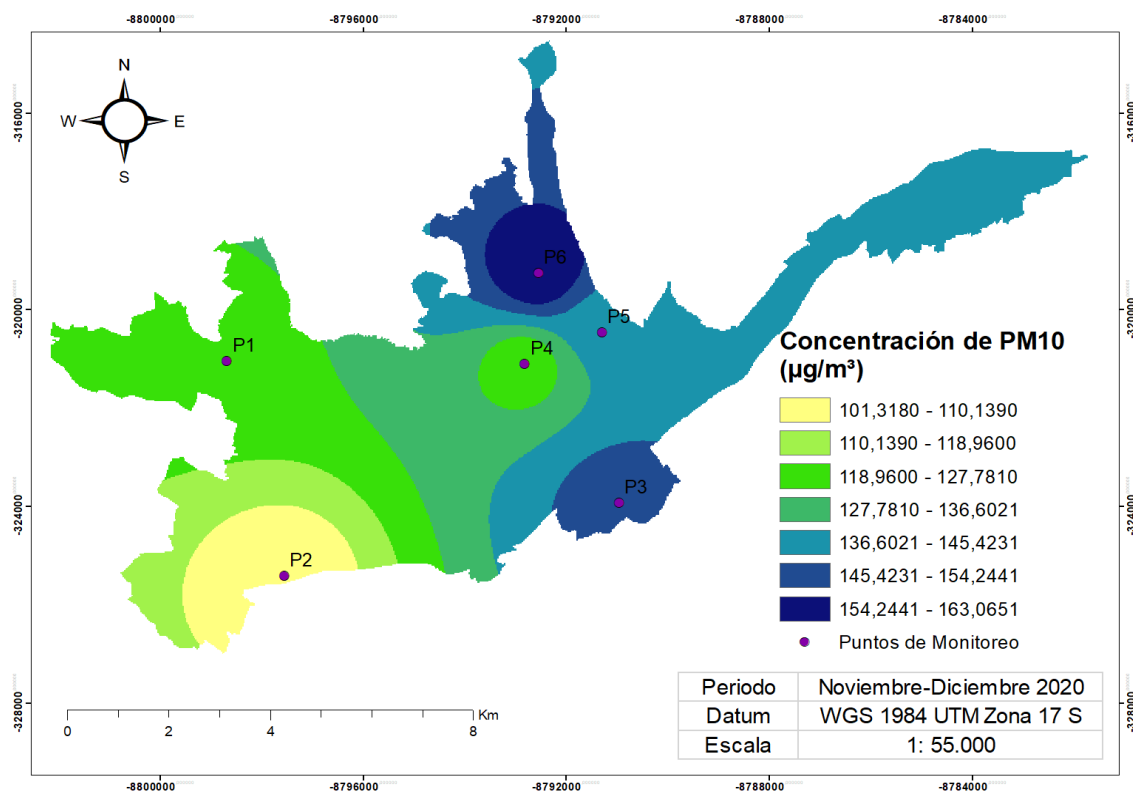


Figura 11. Concentración de Material Particulado  $PM_{10}$  en los puntos de monitoreo  
Período Noviembre - Diciembre 2020.  
Fuente: Autores

De acuerdo al inventario de emisiones atmosféricas del cantón Cuenca, los sitios que registran mayores concentraciones  $PM_{10}$  se localizan en las parroquias Hermano Miguel y Monay, atribuyendo estos valores al tráfico vehicular (EMOV EP, 2016); coincidiendo con la presente investigación donde los puntos P6 y P3 localizados en las mismas parroquias registran flujo vehicular elevado.

### 5.5.3 Mapa de Concentración de $PM_{2,5}$

En la Figura 12, se observan las concentraciones de  $PM_{2,5}$  cuyas concentraciones oscilan entre 119,70 y 242,66  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las concentraciones máximas se encuentran en las parroquias Hermano Miguel y Yanuncay al Noreste y Suroeste de la ciudad, respectivamente. Sin embargo, es necesario acotar que la concentración mínima (119,70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) reportada en la parroquia Monay excede con una gran diferencia al límite normativo nacional e internacional, lo cual podría repercutir en la calidad ambiental y la salud pública de los habitantes.

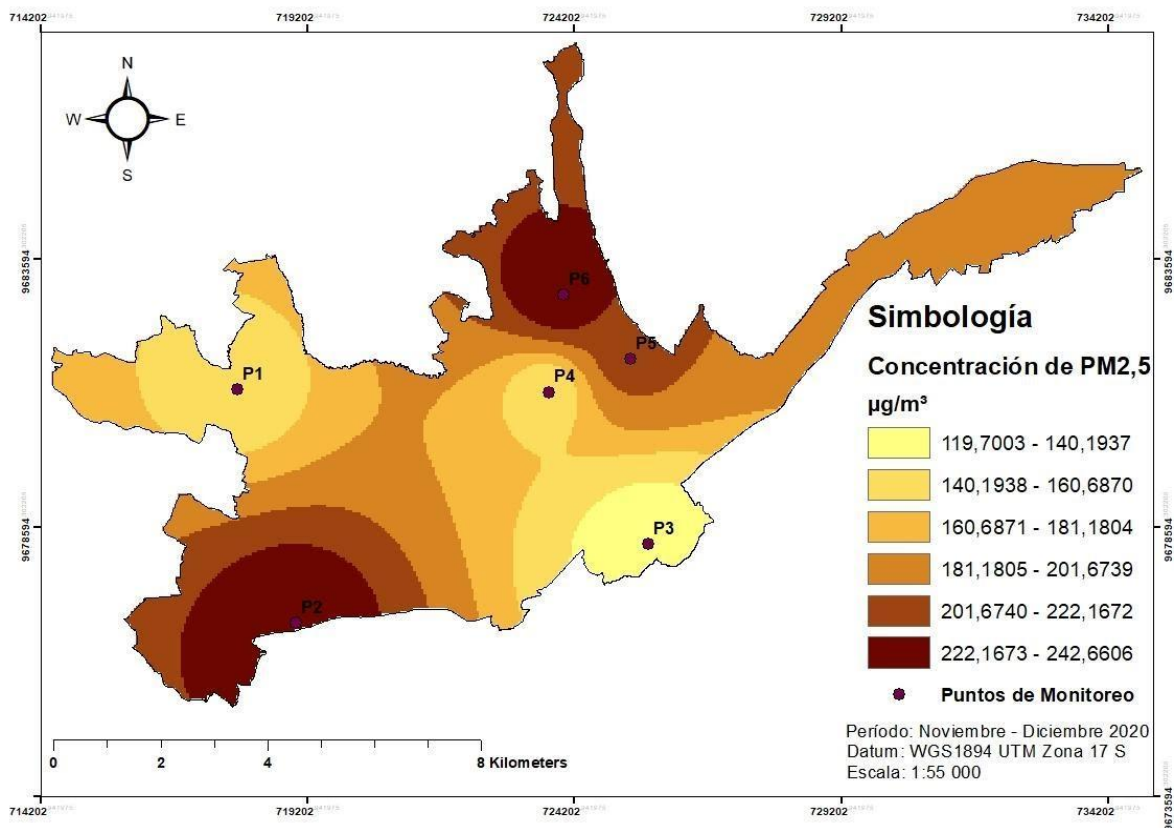


Figura 12. Concentración de Material Particulado PM<sub>2,5</sub> en los puntos de monitoreo  
Período Noviembre - Diciembre 2020.  
Fuente: Autores

En general las concentraciones registradas durante el monitoreo son elevadas y se asemejan con los resultados del estudio realizado en varias industrias de la ciudad de Cuenca, donde las concentraciones de PM<sub>2,5</sub> varían entre los 100 y 300 µg/m<sup>3</sup>. Además, en ambos casos el período de muestreo fue menor al establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A y las concentraciones más elevadas se localizaron en la proximidad de la zona industrial (García et al., 2015).

La carencia de publicaciones concernientes con las bloqueras, ha hecho difícil cotejar los resultados obtenidos. Sin embargo, un estudio de Andi & Vega, (2019) realizado en Riobamba presenta concentraciones de PM<sub>2,5</sub> que oscilan entre los 93,03 y 128,32 µg/m<sup>3</sup>, en un sitio de monitoreo cercano a varias fábricas de bloques; concordando así con el valor del P3 (119,70 µg/m<sup>3</sup>) del presente estudio. De la misma forma, se puede mencionar que Riobamba y Cuenca al ser dos ciudades de altura presentan condiciones geográficas similares, por consiguiente, los resultados de las investigaciones pueden relacionarse.

Finalmente, es necesario aclarar que la exposición a largo plazo con el material particulado fino puede provocar efectos nocivos en el sistema cardiovascular y respiratorio. De acuerdo, a

información de Gran Bretaña la exposición a altas concentraciones de  $PM_{2.5}$  aumentó la tasa de mortalidad en un 6 % (García et al., 2015). Por lo tanto, se debería trabajar más a profundidad en investigaciones acerca de esta problemática ambiental, de forma que se pueda precautelar la salud de la población cercana a estos sitios de trabajo.

## 5.6 Mapa de Ruido

La Figura 13 presenta el mapa de ruido ambiente con los niveles de presión sonora monitoreados en el área de producción y en el retiro frontal de las bloqueras durante el período Noviembre - Diciembre 2020.

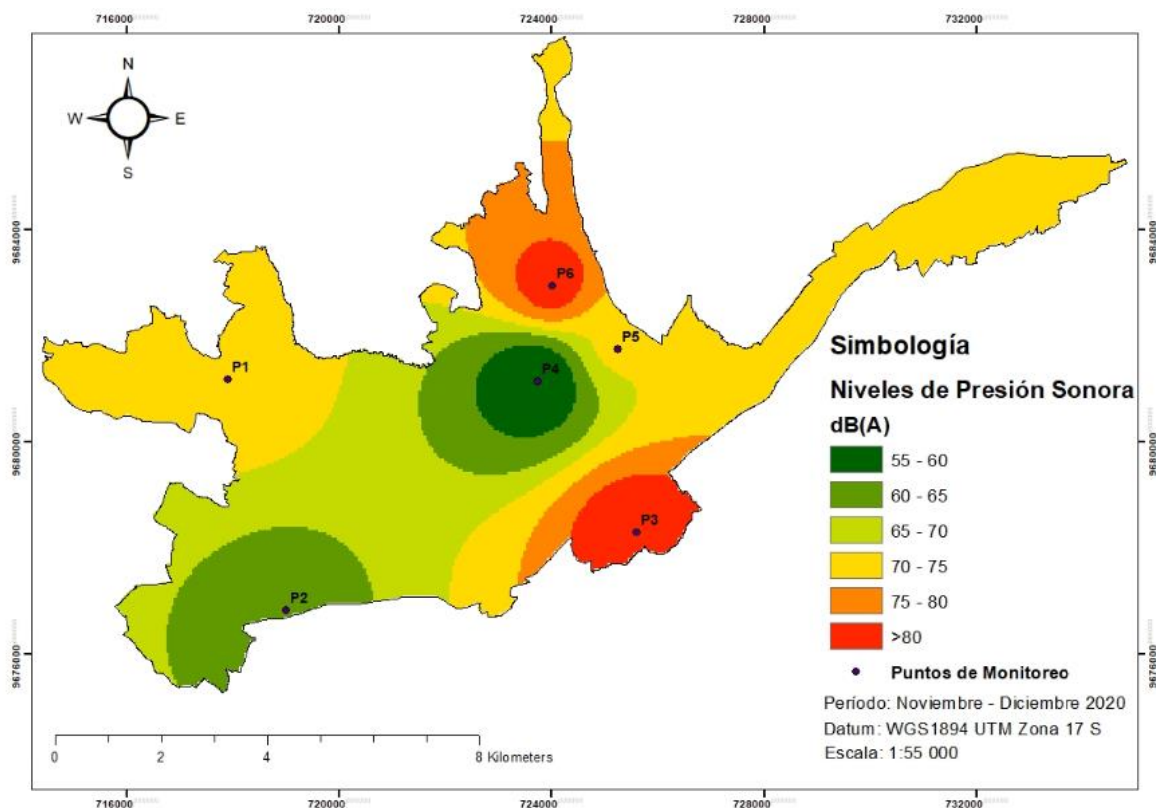


Figura 13. Mapa de Ruido Ambiente en los puntos de monitoreo.  
Período Noviembre - Diciembre 2020.  
Fuente: Autores

En la Figura 13 se puede apreciar que las emisiones más bajas de ruido ambiental se localizan en los puntos P4 y P2, de las parroquias El Vecino y Yanuncay, respectivamente, con valores que oscilan entre 55 y 65 dB (A). Estos niveles se relacionan directamente con la mínima circulación vehicular (Ver Figura 5) en estos sitios de monitoreo. Sin embargo, en ambos casos los valores no cumplen con los límites diurnos establecidos en la normativa local y nacional para un uso de suelo



residencial; por lo tanto, se podría atribuir que el ruido de estos lugares se debe únicamente a la producción de bloques. Lo expuesto concuerda con lo dicho por Quezada, (2020); Saquisilí, (2015) e Iñiguez, (2014) quienes en sus publicaciones indican niveles de ruido similares en sitios residenciales con baja circulación vehicular.

Los mayores niveles de ruido ambiental se localizaron en los puntos P3 y P6 de las parroquias Monay y Hermano Miguel, respectivamente, con valores superiores a 80 dB, mismos que sobrepasan lo establecido en la normativa de ruido ambiental local y nacional de acuerdo al uso de suelo residencial. En conclusión, se puede suponer que el ruido registrado está asociado con el moderado tráfico vehicular en estos sitios de monitoreo (Ver Figura 5) y a los altos niveles de presión sonora obtenidos durante las actividades productivas de estas bloqueras. Lo mencionado se relaciona con las publicaciones de Campos, (2018); Fernández & Saquisilí, (2018) y (Quezada, 2020) donde se revelan niveles de ruido ambiental similares en sitios con fábricas de bloque y alta circulación vehicular.

Al desarrollar un comparativo entre el mapa de ruido ambiental con el Informe de la evaluación del ruido ambiente y mapa de ruido de la ciudad de Cuenca al 2019; se puede entablar una relación en el 67 % de los puntos de monitoreo debido, a que en dichos lugares los niveles de presión sonora para ambos casos son similares. Sin embargo, en el 33 % de estaciones los valores de ruido no coinciden; estas diferencias se pueden asociar a ciertos factores que se mencionan a continuación.

En la parroquia El Vecino, cerca del P4 se encuentra ubicado un establecimiento educativo, en vista de que estos se encuentran cerrados por motivos de la pandemia COVID-19, el tráfico vehicular ha disminuido considerablemente al igual que la presencia de personas. Por consiguiente, se establece que esta diferencia es consecuencia de dicha problemática. Además, el P2 posee características opuestas a los sitios escogidos para medir el ruido ambiental en la parroquia Yanuncay; debido a que estos se ubican en vías principales con alto tráfico vehicular contrario al lugar de monitoreo que se encuentra en una calle privada con mínima circulación de vehículos. Por lo tanto, se puede asumir que el mapa de ruido desarrollado en el presente estudio coincide con los mapas de ruido elaborados por UDA & IERSE, (2020).

## 5.7 Resultados de las encuestas realizadas a los trabajadores

La encuesta fue diseñada con la finalidad de determinar los posibles efectos que la contaminación atmosférica puede ocasionar en la salud de los trabajadores, la misma consta de 8 preguntas de opción múltiple y fue aplicado a un total de 26 personas, quienes conforman el total de trabajadores de las bloqueras.

A continuación, se presenta un análisis descriptivo de las preguntas con el objetivo de establecer una relación entre las concentraciones de contaminantes registrados con el desarrollo del presente estudio y los resultados tabulados de la encuesta aplicada.

Del total de la población encuestada, el 88 % son hombres y el 12 % son mujeres, esto indica que dentro de este trabajo aún existe un favoritismo hacia el personal masculino porque se percibe que es un trabajo que demanda un gran esfuerzo físico (Figura 14).

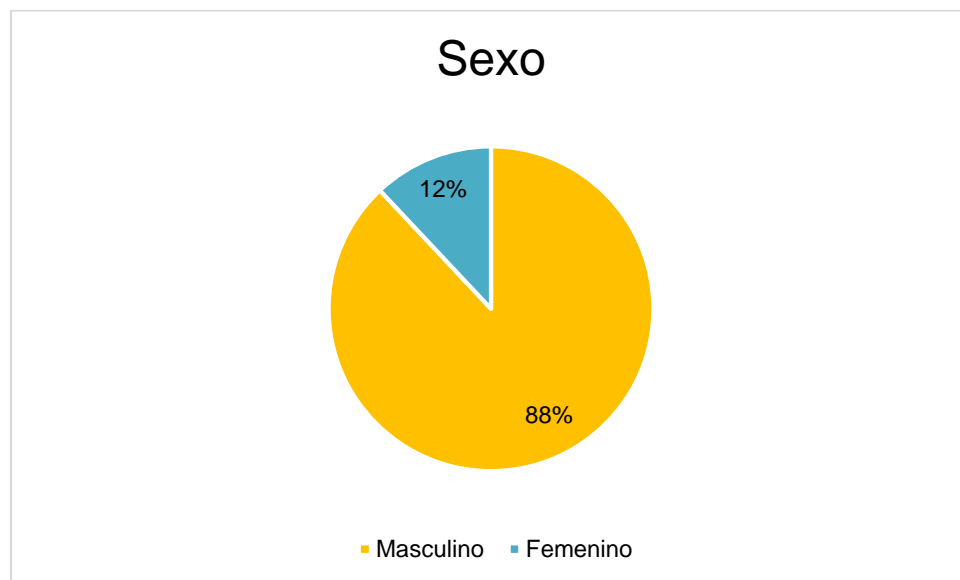


Figura 14. Resultados en porcentaje del sexo de los trabajadores de las bloqueras

Fuente: Autores

De la misma forma, en la Figura 15 se aprecia que el 46 % de los trabajadores se encuentran en un rango de edad de 31 a 38 años, 35 % entre 23 a 30 años, 11 % entre 39 a 46 años, 4 % entre 47 a 54 años, 0 % entre 55 a 62 años y 4 % entre 63 a 70 años, por lo tanto, se confirma que existe una preferencia hacia quienes pueden brindar un alto rendimiento al momento de realizar el trabajo.



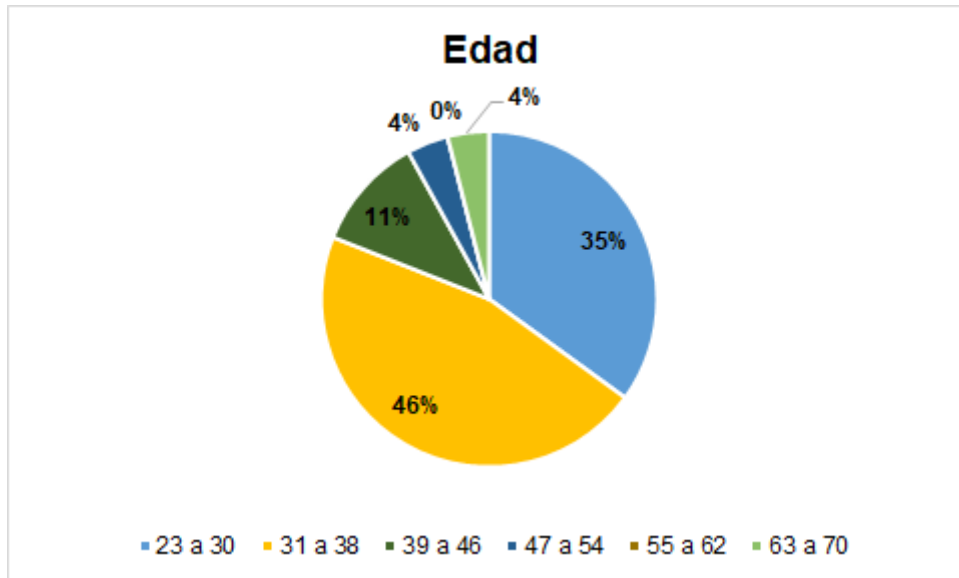


Figura 15. Resultados en porcentaje del rango de edad de los trabajadores de las bloqueras.  
Fuente: Autores

### 5.7.1 Pregunta 1

#### ¿Cuánto tiempo lleva usted trabajando en este establecimiento?

En la Figura 16, se aprecia que el 46 % de los encuestados han laborado en los establecimientos, por un período de 1 a 3 años, mientras que alrededor del 12 % del personal lo ha hecho por un tiempo mayor a 7 años. Con esto se puede suponer que, las personas que han permanecido un menor tiempo en las bloqueras podrían presentar molestias leves respecto al otro grupo, que presenta mayor tiempo de exposición a los contaminantes registrados en el sitio de trabajo. Los estudios de Pozo, (2010); Andi & Vega, (2019) confirman que la exposición prolongada a ciertos niveles de contaminación puede ocasionar cambios adversos en la salud de los individuos o enfermedades crónicas a largo plazo.

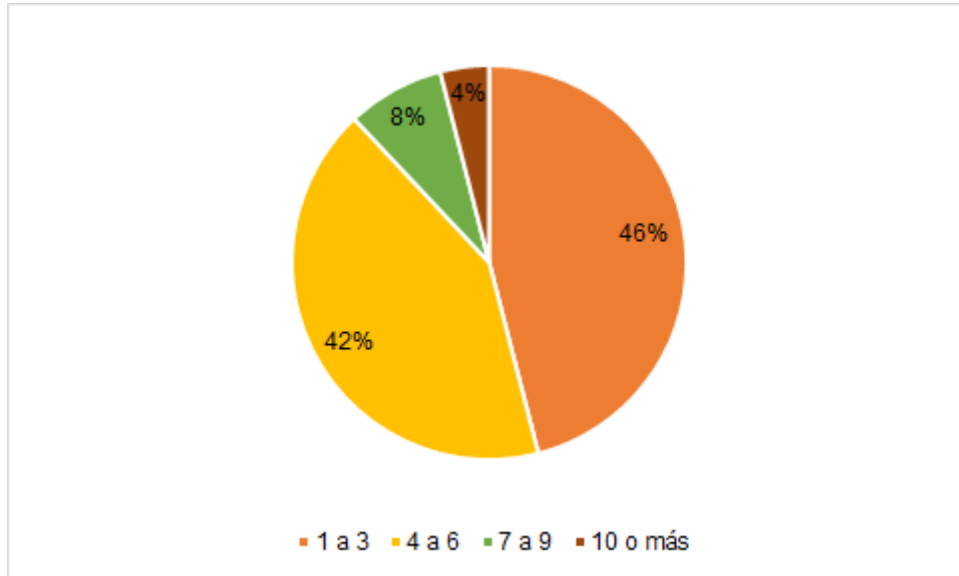


Figura 16. Resultados en porcentaje de la pregunta 1.  
Fuente: Autores

### 5.7.2 Pregunta 2 y 3

#### ¿En el tiempo que usted lleva trabajando, ha sentido afecciones en su salud?

En la Figura 17, el 65 % de los trabajadores afirman que sí han tenido cambios en su salud durante el tiempo que han trabajado en las bloqueras. De la misma forma, este porcentaje de encuestados están conscientes de que en su lugar de trabajo existe contaminación (Pregunta 3, ver Anexo 8.6). Con los resultados de los monitoreos se puede suponer que existe un vínculo entre estos y los cambios en la salud del personal de las bloqueras, lo que concuerda con las investigaciones realizadas por EMOV EP, (2020); López & Vásquez, (2019), en las que se expone que las altas concentraciones de partículas contaminantes y niveles elevados de presión sonora provocan alteraciones en la salud de quienes se exponen a estos.

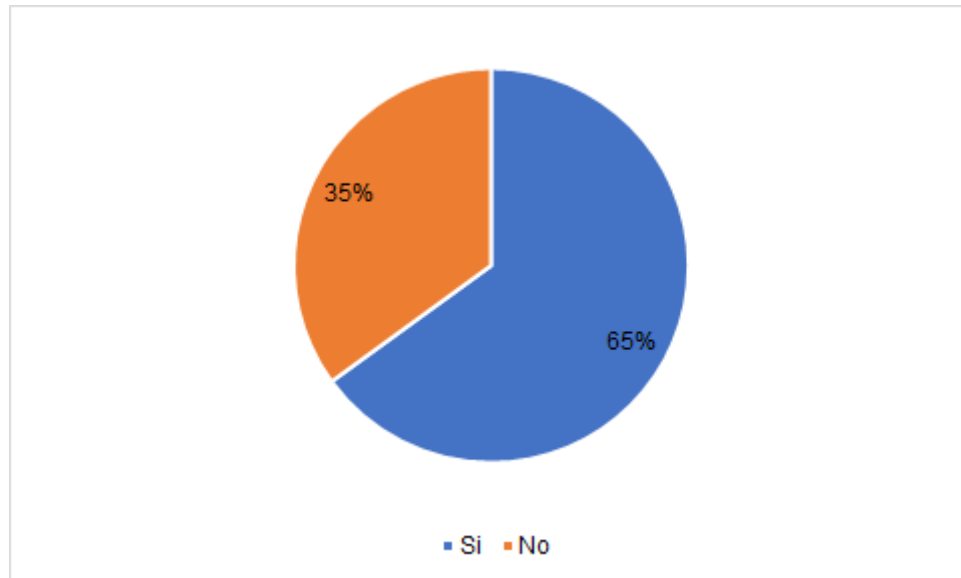


Figura 17. Resultados en porcentaje de las preguntas 2 y 3.  
Fuente: Autores

### 5.7.3 Pregunta 4

**Los contaminantes atmosféricos que provocan afecciones a la salud son: material particulado ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  y Sedimentable) y ruido ¿Qué molestias ha presentado ante estos contaminantes?**

La Figura 18, indica que el 50 % de los encuestados han presentado alergias, el 46 % irritación en la garganta y ojos, y el 34 % dolor de cabeza. En menor porcentaje, los trabajadores encuestados han presentado congestión nasal, dificultad respiratoria, mareos y pérdida auditiva.

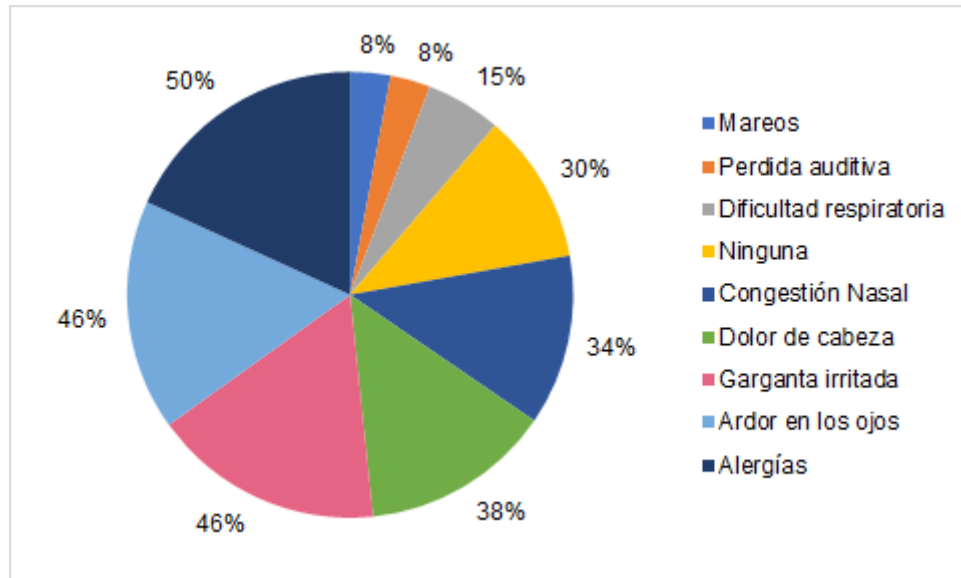


Figura 18. Resultados en porcentaje de la pregunta 4.  
Fuente: Autores

Entre las principales molestias manifestadas por los trabajadores, destacan las alergias, las cuales se pueden adquirir cuando el individuo está expuesto a concentraciones elevadas de material sedimentable y  $PM_{10}$  por tiempos prolongados. Esto concuerda con los niveles de contaminación obtenidos en el presente estudio, debido a que las concentraciones de estos contaminantes superan los límites máximos permisibles estipulados en la normativa nacional y en la OMS representando un peligro para la salud de la población. Lo expuesto coincide con el estudio de (J. Mejía, 2016), donde se afirma que las alergias son producto de la exposición a polvo y partículas, procedentes de los procesos de producción, durante la elaboración de bloques.

En el caso de material sedimentable, la totalidad de bloqueras presentó concentraciones por encima de lo establecido en la normativa ambiental nacional, lo que representa un riesgo para la salud de las personas. Por lo tanto, se presume que las altas concentraciones de material sedimentable han sido las causantes de irritación en garganta y ojos de los trabajadores. Lo cual concuerda con lo expresado en el estudio de Abad, (2014), quien manifiesta que la exposición a PTS por tiempos prolongados podría ocasionar las molestias ya mencionadas e incluso problemas severos de asma.

Los síntomas declarados por los encuestados están estrechamente relacionados con la exposición a altas concentraciones de material particulado,  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ , conseguidas en el presente estudio. Sin embargo, es necesario aclarar que el  $PM_{2,5}$ , al tener la facilidad de ingresar al sistema respiratorio podría desencadenar en enfermedades respiratorias y cardiovasculares de mayor gravedad a futuro. Aseveración que encaja con varios informes de la OMS que señalan que las exposiciones a

partículas finas originan enfermedades cardiopulmonares, por lo que se considera el contaminante de mayor riesgo para la salud (World Health Organization, 2018).

Con respecto al ruido ambiental, el 100 % de los puntos de monitoreo en el área de producción sobrepasan los valores establecidos en la normativa nacional y municipal, lo que se puede asociar con los dolores de cabeza manifestados por los encuestados. El ruido es un contaminante ambiental que da lugar a afecciones de mayor riesgo, como ansiedad, irritabilidad, alteración del sueño, de acuerdo a lo establecido en los estudios de Peñaloza et al., (2016) y Soto, (2017). Por lo tanto, es necesario que en los establecimientos se apliquen medidas preventivas que reduzcan la probabilidad de presentar dichos malestares.

### 5.7.4 Pregunta 5

#### ¿Cree usted que los contaminantes mencionados anteriormente son emitidos en su lugar de trabajo?

Con la Figura 19, se observa que el 65 % de los trabajadores consideran que en su lugar de trabajo existe contaminación, debido a que en su percepción todo tipo de actividad genera algún impacto, sin embargo, no dimensionan la magnitud del daño que dicho impacto puede ocasionar en el ambiente o en su salud.

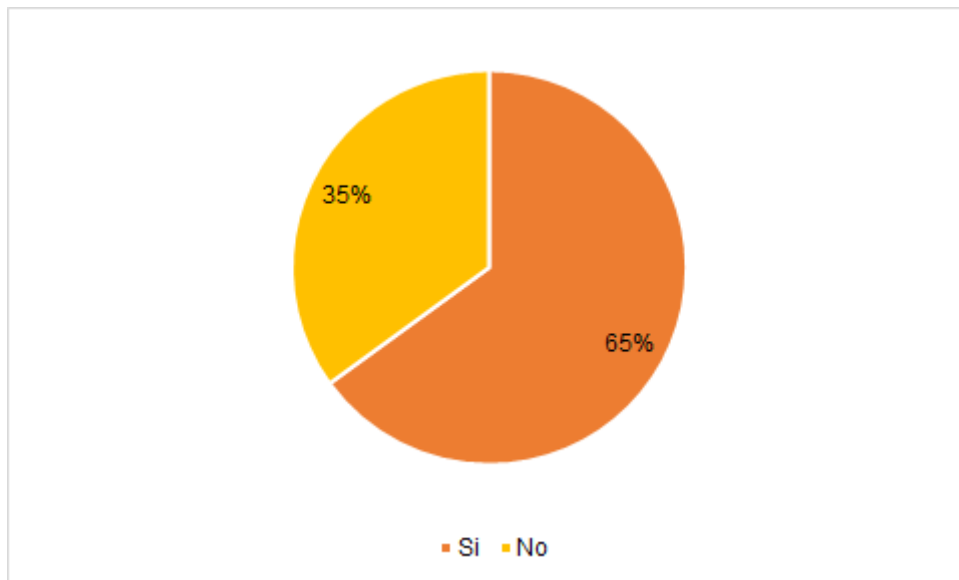


Figura 19. Resultados en porcentaje de la pregunta 5.  
Fuente: Autores

### 5.7.5 Pregunta 6

**¿Cree usted que la utilización de equipos de protección personal (orejeras, mascarilla, gafas de protección, guantes) disminuye el riesgo de presentar efectos negativos en su salud?**

En la Figura 20, se aprecia que el 85 % de las personas encuestadas consideran que el uso de equipos de protección personal minimiza los efectos adversos en la salud. Los trabajadores conocen que el uso de estos equipos es necesario tanto para precautelar su seguridad, así como también su salud. Se recalca que en los establecimientos se entrega al personal todos los instrumentos mencionados en la pregunta.

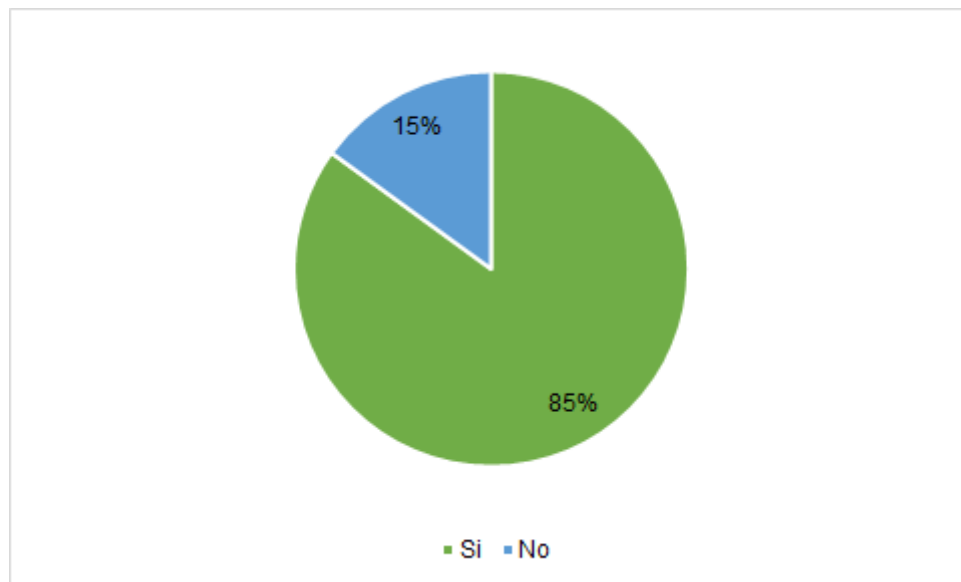


Figura 20. Resultados en porcentaje de la pregunta 6.  
Fuente: Autores

### 5.7.6 Pregunta 7

**¿Cuántas horas diarias trabaja?**

La Figura 21, representa la jornada laboral establecida en las bloqueras, donde el 88 % de las personas encuestadas trabajan un máximo de 8 horas diarias, a comparación del 12 % que solamente desarrollan sus actividades durante 4 horas al día.

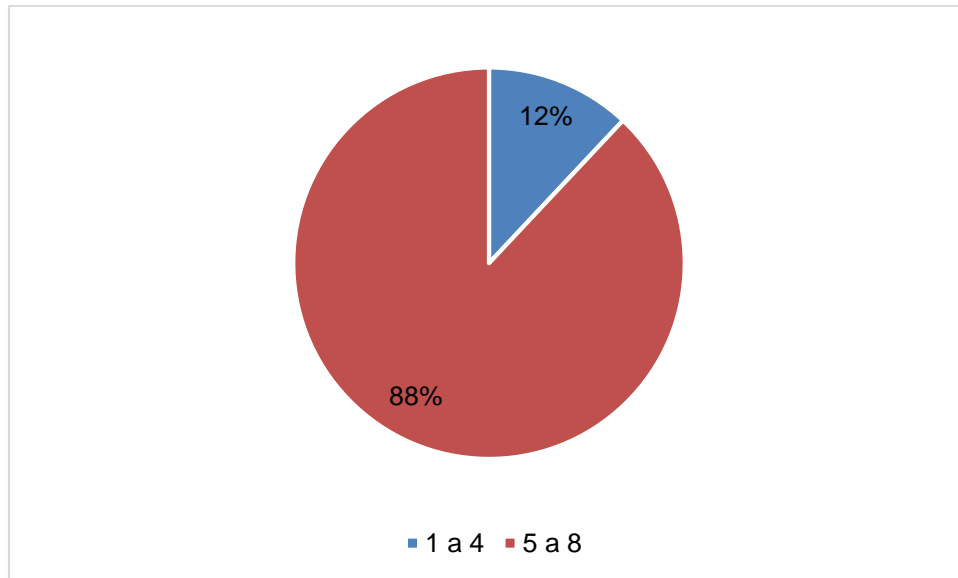


Figura 21. Resultados en porcentaje de la pregunta 7.  
Fuente: Autores

### 5.7.7 Pregunta 8

#### ¿Utiliza algún implemento de protección personal (mascarilla, orejeras, gafas, guantes)

En la Figura 22, se visualiza que el 77 % de los trabajadores durante su jornada laboral usan un equipo de protección individual, sin embargo, de este porcentaje el 85 % utiliza guantes, el 50 % mascarilla y el 30 % orejeras (Figura 23); evidenciando que la mitad del personal se encuentra totalmente expuesto a las partículas contaminantes y al ruido que se generan en su área de trabajo.

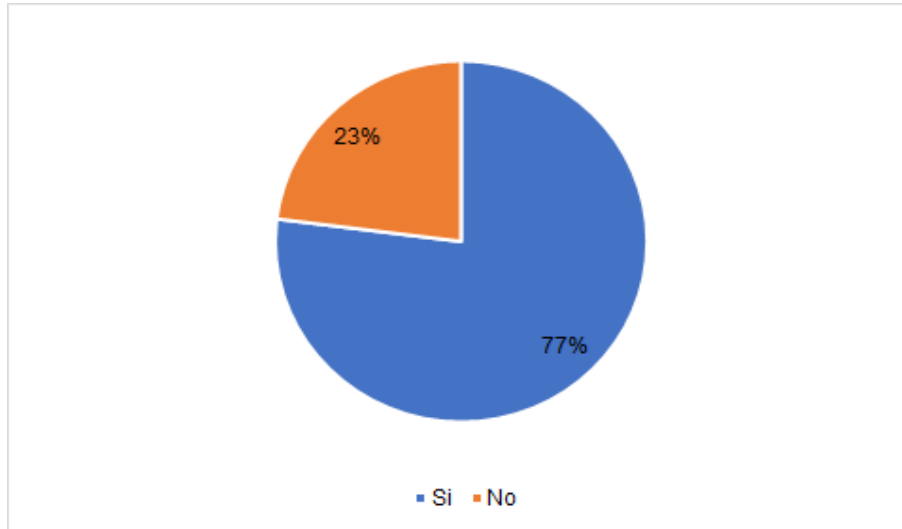


Figura 22. Resultados en porcentaje de la pregunta 8.  
Fuente: Autores

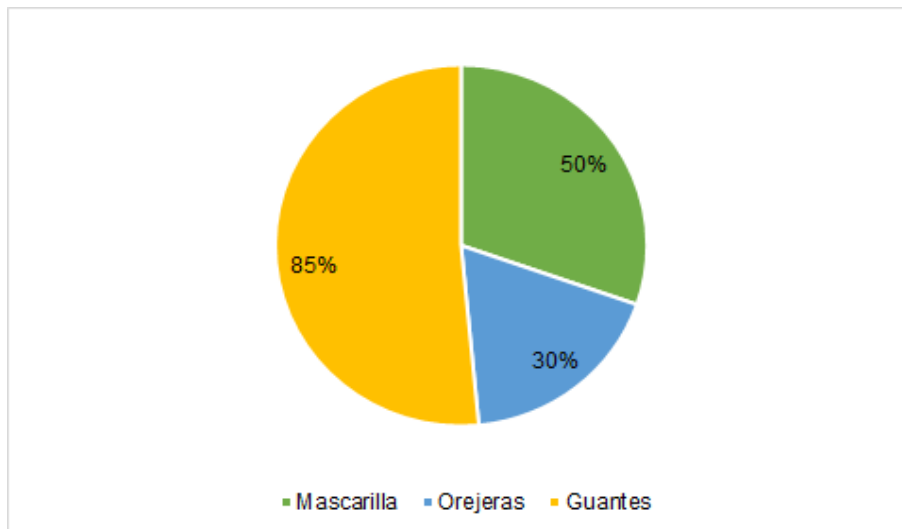


Figura 23. Resultados en porcentaje del adicional de la pregunta 8.  
Fuente: Autores

De acuerdo a lo manifestado en las encuestas y al análisis realizado de las mismas, se puede apreciar que existe una relación entre la sintomatología declarada por los trabajadores y las concentraciones de los contaminantes registrados. Por lo tanto, se considera necesario que en los sitios de trabajo exista la capacitación continua y la aplicación de medidas preventivas, de manera que el personal se prepare, sea consciente y actúe en favor de resguardar su seguridad y salud laboral.





## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

Con el desarrollo de este proyecto de investigación se logró evaluar la calidad del aire ambiente de las bloqueras pertenecientes a la zona urbana del cantón Cuenca. De acuerdo a las concentraciones registradas de partículas totales suspendidas,  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$ , se evidencia que la mayoría de puntos de monitoreo sobrepasan los valores máximos permisibles de la normativa nacional.

Las concentraciones de material sedimentable sobrepasan el valor máximo sugerido por la OMS, lo que representa un riesgo para la salud, tanto de los trabajadores de las bloqueras como de los habitantes de las zonas aledañas al lugar de emplazamiento de los establecimientos.

En el caso de ruido ambiente, para el área de producción el 100 % de los puntos de monitoreo sobrepasan la normativa nacional y local, en cuanto al retiro frontal el 83 % de los puntos de monitoreo están por encima de los límites máximos permisibles estipulados en la ordenanza municipal y la normativa ambiental nacional.

La zona que registra concentraciones de partículas contaminantes y niveles de presión sonora por encima de los valores estipulados en la normativa nacional es el P6 localizado en la Parroquia Hermano Miguel; para material sedimentable, en el retiro frontal los valores oscilan entre 1,69 a 1,86  $mg/cm^2 \times 30$  días, mientras que en el área de producción se encuentran entre 2,75 a 3,15  $mg/cm^2 \times 30$  días. En el caso de  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  el rango de concentraciones es de 154,24 a 163,06  $\mu g/m^3$  y 222,16 a 242,66  $\mu g/m^3$ , respectivamente. Para niveles de presión sonora, los valores se encuentran por encima de los 80 dB (A).

El 50 % de los trabajadores han presentado cambios en su salud durante el tiempo que llevan realizando sus labores. Dichos cambios corresponden a alergias (50 %), irritación a la garganta (46 %), congestión nasal (34 %) y dificultad respiratoria (15 %), por lo tanto, se infiere que la exposición a altas concentraciones de material sedimentable,  $PM_{10}$  y  $PM_{2,5}$  es la causa principal de que los trabajadores presenten dichas alteraciones en su salud.

En cuanto al ruido ambiental, no se puede establecer una relación de los niveles de presión sonora obtenidos con afecciones a la salud de los trabajadores de las bloqueras, ya que para esto se debería desarrollar un estudio de ruido laboral. Con los valores de este estudio se puede determinar que el ruido que se genera en la bloquera va a causar malestar general a la población aledaña, debido a que la mayoría se localizan en zonas residenciales.



## 6.2 Recomendaciones

Solicitar a la Comisión de Gestión Ambiental (CGA) efectuar el control y formalización de las actividades que realizan ciertas bloqueras artesanales, de tal manera que se garantice el cuidado ambiental, la salud y seguridad de los trabajadores y de la población cercana a los sitios de emplazamiento de dichos establecimientos.

Desarrollar un manual de buenas prácticas ambientales y laborales afín a la fabricación de bloques, con la finalidad de mejorar la relación de la actividad con el ambiente y disminuir los niveles de contaminación generados por el ruido y las emisiones atmosféricas.

Emplear campañas de educación ambiental y laboral dirigida a los trabajadores de las bloqueras, con el objetivo de que conozcan los riesgos a los que se encuentran expuestos en su sitio de trabajo, de manera que resguarden su salud y mejoren su estilo de vida laboral.

Realizar un estudio de ruido laboral en los puestos de trabajo de cada obrero, con la finalidad de determinar la dosis de ruido a la que están expuestos y de esta manera establecer las posibles afecciones a la salud que se pueden generar.

Aislar las áreas de las máquinas que se utilizan en la elaboración de bloques, de tal manera que se reduzca la propagación de ruido y los niveles de presión sonora en estos establecimientos destinados a la elaboración de bloques.



## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Abad Crespo, L. C. (2016). *Estimación de la concentración de material particulado menor a 10 micras a través de sensores remotos en el área urbana de la ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Abad Terán, M. E. (2014). *Fitotoxicidad del material particulado sedimentable (MPS) generado en la zona urbana del cantón Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Alcaldía de Cuenca. (2002). *Reforma, Actualización, Complementación y Codificación de la Ordenanza que sanciona el Plan de Ordenamiento Territorial del Cantón Cuenca: Determinaciones para el uso y ocupación del suelo Urbano*.
- Alcaldía de Cuenca, & Universidad del Azuay (UDA). (2012). Mapa de Ruido del Área Urbana de la ciudad de Cuenca. En *Comisión de Gestión Ambiental (CGA) Website*.
- Alfie Cohen, M., & Salinas Castillo, O. (2017). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 65-96.
- Alfie, M., & Salinas, O. (2017). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 65-96.
- Amable Álvarez, I., Méndez Martínez, J., Delgado Pérez, D., Acebo Figueroa, F., De Armas Mestre, J., & Rivero Llop, M. (2017). Contaminación ambiental por ruido. *Revista Médica Electrónica*, 39(3), 640-649.
- Andi Shiguango, J. G., & Vega Díaz, R. M. (2019). *Determinación y caracterización de concentraciones de material particulado sedimentable y volátil en el sector Calpi cantón Riobamba por incidencia industrial*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Arellano Díaz, J. (2002). Aire. En *Introducción a la Ingeniería Ambiental* (Primera Ed, pp. 73-88). Instituto Politécnico Nacional.
- Arévalo, V., Ávalos, A., Garavito, K., López, C., Raymond, J., & Torres, I. (2015). *Diseño y Localización de Planta de Producción de Bloques y Adoquines de Concreto a partir de Residual*.  
[https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2340/PYT\\_Informe\\_Final\\_Garbancillo Residual.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2340/PYT_Informe_Final_Garbancillo_Residual.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Arias Sabogal, N. A. (2014). *Desarrollo de un sistema de adquisición del nivel de presión sonora y variables climáticas utilizando sistemas embebidos*. Universidad de San Buenaventura.
- Astudillo, A., Ramírez, M., García, N., González, G., Gutoiérrez, I., & Bailón, N. (2015). Caracterización química del material particulado PM10 de la zona urbana de Cuenca- Ecuador e investigación de su genotoxicidad e inducción de estrés oxidativo en células epiteliales alveolares A549. *Revista Toxicol*, 32(2), 121-126. <http://rev.aetox.es/wp/wp-content/uploads/hemeroteca/vol32-2/vol32-2-121-126.pdf>
- Astudillo Alemán, A. L. (2006). *Determinación del nivel de material particulado en diferentes zonas de la ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.



- Astudillo Alemán, A. L. (2014). *Estudio de Genotoxicidad del Material Particulado (PM10) de la Zona Urbana del Cantón Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- Aquilla, I. (2015). *Determinar la influencia del ruido en la productividad de los trabajadores de una industria grafica de la ciudad de Quito*.
- Basaldud Cruz, R., Ángeles García, J., Altúzar Villatoro, F., Jiménez Gatica, B., Gutiérrez Alvarado, B., & Gavilán García, A. (2016). Determinación de la exposición personal a monóxido de carbono y material particulado (PM2.5) durante la producción artesanal de ladrillo en el parque industrial ladrillero de Durango. En *Estudios Ambientales de las emisiones vehiculares, producción de ladrillo, exposición personal a contaminantes, monitoreo de la calidad del aire, hidrocarburos y partículas, en la ciudad Victoria de Durango, Durango* (pp. 96-108). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.
- Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. H., & World Health Organization (WHO). (1999). Guidelines for community noise. En *Occupational and Environmental Health Team*. Website WHO.
- Berrezueta, J. (2017). *Metodología para la elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión de ruido urbano en la ciudad de Machala*.
- Berrezueta, J., Berrú, J., Oyola, E., & Zambrano, W. (2018). Metodología para la elaboración de mapas de ruido urbano en ciudad de Machala. *Centro de Investigaciones UTMACH, 2*, 157-165. <http://investigacion.utmachala.edu.ec/proceedings/index.php/utmach/index>
- Bloques de concreto*. (2019). <https://bloqueras.org/bloques-concreto/>
- Bolaños, M. (2016). *Situación de Higiene y Seguridad del Trabajo en la Fábrica de Bloques y Ladrillos «Jerusalén», Masaya Nicaragua*. <http://repositorio.unan.edu.ni/7796/1/t899.pdf>
- Bravo, L. (2017). *Determinación y Caracterización de Material Particulado Sedimentable en el casco urbano del cantón Portovelo*. Universidad de Cuenca.
- Campos, J. P. (2018). *Monitoreo y Evaluación de la contaminación acústica para la elaboración de un plan de mitigación en la ciudad de Otavalo*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra.
- Castillo Altamirano, J. (2015). *Estudio de creación de una empresa de producción de bloques de hormigón celular para posicionarla en el mercado local de constructores*.
- Castillo, L. (2019). Cuenca se expande hacia seis parroquias rurales. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/cuenca-expande-parroquias-rurales-poblacion.html>
- Castrillón, S., Durango, C., & Murillo, D. (2019). Buenas prácticas para el desarrollo de mapas de ruido dinámicos en entornos Web GIS. *Cuaderno Activa, 11*, 67-80.
- Castro, K., Farfán, I., & Sotomayor, S. (2020). Elaboración de eco-bloques a base de caucho triturado y aserrín para viviendas de interés social. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2020/04/elaboracion-eco-bloques.html>
- Ccopa, R. (2019). *Estudio técnico económico de la fabricación de bloques de concreto incorporando ceniza de cáscara de arroz*.
- Chamba, M. A., & Moreno, M. F. (2011). *Impactos Ambientales de las ladrilleras de la parroquia Malcatos, Cantón Loja, y su repercusión en la salud humana*. Universidad Nacional de Loja.



- Chávez Pérez, P. (2018). *Contaminación del Aire por Material Particulado Sedimentable en la Zona Urbana de Huánuco de Agosto a Octubre del 2016*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1366>
- Cheriyana, D., & Choi, J. ho. (2020). Estimation of particulate matter exposure to construction workers using low-cost dust sensors. *Sustainable Cities and Society*, 59(April), 102197. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102197>
- Chirinos, L., & Mallqui, C. (2016). Comparación entre Interpoladores Espaciales en el Estudio de Distribución de Partículas Sedimentables Insolubles en la Cuenca Atmosférica de Lima y Callao. *Información Tecnológica*, 27(4), 111-120. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000400012>
- Comisión de Gestión Ambiental. (2020). *Listado de Fábricas dedicadas a la elaboración de materiales de construcción*.
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). En *Registro Oficial N° 449, del 20 de octubre del 2008*.
- Dávila Martínez, F. J., & Camacho Arranz, E. (2012). Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas. V *IBERCARTO*, 1-2. <http://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CTC-Ibercarto-V-Georreferenciacion.pdf>
- Dextre Evangelista, E. (2016). *Comportamiento de las variables meteorológicas y su relación con la calidad de aire por material particulado PM2.5, San Juan de Lurigancho – 2016*. Universidad César Vallejo.
- Doria, C., & Fagundo, J. (2017). Niveles De Metales En Partículas Atmosféricas En La Zona Minera De Carbón, Norte De Colombia Tt - Metal Levels in Atmospheric Particles in the Coal Mining Zone, Northern Colombia. *Iteckne*, 14(2), 110-121. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v14i2.1765>
- El Mercurio. (2013). En Cuenca, ladrilleros tecnifican su producción. Ladrilleras reducen 30% de su emanación de contaminación. *Noticias COSUDE*. <https://www.cooperacionsuiza.pe/27-de-abril-de-2013-2/>
- EMOV EP. (2016). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca 2014*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17665.66405>
- Empresa Pública Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte (EMOV EP). (2016). Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca 2014. En *Alcaldía de Cuenca*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17665.66405>
- Empresa Pública Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte (EMOV EP). (2019). Informe de Calidad de Aire de Cuenca, 2018. En *Alcaldía de Cuenca*. Red de Monitoreo EMOV EP.
- Empresa Pública Municipal de Movilidad Tránsito y Transporte (EMOV EP). (2020). Informe de Calidad de Aire de Cuenca, 2019. En *Alcaldía de Cuenca*. Red de Monitoreo EMOV EP.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2013). *¿Qué es ArcGis?* ArcGIS Resource Center.
- Escudero, P. (2017). *Material Particulado y su incidencia en alteraciones respiratorias en los trabajadores de la construcción en viviendas rurales tipo MIDUVI*.
- Fernández, R. E., & Saquisilí, G. C. (2018). Evaluación de los niveles de presión sonora en el área urbana del cantón Biblián, provincia del Cañar. En *Universidad de Cuenca*.



- Gaibor Ramírez, V. (2015). *Determinación de la concentración de material particulado del centro histórico de la ciudad de Riobamba en el período 2014*. <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/4792/1/236T0146.pdf>
- Gallegos, A., Lang, B., Fernández, M., & Luján, M. (2006). Contaminación atmosférica por la fabricación de ladrillos y sus posibles efectos sobre la salud de los niños de zonas aledañas. *Acta Nova*, 3(2), 192-210.
- Gallo, A. D., & Paredes, C. S. (2019). *Determinación y caracterización de las concentraciones de material particulado sedimentable del sector de ladrilleras de la Matriz del Cantón Chambo*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Gamboa, O. (2005). *Optimización del proceso de fabricación de bloques de concreto del estándar 15x20x40 cm con grado de resistencia 28 Kg/cm<sup>2</sup>, caso específico Fuerte- Block máquinas #1 y #2*. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1468\\_IN.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1468_IN.pdf)
- Gámez, D., Flores, J., & Rada, J. (2011). *Elaboración y uso de bloques de hormigón y bloques de arcilla en mampostería*.
- García, N., Astudillo, A., Espinoza, C., & Vázquez, V. (2015). Cuentificación del material particulado en el ambiente laboral del sector productivo de Cuenca-Ecuador. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*, 6(14), 70-83.
- Gobierno de Jalisco. (2011). Monitoreo de calidad del aire. Informe Técnico Final Fraccionamiento Hacienda Real, Tonalá, Jalisco. En *Sistema de Monitoreo Atmosférico de Jalisco*.
- González Espinoza, L. H., & Sánchez Carrión, A. C. (2021). *Determinación de Material Particulado Sedimentable proveniente del parque industrial del cantón Cuenca y su influencia en las zonas aledañas*. Universidad de Cuenca.
- Gordillo, T. (2016). Bloques de hormigón. *Alubry San Luis*.
- Guevara, E. W., & Logroño, B. P. (2020). *Determinación de la concentración de Material Particulado sedimentable y volátil en la comunidad de San José de Chanchuan*. Universidad Nacional de Chimborazo.
- Gutierrez Jaimes, J. H., Quijano Vargas, M. J., & Quijano Parra, A. (2012). Monitoreo y caracterización fisicoquímica del material particulado PM<sub>2,5</sub> en Cúcuta-Norte de Santander-Colombia. *Bistua: Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 24-38.
- Heredia Muñoz, D., & Paéz Monroy, D. (2008). *Monitoreo de las emisiones de combustión en fuentes fijas en industrias del cantón Rumiñahui*. Escuela Politécnica del Ejército.
- Herreras, E. (2005). Spss: Un Instrumento De Análisis De Datos Cuantitativos. *Revista de Informática Educativa y Medios Audiovisuales*, 2(4), 62-69.
- Ibarra, K. F., & Machuca, C. V. (2015). Evaluación de factores de riesgo laboral en el proceso de fabricación de bloques en el barrio San Felipe, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, período 2014-2015. En *Universidad Técnica de Cotopaxi*.
- Iñiguez, J. P. (2014). *Análisis Espacio - Temporal del ruido ambiental en la ciudad de Loja*. Universidad Técnica Particular de Loja.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2011). *Censo de Población y Vivienda 2010*. INEC Website.



- Joaquín Amat, R. (2016, enero). *Test Kruskal-Wallis*.  
[https://www.cienciadatos.net/documentos/20\\_kruskal-wallis\\_test](https://www.cienciadatos.net/documentos/20_kruskal-wallis_test)
- Khuraibet, A., & Al-Attar, F. (2000). Preliminary assessment of indoor industrial noise pollution in Kuwait. *The Environmentalist*, 20(4), 319-324. <https://doi.org/10.1023/A:1006717631649>
- López, E., & Vásquez, G. (2019). *Determinación de los niveles de ruido en los principales mercados de la ciudad de Cajamarca y sus efectos en la salud humana*.
- López Ortiz, T. E., & Pacheco González, A. I. (2015). *Efectos de la contaminación atmosférica en la salud de las personas de la ciudad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.
- López Soto, P. (2013). Contraste de hipótesis. Comparación de más de dos medias independientes mediante pruebas no paramétricas: Prueba de Kruskal-Wallis. *Enfermería del Trabajo*, 3(4), 166-171.
- Martínez, E., Quiroz, C., & Rúa, J. (2011). Morbilidad respiratoria asociada con la exposición a material particulado en el ambiente. *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, 29(4), 454-460.
- Medina, E. (2018). *Influencia de las condiciones meteorológicas en la composición del material particulado suspendido PM10 y PM2.5 en la estación otoño 2017 de Lima Metropolitana*.
- Mejía, D., Zegarra, R., Astudillo, A., & Moscoso, D. (2018). Análisis de Partículas Sedimentables y Niveles de Presión Sonora en el área urbana y periférica de Cuenca. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, 19, 55-64.
- Mejía, J. (2016). Evaluación de la contaminación del aire mediante la caracterización de metales pesados en sólidos sedimentables en la ciudad de Riobamba. En *Facultad de Ciencias*. <http://dspace.espe.edu.ec/bitstream/123456789/6226/1/236T0235.pdf>
- Mejía, K. (2016). *Elaboración de Matriz de Riesgos Laborales en la Bloquera «Rojas» de la ciudad de Milagro*. <https://doi.org/10.1007/s11095-005-7626-9>
- Méndez, M. (2011). *LA CONTAMINACIÓN ACUSTICA Y SUS EFECTOS SOBRE LA VIDA, LA SALUD Y LA BIODIVERSIDAD DESDE EL ORDENAMIENTO JURIDICO ESPAÑOL*.
- Mendivelso, F., & Rodríguez, M. (2018). Prueba Chi-Cuadrado de independencia aplicada a tablas 2xN. *Revista Médica Sanitas*, 21(2), 92-95. <https://doi.org/10.26852/01234250.6>
- Mesías, N. (2014). *Condiciones de trabajo y salud laboral de los trabajadores de las bloqueras de la comunidad Boliche, parroquia Pastocalle. Diseño de un programa de intervención en seguridad laboral para la zona*. Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Mestre Sancho, V. (2007). Propagación del sonido en campo libre. En *Contaminación por Ruido*. Escuela de Organización Industrial.
- Mihelcic, J. R., & Zimmerman, J. B. (2012). Ingeniería de recursos del aire. En *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, Sustentabilidad, Diseño* (pp. 518-575). Alfaomega Grupo Editor, México. <https://doi.org/10.7868/S0132344X13080070>
- Ministerio del Ambiente. (2015a). Niveles Máximos de Emisión de Ruido y Metodología de Medición para Fuentes Fijas y Fuentes Móviles Libro VI, Anexo 5. En *Acuerdo Ministerial 097-A, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)* (pp. 60-74). Lexis.



- Ministerio del Ambiente. (2015b). Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión Libro VI, Anexo 4. En *Acuerdo Ministerial 097-A, Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA)* (pp. 52-59). Lexis.
- Ministerio del Ambiente. (2017). Código Orgánico del Ambiente (COA). En *Registro Oficial Suplemento 983, del 12 de abril del 2017*. Lexis.
- Mogrovejo, F. (2015). *Evaluación de las tendencias de calidad del aire en la zona metropolitana del valle de Toluca durante los años 2000-2013*. Universidad de Cuenca.
- Moscoso-Vanegas, D. L., Astudillo-Alemán, A. L., & Vázquez-Freire, V. E. (2015). Modelamiento de la calidad del aire en la ciudad de Cuenca-Ecuador. *Iteckne*, 12(2), 188-197. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v12i2.1245>
- Moscoso, D., Monroy, L., Narváez, M., Espinoza, C., & Astudillo, A. (2019). Efecto fitotóxico del material particulado PM10 recolectado en el área urbana de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista ITECKNE*, 16(1), 12-20. <https://doi.org/10.15332/iteckne.v16i1.2157>
- Murillo Gómez, D. M. (2017). Resolución espacial en la elaboración de mapas de ruido por interpolación. *Ingenierías USBMed*, 8(1), 56-62. <https://doi.org/10.21500/20275846.2808>
- Nicolalde Granja, S. V. (2008). *Utilización de escorias y polvos de acería en la producción de bloques y adoquines*. Escuela Politécnica Nacional.
- Observatorio de Salud y Medio Ambiente de Andalucía. (2012). *Ruido y Salud*.
- Orellana, J. E. (2020). *Inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de la zona urbana del cantón Chordeleg*.
- Orozco, M., Figueroa, A., & Orozco, A. (2015). Aportaciones al análisis del ruido y salud en las ciudades. *IXAYA*, 33-50. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Orozco, M., & González, A. (2015). La importancia del control de la contaminación por ruido en las ciudades. *Ingeniería*, 19(2), 129-136.
- Ortiz Moreano, E., & Tigsí Jiménez, V. (2020). Determinación y Caracterización de Concentraciones de Material Particulado Sedimentable y Volátil en el Barrio Los Pinos Cantón Riobamba por incidencia industrial. En *Repositorio digital, Universidad Nacional de Chimborazo*. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6473>
- Palacios Espinoza, E., & Espinoza Molina, C. (2014). Contaminación del Aire Exterior. Cuenca - Ecuador, 2009 - 2013. Posibles Efectos en la Salud. *Revista de la Facultad de Ciencias Médicas Universidad de Cuenca*, 32(2), 6-17.
- Peñaloza, I., Flores, A., & Hernández, M. (2016). Contaminación acústica en la zona 3 de la ciudad de Querétaro: comparación de los niveles de ruido reales y los apreciados por los habitantes. *Entreciencias*, 4(9), 39-56. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=457645340003>
- Porras, O. (2018). *Diseño y Elaboración de Bloques de Hormigón Sostenibles Cumpliendo las Normas "NTE INEN", Mejorando las Características Físicas Mediante la Corrección de Procesos de Fabricación en la Provincia de Cotopaxi*.
- Pozo, E. (2010). Estudio de Ruido Generado en la Industria Maderera en la ciudad de Cuenca y sus efectos a la salud. En *Universidad de Cuenca*. Universidad de Cuenca.





- Prieto, O. (2016). Caracterización de material particulado, plomo y arsénico para la evaluación de la calidad del aire en el distrito de Islay- Matarani. *Universidad Nacional de San Agustín*, 115. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1904>
- Pucha, F., Fries, A., Cánovas, F., Oñate, F., González, V., & Pucha, D. (2017). *Fundamentos de SIG: Aplicaciones con ArcGIS*. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=lang\\_es&id=XOIsDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=arcgis&ots=0c0QPHVOpL&sig=1lumb3hJEPu6xtALa910fhi6eH8&redir\\_esc=y#v=onepage&q=arcgis&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=lang_es&id=XOIsDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=arcgis&ots=0c0QPHVOpL&sig=1lumb3hJEPu6xtALa910fhi6eH8&redir_esc=y#v=onepage&q=arcgis&f=false)
- Puerta Pareja, J. R., & Cuervo Ospina, G. A. (2019). *Análisis de la incertidumbre asociada al georreferenciamiento de mediciones de ruido ambiental en la calibración de mapas de ruido*. Universidad de San Buenaventura.
- Quezada Ochoa, M. I. (2020). *Análisis de la calidad del aire ambiente en el casco central de la parroquia rural El Valle del cantón Cuenca-Ecuador*. Universidad de Cuenca.
- Ramírez, A. (2019). *Fabricación de bloques de alivianamiento biocompuestos, a partir del uso de residuos de plástico HDPE*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Recio, A., Carmona, R., Linares, C., Ortiz, C., Banegas, J., & Díaz, J. (2016). Efectos del ruido urbano sobre la salud: Estudios de análisis de series temporales realizados en Madrid. En *Instituto de Salud Carlos III*.
- Rivadeneira Pachecho, J. L., De La Hoz Suárez, A. I., & Barrera Arguello, M. V. (2020). Análisis general del spss y su utilidad en la estadística. *E-IDEA Journal of Business Sciences*, 2(4), 17-24. <https://revista.estudioidea.org/ojs/index.php/eidea/article/view/19/19>
- Rojo, J. M. (2014). Primeros Pasos en SPSS. En *Laboratorio de Estadística* (pp. 1-3).
- Salini Calderón, G. A., & Medina Mitma, E. J. (2017). Estudio sobre la dinámica temporal de material particulado PM10 emitido en Cochabamba, Bolivia. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33(3), 437-448. <https://doi.org/10.20937/RICA.2017.33.03.07>
- Sanchez, I. R. (2019). *CONCENTRACIÓN DEL POLVO ATMOSFÉRICO SEDIMENTABLE Y SU EFECTO EN LA SALUD DE LOS HABITANTES DE LA CIUDAD DE AMARILIS -HUÁNUCO 2019*. Universidad de Huánuco.
- Santos Muñoz, D. (2017). Altas presiones que contaminan. *METEORED*. <https://www.tiempo.com/noticias/ciencia/altas-presiones-que-contaminan.html>
- Saquisilí, S. C. (2015). *Evaluación de la contaminación acústica en la zona urbana de la ciudad de Azogues*. Universidad de Cuenca.
- Sarría, F. A. (2015). Sistemas de Información Geográfica. En *Sistemas de Información Geográfica*.
- Scapini, V., Carrasco, C., & Vergara, C. (2018). Efectos de la contaminación del aire en atenciones de urgencia de la Región Metropolitana. *Revista Ingeniería de Sistemas*, 32(Septiembre), 55-74.
- Sierra Guevara, J. A. (2014). *Análisis comparativo entre bloques de concreto tradicional y bloques de concreto alivianado con poliestireno*. Universidad Internacional del Ecuador.



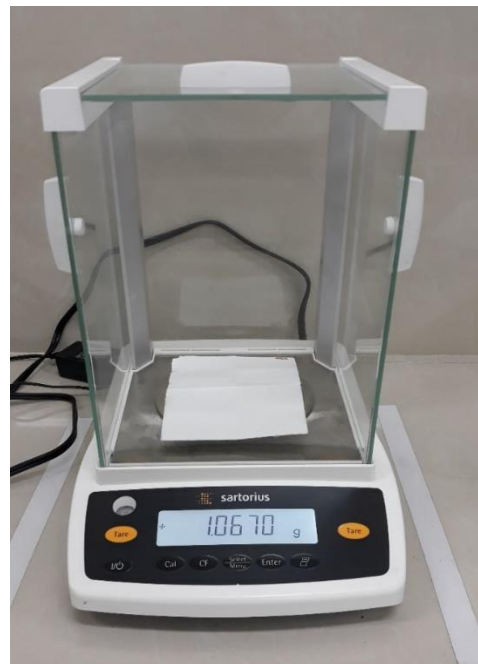
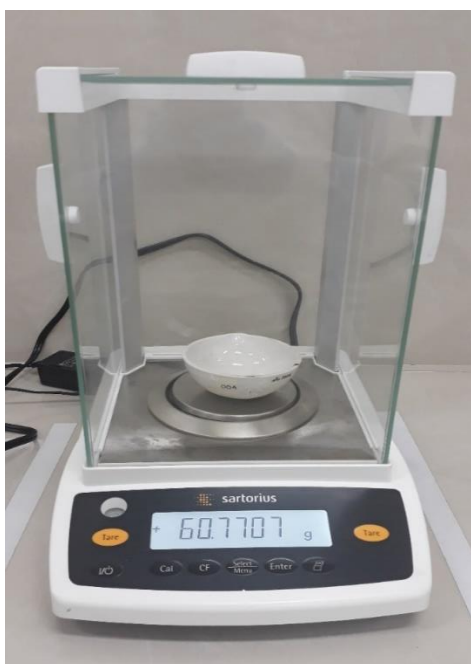
- Silva, V. A. (s. f.). *CONTAMINACIÓN DEL AIRE POR MATERIAL PARTICULADO (PM 10 y PM 2.5)*. Recuperado 29 de diciembre de 2018, de [http://www.tallerdearquitecturamexicana.com/observaleon.org/wp-content/uploads/2010/03/Material-Particulado\\_Vicente-Silva.pdf](http://www.tallerdearquitecturamexicana.com/observaleon.org/wp-content/uploads/2010/03/Material-Particulado_Vicente-Silva.pdf)
- Soto, N. (2017). *Exposición a ruido laboral y su efecto en la audición y calidad de sueño en trabajadores de una laminadora de madera*. <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Tanguila, E. (2018). *Aprovechamiento de la cascarilla de arroz en elaboración de bloques de alivianamiento, Cantón Joya de los Sachas, Orellana*. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9756?mode=full>
- Téllez, J., & Vega, O. (2019). *Estudio comparativo de resistencia y viabilidad económica entre bloques de concreto elaborados tradicionalmente y bloques de concreto elaborados con material plástico-orgánico*.
- Thermo Fisher Scientific. (2015). *Partisol 2000 i Air Sampler/Partisol 2000 i -D Dichotomous Air Sampler Instruction Manual*. ThermoFisher Website.
- Ubilla, C., & Yohannessen, K. (2017). Contaminación Atmosférica Efectos En La Salud Respiratoria En El Niño. *Revista Médica Clínica Las Condes*, 28(1), 111-118. <https://doi.org/10.1016/j.rmcl.2016.12.003>
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2016). *NAAQS Table. Criteria Air Pollutants*. US EPA Website.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2018a). *Conceptos básicos sobre el material particulado*. US EPA Website.
- United States Environmental Protection Agency (US EPA). (2018b). *Efectos del material particulado (PM) sobre la salud y el medioambiente*. US EPA Website.
- Universidad de Azuay (UDA), & Instituto de Estudios de Régimen Seccional del Ecuador (IERSE). (2020). Informe de la evaluación del ruido ambiente y mapa de ruido de la ciudad de Cuenca al 2019. En *IERSE Website*. Universidad deL Azuay.
- Urgilés, D. (2017). Inventario del ciclo de vida para la determinación de la energía incorporada y las emisiones de CO2 en el proceso de elaboración del bloque en una fábrica de Cuenca-Ecuador. *Facultad de Arquitectura y Urbanismo*, 1-21.
- Vara Licon, M. (2017). *Contaminación Atmosférica con Material Particulado en la Ciudad del Cusco y su comportamiento - 2016*.
- Vela, E. S. (2017). *Evaluación Ambiental de los índices de ruido que genera la producción de ladrillo de arcilla en la empresa ladrillera Pérez S.A.C Distrito de Moyobamba*. Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto.
- Velarde Medina, G. (2017). *Determinación de la correlación entre PM2,5 y PM10 en el Distrito de San Isidro en Lima - Perú, 2016*. Universidad Científica del Sur.
- Vergara, S. (2006). *Programa de Producción más Limpia en la Fábrica de Bloques BLOQCIM S.A.* <https://doi.org/10.1590/s1809-98232013000400007>



- Viana Rodríguez, M. del M. (2003). *Niveles , composición y origen del material particulado atmosférico en los sectores Norte y Este de la Península Ibérica y Canarias*. Universidad de Barcelona.
- Vivar, E. (2014). *Cuantificación de material particulado PM10 y su efecto toxicológico-ambiental, en la ciudad de Azogues*. Universidad de Cuenca.
- World Health Organization (WHO). (2006). Particulate matter. En *Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment* (pp. 7-12). WHO Website.
- World Health Organization (WHO). (2015). *Make Listening Safe*. WHO Website.
- World Health Organization (WHO). (2018). *Ambient (outdoor) air pollution*. WHO Website.
- Zamorano, B., Velázquez, Y., Peña, F., Ruiz, L., Monreal, Ó., Parra, V., & Vargas, J. (2019). Exposure to noise by vehicular traffic and impact on the quality of sleep and performance in residents of urban areas. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 34(3), 601-629. <https://doi.org/10.24201/edu.v34i3.1743>
- Zegarra Peña, R., Andrade Tenesaca, S., Parra Ullauri, M., Mejía Coronel, D., & Rodas Espinoza, C. (2020). Análisis espacial de PM10 en el aire y su composición de metales con relación a factores ambientales alrededor de centros de educación preescolar en Cuenca. *Maskana*, 11(1), 57-68. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.01.06>

## 8. ANEXOS

### 8.1 Monitoreo y Análisis de Material Sedimentable



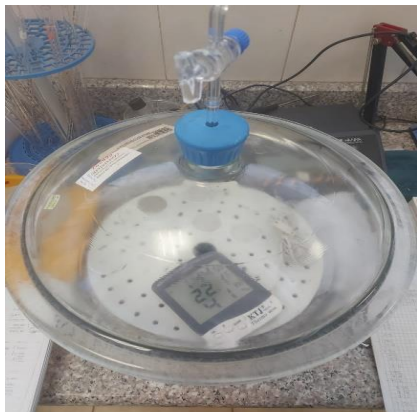
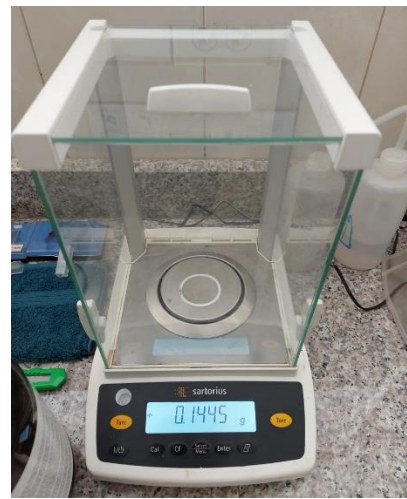
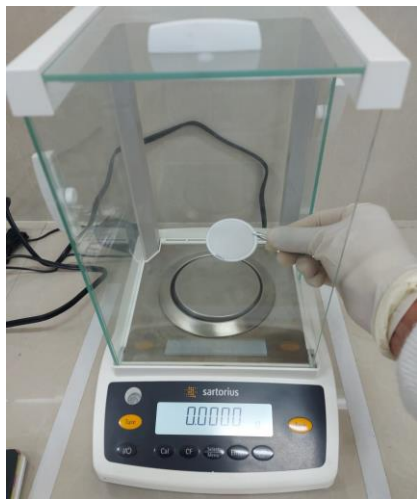




## 8.2 Conteo Vehicular



### 8.3 Monitoreo y Análisis de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>





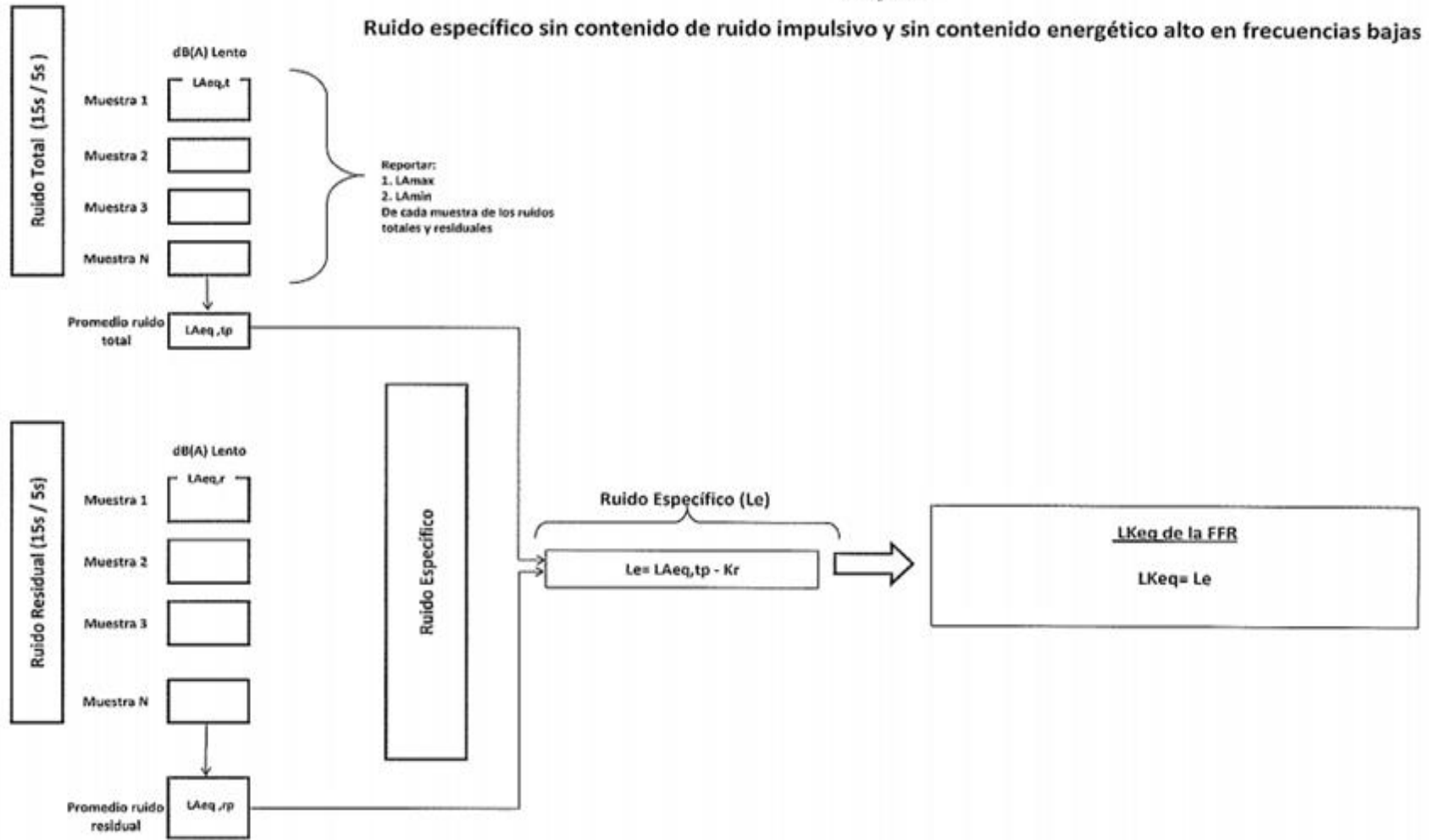
### 8.4 Monitoreo de Ruido





### 8.5 Diagrama de Flujo 01 para Monitoreo de Ruido Específico

Flujo 01



Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015a)



## 8.6 Modelo de Encuesta

**UNIVERSIDAD DE CUENCA  
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ENCUESTA**

La presente encuesta es parte de un trabajo de titulación que tiene por objetivo determinar los efectos que la contaminación atmosférica puede ocasionar en su salud.

**Sexo:**

- M  
 F

**Edad:** \_\_\_\_\_

**1. ¿Cuánto tiempo lleva usted trabajando en este establecimiento?**

- 1 a 3 años  
 4 a 6 años  
 7 a 9 años  
 10 en adelante

**2. ¿En el tiempo que usted lleva trabajando, ha sentido cambios en su salud?**

- Si  
 No

**3. ¿Considera usted que existe contaminación en su lugar de trabajo?**

- Si  
 No

**4. Los contaminantes atmosféricos que provocan afecciones a la salud son: material particulado (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub> y Sedimentable) y ruido ¿Qué molestias ha presentado ante estos contaminantes?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Congestión nasal        | <input type="checkbox"/> Enfermedades Respiratorias |
| <input type="checkbox"/> Dificultad respiratoria | <input type="checkbox"/> Mareos                     |
| <input type="checkbox"/> Garganta irritada       | <input type="checkbox"/> Alergias                   |
| <input type="checkbox"/> Dolor de cabeza         | <input type="checkbox"/> Crisis Asmáticas           |
| <input type="checkbox"/> Ardor en los ojos       |   |



- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Dificultad en la concentración | <input type="checkbox"/> Pérdida auditiva |
| <input type="checkbox"/> Ansiedad                       | <input type="checkbox"/> Otras            |
| <input type="checkbox"/> Irritabilidad                  | <input type="checkbox"/> Ninguna          |

5. **¿Cree usted que los contaminantes mencionados anteriormente son emitidos en su lugar de trabajo?**

- Si  
 No

6. **¿Cree usted que la utilización de equipos de protección personal (orejeras, mascarilla, gafas de protección, guantes) disminuye el riesgo de presentar efectos negativos en su salud?**

- Si  
 No

7. **¿Cuántas horas diarias trabaja?**

- 1 a 4 horas  
 5 a 8 horas  
 8 horas en adelante

8. **¿Utiliza algún implemento de protección personal (mascarilla, orejeras, gafas, guantes)?**

- Si  
 No

Si su respuesta es afirmativa, marque cuál de estos utiliza

- Mascarilla  
 Orejeras  
 Gafas  
 Guantes  
 Otros: \_\_\_\_\_



## 8.7 Datos Meteorológicos

- **Datos Meteorológicos para el Análisis de Material Sedimentable**

<b>Nombre</b>	Estación Automática MUN	
<b>Ubicación</b>	Alcaldía de Cuenca	
<b>Coordenadas</b>	X	721942
	Y	9679560
<b>Fecha</b>	<b>Temperatura °C</b>	<b>Presión Atmosférica mm Hg</b>
05-nov-20	17,0875	563,3868
06-nov-20	15,7416	563,6793
07-nov-20	15,1166	564,6431
08-nov-20	12,5916	564,9554
09-nov-20	11,3333	565,7035
10-nov-20	12,9375	563,9982
11-nov-20	13,4291	563,8115
12-nov-20	15,4958	564,4907
13-nov-20	15,2666	563,7529
14-nov-20	15,0375	563,3941
15-nov-20	14,4750	563,4720
16-nov-20	15,0667	563,4297
17-nov-20	15,3125	563,2605
18-nov-20	14,9833	562,9728
19-nov-20	14,2458	563,2212
20-nov-20	14,0958	564,2164
21-nov-20	14,9166	563,6776
22-nov-20	14,9125	562,8689
23-nov-20	14,4500	563,5773
24-nov-20	14,3708	564,7390
25-nov-20	14,1750	565,3212
26-nov-20	15,3500	562,9899
27-nov-20	14,3875	563,4681
28-nov-20	14,0750	563,6419
29-nov-20	15,3500	563,6643
30-nov-20	15,8500	563,8240
01-dic-20	15,0167	563,2895
02-dic-20	14,5541	563,0736
03-dic-20	14,9666	562,7278
04-dic-20	15,5875	563,1210



05-dic-20	14,9083	564,0375
06-dic-20	15,8750	563,3763

\*Número de datos analizados por día: 24

- **Datos Meteorológicos para el Análisis de PM<sub>10</sub> y PM<sub>2,5</sub>**

Punto Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Hora de Inicio	Hora Final	Temperatura	Precipitación	Presión Atmosférica	Velocidad de Viento
				°C	mm	mm Hg	m/s
P1	23-nov-20	10:08	14:08	16,7020	0,2577	557,8600	1,9000
	03-dic-20	8:10	12:10	17,2380	0,0000	557,5000	1,2560
P2	24-nov-20	8:43	12:43	16,6460	0,0000	564,7200	2,2154
	28-nov-20	8:23	12:23	16,1300	0,0125	564,0000	1,5923
P3	25-nov-20	8:05	12:05	16,0325	0,0000	569,6000	1,3846
	05-dic-20	7:42	11:42	17,0306	0,0000	569,1837	1,1769
P4	25-nov-20	12:56	16:56	20,3735	0,0000	564,9184	2,5769
	03-dic-20	12:45	16:45	19,8204	0,0174	563,5918	3,0280
P5	20-nov-20	9:20	13:20	18,6827	0,0000	569,2885	1,1360
	04-dic-20	11:47	15:47	20,9551	0,0000	567,7347	2,4346
P6	24-nov-20	13:44	17:44	16,5490	0,0000	565,0816	2,6231
	04-dic-20	7:37	11:37	17,2810	0,0000	566,3810	1,0632

\* Datos Partisol 2000i: Temperatura y Presión Atmosférica

\*\* Datos Estación Automática MUN (EMOV EP): Precipitación y Velocidad del Viento



## 8.8 Resultados de Material Sedimentable

Punto de Monitoreo	Masa Filtro (g)		Masa Cápsula (g)		Masa Soluble (g)	Masa Insoluble (g)	Concentración Observada (mg/cm <sup>2</sup> )	Concentración Corregida (mg/cm <sup>2</sup> )	
	Inicial	Final	Inicial	Final					
P1	Área de Producción	1,0675	1,393	47,5992	47,6025	0,0033	0,3255	0,7914	1,0300
	Retiro Frontal	1,0868	1,2533	72,6582	72,7087	0,0505	0,1665	0,5223	0,6798
P2	Área de Producción	1,1091	1,548	60,7705	60,7742	0,0037	0,4389	1,0653	1,3864
	Retiro Frontal	1,0452	1,3266	52,4794	52,4796	0,0002	0,2814	0,6778	0,8821
P3	Área de Producción	4,3427	4,9054	51,8424	51,8736	0,0312	0,5627	1,4294	1,8604
	Retiro Frontal	4,3631	4,7515	45,3377	45,3414	0,0037	0,3884	0,9437	1,2283
P4	Área de Producción	1,1237	1,6015	55,8084	55,8091	0,0007	0,4778	1,2703	1,6533
	Retiro Frontal	1,1311	1,3424	42,6026	42,6116	0,009	0,2113	0,5848	0,7612
P5	Área de Producción	1,0872	1,6206	42,8838	42,9186	0,0348	0,5334	1,5084	1,9632
	Retiro Frontal	1,0926	1,4072	46,361	46,3666	0,0056	0,3146	0,8500	1,1063
P6	Área de Producción	2,1422	3,0503	47,2286	47,2346	0,006	0,9081	2,4267	3,1583
	Retiro Frontal	1,0468	1,579	37,7493	37,7574	0,0081	0,5322	1,4344	1,8668





## 8.9 Resultados de Material Particulado PM<sub>10</sub>

- Pesaje y Estabilización de Muestras

Estación	Código	Papel sin Muestra Estabilizado					Papel con Muestra Estabilizado				
		Fecha	Hora	Temperatura	Humedad	Masa	Fecha	Hora	Temperatura	Humedad	Masa
				°C	%	g			°C	%	g
P1	P6404132	26-nov-20	9:55	17,4	36	0,1409	02-dic-20	10:30	18,8	31	0,1413
	P6404102	04-dic-20	9:00	18,3	30	0,1435	11-dic-20	10:14	18,6	27	0,1438
P2	P6404133	27-nov-20	10:43	18,2	23	0,1417	02-dic-20	10:36	18,8	36	0,1420
	P6404137	27-nov-20	10:48	18,3	29	0,1423	03-dic-20	9:45	18,6	32	0,1426
P3	P6404126	01-dic-20	10:02	18,8	25	0,1425	04-dic-20	9:05	18,5	35	0,1428
	P6404106	08-dic-20	9:15	17,6	22	0,1438	11-dic-20	10:30	19,2	41	0,1444
P4	P6404138	27-nov-20	10:54	18,5	35	0,1402	03-dic-20	9:57	18,7	40	0,1405
	P6404103	07-dic-20	9:50	18,1	22	0,1440	11-dic-20	11:05	21,4	38	0,1444
P5	P6404127	02-dic-20	10:20	18,5	22	0,1416	07-dic-20	10:00	18,3	30	0,1421
	P6404105	08-dic-20	9:20	17,6	28	0,1433	11-dic-20	10:20	18,8	34	0,1436
P6	P6404139	30-nov-20	9:10	17,7	22	0,1398	04-dic-20	9:10	18,6	42	0,1428
	P6404104	07-dic-20	9:53	18,1	26	0,1430	11-dic-20	10:09	18,6	22	0,1435

. Concentraciones de PM<sub>10</sub>

Punto de Medición	Código Papel Filtro	Fecha Monitoreo	Hora Inicio	Hora Final	Masa Muestra	Caudal		Concentración Observada	Concentración Corregida	Concentración Media
					µg	L/min	m <sup>3</sup> /4 horas	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
P1	P6404132	27-nov-20	12:51	16:51	400	15,9992	3,8398	104,1719	136,7260	121,2664
	P6404102	07-dic-20	11:58	15:58	300	15,5816	3,7396	80,2228	105,8069	
P2	P6404133	27-nov-20	13:08	17:08	300	16,3857	3,9326	76,2860	100,0245	101,3180
	P6404137	30-nov-20	8:00	12:00	300	15,9994	3,8399	78,1279	102,6115	
P3	P6404126	01-dic-20	12:55	16:55	300	16,3257	3,9182	76,5663	101,2562	148,4343
	P6404106	09-dic-20	7:12	11:12	600	16,6002	3,9841	150,6005	195,6125	
P4	P6404138	30-nov-20	12:51	16:51	300	16,6698	4,0008	74,9859	100,1903	117,7778
	P6404103	07-dic-20	11:58	15:58	400	16,3663	3,9279	101,8351	135,3653	
P5	P6404127	02-dic-20	11:58	15:58	500	16,0128	3,8431	130,1042	170,8479	135,0137
	P6404105	08-dic-20	11:54	15:54	300	16,4414	3,9459	76,0275	99,1794	
P6	P6404104	08-dic-20	7:32	11:32	500	16,5435	3,9705	125,9303	163,0651	163,0651



## 8.10 Resultados de Material Particulado PM<sub>2,5</sub>

- Pesaje y Estabilización de Muestras

Estación	Código	Papel sin Muestra Estabilizado					Papel con Muestra Estabilizado				
		Fecha	Hora	Temperatura °C	Humedad %	Masa g	Fecha	Hora	Temperatura °C	Humedad %	Masa g
P1	P6404129	20-nov-20	10:30	18,7	22	0,1405	26-nov-20	10:00	17,5	42	0,1410
	P6443697	02-dic-20	10:25	18,5	24	0,1388	07-dic-20	10:05	18,3	34	0,1392
P2	P6404135	23-nov-20	11:15	19,5	22	0,1404	27-nov-20	11:05	18,6	38	0,1414
	P6404134	27-nov-20	10:40	18,2	22	0,1407	02-dic-20	10:43	19,5	43	0,1411
P3	P6404130	24-nov-20	10:28	18,7	27	0,1416	30-nov-20	9:25	17,8	25	0,1420
	P6404101	04-dic-20	8:50	18,2	22	0,1433	09-dic-20	11:43	21,4	22	0,1436
P4	P6404131	25-nov-20	10:15	22,8	22	0,1427	30-nov-20	9:50	18,7	33	0,1432
	P6443698	03-dic-20	9:30	18,4	22	0,1406	07-dic-20	10:15	18,5	39	0,1410
P5	P6404128	19-nov-20	9:30	18,3	25	0,1412	25-nov-20	10:30	23,3	40	0,1418
	P6443700	04-dic-20	8:53	18,2	25	0,1404	09-dic-20	11:46	21,5	26	0,1410
P6	P6404136	24-nov-20	10:25	18,6	22	0,1405	27-nov-20	11:10	18,6	40	0,1409
	P6443699	03-dic-20	9:35	18,4	26	0,1426	09-dic-20	11:50	21,7	29	0,1436



- **Concentraciones de PM<sub>2,5</sub>**

Punto de Medición	Código Papel Filtro	Fecha Monitoreo	Hora Inicio	Hora Final	Masa Muestra	Caudal		Concentración Observada	Concentración Corregida	Concentración Media
					µg	L/min	m <sup>3</sup> /4 horas	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>	µg/m <sup>3</sup>
<b>P1</b>	P6404129	23-nov-20	10:08	14:08	500	15,9998	3,8400	130,2100	172,4518	155,3815
	P6443697	03-dic-20	8:10	12:10	400	15,9992	3,8398	104,1719	138,3112	
<b>P2</b>	P6404135	24-nov-20	8:43	12:43	1000	15,9996	3,8399	260,4232	340,6523	238,1339
	P6404134	28-nov-20	8:23	12:23	400	16,0676	3,8562	103,7284	135,6154	
<b>P3</b>	P6404130	25-nov-20	8:05	12:05	400	15,4163	3,6999	108,1110	139,9085	119,7003
	P6404101	05-dic-20	7:42	11:42	300	16,3271	3,9185	76,5596	99,4921	
<b>P4</b>	P6404131	25-nov-20	12:56	16:56	500	16,2588	3,9021	128,1359	169,7084	152,4906
	P6443698	03-dic-20	12:45	16:45	400	16,3257	3,9182	102,0884	135,2728	
<b>P5</b>	P6404128	20-nov-20	9:20	13:20	600	15,3840	3,6922	162,5061	212,3466	207,1794
	P6443700	04-dic-20	11:47	15:47	600	16,3416	3,9220	152,9835	202,0121	
<b>P6</b>	P6404136	24-nov-20	13:44	17:44	400	16,3673	3,9282	101,8288	133,0695	242,6606
	P6443699	04-dic-20	7:37	11:37	1000	15,4612	3,7107	269,4920	352,2517	



## 8.11 Resultados de Ruido

- Niveles de Presión Sonora en Área de Producción**

Puntos Monitoreo	Ruido Total dB (A)				Ruido Residual dB (A)	Factor de corrección (Kr)	Ruido Específico LKeq dB (A)
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media			
P1	78,26	78,06	79,62	78,65	52,63	0,0109	78,64
P2	70,59	78,53	78,93	76,01	53,78	0,0260	75,99
P3	83,70	86,91	88,02	86,21	56,44	0,0046	86,21
P4	73,60	70,04	67,85	70,50	51,58	0,0561	70,44
P5	79,44	77,65	77,90	78,33	58,28	0,0432	78,29
P6	86,53	87,84	81,52	85,30	55,16	0,0042	85,29

\*Número de datos por muestra: 241

\*\*Tiempo de monitoreo por muestra: 1 hora

- Niveles de Presión Sonora en Retiro Frontal**

Puntos Monitoreo	Ruido Total dB (A)				Ruido Residual dB (A)	Factor de corrección (Kr)	Ruido Específico LKeq dB (A)
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Media			
P1	68,65	65,56	68,16	67,46	52,63	0,1455	67,31
P2	60,78	63,42	64,18	62,79	53,78	0,5821	62,21
P3	69,86	71,63	72,86	71,45	56,44	0,1393	71,31
P4	58,90	56,84	57,22	57,65	51,58	1,2306	56,42
P5	66,69	64,56	68,77	66,68	58,28	0,6789	65,99
P6	69,08	71,76	70,07	70,30	55,16	0,1350	70,17

\*Número de datos por muestra: 241

\*\*Tiempo de monitoreo por muestra: 1 hora