

**ANALISIS DE LA ASOCIACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA Y  
TRÁFICO VEHICULAR EN LOS ALREDEDORES DE LA CLINICA SANTA  
MARIA DE LA CIUDAD DE SINCELEJO – SUCRE.**

**Autor**

**Andrés Alfonso Ramos Orozco**

**Proyecto de Grado para optar al título de  
Magister en Ingeniería Ambiental**

**Tutor**

**Dayana Agudelo Castañeda, PhD**

**Maestría en Ingeniería Ambiental  
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental  
Universidad del Norte**

**2019**

## **Dedicatoria**

En reconocimiento al esfuerzo y dedicación de mi Familia.

## **Agradecimientos**

A Dios Padre creador por guiarme en este camino lleno de mucho aprendizaje.

A mi Esposa Alexandra Duran por su amor y su apoyo incondicional.

A la Ingeniera Dayana Agudelo por su apoyo, asesoría y dedicación puesta para la materialización de este proyecto, todos sus conocimientos fueron muy importantes para el desarrollo de este proyecto.

A los Ingenieros Carlos Pacheco, Aymer Maturana y German Rivillas, todas sus recomendaciones y observaciones fueron de utilidad para la culminación de este proyecto.

A los ingenieros Sebastian Rugeles, Tomas Oliveros, Alessandra Franco y demás compañeros y colegas por sus aportes significativos que fueron clave para el desarrollo de este proyecto. De igual forma a todos esos familiares y amigos que de una u otra forma colaboraron en alcanzar cada una de las metas planteadas.

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN .....	13
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
3.	JUSTIFICACIÓN .....	16
4.	OBJETIVOS .....	19
4.1.	General .....	19
4.2.	Específicos .....	19
5.	ESTADO DEL ARTE.....	20
5.1.	Ambito Nacional .....	20
5.2.	Ambito Internacional .....	23
6.	MARCO NORMATIVO Y LEGAL .....	27
7.	MARCO CONCEPTUAL .....	30
7.1.	El Ruido .....	30
7.2.	Ruido Por tránsito Vehicular .....	33
7.3.	Generalidades de la Audición .....	36
7.3.1.	Efectos del ruido en la salud .....	37

7.4.	Control y prevención del ruido .....	39
7.5.	Métodos de interpolación.....	40
7.5.1.	Método de interpolación IDW .....	41
7.5.2.	Métodos de interpolación Kriging .....	42
7.5.3.	Métodos comparativos de interpolación .....	43
8.	METODOLOGÍA.....	45
8.1.	Tipo de Investigación.....	45
8.2.	Instrumentación.....	46
8.3.	Metodología en campo.....	48
8.3.1.	Características de la Medición .....	51
8.3.2.	Metodología de conteo.....	54
8.4.	Área de estudio .....	58
8.5.	Análisis de datos .....	63
9.	RESULTADOS.....	69
9.1.	Variabilidad espacio-temporal de emisión de ruido .....	75
9.2.	Interpretación estadística de los resultados.....	80
9.3.	Asociación entre tráfico vehicular y ruido.....	80

9.3.1.	Correlación entre ruido y flujo vehicular .....	82
9.3.2.	Análisis de perfiles del número de motos en los diferentes puntos. ....	87
9.4.	Estrategias de Control y Mitigación .....	91
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	95
11.	BIBLIOGRAFÍA .....	97
12.	ANEXOS .....	105
12.1.	Anexo 1. Cálculos Emisión de ruido diurno para los días 26, 27, 28, 29 y 30 de Noviembre de 2019.....	105

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Aspectos internacionales en materia de Ruido .....	24
Tabla 2 Niveles de presión sonora permitidos a nivel internacional de acuerdo con la sectorización .....	26
Tabla 3. Estándares máximos permisibles de ruido ambiental en Colombia .....	29
Tabla 4 Clasificación de Ruido.....	31
Tabla 5 Variables consideradas fuentes de ruido vehicular.....	35
Tabla 6 Diferencia metodológica métodos de interpolación mapas de ruido.....	44
Tabla 7. Ficha técnica del Sonómetro QUEST Sound Pro II .....	47
Tabla 8. Distribución de tiempos de medición y espera.....	53
Tabla 9. Tipos de vehículos que circulan en las vías aledañas a la Clínica Santa María, Sincelejo.....	55
Tabla 10. Variables meteorológicas.....	56
Tabla 11. Datos en crudo de velocidad del viento .....	57
Tabla 12. Descripción y ubicación de los puntos de muestreo emisión de ruido. ....	60
Tabla 13. Medición Punto 1, 2 Calle 17 con carrera 23 (Entrada Principal Clínica Santa María).....	62
Tabla 14. Medición Punto 3 y 4 Calle 17 con carrera 22 (Zona consultorios médicos)...	62
Tabla 15. Medición Punto 5 y 6. (Entrada urgencias Clínica Santa María) .....	63
Tabla 16. Cálculo de Incertidumbre sonómetro QUEST.....	67
Tabla 17. Emisión de ruido (dB) diurno 26/10/2019.....	69
Tabla 18. Emisión de ruido (dB) diurno 27/10/2019.....	70
Tabla 19. Emisión de ruido (dB) diurno 28/10/2019.....	71
Tabla 20. Emisión de ruido diurno (dB) 29/10/2019.....	72
Tabla 21. Emisión de ruido diurno (dB) 30/10/2019.....	73
Tabla 22. Identificación y descripción de las fuentes de ruidos .....	75
Tabla 23. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 26/10/2019 .....	76

Tabla 24. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 27/10/2019 .....	77
Tabla 25. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 28/10/2019 .....	77
Tabla 26. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 29/10/2019 .....	78
Tabla 27. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 30/10/2019 .....	79
Tabla 28. Comparativos de los métodos de interpolación, según los hallazgos .....	79
Tabla 29. Datos estadístico variabilidad espacial de ruido .....	80
Tabla 30. Cálculo del Tráfico y emisión de presión sonora .....	82
Tabla 31. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk.....	83
Tabla 32. Coeficientes de correlación de Pearson y Significancia de la prueba de hipótesis .....	84
Tabla 33. Coeficientes de correlación de Rho de Spearman y Significancia de la prueba de hipótesis .....	84
Tabla 34. Propuesta de Estrategias de Control y Mitigación.....	94
Tabla 35. Cálculos Emisión de ruido diurno (26/10/2019).....	105
Tabla 36. Cálculos Emisión de ruido diurno (27/10/2019).....	107
Tabla 37. Cálculos Emisión de ruido diurno (28/10/2019).....	109
Tabla 38. Cálculos Emisión de ruido diurno (29/10/2019).....	111
Tabla 39. Cálculos Emisión de ruido diurno (30/10/2019).....	113

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Oído humano; componentes del aparato periférico.....	37
Figura 2. Efectos del Ruido en la salud humana.....	39
Figura 3 Vecindad de IDW del punto seleccionado .....	41
Figura 4 Cálculo de la diferencia cuadrada entre las ubicaciones asociadas .....	43
Figura 5. Equipos de monitoreo de ruido.....	47
Figura 6. Ubicación del sonómetro según Resolución 627 de 2006- Emisión de ruido...	51
Figura 7. Rosa de vientos.....	57
<b>Figura 8.</b> Localización municipio de Sincelejo. ....	59
Figura 9. Ubicación puntos de monitoreo emisión de ruido.....	61
Figura 10. Etapas a seguir para el cálculo de la incertidumbre .....	64
Figura 11. Diagrama de Ishikawa con entradas para cálculo de la incertidumbre .....	65
Figura 12. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 26/10/2019 .....	69
Figura 13. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 27/10/2019 .....	70
Figura 14. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 28/10/2019 .....	72
Figura 15. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 29/10/2019 .....	73
Figura 16. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 30/10/2019 .....	74
Figura 17 Comparativo de máximos de ruido emitido durante semana y fin de semana.	81
Figura 18 Comparativo de máximos de ruido emitido durante semana y fin de semana .	81
Figura 19 Análisis de Perfiles de Motos por días .....	87
Figura 20 Diagrama de cajas por días para el numero de motos. ....	88

## LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1.....	48
Ecuación 2.....	67

## RESUMEN

La contaminación acústica proviene de diferentes fuentes, pero el tráfico rodado ha sido identificado como la fuente principal de ruido ambiental en las ciudades. La OMS (Organización Mundial de la Salud) ha considerado los efectos de la contaminación acústica en la salud humana como el tercer tipo de contaminación más peligroso. Dado sus efectos en la salud, es de vital importancia estudiar los niveles de este contaminante en zonas con hospitales que cuentan con pacientes que se encuentran en proceso de recuperación. De esta manera el objetivo de esta investigación fue estudiar la asociación entre ruido emitido por el tráfico vehicular en vías en la zona hospitalaria Santa María (Clínica Santa María y centros médicos) ubicados en la ciudad de Sincelejo, Departamento de Sucre. Las mediciones fueron realizadas al costado de las vías en la zona Hospitalar (< 1,5 m) usando un sonómetro tipo II calibrado a 1,2 m del piso durante días hábiles y no hábiles en seis (6) puntos de la zona; además de hacer los conteos vehiculares. Los resultados obtenidos muestran que los límites permisibles fueron sobrepasados en todas las mediciones. Adicionalmente, se obtuvieron correlaciones entre tráfico vehicular y ruido. Los resultados fueron analizados con el propósito de proponer estrategias de control y minimización del impacto ambiental por el ruido emitido del tráfico.

**PALABRAS CLAVES:** Ruido, emisión, hospital, tráfico vehicular.

## **ABSTRACT**

Noise pollution comes from different sources, but road traffic has been identified as the main source of environmental noise in cities. The WHO (World Health Organization) has considered the effects of noise pollution on human health as the third most dangerous type of pollution. Given its effects on health, it is vital to study the levels of this contaminant in areas with hospitals that have patients who are in the process of recovery. In this way, the objective of this research was to study the association between noise emitted by vehicular traffic on roads in the Santa María hospital area (Santa Maria Clinic and medical centers) located in the city of Sincelejo, Department of Sucre. The measurements were made kerbside of the roads in the Hospital zone (<1.5 m) using a type II sonometer at 1.2 m from the floor, during working and non-working days at six (6) points in the area. In addition, vehicle counts were made. Results show that the permissible limits were exceeded in all measurements. Additionally, correlations between vehicular traffic and noise were obtained. The results were analyzed with the purpose of proposing control strategies and minimization of environmental impact due to the noise emitted from traffic.

**KEYWORDS:** Noise, emission, hospital, vehicular traffic.

## 1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, el problema del ruido urbano ha ganado gran atención, gracias al crecimiento desmedido de las ciudades, poniendo al ciudadano bajo una creciente incomodidad acústica (Diniz & Zannin, 2005), no solo en su entorno laboral sino también dentro de sus propios hogares; hecho que se agrava por el crecimiento del tráfico urbano. La forma en como el problema es tratado variará dependiendo de factores como el país, su cultura, economía y política; sin embargo, se continúan destinando numerosos recursos para regular, evaluar y controlar las fuentes de ruido (Echeverri & González, 2011).

Villalobos (2016) describe el ruido como cualquier sonido que causa subjetiva molestia e irritación, además de constituirse en un estímulo desagradable para las personas. Se establece entonces, como una de las problemáticas ambientales que más afectan a la población de forma directa, causando problemas auditivos y extra auditivos (Alcaldía Bogotá, s.f.); dada su condición de ser el contaminante más barato de producir y de necesitar muy poca energía para ser emitido (Martínez, 2005).

Por otra parte, dentro del crecimiento urbanístico, se han establecido centros hospitalarios, que requieren de un control estricto del ruido, toda vez que éste generará en el paciente, afecciones serias a diferentes niveles, las cuales según Mendoza, Roque y Moncada (1996), Villalobos (2016), Lara (2016), entre otros autores; incluyen el sistema nervioso y musculatura voluntaria, disminución de la motilidad gastrointestinal, así como también la liberación de adrenalina y noradrenalina, disminución del sueño, entre otras. Se constituye entonces, al ruido como factor influyente en la atención y nivel de confort del paciente críticamente enfermo.

En la ciudad de Sincelejo, localización del objeto de estudio, las fuentes móviles de ruido, tales como el tráfico rodado y perifoneo aportan alrededor del 60% de la contaminación auditiva; en tanto que las fuentes fijas como los establecimientos de comercio abiertos al

público, construcciones, entre otras, constituyen el 40% restante. Dado entonces que las principales unidades hospitalarias de la ciudad se encuentran dentro de la zona centro, caracterizada por el alto grado de circulación tanto vehicular como peatonal, el incremento de los niveles de decibeles en la zona, se produce de manera significativa, gracias a la sobreposición de las ondas sonoras y enmascaramiento del sonido, lo que implica sonidos más fuertes que el que se perciben en el ambiente, aumentando los niveles de presión sonora.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo investigativo fue estudiar la asociación entre ruido emitido por el tráfico vehicular en la zona hospitalaria donde opera la Clínica Santa María de la ciudad de Sincelejo; mediante técnicas estadísticas y análisis de la variabilidad espacial como Kriging e IDW (*Inverse Distance Weighting*). Esto con el propósito de proponer estrategias de control y minimización del impacto ambiental por el ruido emitido del tráfico.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Barla (citado por Restrepo, Quintana, Rovira, & Sierra, 2015) define el ruido como un sonido indeseable que afecta la audición, generando trastornos en la salud como dolores de cabeza, náuseas, tensión muscular, insomnio, cansancio, problemas de concentración y nerviosismo. La problemática que genera el ruido es tal, que desde el siglo pasado como consecuencia de la revolución industrial, del desarrollo de nuevos medios de transporte y del crecimiento de las ciudades, se comienza a darle importancia al problema de la contaminación acústica urbana (Colque, 2018). Su afectación permea la calidad de vida de los ciudadanos y, los efectos económicos negativos que implica lejos de reducirse, se incrementan con el paso de los años (Pérez, s.f.).

La ciudad de Sincelejo, Sucre, presenta un crecimiento exponencial de la urbe, a la par del crecimiento del fenómeno ilegal del mototaxismo; que se ha traducido en el aumento del ruido, especialmente en la zona centro. De acuerdo con estadísticas oficiales, la circulación de motocicletas en Sincelejo pasó de 1.100 motocicletas en sus inicios en el año 2002, a 30.000 motocicletas para el año 2016 (Contraloría Municipal de Sincelejo, 2018). Este ruido producido por el tráfico es función de un gran número de variables, unas propias de las características de la calzada y del entorno por el que discurre, y otras propias de los vehículos (Delgado & Martínez, 2015). El indicador más usado y el que utilizan las legislaciones sobre ruido en las ciudades es el Nivel Sonoro Continuo Equivalente (LAeq,T) expresado en decibeles (Morales & Fernandez, 2012); sin embargo, se debe estudiar la variabilidad espacial y temporal de este contaminante (Sánchez, 2011).

Tras el anterior planteamiento, se formuló la siguiente pregunta de investigación:

¿Existe asociación entre los niveles de presión sonora y tráfico vehicular en la Clínica Santa María en la Ciudad de Sincelejo, Sucre?

### 3. JUSTIFICACIÓN

Debido a los efectos a corto, mediano y largo plazo que tiene sobre la salud humana, el ruido se ha convertido actualmente en un problema de alta relevancia y atención a nivel mundial, y una de sus principales causantes viene dado como resultado de la continua urbanización, a la par del constante crecimiento del sector transporte (Eriksson, Nilsson, & Pershagen, 2013). Por otra parte, los hospitales son, en definición de Malagón-Londoño, Morera y Laverde (2008), estructuras físicas y funcionales que posibilitan el desarrollo de una atención primaria de salud coordinada, integral, permanente y continua en sus componentes de promoción, prevención y recuperación a problemas de salud, procurando el bienestar físico y mental de la persona-paciente. Dada a esta función específica, la normatividad internacional y colombiana consideran las zonas en donde están localizados los hospitales como zonas de mayor cuidado con respecto a las afectaciones por contaminación de ruido, ya que produce retardos en los procesos de recuperación e incluso llega a agudizar los problemas de salud (Fernández, 2011). Como estructuras físicas, se construyen bajo rasgos de planificación de reducción de emisiones sólidas, líquidas, gaseosas y de ruido; éste último buscando la disminución al mínimo posible la generación de ruido en el interior de la edificación y garantizando que el nivel de ruido externo emitido no supere el propio ruido interno de las áreas (Vélez, 2015).

Es así como el análisis espacial del ruido, se ha constituido en un instrumento esencial para la caracterización del grado de contaminación acústica en las ciudades y la generación de planes de mitigación sonora (Murillo, Ortega, Carrillo, Pardo, & Rendón, 2012); orientando la toma de decisión por parte de los entes gubernamentales en relación a la planificación territorial.

Para el año 2005, estudios de la Organización Mundial de la Salud –OMS, han permitido estimar que en el mundo existían aproximadamente 120 millones de personas con dificultades auditivas invalidantes y que aproximadamente 500 millones de personas sufren

por los altos niveles de ruido en todo el mundo (Martínez, 2005). Solo en Colombia, se perdieron para el año 2015, alrededor de 165 mil Años de Vida Saludables por afecciones auditivas, cifra solamente superada por los factores de riesgo ocupacional generadores de lesión y de los relacionados con material particular (MinSalud, 2016).

Gómez (2007) citando el estudio realizado por la OMS, explica que una persona que se someta a un ruido poco intenso durante una larga exposición puede provocar importantes problemas en su salud, más aun cuando el ruido es por tráfico, las afectaciones se cuentan como tensión arterial, aumento de adrenalina en sangre, plaquetas, cortisol y otro tipo de sustancias relacionadas con la respuesta del denominado sistema reticular arousal (RAS), el estrés, entre otras (Recio, y otros, 2016). Por otra parte, el contenido normativo respecto a la regulación del ruido es observado por Lara (2016) como una tarea pendiente en los hospitales y en áreas críticas. Sincelejo, ciudad capital del departamento de Sucre situada al norte de Colombia, que según datos del Plan de Desarrollo 2016-2019 cuenta con un estimado de población urbana de 273.209 habitantes, expuestos a las fuentes móviles y fijas de contaminación auditiva. En la zona centro de la ciudad se ubican las principales unidades hospitalarias con que cuenta Sincelejo, lo cual las expone por la alta circulación del parque automotor, peatonal y comercial, al incremento significativos de los niveles de decibeles.

La pertinencia del presente estudio mismo recae en el hecho de que no se registra en la literatura, un trabajo que estructure estudios de ruidos para la ciudad de Sincelejo, y mucho menos cuál es el grado de exposición que sufre la comunidad hospitalaria de la Clínica Santa María en la ciudad de Sincelejo, Sucre. De acuerdo con lo anterior, se hace relevante el estudio de la asociación entre el ruido y el tráfico de las vías dentro de una zona Hospitalar, y por lo tanto el grado de exposición a los que son sometidos los pacientes diariamente. Su evaluación debe apuntar entre otras cosas a la creación de política pública que permita el control de la contaminación por ruido en la ciudad, gracias a las afectaciones negativas a la salud física, psíquica y ser uno de los determinantes del

deterioro de la calidad de vida de los sincelejanos y usuarios de la clínica, con el fin ultimo de recomendar acciones que permitan reducir y/o prevenir los impactos sobre la salud de la población hospitalaria.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. General**

Estudiar la asociación entre los niveles de presión sonora y tráfico vehicular en la Clínica Santa María en la Ciudad de Sincelejo, Sucre.

### **4.2. Específicos**

- Estudiar la variación espaciotemporal del ruido a escala local dentro de un entorno Hospitalar urbano cerca de una vía muy transitada mediante el uso de los métodos de interpolación Kriging e IDW (*Inverse Distance Weighting*).
- Evaluar la relación entre los niveles de presión sonora y el tráfico vehicular en la zona Hospitalaria Clínica Santa María.
- Proponer estrategias de control para la minimización del impacto ambiental que causa el ruido en las diferentes zonas hospitalarias de la Ciudad de Sincelejo.

## **5. ESTADO DEL ARTE**

### **5.1. Ambito Nacional**

A nivel Nacional, y como lo ha definido la Ley 99 de 1993 con la creación del SINA, autoridades ambientales de las diferentes ciudades están encargadas de velar por la calidad ambiental y desarrollar los estudios y actividades necesarias para el cumplimiento de ello. En materia de ruido se han realizado inversiones para la adquisición de equipos de medición; inversiones que ascienden a 182 millones de pesos. Es del caso mencionar que la gran mayoría de actividades en materia de ruido se están realizando como respuesta a las quejas de la comunidad.

En la ciudad de Bogotá, solo 4 de las 19 Localidades no presentan contaminación por Ruido. En el periodo diurno la zona residencial, comercial e industrial presenta los siguientes promedios de emisión de ruido 68, 76 y 70dB Leq respectivamente, mientras que en el horario nocturno la zona residencial registra 38dB, la zona comercial 42 y la zona Industrial 45dB Leq (CAR, 2007).

Se han desarrollado actividades y campañas en materia de ruido a nivel nacional, a continuación, se presenta una breve descripción de estas actividades y los resultados obtenidos:

- En el 2003 se adelantó en San Juan de Pasto evaluación de los niveles de presión sonora en sectores comerciales obteniendo valores que oscilan entre 69 y 85 dB
- En la ciudad de Pereira se llevó a cabo en el año 2002, la campaña “señor Conductor pare” con el ánimo de concienciar a los conductores y a la comunidad en general del daño que se causa con la emisión de ruido, así como reglamentar el volumen de radios y equipos.

- En el año 2005 se adelantó en la ciudad de Popayán una campaña educativa para el control de ruido generado por vehículos de servicio público, se informó a los conductores de la prohibición respecto a la instalación de dispositivos o accesorios diseñados para producir ruido tales como válvulas, resonadores y pitos, adaptados a los sistemas de frenos de aire
- En Valledupar se adelantó en el año 2000, una campaña de control de ruido y gases de combustión vehicular, que comprendió tres fases: información y educación, proceso de reconversión a los infractores y sanción
- En Villavicencio el tráfico vehicular, el perifoneo y uso de alto parlantes y la venta de rifas en esquinas unido a la música en discotecas, bares, estaderos, cafeterías, promociones comerciales en almacenes con altoparlantes y equipos de construcción entre otras son las principales fuentes de contaminación sonora.
- En la zona urbana de Tulúa la Corporación del Valle del Cauca –CVC, realizó un diagnóstico y zonificación de la contaminación por ruido ambiental, concluyendo que ninguna zona receptora del área urbana daba cumplimiento a la Resolución d8321 de 1983, por causa de factores como la tasa de crecimiento vehicular, la falta de educación ambiental en el tema y la inadecuada planificación urbano-acústica del municipio.

En Cali, el ruido es uno de los principales problemas de contaminación ambiental, entre el 60% y el 70% de los establecimientos superan los decibeles permitidos, los pitos de automotores incrementan la perturbación. Se han realizado operativos en discotecas, bares, restaurantes, licorerías, almacenes, además de los espectáculos feriales como la cabalgata, la inauguración de la Feria, los conciertos en el estadio, las actividades en el Parque de la Música, la Calle de la Feria, entre otros, lo cual ha dado paso al inicio de procesos sancionatorios. Se realizan también campañas de control sobre el ruido, cada martes en la sede del DAGMA, a través de continuos comerciales de televisión, radio, afiches en paraderos y transporte urbano, así como de repetidos anuncios en medios impresos (CAR, 2007).

La Corporación Autónoma Regional de La Guajira –Corpoguajira cuenta con información sobre mediciones y evaluación de los niveles de ruido en el área urbana de Riohacha que permite marcar pautas básicas para la iniciación de lineamientos normativos y del conocimiento sobre el ruido en ciertos sectores del área urbana de Riohacha. Se establece que el 25% de la población total se queja de contaminación por ruido. Como resultado de dicho estudio se estableció que para el año 2003 el sector comercial de Riohacha no daba cumplimiento a la Resolución 8321/83, ni al Decreto 948 debido al uso de altoparlantes y amplificadores en zonas de uso público y los instalados en sitios privados, generan ruido que trasciende al medio ambiente (CAR, 2009).

En enero de 2003 se realizó un estudio en donde se inició el levantamiento de información para la elaboración de mapas de ruido, basados en las mediciones y evaluación de los niveles de ruido en el área urbana del municipio, logrando establecer que es necesario seguir realizando las mediciones y evaluaciones de ruido en el área urbana del municipio. Como resultado del estudio se pudieron identificar que el Callejón de las Brisas, el Estadero-Bar Iguanna Wanna son los puntos más críticos de la ciudad.

Medellín no dispone de un Plan de Monitoreo y Seguimiento de la contaminación por ruido. De acuerdo con mediciones de ruido realizadas en el año 2000 por la firma Publik Informadores, se establece que Medellín se consolida como una ciudad muy ruidosa (América, Belén y la Candelaria son las comunas con registros superiores en niveles de presión sonora), al compararla con los registros de niveles de presión sonora de otras ciudades de Colombia (Alcaldía de Medellín). Adicionalmente se destaca dentro de los principales resultados que los niveles más altos de ruido son producidos por el tráfico vehicular que circula por vías como la Calle 67 (Barranquilla), la carrera 55 (Avenida Alfonso López o Del Ferrocarril) y por la carrera 62 (Avenida Regional) (Yepes, Sánchez, & Jaramillo, 2009).

## **5.2. Ambito Internacional**

Hoy en día, en los países de la Unión Europea, la contaminación acústica es uno de los mayores problemas ambientales de la vida urbana y, sin duda, una de las causas más importantes de la disminución de la calidad de vida. En las últimas décadas, este fenómeno acústico y sus problemas asociados se han vuelto cada vez más preocupantes, no solo en entornos urbanos densamente poblados con flujos de tráfico elevados, sino también en infraestructuras especiales (aeropuertos, pistas de carreras, áreas industriales) cuyas actividades producen naturalmente altos niveles de presión de sonido (Dardanelli, 2017).

En relación con las diferentes experiencias de medición de ruido Ambiental a nivel Internacional puede establecerse que existe un gran número de técnicas diferentes para su medición; están en función del tiempo de medición relacionados a factores según las necesidades de cada proyecto y condiciones de la medición. Por ejemplo en el año 1961 en Londres durante 24 horas se hizo medición de dos minutos por cada hora obteniendo valores de L10 (A) y L90(A). En Vancouver se trabajó sobre una zona de 56.000 puntos utilizando 10.000 seleccionados al azar; toma de muestras de 15 segundos sobre intervalos de 3 a 5 minutos calculando los valores de L10 y L90. Otro ejemplo diferente lo constituyen las mediciones realizadas en 1991 en España: 50 puntos de 7 ciudades con mediciones a nivel del suelo, de un tercer piso y pisos más elevados para establecer los niveles de ruido a diferentes alturas; se obtuvo los índices Leq, L1, L10, L50, L95 y L99. Estas y otros estudios de medición han permitido el aporte de respuestas a las necesidades definidas en diferentes países del mundo (CAR, 2009).

Es del caso mencionar que países como Chile, Perú en América Latina y países de la Unión Europea han adelantado diferentes acciones para el desarrollo de planes de prevención y descontaminación por ruido. En el cuadro siguiente se presenta en términos generales las acciones desarrolladas en materia de ruido por tales países (CAR, 2009).

Tabla 1 Aspectos internacionales en materia de Ruido

País	Aspecto Desarrollado
Chile	<p>Elaboración de la Norma de emisión de ruido generados por actividades de construcción</p> <p>Norma de Ruido para vehículos livianos, medianos y motocicletas.</p> <p>Normas de emisión de ruido de los buses de locomoción colectiva urbana y rural</p> <p>Mayor exigencia con las tecnologías de los buses nuevos</p> <p>Prohibición de bocinas de aire comprimido.</p> <p>Propuesta de ordenanza Municipal modelo sobre Ruidos molestos, para prevenir y controlar problemas de ruido locales en el ámbito comunitario</p> <p>Norma que regula los ruidos de las fuentes fijas (discotecas, industrias, talleres, etc.)</p> <p>Normalización para el aislamiento mínimo que tienen que poseer las viviendas. Medición de la percepción de la comunidad frente a niveles de ruido en Iquique, Valparaíso y Temuco</p> <p>Programa con los lineamientos básicos para el control y prevención de la contaminación acústica</p> <p>Estudios: Ruido de Buses de Locomoción Colectiva, Ruido de Actividades de Construcción, Ruido de los Vehículos Nuevo, Ruido de Carreteras y Autopistas, Vibraciones</p>
Perú	<p>Inicio en el desarrollo de lineamientos basados en planificación urbana, hábitos de la población, promoción de tecnologías, priorización de acciones en zonas críticas de contaminación sonora y zonas de protección especial, racionalización del transporte. Lo anterior con el ánimo de implementar planes de prevención y descontaminación de ruido en Perú</p>
España	<p>En cuanto al marco constitucional, podemos encontrar referencias directas relacionadas con la protección frente al ruido en la Constitución española en los artículos 45 (derecho a disfrutar de un medio ambiente adecuado) y 43 (derecho a la protección de la salud). Ruiz de Apodaca Espinosa (2004:88, citando a otros autores) señala, además, otras referencias constitucionales: en el Preámbulo cuando dice “digna calidad de vida”, el artículo 40.2 (seguridad e higiene en el trabajo), el artículo 51 (protección de la seguridad y la salud de los consumidores y usuarios1086) y el artículo 47 (derecho a disfrutar de una vivienda digna).</p> <p>También algunos derechos fundamentales pueden verse afectados por el ruido: el derecho a la integridad física y moral (artículo 15), el derecho a la intimidad personal y familiar y a la inviolabilidad del domicilio (artículo 18). El artículo 10.1 es otro precepto constitucional a tener en cuenta, en la medida en que el ruido “impida o dificulte gravemente el libre desarrollo de la personalidad”, pero aunque sea “un valor transversal esencial, se trata de un enunciado que no incorpora por sí mismo un derecho fundamental, por lo que sólo puede ser conjugado en amparo en conexión con un derecho que sí tenga ese carácter” (Martín Morales, et al. 2004:160).</p>

País	Aspecto Desarrollado
Unión Europea	<p>La actual política de la Unión Europea se centra en la necesidad de contar con información acústica y desarrollar educación ambiental a todo nivel. Se aborda el ruido desde la coordinación de métodos de validación de niveles de ruido, el intercambio de información entre países miembros, la elaboración de mapas de ruido e información pública sobre las causas que se derivan ante diferentes exposiciones.</p> <p>El Libro Verde de la Comisión de las Comunidades Europeas establece la obligación de un estudio de impacto ambiental que considere la contaminación por ruido de los proyectos públicos y privados, con el fin de establecer normas que señalen valores límites para las emisiones, integración de los costos del ruido a través de financiación comunitaria y elaboración de una legislación comunitaria sobre controles técnicos.</p> <p>Adicionalmente la Unión Europea ha venido aplicando medidas para mitigar y evaluar el ruido en diferentes aspectos: medidas infraestructurales como el revestimiento poroso a las calzadas de bajo nivel de ruido; utilización de aspectos económicos como impuestos, la tasa de ruido para financiación del aislamiento alrededor de los aeropuertos e incentivos económicos, que en Alemania y Países Bajos han sido utilizados bajo la forma de subvenciones para comprar vehículos de transporte de mercancías con bajos niveles de ruido ; procedimientos operativos como restricción en uso de vehículos y productos ruidosos, apoyo comunitario a la investigación sobre la reducción del ruido mediante actividades de medición de ruido y vibraciones, reducción del ruido de los equipos, investigación para probar efectos en la gestión del tráfico rodado y finalmente información y educación a la comunidad.</p>

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca Mapa de Ruido Municipio de Girardot Cundinamarca, 2009

La información que se presenta en la Tabla No 2 puede establecerse que a nivel internacional el país y/o Institución más restrictivo en razón de los niveles de presión sonora permitidos en el Sector de Tranquilidad y Silencio es la Organización Mundial de la salud con 30 dB. Sin embargo, Ecuador y Castilla y León presentan los niveles permisibles más restrictivos en comparación con los demás países. En el horario nocturno se suma Chile con 35 dB. En el Sector B. tranquilidad y Ruido Moderado en la zona Residencial se mantiene un nivel de 55 a 65, Venezuela, Castilla y León y Andalucía están en el mismo nivel de restricción con la Organización Mundial de la salud (55 dB en el horario diurno). El Sector C. Ruido restringido. En la zona Industrial en el horario diurno Perú se consolida como el país menos restrictivo, en el horario nocturno Venezuela exige 50 dB, muy por debajo de los dB exigido por los demás países analizados.

Tabla 2 Niveles de presión sonora permitidos a nivel internacional de acuerdo con la sectorización

País o Entidad	Sector A. Tranquilidad y Silencio		Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado						Sector C. Ruido Restringido						Sector D. Zona suburbana o rural de tranquilidad y ruido moderado					
	Hospitales, bibliotecas		Residencial		Universidad		Parques		Industrial		Comercial		Oficinas		Institucional		Residencial		Rural Habit.	
	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche	Día	Noche
<b>OMS</b>	30 dB, Lmax rápido 40dB		55	45	35/55		50/55		70*	70*	70*	70*					55		55	
<b>Andalucía</b>	55	40	55	45	55	40	55	40	70	60	65	55	65	55	65	55				
<b>Argentina</b>	60	50	65	50	60	50			75	70	70	60	65	60						
<b>Castilla y León</b>	45	35	55	45	55	45	55	45	70	55	65	55	55	45	55	45				
<b>Chile</b>	55	35	60	50	55	45	55	45	70	70	65	55	65	55						
<b>Ecuador</b>	45	35	50	40	45	35	50	40	70	65		50/55	60	50						
<b>España</b>	55	45	65	55	55	45	55	45	75	75	75	75								
<b>Perú</b>	50	40	60	50	50	40	50	40	80	70	70	60								
<b>Venezuela</b>	50	40	55	45	50	40	50	40	70	50	65/70	55/50	65	55	65	55				

\* 24 horas

\*\* Vías públicas, 85 dB, 1 hora, empeoramiento auditivo

NOTA 1: Para los cuadros en blanco no se tiene información disponible.

Fuente: Adoptado IDEAM, 2005

## 6. MARCO NORMATIVO Y LEGAL

En Colombia el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y el Ministerio de Salud han desarrollado la normatividad relacionada con el amparo del medio ambiente y específicamente con la protección frente a la contaminación por ruido, en ella se establecen criterios específicos con el fin de verificar su cumplimiento para que las actividades antrópicas no impacten drásticamente en la salud del ser humano.

A continuación, se describen alguna de las más importantes reglamentaciones, además acerca del tema.

- *Ley 23 de 1973 emitida por el Congreso de la Republica:* Establece que el ambiente es patrimonio común y que el manejo de los recursos naturales es de utilidad pública e interés social.
- *Ley 2811 de 1974 emitida por el Ministerio de Medio Ambiente:* Código Recursos Naturales Protección al Medio Ambiente. El código enuncia al ruido en el artículo 33.
- *Ley 9 de 1979 del Ministerio de Salud Pública:* El ministerio de salud se encuentra e la facultad de controlar las fuentes móviles que causan ruido, además reglamentar los niveles de ruido.
- *Resolución 8321 de 1983 Ministerio de Salud:* Expone las normas de protección y conservación de la audición de la salud y el bienestar por causas de emisiones de ruido.
- *Constitución política de Colombia 1991:* En el capítulo 3, establece en los artículos 79 y 80 que: Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.
- *Ley 99 de 1993 Ministerio de Medio Ambiente:* Se desarrolló y estableció la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental

- *Decreto 948 de 1995 Ministerio de Medio Ambiente:* Se estableció el reglamento de protección y control de la calidad del aire, en este se especifica la clasificación de los sectores para la restricción del ruido.
- *Resolución 3185 de 2000 por la Aerounatica Civil:* Se adopta un manual de atenuación por ruido para el Aeropuerto Internacional el Dorado.
- *Resolución 627 de 2006 por el Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial*
- La legislación colombiana aplicable a los niveles permisibles de emisión de ruido se encuentra especificada en la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible MADS.

### ***Limites permisibles para emision de ruido y ruido ambiental***

Para la ciudad de Sincelejo se acogió la resolución 0627 del 2006 del MAVDT; bajo esta se realizan los estudios respecto a ruido de emisión de ruido y además en ella se encuentran los valores estándar máximos permisibles en Colombia.

En la Tabla 3, se presenta un resumen de la normatividad nacional aplicable para la contaminación por ruido.

Tabla 3. Estándares máximos permisibles de ruido ambiental en Colombia

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanitarios, hogares geriátricos.	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	50
	Universidades, colegios escuelas, centros de estudio e investigación Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre		
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas	65	50
	Zonas con usos institucionales		
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre, vías troncales, autopistas, vías arterias, vías	80	70
Sector D. Zona u Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria		
	Zonas de recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.		

Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial (2006)

Se puede resaltar de la tabla que se presenta dividida por sectores y subsectores dependiendo del tipo de actividad económica, siendo de especial cuidado los sectores A (tranquilidad y silencio) y B (tranquilidad y ruido Moderado), en el que incluyen hospitales, bibliotecas, guarderías, hogares geriátricos, zonas residenciales, así como espacios en donde se requiere niveles de concentración universidades y colegios.

## **7. MARCO CONCEPTUAL**

### **7.1. El Ruido**

El hombre y el ruido han coexistido desde la aparición del primero. Desde la antigua Roma, se dictaminaron normas para controlar el ruido que emitían las ruedas de hierro de los vagones que golpeaban las piedras del pavimento, en la Europa medieval el tránsito de carruajes o cabalgar de noche se prohibió puesto que perturbaba la tranquilidad de la población (Berglund, Lindvall, & Schwela, 1999); al día de hoy, sumado los innumerables avances que la tecnología y el desarrollo humano le han proporcionado al hombre, el problema del ruido, ha crecido considerablemente.

Su control, se ha limitado, toda vez que la falta de conocimiento de sus efectos sobre los seres humanos, la escasa información sobre la relación dosis-respuesta y la falta de criterios definidos (Berglund, Lindvall, & Schwela, 1999).

Los diferentes conceptos que se encuentran en la literatura convergen en definir el ruido como, en palabras de Erkan (citado en Villalobos, 2016), cualquier sonido que causa subjetiva molestia e irritación, y es un estímulo desagradable para las personas. En un sentido físico, constituye la propagación de energía (sonora) por un movimiento ondulatorio en un medio elástico (Ramírez & Domínguez, 2011).

Por otra parte, el ruido puede clasificarse de acuerdo con el carácter general y las características espectrales. En la tabla siguiente se presenta la descripción de esta clasificación de ruido.

Tabla 4 Clasificación de Ruido

Clasificación de ruido		Descripción
CARÁCTER TEMPORAL	Continuo	En este tipo de ruido los niveles de presión sonora no presentan oscilaciones y se mantiene relativamente constante a través del tiempo, se produce por maquinaria que opera del mismo modo sin interrupción: ventiladores, bombas y equipos de procesos industriales
	Ruido Fluctuante	Es aquel en el cual se presentan fluctuaciones bruscas y repentinas de la intensidad sonora en forma periódica: maquinaria que opera en ciclos, vehículos aislados o aviones.
	Ruido intermitente	Presenta interrupciones en el tiempo
	Ruido impulsivo o de impacto	Se presentan variaciones rápidas de un nivel de presión sonora en intervalos de tiempo mínimos, es breve y abrupto: por ejemplo, troqueladoras, pistolas, entre otras.
	Ruido periódico	Cíclico y se repite en el tiempo
CARACTERÍSTICAS ESPECTRALES	Ruido de baja frecuencia	Es aquel que posee una energía acústica significativa en el intervalo de frecuencias de 8 a 100 Hz.
	Tono puro	Es emitido a una sola frecuencia
	De banda estrecha	Se emite en un intervalo de frecuencias
	De Banda ancha	Se emite en todo el espectro frecuencia
	Ruido blanco	Se caracteriza por tener una distribución de energía constante para cada frecuencia
	Ruido rosa	Modificación del ruido blanco a fin de obtener un gráfico paralelo al eje de frecuencias

Fuente: Actualización del mapa de ruido de Girardot, (CAR, 2007)

De acuerdo con las propiedades y características del sonido el ruido se clasifica de diversas maneras, una de esas clasificaciones está dada por la intensidad y periodo (Chaux, 2019):

- **Ruido Continuo:** El nivel de presión sonora se encuentra invariable durante un tiempo determinado, donde la fuente opera sin interrupciones y las variaciones no superan los 5 dB.
- **Ruido Fluctuante:** Se identifica por variaciones considerables en el nivel de presión sonora durante un periodo con intervalos de corto tiempo, presenta diferencias mayores a 5 dB
- **Ruido Intermitente:** En este tipo de ruido el nivel de presión sonora disminuye drásticamente hasta el nivel ambiental varias veces durante un determinado periodo.

- **Ruido De Impacto:** Está dado por un aumento brusco del sonido en un tiempo inferior a 35 milisegundos (ms) y una duración total de menos de 500 milisegundos (ms).

Otro tipo de clasificación sujeta a la frecuencia es la expuesta por Márquez (2014):

- **Ruido Blanco:** Se caracteriza porque sus frecuencias poseen igual amplitud; a lo largo del espectro de frecuencias se generan ondas con un mismo nivel de energía.
- **Ruido Rosa:** Este tipo de ruido es generado por señales de frecuencias no uniformes.

Por otro lado se encuentra un tipo de clasificación que se presenta de acuerdo con el objetivo de estudio y correlacionado con el ruido y sus efectos a nivel ambiental (Chaux, 2019):

- **Ruido de Emisión:** “Es la presión sonora que, generada en cualesquiera condiciones, trasciende al medio ambiente o al espacio público” (MinAmbiente, Vivienda y Dllo Territorial, 2006). El propósito de la medición de emisión de ruido es verificar los niveles de presión sonora emitidos de fuentes específicas y comparar estos con relación a los niveles permisibles en cada sector de acuerdo con la normatividad.
- **Ruido Ambiental:** Su definición es relacionada al sonido exterior que es formado por las actividades humanas, por la emisión de los medios de transporte (tráfico rodado, ferroviario y aéreo) y también por actividades industriales. El propósito de la medición del ruido ambiental es en principio establecer los niveles de presión sonora para verificar el cumplimiento normativo y por cada sector, y de esta manera si es necesario definir planes de gestión que involucran mitigación y o control y así mantener niveles de ruido dentro de parámetros especificados para una buena calidad del aire y resguardar la salud de la población que se encuentra expuesta (MinAmbiente, Vivienda y Dllo Territorial, 2006).

A la hora de caracterizar el ruido, se debe tener en cuenta ciertas variables que influyen en su producción (Chaux, 2019).

- **Temperatura:** La temperatura es una medida de la energía cinética media de las moléculas en un objeto o sistema, se puede medir con un termómetro o un calorímetro. Es un medio para determinar la energía contenida dentro del sistema.
- **Viento:** El movimiento del aire de una zona a otra. Hay varias causas que pueden causar el viento, pero por lo general se origina cuando entre dos puntos o más existe una determinada presión o temperatura y se genera una diferencia.
- **Humedad:** Hace referencia a la total de vapor de agua que existe en el aire. No obstante, el total de vapor de agua que puede tener el aire depende de la presión y temperatura del aire.
- **Precipitación:** Viene definido como cualquier forma de hidrometeoro que baja de la atmósfera y se acentúa en la superficie de la tierra.

## 7.2. Ruido Por tránsito Vehicular

El ruido vehicular se considera como la acumulación de emisiones de ruido de todos los vehículos en el flujo de tráfico, donde cada vehículo tiene una combinación de fuentes sonoras propias que demuestran la emisión total del vehículo (Rodríguez & Garay, 2011).

El progresivo crecimiento del parque automotor se ha constituido en la contaminación sonora producida por el ruido de los vehículos que más molestias causa a la población urbana (De La Cruz, 2007), Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) existe una relación directa y exponencial entre el nivel de desarrollo de un país y el grado de contaminación acústica que impacta a su población (Tacuri, Calderón, Martínez, Sellers, & Delgado, 2017).

La exposición al ruido asociado al tráfico vehicular, genera una serie de impactos negativos sobre la sociedad, que van desde el deterioro en la salud de los individuos expuestos al ruido, la disminución de los precios de los inmuebles, dada la relación inversa existente entre el incremento de los niveles de ruido y el precio de las viviendas y la generación de estados de molestia, dada la percepción de ruido (Correa, Osorio, & Patiño, 2015).

Existen una serie de modelos que permiten medir el ruido del tráfico, que consideran como variables independientes más utilizadas el flujo del vehículo, la velocidad promedio y la distancia desde la fuente; sin embargo, existen situaciones de comportamiento peculiar del tráfico en grandes centros urbanos, como las colas en hora punta, que deben ser consideradas como variables incidentes en la medición de ruido (Rodrigues, Resende, Nassi, & Kahn, 2010).

La zonificación ha sido el enfoque principal para el control del ruido urbano y general, pero muchas de las zonas de actividades múltiples, donde las fuentes de ruido se controlan individualmente acorde a la ley, convergen de igual forma, aumentando los niveles de ruido varios dB por encima del permitido (Baring, 2010). Sin embargo, Murphy y King (2014) sostienen que los métodos actuales de predicción del ruido del tráfico vial están desactualizados y se están utilizando en situaciones para las cuales nunca fueron diseñados originalmente; proponen entonces el uso del CNOSSOS-UE realiza cálculos a través de bandas de octava y representa una mejora en comparación con métodos que solo predicen un nivel general de presión de sonido ponderado A.

En estudio realizado sobre el ruido producido por el tráfico vehicular en el centro de la ciudad de Tunja, Colombia (Quintero, 2012), se logró establecer que la variación del nivel de presión sonora durante los periodos de medición presentaba un comportamiento estable, conservándose también a lo largo del día, lo que permitió sugerir que los altos niveles de presión sonora no eran una consecuencia inmediata de los altos flujos vehiculares, sino que respondían a los volúmenes de tipos específicos de vehículos como los de transporte

público, particulares y taxis. Lo anterior ratifica lo expuesto por Baring, toda vez que existen múltiples variables a tener en cuenta a la hora de medir el nivel de presión sonora generado por el tránsito vehicular.

Retomando a Rodríguez y Garay (2011), las variables que se consideran como fuentes emisoras de ruido en la ciudad en el marco de la Comunidad Europea (CE), se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 5 Variables consideradas fuentes de ruido vehicular

Parámetro	Descripción	Unidad
Flujo vehicular: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos para pasajeros</li> <li>• Camiones ligeros</li> <li>• Camiones pesados</li> <li>• Motocicletas</li> </ul>	Número total de vehículos por clase de vehículo, por unidad de tiempo, por toda la carretera o carril de la carretera. La unidad de tiempo es generalmente una hora, la velocidad del vehículo se da generalmente en km/h, es necesario separarla información por tiempo de vehículos (pesados y ligeros).	Tipo de vehículo/h
Velocidad del vehículo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos para pasajeros</li> <li>• Camiones</li> <li>• Motocicletas</li> </ul>	La velocidad de conducción de los vehículos por clase de vehículo puede ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidad puntual para cada vehículo</li> <li>• Distribución de velocidades donde éstas se dan por rangos sucesivos y porcentaje de vehículos en cada rango.</li> <li>• Promedio vehicular para cada tipo de vehículo.</li> </ul>	km/h
Aceleración y desaceleración: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Vehículos para pasajeros</li> <li>• Camiones</li> <li>• Motocicletas</li> </ul>	El valor de aceleración por tipo de vehículo, siendo negativo por la desaceleración del vehículo puede ser: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un valor para cada vehículo.</li> <li>• Distribución de aceleraciones donde las aceleraciones se dan por rangos sucesivos y porcentaje de vehículos por cada rango.</li> </ul> Promedio de aceleración para cada tipo de vehículo.	m/s

Fuente: El ruido por tráfico vehicular. Un análisis preliminar del problema en la ciudad de México. (Rodríguez & Garay, 2011)

La relación por porcentaje de molestia para ruido de tráfico sin características particulares, puede estar influenciadas por factores descritos por Babisch y Dutilleux (2010) como el

flujo interrumpido donde se informan desplazamientos de + 3 dB, aumento de ruido de baja frecuencia, o superficies de carreteras tranquilas que reportan disminución del ruido esperado.

Entre las diferentes soluciones que se plantea para atacar el ruido producido por el tráfico, aunque es imposible evitarlo por completo; Eriksen (2018) discrimina tres opciones viables, a saber:

- La planificación de la ciudad mediante la creación de áreas silenciosas;
- Planificación diurna y nocturna, orientada hacia el movimiento del tráfico pesado durante el día en lugar de las tardes y las noches; o, desvío del tráfico.

### **7.3. Generalidades de la Audición**

Se define la audición como la percepción de estímulos sonoros que captados y transformados en potenciales bioeléctricos por el órgano del oído llegan a través de la vía auditiva al área cerebral correspondiente tomando el individuo conciencia de ellos. Esto significa que para que realmente exista audición deben desarrollarse dos fenómenos: el fisiológico, por el cual el mensaje sonoro estimula el órgano de Corti que envía esta información hacia los centros y la corteza; y otro psicocortical, que permite comprender el conjunto de sonidos, los analiza y archiva

En la práctica clínica la exploración de la audición se basa habitualmente en la determinación de tres aspectos esenciales:

El sistema auditivo, constituye el brazo aferente de la comunicación humana, y su evolución está dirigida hacia la detección de los sonidos del habla, que son de particular interés para el hombre, incluso en un medio ambiente ruidoso. Esta función la realiza mediante la descomposición de sonidos complejos en sus componentes de frecuencia. Este tipo de análisis mediante el cual cualquier forma de onda compleja puede ser expresada

como una suma de senos y cosenos de fases y amplitudes adecuadas, fue descrito por el matemático francés Jean Fourier; y desde hace más de 100 años el físico George Ohm reconoció este mecanismo como el principio básico que gobierna la función del oído

El sistema auditivo está formado por un aparato periférico; integrado por el oído externo (OE), el oído medio (OM) y el oído interno (OI), y una porción central que comprende las vías neurales y áreas corticales implicadas en la audición.

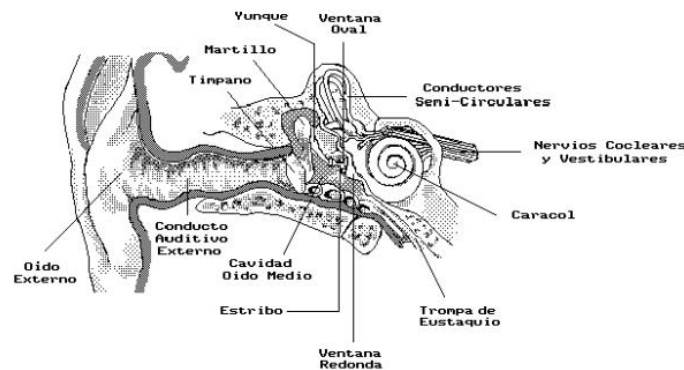


Figura 1. Oído humano; componentes del aparato periférico.

La figura 6 muestra los principales componentes del aparato periférico. El OE está constituido por el pabellón auricular y el conducto auditivo externo (CAE). El pabellón tiene la función de localizar la fuente sonora y amplificar selectivamente algunas frecuencias. El CAE protege las estructuras del OM y contribuye también a la amplificación selectiva de algunas frecuencias, dirigiendo las ondas sonoras hacia el OM.

### 7.3.1. Efectos del ruido en la salud.

Durante la revisión de literatura relacionada con la temática expuesta se encontraron varios estudios a nivel nacional e internacional donde evidencian que el ruido es un factor influyente en la atención y nivel de confort del paciente críticamente enfermo, factor que conlleva a un estado de alteración en el ambiente que provoca diferentes respuestas

fisiológicas, psicológicas, de alteraciones sensorio perceptivas, entre otras en el ser humano críticamente enfermo (Villalobos, 2016).

Perea (2006), también menciona que el ruido ambiental por encima de los niveles recomendados (aire libre, no mayor a 55 dB), produce trastornos del sueño. Puede causar efectos primarios durante el sueño y efectos secundarios que se pueden observar al día siguiente. El sueño no interrumpido es un requisito para el buen funcionamiento fisiológico y mental. Los efectos primarios del trastorno del sueño son: dificultad para conciliar el sueño, interrupción del sueño, alteración en la profundidad del sueño, cambios en la presión arterial y en la frecuencia cardíaca, incremento del pulso, vasoconstricción, variación en la respiración, arritmias cardíacas y mayores movimientos corporales. La probabilidad de ser despertado aumenta con el número de eventos ruidosos durante la noche. Los efectos secundarios o posteriores en la mañana o día siguiente son: percepción de menor calidad del sueño, fatiga, depresión y reducción del rendimiento.

En el caso del trabajador expuesto a altos niveles de ruido, Otálora (2006) en su artículo Ruido laboral y su Impacto en Salud, señala que la exposición constante a altos niveles de ruido no solo trae como consecuencia la pérdida auditiva, sino que también reduce la capacidad de concentración, incrementando por tanto el costo de realizar una actividad en específico; a su vez predispone al trabajador a un estado más “irritable” luego de la actividad laboral, impidiendo un descanso y recuperación adecuados

También menciona el artículo que se ha demostrado que el ruido influye en algunas constantes fisiológicas, causando alteraciones en la frecuencia cardíaca, respiración, oxigenación, alteraciones hormonales, en los estados de sueño, al igual, episodios de desaturación que corresponden a signos de estrés y de autorregulación. El neonato comienza a estar más hiperactivo, mas despierto y muestra esfuerzos crecientes para organizar sus sistemas motor y fisiológico para alcanzar un estado de tranquilidad (Galán, 2010).

Otálora, Otárola y Finkelstein (2006), también refiere que en Chile, la hipoacusia causada por la exposición al ruido es uno de los principales problemas de salud en los afiliados a la Asociación Chilena de Seguridad, siendo la tercera causa de consultas después de la dermatitis y las lesiones músculo-esqueléticas. Además, es la principal causa de indemnizaciones y pensiones otorgadas por la institución, representando el 80% de las incapacidades permanentes por enfermedades profesionales.

Debido a la exposición a ruidos demasiado fuertes las células pilosas pueden ser afectadas, degenerándose de manera progresiva y que a lo largo del tiempo da lugar a una sordera irreversible. En el diagrama No. 1 se presentan de manera general los efectos del ruido (CAR, 2007).

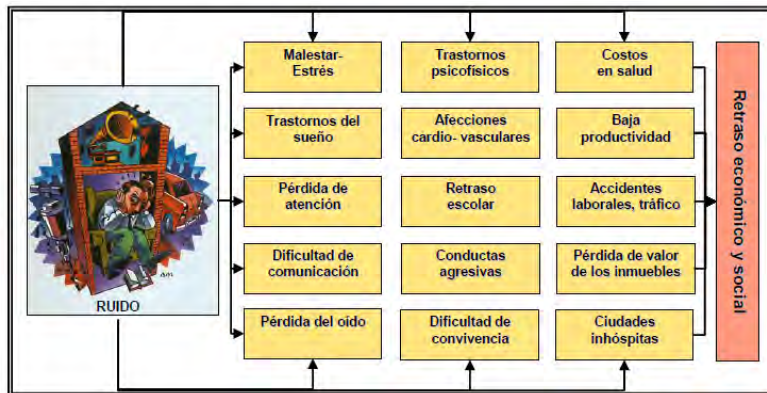


Figura 2. Efectos del Ruido en la salud humana  
Fuente: Adoptado [www.ruidos.org](http://www.ruidos.org)

#### 7.4. Control y prevención del ruido

La mitigación o disminución del exceso de ruido en el medio ambiente es necesariamente una responsabilidad legal de las empresas, hospitales o establecimientos, ya que se genera un problema ambiental que afecta a la población creando un interés social principalmente a las personas afectadas directamente. Entre más seguro y sano sea el ambiente donde se convive, menos probabilidades existirán de crecimiento de enfermedades producidas debido a la contaminación por ruido, y por tanto se reducirán efectos generados. Algunas medidas que se pueden tomar para llevar un control adecuado sobre el ruido ambiental son: reducción en la fuente, interrupción en la vía de transmisión y protección del receptor

(Gómez & Cuenca, 2011; Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 2005).

El control y disminución de ruido ambiental para establecimientos industriales, comerciales, de servicio público y en general toda edificación, ha generado un tipo de construcción con una forma que permita un aislamiento acústico eficiente, mediante el uso de materiales aislantes (como por ejemplo la madera balsa ya que por su porosidad puede absorber las ondas sonoras), para que el ruido generado en su interior, no trascienda al exterior y así no rebasen los niveles permitidos en la normatividad (Gómez & Cuenca, 2011). Algunos mecanismos de control, que se puede implementar alrededor de focos de contaminación como un aeropuerto han sido estudiados y han probado la disminución del efecto del ruido pueden ser la creación de pantallas acústicas o también las bermas construidas con tierra para disminuir el ruido generado por el tráfico vial (Universidad de Medellín, Politécnico Jaime Isaza Cadavid, Universidad de Antioquia, 2008; Maya, Correa, & Gómez, 2010).

### **7.5.Métodos de interpolación**

La interpolación espacial es un procedimiento que permite calcular el valor de una variable en una posición del espacio, conociendo los valores de esa variable en otras posiciones del espacio (Bosque, 1997). Los modelos digitales de elevación son la forma más común y eficaz de representar la superficie terrestre, aun cuando contienen errores de forma inherentes (Paredes, Salinas, Martínez, & Jiménez, 2013), y dado que es uno de los factores que introduce más errores en los modelos digitales de elevación.

Las técnicas de interpolación, entonces, han sido ampliamente utilizadas para la generación de mapas de ruido ya que permiten crear superficies continuas facilitando el análisis de la condición acústica del sector en estudio (Murillo, Ortega, Carrillo, Pardo, & Rendón, 2012). Con mediciones in situ de ruido ambiental, se aplican técnicas de interpolación,

que servirán para estimar valores desconocidos a partir de los registros realizados (Salas & Barboza, 2016).

En estadística la interpolación es usada para estimar valores desconocidos a partir de una serie de datos conocidos y ponderados (Murillo, Ortega, Carrillo, Pardo, & Rendón, 2012). Para el desarrollo del presente trabajo, se desarrollaron dos técnicas o métodos de interpolación, el IDW y el Kriging.

### 7.5.1. Método de interpolación IDW

La interpolación de la Distancia Inversa Ponderada (IDW, por sus siglas en inglés) estima valores desconocidos al especificar la distancia de búsqueda, los puntos más cercanos, el ajuste de potencia y las barreras (Paredes, Salinas, Martínez, & Jiménez, 2013). Determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. La ponderación es una función de la distancia inversa. La superficie que se interpola debe ser la de una variable dependiente de la ubicación.

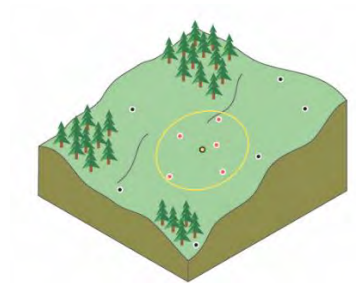


Figura 3 Vecindad de IDW del punto seleccionado

Este método presupone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra (Moreno, 2017). Debido a que la fórmula de IDW no está relacionada con ningún proceso físico real, no hay forma de determinar que un valor de potencia en particular es demasiado grande.

### **7.5.2. Métodos de interpolación Kriging**

La herramienta de interpolación de Kriging, pertenece a la familia de métodos de interpolación que consta de métodos geoestadísticos; los cuales están basados en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos. Este método tiene la capacidad de producir una superficie de predicción, además de proporcionan alguna medida de certeza o precisión de las predicciones.

Este método presupone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie.

Para su cálculo, se hacen necesario varios pasos, los cuales incluyen el análisis estadístico exploratorio de los datos, el modelado de variogramas, la creación de la superficie y (opcionalmente) la exploración de la superficie de varianza. Este método es más adecuado cuando se sabe que hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos.

Para llevar a cabo una predicción por éste método de interpolación, se requiere descubrir las reglas de dependencia y realizar las predicciones. Estas dos reglas generan una serie de tareas descritas a continuación:

1. Crear variogramas y funciones de covarianza para calcular los valores de dependencia estadística (denominada autocorrelación espacial) que dependen del modelo de autocorrelación (ajustar un modelo); y
2. Prever los valores desconocidos (hacer una predicción).

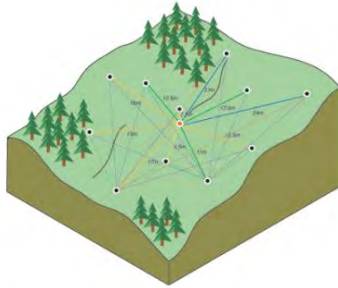


Figura 4 Cálculo de la diferencia cuadrada entre las ubicaciones asociadas

El modelo seleccionado para modelar el semivariograma empírico, influye en la predicción de los valores desconocidos, en particular cuando la forma de la curva cercana al origen difiere significativamente. Cuanto más pronunciada sea la curva cercana al origen, más influirán los vecinos más cercanos en la predicción. Como resultado, la superficie de salida será menos suave. Cada modelo está diseñado para ajustarse a diferentes tipos de fenómenos de forma más precisa.

### 7.5.3. Métodos comparativos de interpolación

La comparación de los métodos permitirá analizar la congruencia y factibilidad de cada uno, optando por el más adecuado para aplicar en la zona de estudio en Sincelejo.

El Kriging proporciona un análisis más elaborado y con un fundamento estadístico, por lo que este método puede ser el preferido cuando la intensidad de muestreo es mayor, aunque esto significaría costos mayores.

Cuando el distanciamiento es muy grande, los variogramas no son posibles de obtener, entonces el Kriging deja de ser una opción y comparativamente el IDW se perfila como el mejor. La incorporación de más parámetros del suelo sería de interés, para observar cuál es el comportamiento general entre ambos interpoladores (Villatoro, 2008).

Se presenta en la tabla 3, un comparativo que denota las diferencias entre las dos metodologías a usar en el presente trabajo de investigación.

Tabla 6 Diferencia metodológica métodos de interpolación mapas de ruido

<b>IDW</b>	<b>KRIGING</b>
Método determinístico de interpolación, basado directamente en los valores medidos o en fórmulas matemáticas específicas que determinan la suavidad de la superficie resultante	Procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z, es decir, basado en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos.
El método IDW está basado principalmente en la inversa de la distancia elevada a una potencia matemática.	Implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida.
Supuesto: las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto, tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar.	Este método es más adecuado cuando se sabe que hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos.
Este método supone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra.	Supone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie.

## **8. METODOLOGÍA**

### **8.1. Tipo de Investigación**

La investigación de corte científico se describe como el proceso de indagación planeado, sistemático y metódico (Muñoz, 2015), que nos conduce hacia la obtención de conocimientos que se puede verificar, y que en últimas servirán para la resolución de los problemas que nos aquejan. Dado que la presente investigación busca atacar un problema en específico, en circunstancias y características concretas, y en concordancia con lo estipulado por Rodríguez (2005), Díaz (2009) y Sampieri (2014), se puede establecer como una investigación de alcance descriptivo, toda vez que trabaja sobre realidades y su característica fundamental es la de presentar una interpretación concreta. En el desarrollo del presente trabajo, se recurrió al alcance descriptivo que sigue una forma de investigación aplicada, puesto que parte del trabajo fue de componente descriptivo siguiendo los lineamientos de una investigación aplicada.

Es así como el enfoque de la investigación es de corte Cuantitativo, puesto que se midió el fenómeno del ruido y mediante el uso de la estadística, para lograr un proceso deductivo y secuencial, para la obtención de los resultados. Lo anterior se soporta en lo expuesto por Lerma (2016) donde expresa que el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

Siguiendo la línea expuesta por Sampieri, la presente investigación tiene un alcance mixto, entre descriptivos y correlacionales. Adquiere la primera connotación ya que se da una consideración al fenómeno estudiado y sus componentes, aparte de tener un componente fuerte de medición, viene acompañado de la definición de variables. El componente correlacional se presenta cuando a partir de los resultados obtenidos de la medición de la

variable ruido se relaciona con el tráfico, además se estima cual método de interpolación arrojó resultados pertinentes y congruentes.

## **8.2. Instrumentación**

Se identificó la zona hospitalaria que se encuentra altamente influenciada por los diferentes factores que inciden en el ruido urbano. Autores como Quintana (1993), catalogan este tipo de muestras como Accidental o por conveniencia.

Las mediciones se realizaron de acuerdo con la disponibilidad del sonómetro y el procedimiento para la medición de emisión de ruido expuesto en la Resolución 0627 del 7 abril de 2006. Las mediciones fueron realizadas los días del 26 al 30 de octubre del año 2019, en día hábil y no hábil, horario diurno (7:01 a 15:00). El monitoreo se realizó durante los días del 26 al 30 de octubre de 2019, ejecutando mediciones a <1,5 m de la vía en cada punto sobre un trípode a 1,2 metros del suelo utilizando pantalla antiviento.

El equipo utilizado para la medición fue un sonómetro automático TIPO II marca QUEST. Las mediciones se efectuaron aplicando un filtro de ponderación frecuencia (dbA) y un filtro de ponderación temporal S (Slow, respuesta, lenta), con micrófono desmontable y pantalla de viento. Para la verificación del correcto funcionamiento del sonómetro, se utilizó un calibrador acústico con precisión tipo 1 para sonómetros con una frecuencia de salida de 1000 Hz y 114 dB, con una dispersión de menos del 1% marca QUEST.



Sonómetro QUEST Tipo II



Verificador Acústico QC-10

Figura 5. Equipos de monitoreo de ruido

Fuente: Manual del Equipo Quest Sound Pro 2 - octubre, 2019

Tabla 7. Ficha técnica del Sonómetro QUEST Sound Pro II

<b>SONÓMETRO</b>	
Referencia	Descripción
Modelo	SoundPro SP DL-2-1/3
Marca	Quest
Seriales	BIH120019
Rango	40 - 100 dB
Respuesta	Slow – Impulso (para hallar valores del factor K)
Escala de Ponderación	A
Integración	1 s
Micrófono	Clase 2 desmontable con condensador prepolarizado
Intervalo de temperatura	18 a 25 °C
Humedad de operación	20 a 80%
Dispositivo protector	Pantalla de viento
<b>VERIFICADOR ACÚSTICO</b>	
Modelo	QC-10
Marca	QUEST
Serial	QIH010024
Frecuencia de Salida	1000 Hz
Amplitud de Salida	114 dB
Fecha de calibración	27/06/2018
Fecha vencimiento Calibración	27/06/2019

Fuente: Manual del Equipo QUEST Tipo II - octubre, 2019

Los parámetros monitoreados fueron:

- ✓ LAeq (Slow)
- ✓ L90
- ✓ Lmax
- ✓ Lmin
- ✓ LAeq (Impulse)

Para el cálculo del nivel equivalente resultante de la medición en cada uno de los puntos y para cada horario de muestreo se aplicó la ecuación 1:

$$Leq_{emisión} = 10 \log (10^{(LRAeq, 1h)/10} - 10^{(LRAeq, 1h, Residual)/10})$$

Ecuación 1

Dónde:

- $Leq_{emisión}$ : Nivel de emisión de presión sonora, o aporte de la(s) fuente(s) sonora(s), ponderado A,
- $LRAeq, 1 h$ : Nivel corregido de presión sonora continuo equivalente ponderado A, medido en una hora,
- $LRAeq, 1 h, Residual$ : Nivel corregido de presión sonora continuo equivalente ponderado A, Residual, medido en una hora

### **8.3. Metodología en campo**

La metodología empleada para el trabajo de campo, que servirá de insumo para el desarrollo del presente proyecto de investigación acerca del ruido de emisión y la relación del mismo con el tráfico vehicular, sigue una serie de tareas de la etapa inicial así:

#### **a. Análisis de información secundaria:**

En esta fase se estudió el estado de los marcos legales vigentes y la información disponible por parte de la autoridad ambiental del Municipio de Sincelejo. Dentro de la información revisada se evaluó la referente a mapas de ruido, problemáticas relacionadas con ruido, acuerdos de orden gubernamental, entre otros.

#### **b. Selección de puntos de monitoreo:**

Se ha tenido en cuenta las áreas donde hay mayor densidad de fuentes de ruido aledañas a la zona hospitalaria de la Clínica, identificando los que mayor comercio tienen, pero también donde exista mayor tránsito de vehículos.

- **Criterio de selección puntos de monitoreo:** Para la selección de los puntos de monitoreo se tuvieron en cuenta diferentes criterios acorde a la normatividad vigente, a fin de obtener muestras relevantes del clima acústico de las zonas aledañas a la clínica Santa María de la ciudad de Sincelejo. Los resultados obtenidos servirán para la toma de decisiones encaminadas a la construcción de medidas correctivas y preventivas en relación a las emisiones excesivas de ruido.
  
- **Puntos seleccionados:** Se establecieron como puntos de monitorero los siguientes:
  - Punto 1 y 2: ubicados en la Calle 17 con carrera 23. Estos puntos se encuentran en la entrada Principal de la Clinica Santa Maria, distanciados entre por 10 metros.
  - Punto 3 y 4: ubicados en la Calle 17 con carrera 22. Estos puntos se encuentran en la zona de consultorios médicos. Los separa una distancia de 8 metros.
  - Punto 5 y 6: ubicados en la entrada urgencias Clinica Santa Maria (Calle 18). Los separa una distancia de 8 metros.

**c. Inventario de las fuentes de ruido en la zona escogida.**

Por medio del cual se realiza un diagnóstico del número de fuentes generadoras de ruido según el sector y sub sector económico.

- **Inventario de fuentes fijas de ruido:** se realizó partiendo del reconocimiento de los sectores comerciales, vías de mayor tránsito del parque automotor, y teniendo en referencia, la entrada de urgencias y atención externa de la clínica, dado la conexión directa con el paciente afectado además por el ruido.



La distribución urbana de la localización de la clínica Santa María se describe como situada en la zona céntrica de la ciudad de Sincelejo, ocupando un área de 5.100 m<sup>2</sup>, con dos entradas en diferentes calles. Las Urgencias que tienen un ingreso por la calle 18 y la Atención Externa que tiene ingreso por la calle 16A. La superficie de rodamiento en el área de estudio es de pavimento.

Este inventario permitió identificar la densidad de fuentes de ruido que existen en las zonas aledañas a la clínica. Es así como tras un recorrido a lo largo y ancho de la zona donde se encuentra ubicada la clínica, se obtuvo como resultado una base de datos de 6 fuentes fijas de ruido, las cuales fueron verificadas. La densidad de fuentes de ruido discriminando la actividad económica y la tipología de la misma, permitió encontrar 3 grupos de fuentes, que se describen como actividades empresariales e industriales (panaderías), actividades prestadoras de servicios y comercio (consultorios médicos, droguerías, restaurantes, etc.) y otras actividades como por ejemplo el perifoneo, entre otros.

### 3. Medición de ruido de emisión:

En los puntos definidos con anterioridad, se diligenciaron en formatos diseñados por el autor durante un periodo comprendido entre las 7:00 am y 3:00 pm; la información con el fin de realizar un seguimiento de las principales fuentes de ruido y realizar el conteo de vehículos. Además, se incluyó un apartado descriptor de las variables fijas en cada medición dentro del formato.

El área de estudio, presenta un grado de saturación vehicular alto, es decir, que hay alta circulación de vehículos en la zona. Esto implica que el tránsito de los vehículos se ven afectado por espacios de aceleración y desaceleración normal en el manejo, pero que aumentan por las paradas existentes que se asocian a la semaforización del sector. Respecto a la velocidad permitida en el área, por ser céntrica es de 30 km/h, aunque se registra una disminución sustancial de la velocidad en horas pico.

#### 8.3.1. Características de la Medición

En concordancia con la normatividad capítulo I del anexo 3 de la Resolución 627 de 2006, para cada uno de los seis (6) puntos, se ubicó el sonómetro como lo indica la Figura 6, es decir, a 1,2 metros de altura y 1,5 metros de la fachada.

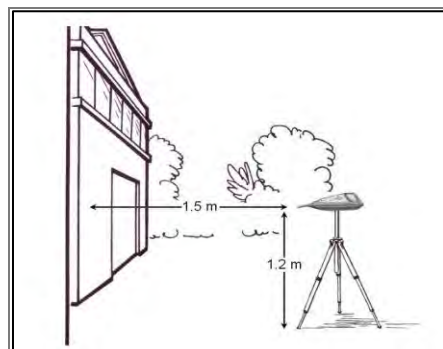


Figura 6. Ubicación del sonómetro según Resolución 627 de 2006- Emisión de ruido

Fuente: Protocolo para la medición de emisión de ruido, ruido ambiental y realización de mapas de ruido, 2019.

Antes de iniciar el monitoreo se realizó consulta previa de mediciones de la velocidad del viento, y adicionalmente se verificaron los parámetros de medición en el equipo, siendo estos:

- Nivel de presión sonora equivalente ponderado A
- Ponderado lento (S) en el medidor 1
- Nivel de presión sonora equivalente ponderado A
- Ponderado impulsivo (I) en el medidor 2
- Resolución 1/3 de octava

Después de configurar los parámetros de medida del equipo, se procedió a realizar la medición de emisión de ruido con previa calibración del equipo usando el pistófono. Se ejecutó en un periodo de 1 hora en la cual se realizaron 5 mediciones de 4 minutos con intervalos de 10 minutos de no medición entre ellas en cada uno de los puntos de los puntos para obtener el nivel de presión (emisión). Al terminar la jornada se realizó nuevamente la verificación del equipo. Adicionalmente se supervisó e identificó las posibles fuentes generadoras de ruido, llevando así un control y registro en la documentación.

#### **a. Distribución de tiempos de medición y espera**

En un periodo de 1 hora se realizaron 5 mediciones de 4 minutos con intervalos de 10 minutos de no medición entre ellas en cada uno de los puntos, para obtener el nivel de presión (emisión) y el nivel equivalente resultante de la medición teniendo en cuenta lo establecido por el artículo 5 de la Resolución 627 de 2006. Ésta establece mediciones de 1 hora con intervalos distribuidos uniformemente hasta obtener un mínimo de 15 minutos de captura de información. En total fueron medidos seis (6) puntos dentro de la zona Hospitalaria. La tabla 8 muestra la dinámica utilizada para la medición y los descansos o tiempos de espera utilizados en el trabajo de campo.

Tabla 8. Distribución de tiempos de medición y espera

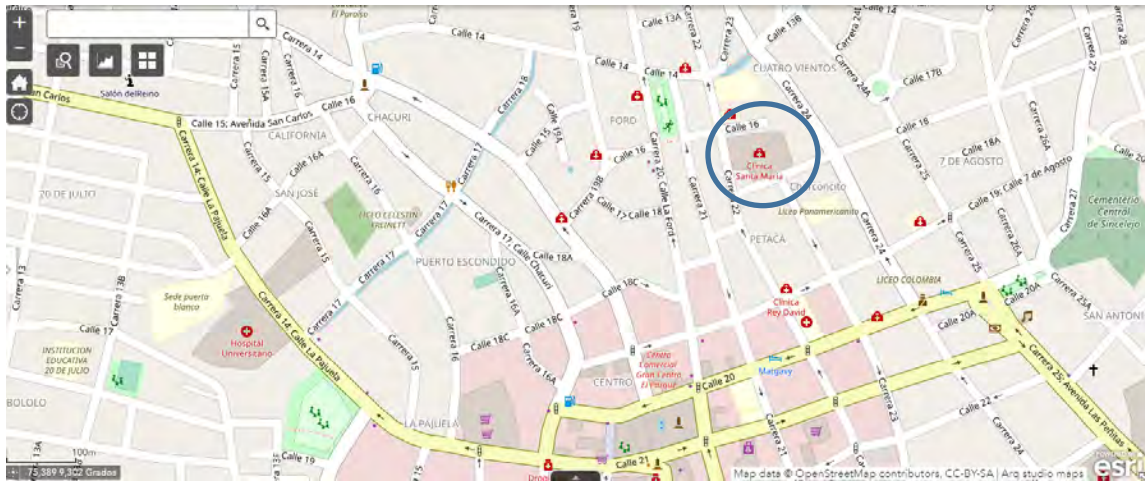
<b>Actividad</b>	<b>Duración (min)</b>
Medición 1	4
Descanso 1	10
Medición 2	4
Descanso 2	10
Medición 3	4
Descanso 3	10
Medición 4	4
Descanso 4	10
Medición 5	4
Descanso 5	10
Total medición	20
Total descanso	40

Fuente: El autor.

### **8.3.1. Contexto urbano de la zona.**

Actualmente la ciudad se encuentra enmarcada dentro de la política denominada Ciudades Sostenibles, convenio que es liderado por la Alcaldía de Sincelejo en conjunto con Findeter y el Banco Interamericano de Desarrollo BID, en el cual se encuentra enmarcado el Programa “100 calles por Sincelejo”; debido al déficit y calidad del espacio público. También se incluyeron obras como el Par Vial San de San Carlos y Argelia, que es la conexión de Centro con una de las salidas de la ciudad

Findeter, adelanta también la reconstrucción de vías, andenes y renovación de redes de acueducto y alcantarillado sanitario de la Ruta Salvador y Par Vial San Carlos, que mejorará la movilidad en la ciudad, ofrecerá mejores andenes con dimensiones adecuadas que faciliten el tránsito de las personas, e incluye la construcción de ciclorrutas, buscando garantizar a los habitantes una movilidad más segura, eficiente y cómoda.



El programa comprende la reposición de pavimento y andenes en los barrios de la zona urbana de la Ciudad de Sincelejo como lo son Centro, Argelia, San Carlos, La Ford, 7 de agosto, Cuatro Vientos, Chacurí entre otros. La Clínica Santa María geográficamente se encuentra localizada en la vía de acceso a los barrios anteriormente mencionados por tanto la movilidad en las vías aledañas se ven afectadas y se generan una serie de trancones vehiculares principalmente en horas pico.

### 8.3.2. Metodología de conteo.

Se realizó la caracterización vehicular en circulación por las vías en donde se ubicaron los puntos de muestreo, en un periodo de 1 hora, dentro del tiempo de toma de muestra de ruido. Se seleccionaron 3 grupos. El primer grupo correspondió a los vehículos livianos (condición de 2 ejes y un máximo de dos ruedas por eje). El segundo grupo correspondió a los que cumplen con la condición de 2 ejes y 6 ruedas en total. El tercer grupo correspondió a las motocicletas o todo vehículo que tenga dos ruedas en línea y sirva como medio de transporte. Los vehículos pesados, es decir aquellos que tienen 3 o más ejes, circulan en la zona de forma esporádica casi nula, por lo que no se los considera dentro del conteo.

La siguiente tabla muestra los diferentes tipos de vehículos que circula en la zona aledaña a la clínica.

Tabla 9. Tipos de vehículos que circulan en las vías aledañas a la Clínica Santa María, Sincelejo



Vehículos de 2 ejes con 6 ruedas.



Vehículos de 2 ejes con máximo 2 ruedas por eje.



Vehículo lineal. Motocicleta

Fuente: El autor.

- **Condiciones atmosféricas**

El clima es el resultado de numerosos factores que actúan conjuntamente, los accidentes geográficos, como montañas y mares influyen decisivamente en sus características (IDEAM, 2019). Para determinar estas características, podemos considerar como esenciales un reducido grupo de elementos: la temperatura, la humedad, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento.

De acuerdo a lo establecido en la Resolución 0627 (MinAmbiente, Vivienda y Dllo Territorial, 2006), Artículo 20 párrafo I, la velocidad del viento se debe medir utilizando un anemómetro; si esta es mayor a 3 m/s, se debe utilizar una pantalla antiviento adecuada de acuerdo con la velocidad del viento medido, y aplicar la respectiva corrección de acuerdo con las curvas de respuesta que el fabricante de las pantallas anti viento y micrófonos suministra.

Tabla 10. Variables meteorológicas

Fecha	T(°C)	P(mmHg)	H (%)	PP(mm)	Viento (m/s)
26/10/2019	28	756.8	55	0	1.3
27/10/2019	27	756.8	54	0	1.4
28/10/2019	28	757.5	55	0	1.3
29/10/2019	29	756.8	54	0	1.3
30/10/2019	28	756.8	54	0	1.4

Fuente: (IDEAM, 2019)

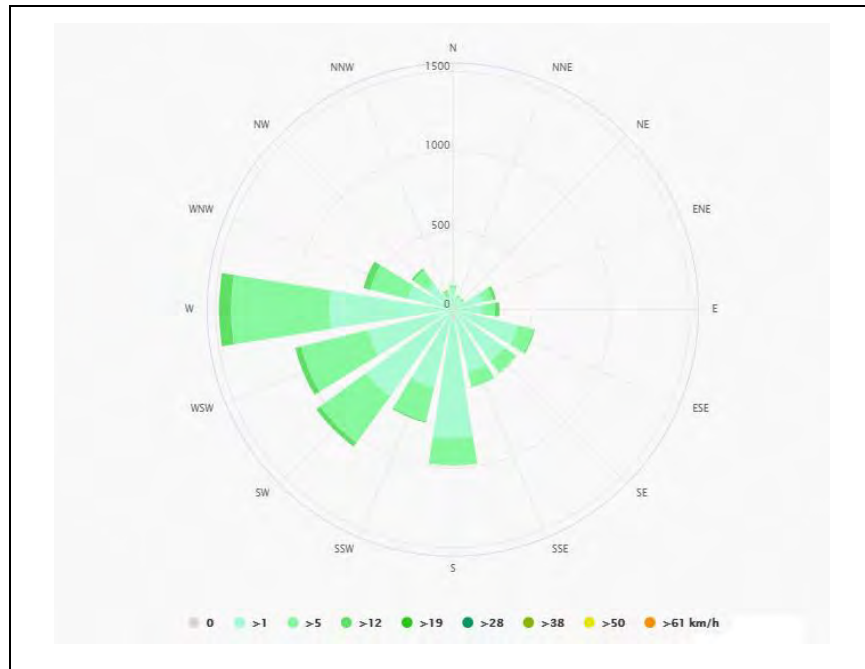


Figura 7. Rosa de vientos

Fuente: *Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales- IDEAM*, 2019.

En la Figura 7, se observa el comportamiento de los vientos que predominan desde el Suroeste (SO) para el Noreste (NE). Por su parte, en la tabla 9, durante los días monitoreados la temperatura máxima fue de 32°C. La presión atmosférica presenta una tendencia similar a la presentada en la temperatura, presentando un valor máximo de 757.5 mmHg. Así mismo, la humedad relativa registra un valor máximo de 54%.

Tabla 11. Datos en crudo de velocidad del viento

Día 26/10/2019					
Velocidad del viento (m/s)					
Punto	M1	M2	M3	M4	M5
1	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4
2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1
3	2,2	2,1	2,1	2,2	2,2
4	2,7	2,8	2,7	2,8	2,8
5	1.2	1.5	2.0	1.9	1.4
6	1.9	1.7	2.1	2.3	2.0
Día 27/10/2019					
Velocidad del viento (m/s)					
Punto	M1	M2	M3	M4	M5

1	1,3	1,5	1,5	1,5	1,4
2	1,0	0,9	1,2	1,1	1,0
3	2,1	2,1	2,4	2,3	2,2
4	2,5	2,6	2,7	2,6	2,8
5	0,9	1,2	2,5	1,8	1,2
6	1,3	2,5	2,1	1,5	1,3
<b>Día 28/10/2019</b>					
<b>Velocidad del viento (m/s)</b>					
<b>Punto</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
1	1,6	1,7	1,6	1,5	1,4
2	1,3	1,3	1,2	1,3	1,2
3	2,3	2,3	2,4	2,2	2,3
4	2,9	2,8	2,9	2,9	2,9
5	1,5	1,8	2,1	1,5	1,6
6	1,9	1,5	1,3	1,6	1,0
<b>Día 29/10/2019</b>					
<b>Velocidad del viento (m/s)</b>					
<b>Punto</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
1	1,8	1,8	1,7	1,8	1,8
2	1,1	1,0	1,2	1,3	1,1
3	2,1	2,0	2,2	2,3	2,2
4	2,6	2,7	2,6	2,8	2,9
5	0,9	1,2	0,8	1,6	1,4
6	1,2	0,9	2,1	1,6	1,8
<b>Día 30/10/2019</b>					
<b>Velocidad del viento (m/s)</b>					
<b>Punto</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
1	1,8	1,8	1,7	1,8	1,8
2	1,1	1,0	1,2	1,3	1,1
3	2,1	2,0	2,2	2,3	2,2
4	2,6	2,7	2,6	2,8	2,9
5	1,9	1,4	2,1	1,3	1,9
6	2,4	2,5	1,8	2,1	1,9

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

- **Naturaleza / estado del terreno entre la fuente y el receptor**

En términos generales el terreno a lo largo de toda la zona de estudio tiene características planas, lo que permite la dispersión de las ondas sonoras y por ende la correcta recepción de las mismas por los equipos de medición empleados. Área de estudio

La ciudad de Sincelejo, capital del Departamento de Sucre, constituida centro subregional del sistema urbano del Caribe colombiano, se encuentra ubicada al noreste del país a 9°18" latitud norte, 75°23" latitud oeste del meridiano de Greenwich. Con una extensión total de 28.504 hectáreas, representa el 2.67% del área total del departamento. El 92% de su territorio corresponde a zona rural.

Su delimitación limítrofe está conformada al sur con Sampués y el Departamento de Córdoba; al oeste con los municipios de Palmito y Tolú; al norte con los municipios de Tolú y Tolú Viejo y al este con los municipios de Corozal y Morroa (Alcaldía Municipal de Sincelejo Sucre, 2010).

**Figura 8.** Localización municipio de Sincelejo.



El clima de la ciudad se caracteriza por ser cálido seco, con precipitaciones promedio de 500 a 1200 milímetros. La temperatura media anual está cercana a los 27.15 °C  $\pm$ 0.4; con una mínima promedio anual de 19.7 °C y una máxima de 35.3 °C. Se aprecia un mayor rango durante el verano donde hay marcados efectos ocasionados por bajas temperaturas en la madrugada y fuertes calores en las horas de la tarde. Con la llegada de las lluvias tiende a estabilizarse, con menos variaciones y una ligera disminución general, con el

aumento de la humedad relativa. La formación vegetal de acuerdo con Holdridge es el bosque seco tropical (Alcaldía Municipal de Sincelejo Sucre, 2010).

El municipio de Sincelejo se acogió al Decreto Local 491 de 2016, por medio del cual se adoptan las medidas de control para contrarrestar la contaminación auditiva y se reglamentan el uso de altoparlantes, amplificadores y perifoneo en la ciudad; y se sensibilizó a la población mediante la socialización del mismo (Contraloría Municipal de Sincelejo, 2018).

Actualmente en la ciudad de Sincelejo la gran mayoría de hospitales y clínicas se encuentran concentrados sobre la zona centro del municipio. La Clínica Santa María, objeto de estudio, hace parte del complejo hospitalario que se ubica en la zona centro.

Los puntos donde se realizaron mediciones de emisión de ruido con sus respectivas coordenadas se presentan a continuación en la Tabla 6 y Figura 8.

Tabla 12. Descripción y ubicación de los puntos de muestreo emisión de ruido.

Ubicación	Georreferenciación Sistema de Magna-Sirga		Georreferenciación Geográficas WGS84	
	Norte(m)	Este(m)	Norte	Oeste
Punto 1	1521135,20311048	855434,890266648	09°18'21,75"	75°23'35,71"
Punto 2	1521145,91356762	855447,140393857	09°18'22,10"	75°23'35,31"
Punto 3	1521123,41197498	855382,64720355	09°18'21,36"	75°23'37,42"
Punto 4	1521118,52565716	855374,387056905	09°18'21,20"	75°23'37,69"
Punto 5	1521159,11877683	855366,90642266	09°18'22,52"	75°23'37,94"
Punto 6	1521180,92749405	855369,734790426	09°18'23,23"	75°23'37,85"

Fuente: Autor



Figura 9. Ubicación puntos de monitoreo emisión de ruido.  
Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2019.

En la Figura 9, se puede observar que los diferentes puntos están localizados a cercanías de centros de atención médica, urgencias, farmacias, supermercados. Durante el monitoreo se percibió fuentes de ruido como el paso de vehículos livianos (particulares, ambulancias) y pesados (camiones de carga), motos, el implemento de las bocinas para cada uno de ellos, siendo una zona altamente traficable. Las fuentes de ruido más predominantes eran por el sonido emitidos por las motos (arranque, bocinas), también se identifica el ruido aerodinámico. Y, como ruido secundario se identificó, el paso constante de transeúntes y ruido por la fauna local. A continuación se observan en las tablas No. la descripción física de cada uno de los puntos donde se realizaron las mediciones.

Tabla 13. Medición Punto 1, 2 Calle 17 con carrera 23 (Entrada Principal Clínica Santa María)



Fotografía 1. Mediciones de emisión de ruido  
Punto 1



Fotografía 2. Mediciones de emisión de ruido  
Punto 2

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 14. Medición Punto 3 y 4 Calle 17 con carrera 22 (Zona consultorios médicos)



Fotografía 3. Mediciones de emisión de ruido  
Punto 3



Fotografía 4. Mediciones de emisión de ruido  
Punto 4

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 15. Medición Punto 5 y 6. (Entrada urgencias Clinica Santa Maria)



Fotografía 5. Mediciones de emisión de ruido  
Punto 5



Fotografía 6. Mediciones de emisión de ruido  
Punto 6

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

#### 8.4. Análisis de datos

La estrategia para el cálculo de la incertidumbre propuesta por la ISO [BIPM 1993] se aplicó inicialmente a las medidas físicas y, posteriormente, Eurachem la adaptó a las medidas químicas [Eurachem 1995].

Esta aproximación se basa en identificar, cuantificar y combinar todas las fuentes de incertidumbre del procedimiento analítico. En la Figura 100 muestra las cuatro etapas diferenciadas propuestas por la ISO para calcular la incertidumbre:

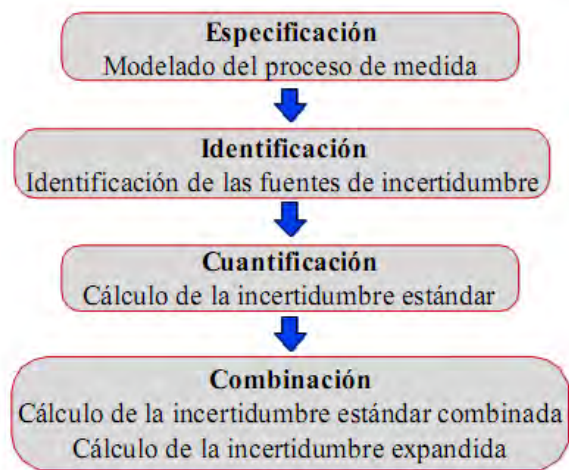


Figura 10. Etapas a seguir para el cálculo de la incertidumbre  
Fuente: Estrategias para el cálculo de incertidumbre, año 2008

Para la determinación de la incertidumbre de la medición se establece una relación directa entre los dB(A) y la incertidumbre calculada, teniendo en cuenta las fuentes de incertidumbre que se listan.

Las fuentes de incertidumbre identificadas para la realización de mediciones de emisión de ruido empleando un sonómetro integrador automático tipo II con filtro de ponderación frecuencia (dB(A)) se presentan en el diagrama de Ishikawa a continuación:

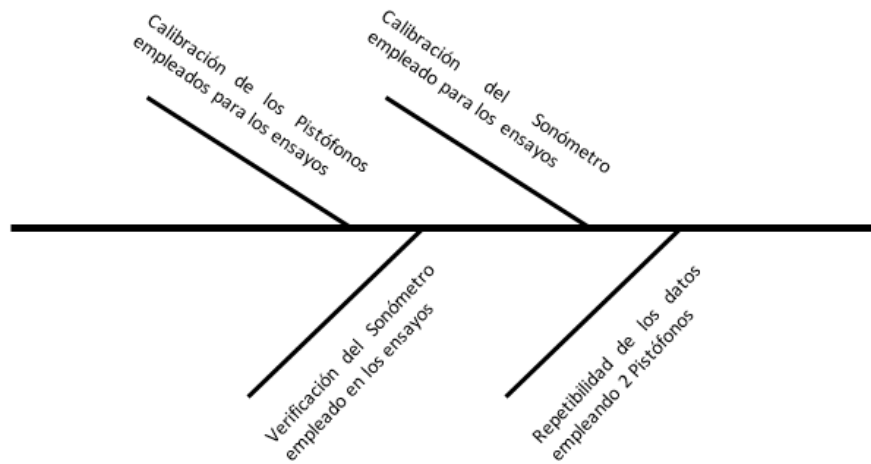


Figura 11. Diagrama de Ishikawa con entradas para cálculo de la incertidumbre  
 Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Para la cuantificación de la incertidumbre se procedió a tomar datos con el sonómetro verificado empleando 1 pistófonos calibrado con un patrón primario durante un lapso de 13 horas continuas, los datos reportados de tabulan en la

Tabla 16.

Tabla 16. Cálculo de Incertidumbre sonómetro QUEST

Medición	114 dB (Quest)		
	Pistófono	Sonómetro	Dif
1	114	113,6	-0,4
2	114	113,7	-0,3
3	114	113,7	-0,3
4	114	113,6	-0,4
5	114	113,6	-0,4
6	114	113,6	-0,4
7	114	113,7	-0,3
8	114	113,6	-0,4
9	114	113,7	-0,3
10	114	113,6	-0,4
11	114	113,6	-0,4
12	114	113,6	-0,4
13	114	113,7	-0,3
<b>Media</b>	113,64		
<b>Desv Est</b>	0,051		
<b>Coefficiente de variabilidad</b>	0,04455971		
<b>% error</b>	0,317139		
<b>Incertidumbre combinada</b>	0,09		
	0,13		
<b>Repetibilidad (dB)</b>	0,23		
	<b>0,47</b>		

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Para convertir cada componente de la incertidumbre a su respectiva incertidumbre estándar,  $u(x)$ , se emplea el criterio de distribución normal para seleccionar el tipo de función de distribución que presenta el componente en cuestión, para lo que se obtiene un estimado por observaciones repetidas según la siguiente ecuación

$$u(x) = s$$

Ecuación 2

Al combinar las incertidumbres de los datos tomados, la reportada por el pistófono empleado para los ensayos la constante de combinación  $K=2$ , obtenemos una incertidumbre combinada de  $\pm 0,47$  dB.

En lo que respecta a la correlación entre las variables objeto de estudio: ruido y tráfico vehicular, se tendrá en cuenta el coeficiente de correlación de Pearson. Para el cálculo de este, se hace verificación ante el supuesto de que las variables deben estar distribuida de forma aproximadamente normal. Se plantea entonces contrastar la hipótesis nula: las observaciones de la variable siguen una distribución normal. Haciendo uso de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk considerando que el número de unidades experimentales es 30.

## 9. RESULTADOS

Se presentan a continuación, se pueden los resultados de las mediciones realizadas. Todas las mediciones son presentadas en dB.

Tabla 17. Emisión de ruido (dB) diurno 26/10/2019

Emisión de Ruido Diurno								
Punto	L <sub>Aeq</sub> Corr	L <sub>max</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>90</sub> Cor r	Corrección realizada	Emisión	Norma diurna	Cumple
P1	79,36	104,4	61,00	67,59	Ajuste por impulso	79,06	55	NO
P2	80,03	98,1	59,50	66,62	Ajuste por tono y contenido de información	79,83	55	NO
P3	79,70	99,2	61,10	67,27	Ajuste por tono y contenido de información	79,45	55	NO
P4	76,96	97,3	56,70	65,80	Ajuste por tono y contenido de información	76,61	55	NO
P5	77,67	100,4	55,60	64,75	Ajuste por impulso	77,44	55	NO
P6	75,23	94,0	53,40	63,06	Ajuste por impulso	74,96	55	NO

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

En la Figura 12, se presentan los resultados obtenidos para el horario diurno versus la comparación con los límites normativos para jornada diurna.

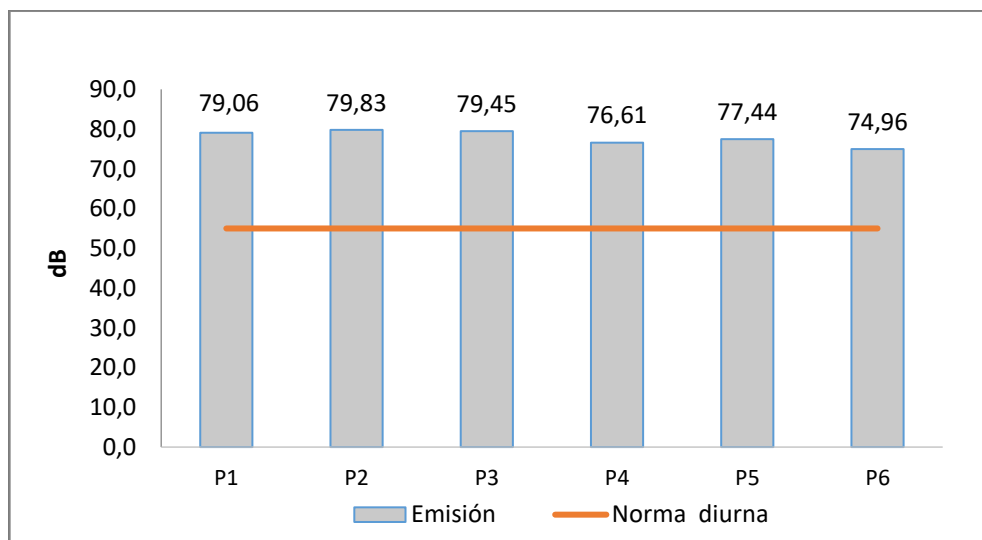


Figura 12. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 26/10/2019

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

De acuerdo a los resultados obtenidos de emisión de ruido para el horario diurno del 26 de octubre de 2019, los puntos monitoreados no cumplen con el límite máximo permisible para jornada diurna de 55 dB(A), Sector A. el cual se encuentra establecido en la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente MADS.

Tabla 18. Emisión de ruido (dB) diurno 27/10/2019

Emisión de Ruido Diurno								
Punto	LAeq Corr	Lmax	Lmin	L90Corr	Corrección realizada	Emisión	Norma diurna	Cumple
P1	77,77	100	57,40	64,82	Ajuste por impulso	77,55	55	NO
P2	77,97	98	58,60	65,52	Ajuste por impulso	77,72	55	NO
P3	77,03	98,1	59,60	65,92	Ajuste por impulso	76,68	55	NO
P4	76,51	96,8	61,10	66,13	Ajuste por impulso	76,10	55	NO
P5	79,23	94,6	60,80	67,38	Ajuste por impulso	78,94	55	NO
P6	78,70	95,4	59,50	66,11	Ajuste por tono y contenido de información	78,45	55	NO

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

En la Figura 13, se presentan los resultados obtenidos para el horario diurno versus la comparación con los límites normativos para jornada diurna.

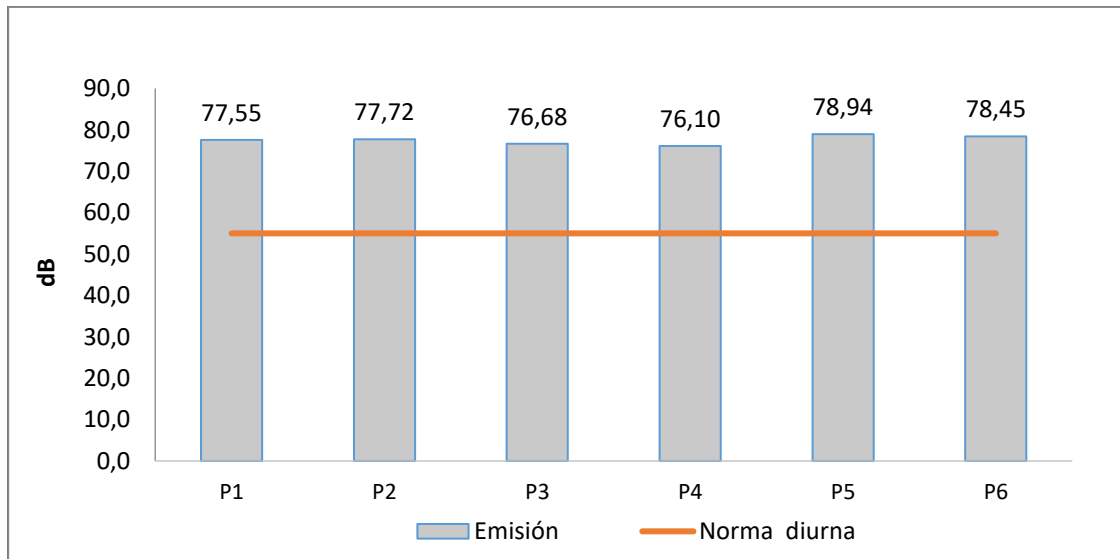


Figura 13. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 27/10/2019

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

De acuerdo a los resultados obtenidos de emisión de ruido para el horario diurno del 26 de octubre de 2019, los puntos monitoreados no cumplen con el límite máximo permisible para jornada diurna de 55 dB(A), Sector A. el cual se encuentra establecido en la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente MADS.

Tabla 19. Emisión de ruido (dB) diurno 28/10/2019

Emisión de Ruido Diurno								
Punto	LAeq Corr	Lmax	Lmin	L90Corr	Corrección realizada	Emisión	Norma diurna	Cumple
P1	80,10	93,30	63,50	65,47	Ajuste por tono y contenido de información	79,94	55	NO
P2	85,44	98,20	61,70	64,11	Ajuste por tono y contenido de información	85,41	55	NO
P3	73,33	86,60	62,00	64,30	Ajuste por tono y contenido de información	72,74	55	NO
P4	71,65	74,40	63,40	65,07	Ajuste por tono y contenido de información	70,57	55	NO
P5	71,30	70,30	62,00	64,01	Ajuste por tono y contenido de información	70,40	55	NO
P6	73,47	82,20	61,80	62,91	Ajuste por tono y contenido de información	73,07	55	NO

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

En la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se presentan los resultados obtenidos para el horario diurno versus la comparación con los límites normativos para jornada diurna.

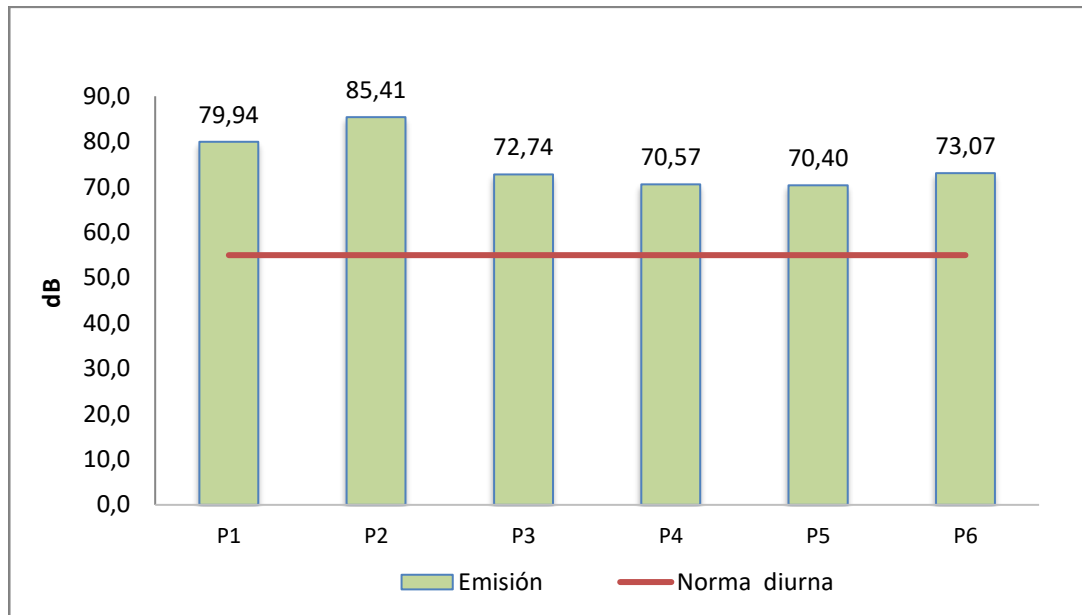


Figura 14. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 28/10/2019  
Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

De acuerdo a los resultados obtenidos de emisión de ruido para el horario diurno del 26 de octubre de 2019, los puntos monitoreados no cumplen con el límite máximo permisible para jornada diurna de 55 dB(A), Sector A. el cual se encuentra establecido en la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente MADS.

Tabla 20. Emisión de ruido diurno (dB) 29/10/2019

Emisión de Ruido Diurno								
Punto	LAeq Corr	Lmax	Lmin	L90Corr	Corrección realizada	Emisión	Norma diaria	Cumple
P1	70,07	73,60	54,7	59,74	Ajuste por tono y contenido de información	69,65	55	NO
P2	68,15	72,40	54,0	57,03	Ajuste por tono y contenido de información	67,80	55	NO
P3	68,76	71,90	54,2	57,18	Ajuste por tono y contenido de información	68,45	55	NO
P4	68,05	70,80	54,8	55,80	Ajuste por tono y contenido de información	67,78	55	NO
P5	65,28	68,10	56,6	58,22	Ajuste por tono y contenido de información	64,32	55	NO
P6	72,14	76,10	57,6	61,95	Ajuste por tono y contenido de información	71,70	55	NO

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

En la figura 15, se presentan los resultados obtenidos para el horario diurno versus la comparación con los límites normativos para jornada diurna.

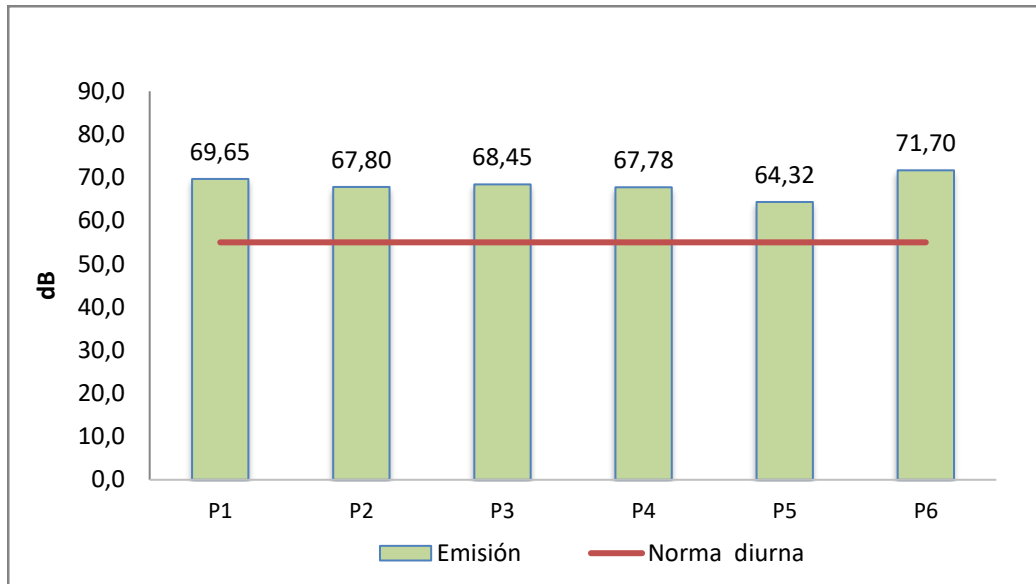


Figura 15. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 29/10/2019  
Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

De acuerdo a los resultados obtenidos de emisión de ruido para el horario diurno del 26 de octubre de 2019, los puntos monitoreados no cumplen con el límite máximo permisible para jornada diurna de 55 dB(A), Sector A. el cual se encuentra establecido en la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente MADS.

Tabla 21. Emisión de ruido diurno (dB) 30/10/2019

Emisión de Ruido Diurno								
Punto	L <sub>Aeq</sub> Corr	L <sub>max</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>90</sub> Corr	Corrección realizada	Emisión	Norma diurna	Cumple
P1	66,97	74,00	60,00	62,05	Ajuste por tono y contenido de información	65,28	55	NO
P2	70,88	72,70	60,50	62,45	Ajuste por tono y contenido de información	70,21	55	NO
P3	71,57	75,10	59,50	63,89	Ajuste por tono y contenido de información	70,76	55	NO

Emisión de Ruido Diurno								
Punto	L <sub>Aeq</sub> Corr	L <sub>max</sub>	L <sub>min</sub>	L <sub>90</sub> Corr	Corrección realizada	Emisión	Norma diurna	Cumple
P4	60,33	70,40	53,50	55,27	Ajuste por tono y contenido de información	58,71	55	NO
P5	65,44	77,70	55,30	60,68	Ajuste por tono y contenido de información	63,68	55	NO
P6	70,68	78,40	62,40	68,22	Ajuste por tono y contenido de información	67,03	55	NO

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

En la figura 16, se presentan los resultados obtenidos para el horario diurno versus la comparación con los límites normativos para jornada diurna.

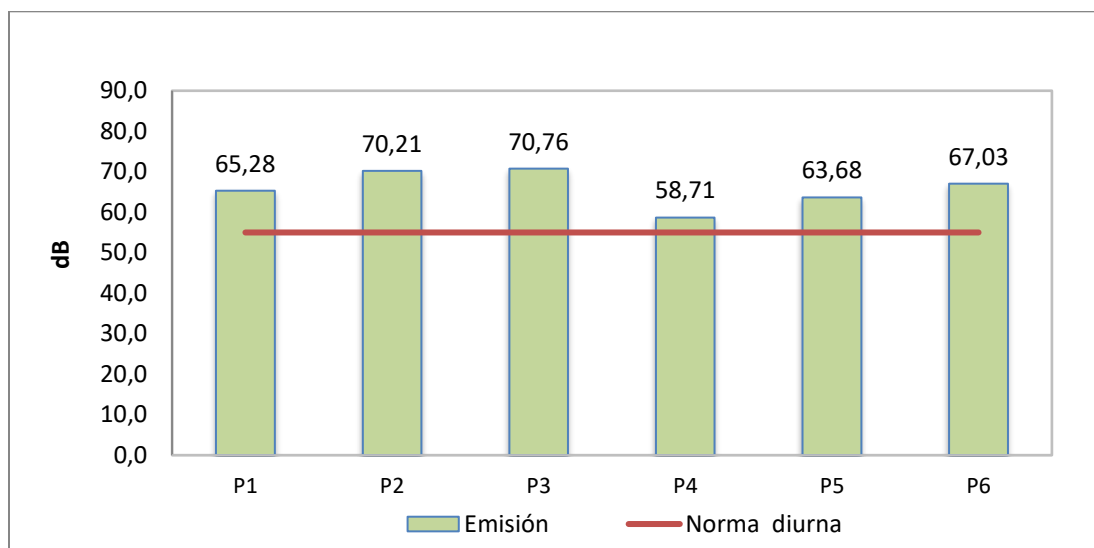


Figura 16. Comparación emisión de ruido diurno Vs norma diurna para el día 30/10/2019  
Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

De acuerdo a los resultados obtenidos de emisión de ruido para el horario diurno del 26 de octubre de 2019, los puntos monitoreados no cumplen con el límite máximo permisible para jornada diurna de 55 dB(A), Sector A. el cual se encuentra establecido en la Resolución 0627 de 2006 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, actualmente MADS.

Las posibles fuentes de emisión ruidos más representativas observados durante la investigación se relacionan en la Tabla 18. Fueron identificadas cuatro categorías de fuentes de emisión que pueden estar alterando el ambiente en la zona hospitalar.

Tabla 22. Identificación y descripción de las fuentes de ruidos

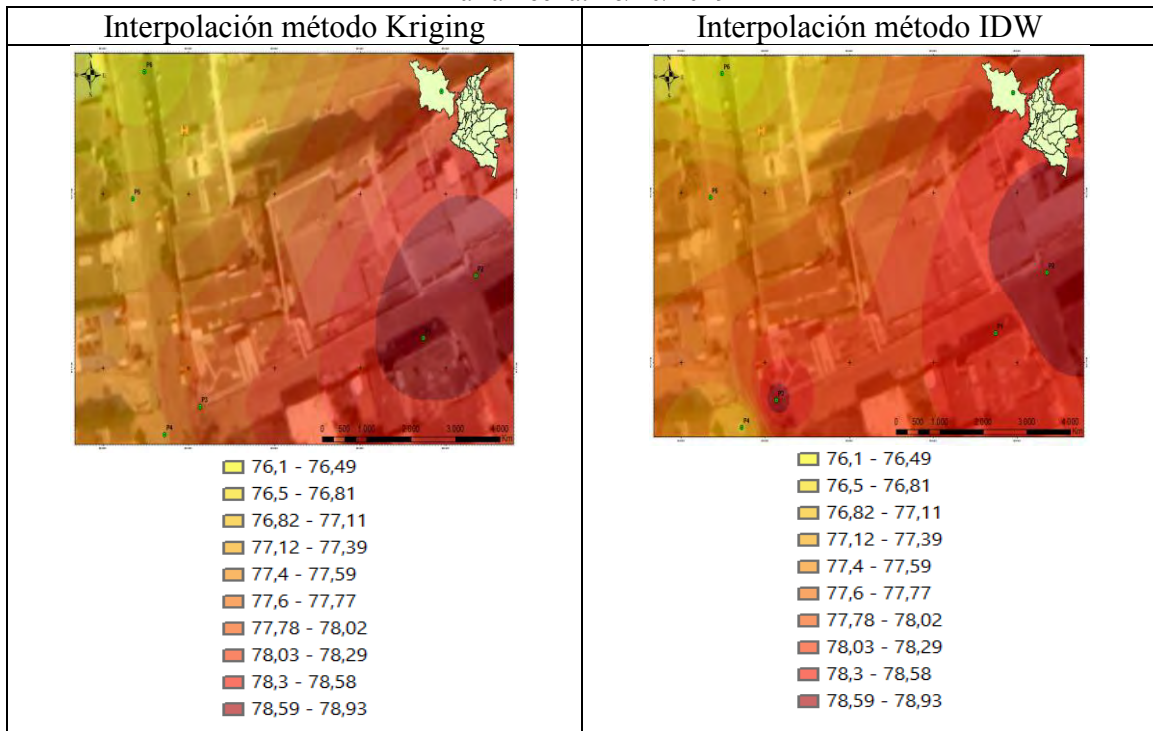
<b>Identificación</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ruido Aerodinámico</b>	Producido por la interacción entre la carrocería de vehículos y el aire.
<b>Ruido peatonal</b>	Causado por el paso de personas cerca o dentro de las instalaciones de la compañía.
<b>Ruido de rodadura</b>	Causado por la interacción entre el neumático y el pavimento cada vez que un vehículo ingresa o sale de la compañía.
<b>Ruido de motor</b>	Ruido propio de los vehículos y maquinarias que son utilizadas en el puerto para el transporte de carga. En la zona se identificó que transitan vehículos livianos, motos y vehículos pesados; estos vehículos al encontrarse en movimiento generan un ruido intermitente y lineal de carácter impulsivo por ser breve y abrupto; por los componentes internos de sus motores, los vehículos son susceptibles de generar ruido de carácter tonal.
<b>Fauna local y animales domésticos</b>	Ruido generado por la presencia de la fauna local del área, como aves, anfibios e insectos y ruido generado por los animales domésticos; se caracteriza por ser un ruido de tipo intermitente, puntual e impulsivo, puesto que no se presenta de manera continua en el área de estudio.

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

### 9.1. Variabilidad espacio-temporal de emisión de ruido

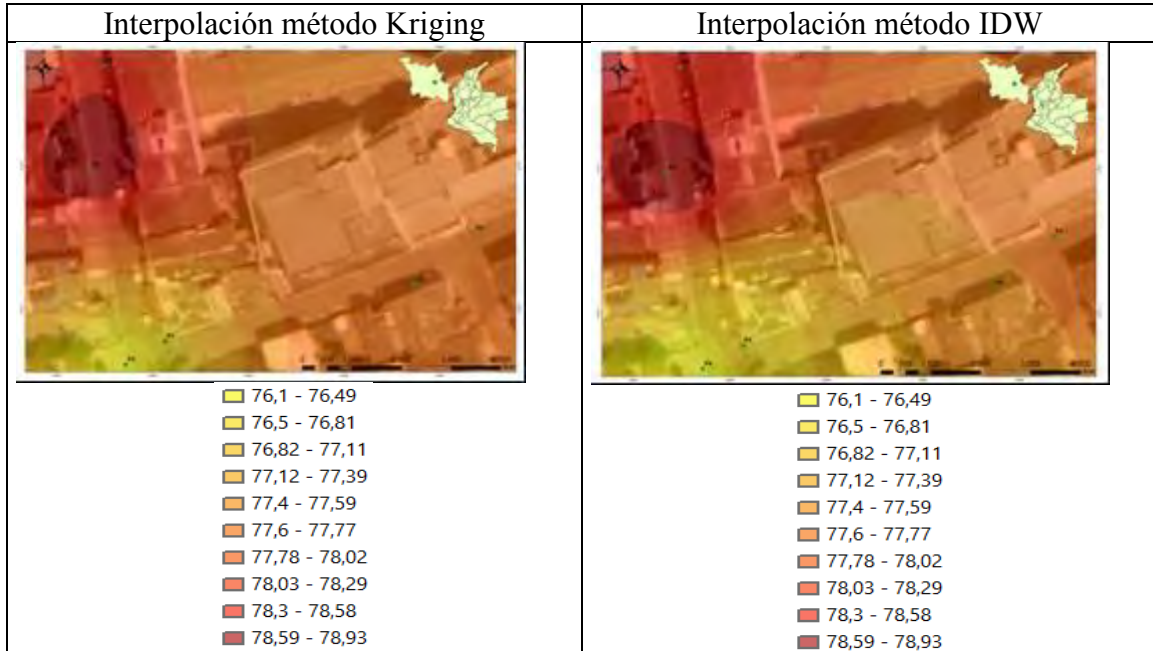
La elaboración de los mapas de ruido de emisión, se realizó teniendo en cuenta las variables; valores de medición de ruido para un periodo de muestreo en jornada diurna y por cada punto, mediciones de condiciones meteorológicas, conteo de flujo vehicular, caracterización de fuentes y datos de georreferenciación asociados a las cercanías de las zonas de estudio (geoprocesamiento en ArcGis) con datos de interés de la zona tales como vías, construcciones, curvas de nivel, cuyos valores son correlacionados en el Software ArcGis, con lo cual se obtuvieron las isófonas, que posteriormente se sobrepusieron al esquema en planta de la zona de estudio.

Tabla 23. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 26/10/2019



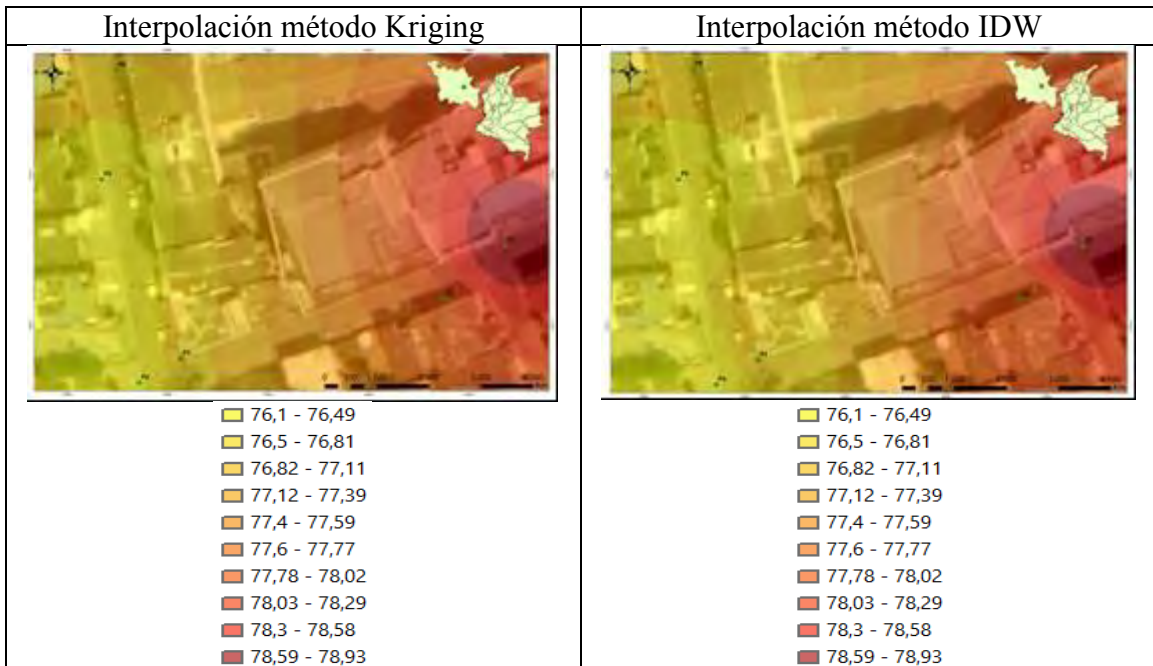
Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 24. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 27/10/2019



Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 25. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 28/10/2019



Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 26. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 29/10/2019

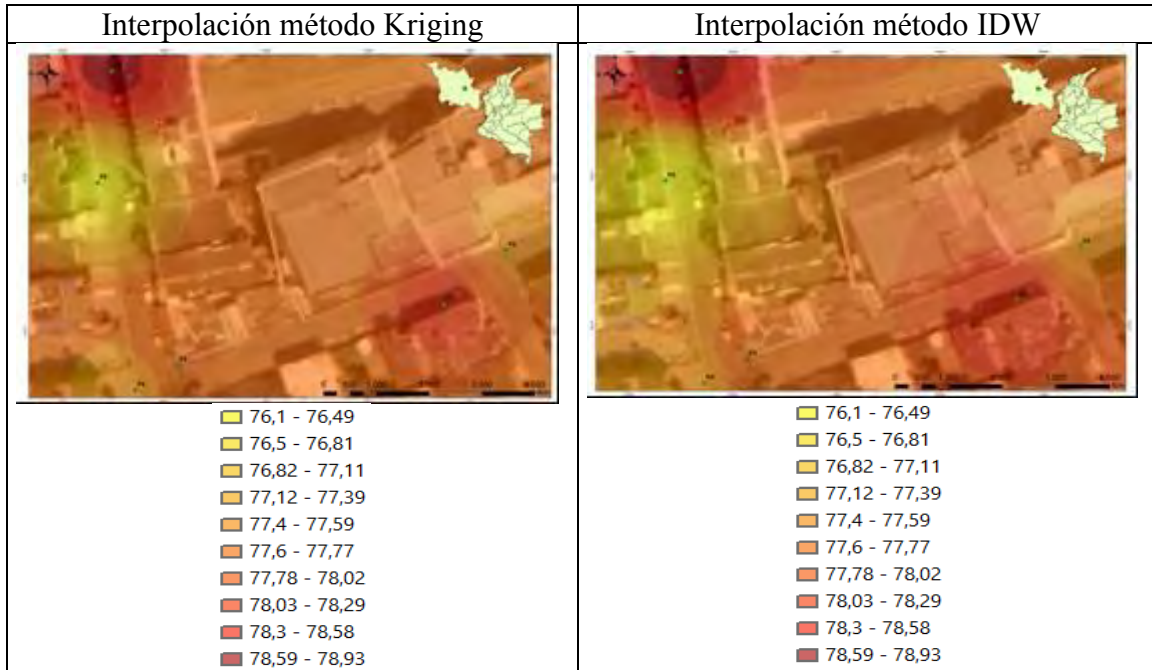
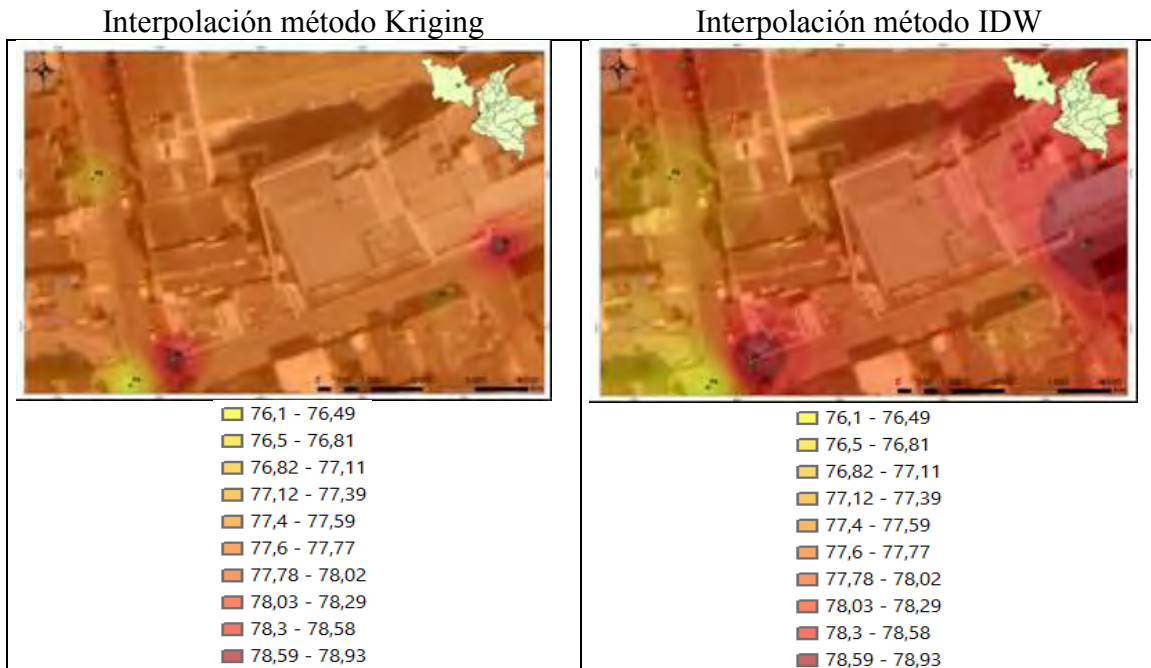


Tabla 27. Variabilidad espacial ruido de emisión en el área de estudio local Clínica Santa María Fecha: 30/10/2019



Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Después de realizar los mapas de ruido por los diferentes métodos se puede resaltar que las configuraciones que presentaron menor error fueron las construidas mediante Kriging con los parámetros del modelo. Se evidencia una alta congruencia entre los datos estadísticos de los puntos predichos y los medidos, su media fue la más cercana a cero (0) y la desviación estándar fue la mínima entre todas las condiciones.

Tabla 28. Comparativos de los métodos de interpolación, según los hallazgos

IDW	KRIGING
Método determinístico de interpolación, basado directamente en los valores medidos o en fórmulas matemáticas específicas que determinan la suavidad de la superficie resultante	Procedimiento geoestadístico avanzado que genera una superficie estimada a partir de un conjunto de puntos dispersados con valores z, es decir, basado en modelos estadísticos que incluyen la autocorrelación, es decir, las relaciones estadísticas entre los puntos medidos.
El método IDW está basado principalmente en la inversa de la distancia elevada a una potencia matemática.	Implica una investigación interactiva del comportamiento espacial del fenómeno representado por los valores z antes de seleccionar el mejor método de estimación para generar la superficie de salida.
Supuesto: las cosas que están más cerca son más parecidas, por lo tanto, tienen más peso e influencia sobre el punto a estimar.	Este método es más adecuado cuando se sabe que hay una influencia direccional o de la distancia correlacionada espacialmente en los datos.

<b>IDW</b>	<b>KRIGING</b>
Este método supone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra.	Supone que la distancia o la dirección entre los puntos de muestra reflejan una correlación espacial que puede utilizarse para explicar la variación en la superficie.

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

## 9.2. Interpretación estadística de los resultados

Después de realizar las interpolaciones por los diferentes métodos se puede resaltar lo siguiente:

Tabla 29. Datos estadístico variabilidad espacial de ruido

	<b>Generales</b>		<b>Kriging</b>		<b>IDW</b>	
	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación</b>
26/10/2019	74,96	79,82	78,01	0,62	78,16	1,03
27/10/2019	76,1	78,92	77,7	0,43	77,64	0,53
28/10/2019	70,4	79,82	76,41	4,11	76,33	4,21
29/10/2019	64,32	71,7	68,22	0,65	68,17	1,02
30/10/2019	58,71	70,75	65,92	0,53	66,32	1,63

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

De acuerdo con la tabla 20 el método de interpolación Kriging presenta una menor desviación estándar. La idea básica detrás de la desviación estándar es que cuando la dispersión es grande, los valores de la muestra tenderán a alejarse de su media, pero cuando la dispersión es pequeña, los valores tenderán a acercarse a su media (Navidi, 2006). Por lo tanto los resultados generados por Kriging presentan un mejor comportamiento muestral.

## 9.3. Asociación entre tráfico vehicular y ruido

De acuerdo con los resultados obtenidos y el modelo realizado, se puede observar que, en los alrededores de la Clínica Santa María los niveles de ruido se encuentran en un rango entre 75 dB y 85 dB, en sitios en donde predominan fuentes fijas de ruido como las vías de circulación de tráfico automotor.

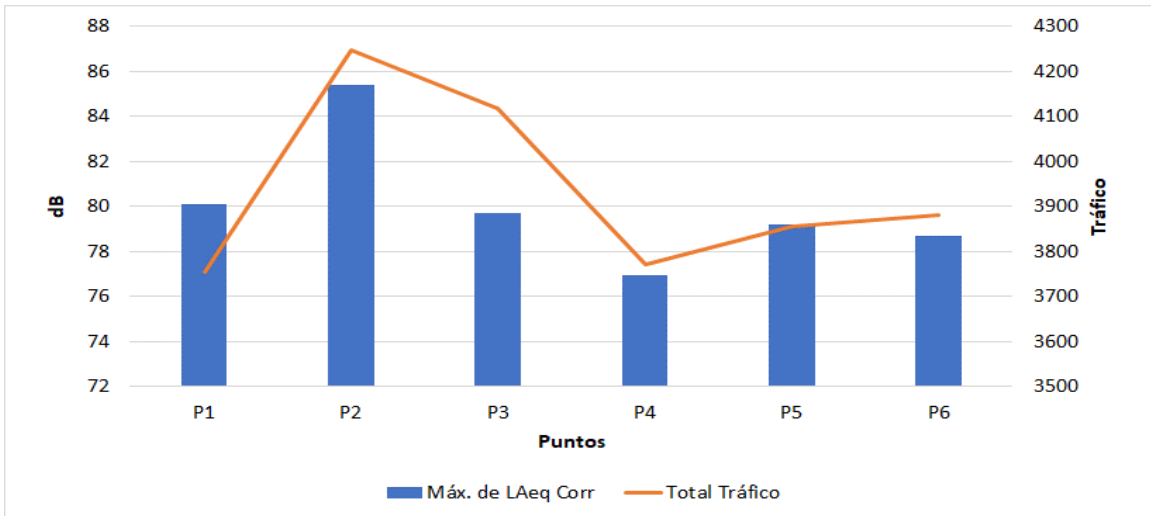


Figura 17 Comparativo de máximos de ruido emitido durante semana y fin de semana.  
Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

De los seis puntos en donde se realizaron la toma de muestras de ruido, se pudo evidenciar que es en el punto 2 donde hay mayor afectación por ruido, con fuentes fijas de ruido que superan los 85 dB. Lo anterior se puede explicar en gran medida desde las características mismas del punto, puesto que su cercanía al centro hospitalario, es por vía que conduce a la salida de un semáforo que reparte el flujo vehicular hacia el centro y norte de la ciudad. El total de vehículos que se registraron en el punto fue de 4.249, entre Ambulancia, Buses, Camiónes, Camionetas, Carros livianos y Motos, siendo éstas últimas el vehículo automotor con mayor frecuencia (3060).

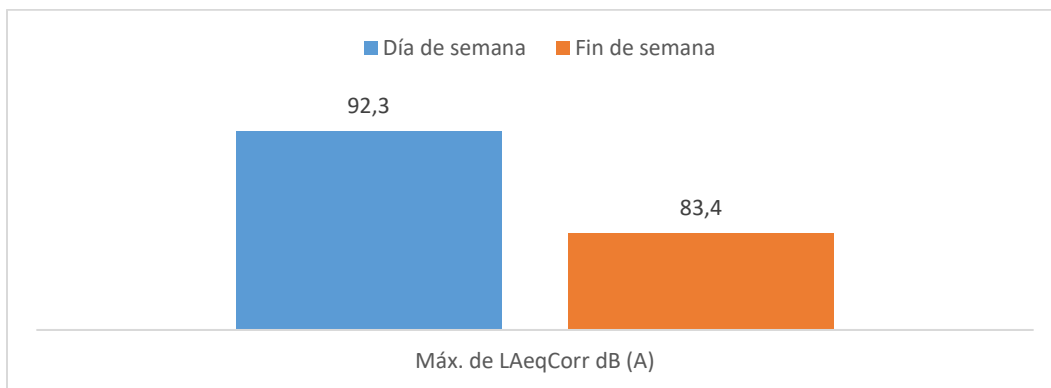


Figura 18 Comparativo de máximos de ruido emitido durante semana y fin de semana  
Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Por otra parte, de los datos obtenidos, se pudo evidenciar que el máximo de ruido se registró dentro de los días de la semana (92,3 dB). Este hecho se puede explicar toda vez que el uso de los hospitales se hace con regularidad dentro de los días hábiles (consultas, controles, exámenes), y en los fines de semana se registran mayoritariamente las urgencias. De igual forma, los días hábiles registran actividades de rutina o cotidianidad que requieren desplazamiento vehicular, como ir al trabajo, colegio, realizar compras en el comercio, entre otros.

### 9.3.1. Correlación entre ruido y flujo vehicular

La tabla siguiente, presenta los datos de tráfico vehicular observados en la zona contigua a la Clínica Santa María y el ruido emitido. Es importante mencionar que el conteo se realizó en las horas de medición y descanso es decir una hora por punto como se expresa en la siguiente tabla.

Tabla 30. Cálculo del Tráfico y emisión de presión sonora (No de vehiculos/hora)

Día	Pto	Hora inicio	Hora fin	LAeq Corr	Ambul ancia	Bus	Camión	Camion eta	Carro liviano	Moto	Total
26/10/2019	1	7:05:00 a. m.	8:01:00 a. m.	79,36	3	4	12	72	104	520	715
	2	8:09:59 a. m.	9:05:59 a. m.	80,02	5	4	20	84	220	534	867
	3	9:14:59 a. m.	10:11:00 a.m.	79,7	5	6	18	77	242	499	847
	4	10:20:00 a. m.	11:16:00 a.m.	76,96	4	6	22	81	89	573	775
	5	11:25:59 a. m.	12:22:00 p.m.	77,67	6	6	16	69	162	521	780
	6	12:30:00 p.m.	1:26:00 p. m.	75,22	4	6	24	77	144	509	764
27/10/2019	1	7:05:00 a. m.	8:01:00 a. m.	77,77	2	4	10	63	89	490	658
	2	8:09:59 a. m.	9:05:59 a. m.	77,97	4	4	14	54	179	499	754
	3	9:14:59 a. m.	10:11:00 a. m.	77,02	4	6	12	57	201	495	775
	4	10:20:00 a. m.	11:16:00 a. m.	76,51	5	6	16	79	88	561	755
	5	11:25:59 a. m.	12:22:00 p. m.	79,23	4	6	20	79	196	551	856
	6	12:30:00 p.m.	1:26:00 p. m.	78,69	4	6	22	91	161	524	808
28/10/2019	1	7:05:00 a. m.	8:01:00 a. m.	80,09	4	4	18	86	146	589	847
	2	8:09:59 a. m.	9:05:59 a. m.	85,43	4	4	22	82	199	598	909
	3	9:14:59 a. m.	10:11:00 a. m.	73,32	4	6	14	77	220	511	832
	4	10:20:00 a. m.	11:16:00 a. m.	71,65	5	6	18	88	104	561	782
	5	11:25:59 a. m.	12:22:00 p. m.	71,29	4	6	28	84	129	520	771
	6	12:30:00 p.m.	1:26:00 p. m.	73,46	4	6	24	90	165	534	823
	1	7:05:00 a. m.	8:01:00 a. m.	70,07	3	4	12	65	124	589	797

Día	Pto	Hora inicio	Hora fin	LAeq Corr	Ambulancia	Bus	Camión	Camioneta	Carro liviano	Moto	Total
29/10/2019	2	8:09:59 a. m.	9:05:59 a. m.	68,14	3	4	10	74	144	598	833
	3	9:14:59 a. m.	10:11:00 a. m.	68,76	4	5	8	73	178	511	779
	4	10:20:00 a. m.	11:16:00 a. m.	68,04	4	5	6	70	114	561	760
	5	11:25:59 a. m.	12:22:00 p. m.	65,27	3	6	8	66	109	520	712
	6	12:30:00 p.m.	1:26:00 p. m.	72,13	3	6	12	81	122	534	758
30/10/2019	1	7:05:00 a. m.	8:01:00 a. m.	66,96	4	6	8	55	120	544	737
	2	8:09:59 a. m.	9:05:59 a. m.	70,88	4	6	16	88	161	611	886
	3	9:14:59 a. m.	10:11:00 a. m.	71,56	5	6	14	82	188	590	885
	4	10:20:00 a. m.	11:16:00 a. m.	60,33	5	4	12	73	104	501	699
	5	11:25:59 a. m.	12:22:00 p. m.	65,44	4	4	10	70	118	531	737
	6	12:30:00 p.m.	1:26:00 p. m.	70,67	4	4	14	83	111	512	728

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Una vez cuantificados el grado de asociación entre las variables que miden el ruido y el flujo vehicular, mediante el coeficiente de correlación de Pearson; y haciendo uso de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk considerando que el número de unidades experimentales es 30; en la tabla 22, se presente el valor del estadístico de prueba con su correspondiente valor de significancia (p valor) asociado.

Tabla 31. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Prueba de normalidad	Ruido	Ambulancia	Bus	Camión	Camionetas	Carros Livianos	Moto
Shapiro-Wilk	0,97257	0,86488	0,66512	0,9644	0,95329	0,94335	0,92386
Significancia	0,6115	0,001291	0,000504	0,3991	0,2069	0,112	0,03382

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Se observa entonces, que para las variables Ruido, Camión, Camionetas, y Carros Livianos se cumple el supuesto de normalidad, dado que no se cuenta con suficiente evidencia para rechazar la hipótesis nula (p valor > 0.05). Mientras que para las variables Ambulancia, Bus, y Moto, al no cumplir el supuesto de normalidad se considera la alternativa no paramétrica del coeficiente de correlación Rho de Spearman.

Por otra parte, para verificar si la relación de los datos obtenidos en las muestras realmente existe o si sólo se debe el azar, bajo el supuesto de independencia entre las observaciones de las variables en estudio, se lleva a cabo la siguiente la prueba de hipótesis:

$$H_0: \rho = 0$$

Dónde la relación entre las variables en estudio no es significativa, contra

$$H_1: \rho \neq 0$$

Que expresa la relación entre las variables en estudio es significativa.

En las tablas 23 y 24, se presentan los valores de los coeficientes de correlación y la significancia de la prueba de hipótesis asociada a cada uno de estos valores.

Tabla 32. Coeficientes de correlación de Pearson y Significancia de la prueba de hipótesis

<b>Correlación de Pearson</b>	<b>Camión</b>	<b>Camionetas</b>	<b>Carros Livianos</b>
Ruido	,531 (53%)	,206 (21%)	,433 (43%)
Sig. (bilateral)	,003	,276	,017

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 33. Coeficientes de correlación de Rho de Spearman y Significancia de la prueba de hipótesis

<b>Rho de Spearman</b>	<b>Ambulancia</b>	<b>Bus</b>	<b>Moto</b>
Ruido	0,147 (15%)	-0,026 (3%)	-0,058 (6%)
Sig. (bilateral)	0,438	0,891	0,759

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Con un nivel de significancia del 5%, se concluye que solo es estadísticamente significativa la relación de la variable Ruido con las variables Camión, y Carros Livianos (p valor < 0.05), tomando valores respectivos de 53% y 43%.

Por otro lado se observa que el grado de asociación entre la variable Ruido con las variables Bus y Moto es respectivamente de 3% y 6%, siendo estos valores despreciables. Al estudiar las observaciones se encuentra que la razón del anterior resultado se debe a que la variabilidad de estas es baja respecto a su valor promedio, volviéndose una constante respecto a los puntos o zonas estudiadas. Sin embargo, no significa que no exista una relación no lineal entre las variables. Cabe notar, que el hecho de no estar estadísticamente correlacionadas no significa que las variables sean independientes, solo que los datos o puntos de estudios no fueron adecuados para medir esta relación.

Respecto al tamaño del efecto del flujo vehicular, sobre el ruido emitido, se concluye según las convenciones para su interpretación que el efecto de la intervención de los camiones es “grande”, de los carros livianos de “mediana”, de ambulancias y camionetas “pequeño”, y como se menciono antes el efecto de las motos y buses es despreciable para los resultados de este estudio, considerándose constantes (Dominguez, 2017).

Seguido a ver encontrado significativa la relación lineal entre las variables Ruidos, y Camión y Carros Livianos, se procede estimar el ajuste del modelo de regresión lineal múltiple:

$$Ruido = \widehat{\beta}_0 + \widehat{\beta}_1 Camión + \widehat{\beta}_2 Carros Livianos$$

Obteniendo los siguientes resultados:

$$Ruido = 60,6028 + 0,4533 Camión + 0,0413 Carros Livianos$$

De manera que al mantener constante el flujo de vehículos como carros livianos y otros, por cada unidad que aumente el número de camiones se espera que el ruido aumente a razón de 0,4533 (45,33%). Mientras que al mantener constante el flujo de vehículos como camiones y otros, por cada unidad que aumente el número de carros livianos se espera que

el ruido aumente a razón de 0,0413 (4,13%). Y en ausencia de camiones y carros livianos se espera que el ruido emitido por agentes constantes tenga una medida aproximada de 61 en unidades de LAeq Corr.

Frente a las variables flujo vehicular y ruido emitido, una medida del ajuste del modelo de regresión múltiple planteado, es el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) igual al 0,3765 (38%) lo que traduce la proporción de varianza de la variable dependiente (ruido emitido), que es explicada por las variables independientes (flujo vehicular).

Por otra parte, el valor de la estadística F que prueba la hipótesis de significancia del modelo de regresión ajustado es de 8,152 con un p valor asociado de 0,0017 (p valor <0.05). De donde se concluye que los parámetros del modelo son significativos, es decir, las variables seleccionadas (independientes) logran explicar bien a la variable respuesta (ruido emitido).

Ahora, enfatizando en el flujo de vehículos tipo motocicletas, se considera el modelo de medidas repetidas dado por:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \tau_j + \epsilon_{ij}$$

Donde  $Y_{ij}$  representa el número de motos en el  $i$  – ésimo punto para el  $j$  – ésimo día dado,  $\beta_i$  es el efecto de los puntos, y  $\tau_j$  es el efecto del tiempo (días).

Al realizar el análisis de perfiles tomando como variable respuesta el número de motos, no se observa que haya alguna tendencia definida, pero sí cruces entre los diferentes perfiles a través del tiempo, por lo que se espera no encontrar diferencias significativas del flujo de motocicletas en los puntos a través del tiempo.

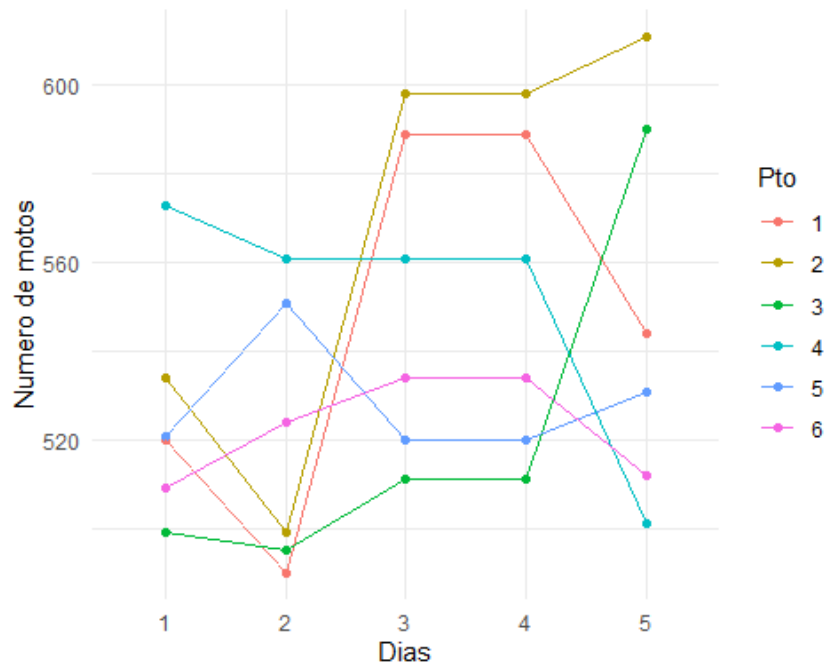


Figura 19 Análisis de Perfiles de Motos por días  
Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

### 9.3.2. Análisis de perfiles del número de motos en los diferentes puntos.

Mediante la Figura 2 se presenta un diagrama de cajas del número de moto, para los días en que se realizó el estudio. Parece haber igualdad de varianza entre los diferentes días, dado que las cajas de los días 3,4 y 5 (días de semana) se cruzan notablemente y las cajas de los días 1 y 2 (fin de semana) igualmente se cruzan con las anteriores aunque en menor magnitud.

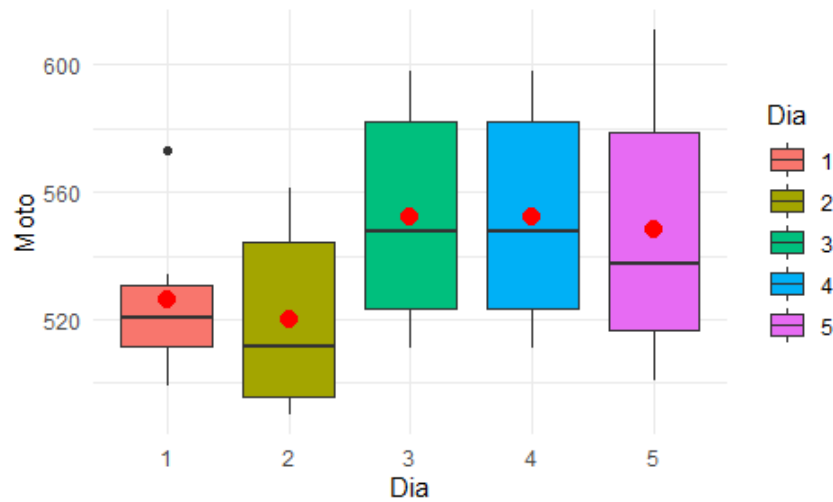


Figura 20 Diagrama de cajas por días para el numero de motos.  
Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

Se desea probar si existe diferencia significativa entre puntos en el tiempo (Días):

$$H_0: \tau_1 = \dots = \tau_5 \text{ vs } H_1: \text{algún } \tau_j \neq \tau_{j'}$$

Al considerar un nivel de significancia del 5%, los resultados para la validación de los supuestas del modelo con medidas repetidas fueron:

Condición de esfericidad: usando el test de **Sphericity Corrections**, el valor del estadístico de prueba fue  $GGe=0.476479$  con un p valor asociado de 0.3133226, es decir a con un nivel de significancia del 5% (p valor > 5%) no se rechaza el supuesto de la esfericidad para días.

Para corroborar supuesto de normalidad, se hace uso del **Test de Shapiro-Wilk** obteniendo un valor para el estadístico de prueba igual a  $W=0.97713$ , y un p valor asociado de 0.7451, por tanto como  $0.7451 > 0.05$ , no hay evidencia muestral para rechazar el supuesto de normalidad en los residuales del modelo, concluyendo que los residuales del modelo se distribuyan normal.

Por último para validar el supuesto de homogeneidad de varianzas, se utiliza el **Test de Bartlett** puesto que no se tiene problemas con el supuesto de normalidad. Obteniendo el estadístico de prueba Bartlett's K-squared = 5.0187 con 5 y 25 grados de libertad, con un p valor = 0.2854, por tanto, no se rechaza la homogeneidad de varianzas para los residuales del modelo (p valor > 5%).

Cumplidos los supuestos para la realización del análisis de varianza que compara el número de motos respecto los días, el valor del estadístico de prueba F es 1.306 con un p valor asociado de 0.301 (> 0.05), lo que lleva al no rechazo de  $H_0$ . Concluyendo con una confianza del 95% que no existen diferencias significativas entre el número de motos, para los diferentes días; es decir el número de motos es igual a través del tiempo (días), de donde se infiere que la variable que mide el flujo de motos puede considerarse una constante.

De a lo anterior se justifica que la relación entre el ruido emitido y el flujo de motos sea despreciable, puesto que por definición la correlación entre una variable y una constante es nula. Como se menciono antes este hecho no quiere decir que las variables en cuestión sean independientes.

Por último, para el estudio de la relación entre motos y ruido emitido se sugiere utilizar otro diseño de experimentos

De acuerdo con la figura 19 anteriores se puede indicar que la generación y difusión del ruido en la zona de la Clínica Santa María permite definir que la fuente generadora de ruido más importante es el alto flujo vehicular asociado principalmente a motocicletas dedicadas al mototaxismo; esto es generado a la cercanía de una avenida principal sobre la zona hospitalaria. El rango en decibeles observado en la zona aledaña al centro médico (75 dB a 85 dB) tiene una alta influencia por las vías cercanas en donde se encuentra un nivel de ruido mayor (85 dB).

Los esquemas de variabilidad de ruido generados demuestran claramente que la zona de influencia a la Clinica Santa Maria y centros médicos se presenta incumplimiento de la norma de acuerdo con los limites permitidos por la Resolución 627 de 2006 en lo que respecta a ruido de emission y esto dado principalmente por la densidad de tráfico vehicular, lo que es característico de ambientes urbanos. Por otro lado, en las zonas aledañas las actividades comerciales formales e informales contribuyen a la generación de ruido ya que se mantienen niveles de ruido sobre 60 dB y 65 dB, que según la Organización Mundial de la Salud a estos valores se pueden sufrir malestares fuertes, dolores de cabeza, y en pacientes dentro del entorno hospitalario interrupción de la tranquilidad y trastorno del sueño y descanso.

De manera general se evidencia un crecimiento comercial formal e informal en los alrededores de la Clinica Santa Maria; en algunos casos asociado al mismo servicio hospitalario (droguerías, misceláneas) y otros no asociados tales como restaurantes, panaderías, cafeterías, supermercados, ferreterías, en otros casos corresponden a actividades no autorizados o de comercio informal; ventas ambulantes de gran variedad de artículos. En cuanto al tráfico vehicular la administración municipal ha autorizado la ubicación y puesta en funcionamiento de paraderos de buses urbanos en sitios muy cercanos a los centros médicos, sin tener en cuenta gestión estratégica para la contaminación por ruido.

De acuerdo con lo anterior y debido al incumplimiento normativo con relación a la contaminación por ruido en los sectores de tranquilidad y silencio, se deben diseñar estrategias y planes de acción orientados a la implementación de medidas que permitan disminuir los indices que se presentan actualmente en la zona hospitalaria Clinica Santa Maria. De igual forma se deben establecer medidas de control y vigilancia del cumplimiento de la misma bajo lineamientos de prevención de contaminación.

### **9.3.2.1. Semaforización**

Dentro de los resultados obtenidos, se pudo observar un fenómeno incidente en el comportamiento del ruido y por ende en la medición obtenida del mismo. La semaforización.

Los puntos de toma de muestras de ruido número 1, 2, 3 y 4, ubicados en la calle 18, cuentan con un semáforo, aparte de los semáforos que se alinean a lo largo de la misma calle. Ese hecho establece un comportamiento cíclico del ruido que origina la detención total del tráfico al costado norte-sur durante la extensión de tiempo que dura el semáforo en rojo. Es precisamente por esta razón, que se observan relaciones directas significativas entre el  $L_{\min}$  y el flujo de motocicletas, lo cual indica que los  $L_{\min}$  más altos ocurren a finales de la mañana cuando el flujo de este tipo de vehículos se torna más importante y continuo.

## **9.4. Estrategias de Control y Mitigación**

Con el propósito de plantear estrategias de control y manejo de los índices de ruido de emisión en la zona hospitalaria de la Ciudad de Sincelejo se plantearán una serie de medidas preventivas y correctivas orientadas a la disminución de los índices generadores de ruido.

Como punto de partida se requiere identificar las principales fuentes generadoras de ruido en las diferentes zonas hospitalarias de la Ciudad de Sincelejo se deberán generar los mapas de ruido y establecer un diagnóstico ambiental en la zona.

**Programa de Restricción vehicular.** Se caracteriza en realizar restricciones de movilización por zonas y horas según el tipo de vehículo. Esta medida, sin embargo, desempeña un papel más relevante en lo concerniente con la solución de los embotellamientos y la minoración de la contaminación atmosférica, que del ruido (Ramirez, 2011).

Para sobrellevar la saturación de las vías en diversas ciudades de Colombia, se han implementado restricciones de movilización en el parque automotor incluido el transporte privado y el público, medida que opera por horas y días de la semana según la matrícula del vehículo (pico y placa). Las medidas de restricción vehicular que se han venido tomando en Colombia han surgido por el colapso del tráfico (Ramirez, 2011).

Se deberá controlar el tipo de vehiculos que transite por la zona; de igual forma se deberá delimitar horario de circulación para aquellos vehiculos que generen un mayor nivel de ruido.

**Programa de reducción de la velocidad.** La velocidad, se relaciona directamente con los niveles de ruido y su regulación puede ser de ayuda en horarios nocturnos en sectores que así lo ameriten (Ramirez, 2011).

Sin embargo, durante los días de monitoreo se pudo observar la generación de tráfico se presenta principalmente en horas pico comprendidas entre las 7:00 a 9:00 am y 11:30 am a 1:00 pm en donde se generan embotellamientos, situación que genera mayor ruido por las continuas acciones de aceleración desaceleración.

Por tanto, en estas situaciones como medidas de control se requiere la instalación de reductores de velocidad y camaras de monitoreo; encargadas de controlar la velocidad y el regimen de flujo sobre las vías de acceso a la Clinica Santa Maria. Es claro que algunas de

estas medidas se pueden implementar de forma simple, pero otras requieren importantes inversiones económicas.

**Normas de uso de bocinas.** El uso de este accesorio vehicular debe ser exclusivo de situaciones en que se corre peligro de colisión o accidente, y de hecho en muchas normatividades así se ha planteado. No obstante, en ciudades congestionadas se ha convertido en un medio de expresión de molestia e inconformidad con el tráfico, agravando el problema de contaminación acústica. Como si fuera poco, a este ruido caótico con frecuencia se suma el de los silbatos de los policías que pretenden aliviar las congestiones, con más ruido (Ramirez, 2011).

Sobre la norma de uso de bocinas se propone la calibración de las mismas hasta los decibeles permitidos. El control de esta medida se realizaría dentro de la revisión técnico mecánica de los vehículos y en los puestos de control de la policía vial.

A la par con esta norma, cabrían otras relativas al uso de silenciadores y alarmas, unas y otras requieren en esencia de campañas contra el ruido o, en su defecto, de medidas de control y penalización. Constituye la norma más simple y menos costosa de implementar y, tal como se vio previamente, ya ha mostrado resultados importantes en diversas ciudades (Ramirez, 2011).

**Programa de sensibilización.** Esta orientado a disminuir los índices de ruido a las personas que tengan una relación directa o indirecta con la zona hospitalaria.

La sensibilización es una herramienta de fortalecimiento basada en la capacitación y educación ambiental de sectores que tienen incidencia en la zona hospitalaria y se enfoca en realizar prácticas y hábitos para la disminución de ruido generando un efecto multiplicador. El punto de partida de la implementación de la cultura de sensibilización ambiental debe enfocarse en la identificación de sectores de atención en los cuales se

pretende generar reflexión del deterioro ambiental ocasionado por el ser humano. La cultura de sensibilización se basa en:

**Comunicación.** Transmitir la información adecuadamente es una tarea compleja que requiere la interacción con el oyente propiciando canales abiertos de intercambio de ideas.

**Participación.** Hacer participe al oyente en las soluciones, manera de motivar a las personas a emprender el cambio como filosofía de vida.

**Evaluación** Evaluación del entorno inmediato para poder asimilar los conocimientos adquiridos y el cambio de hábitos que generan impactos negativos.

A través de la table 22 se epresentan una serie de medidas adicionales orientadas al control y mitigación del ruido generado.

Tabla 34. Propuesta de Estrategias de Control y Mitigación

<b>Actividad</b>	<b>Tipo de medida</b>	<b>Descripción</b>
Vallas informativas	Preventivo	Implementar vallas informativas encaminadas al control del ruido en las zonas hospitalarias.
Multas y sanciones	Correctivo	Establecer un programa de seguimiento y control para la disminución del ruido, en el cual se impongan medidas sancionatorias a los vehiculos que generen altos indices de ruido.

Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Tras el análisis de los resultados encontrados, se puede concluir de la presente investigación lo siguiente:

- Tras la medición de los niveles de ruido en la zona hospitalar de la clínica Santa María, de vías de alto tráfico; se pudo observar de los resultados arrojados, que no se presenta cumplimiento de la norma en relación con los límites máximos permisibles de ruido, con rangos entre 60 dB y 90 dB.
- La distribución espaciotemporal del ruido mostró relación con las emisiones por tráfico vehicular y paraderos de buses. Se identificaron posibles fuentes de emisión de ruido, principalmente el mototaxismo informal de la Ciudad de Sincelejo que se encuentra influyendo de forma significativa en la población de la zona de estudio en especial en las labores cotidianas.
- En lo que respecta a la correlación entre la fuente de ruido de motocicletas y el ruido en general, se hace nula, es decir no alcanza a inferir de forma positiva o negativa en la generación de ruido. Esto debido a que las calles donde se realizaron las mediciones, hacen lento el tránsito vehicular, dadas las escuadras y el semáforo.
- De acuerdo con la bibliografía encontrada se puede mencionar que en cercanías a la Clínica Santa María y centros médicos aledaños, el ruido emitido generará impactos en la salud de las personas asociado a interferencia sueño y la comunicación, cansancio crónico, efectos cardiovasculares, irritabilidad, ansiedad, bajo rendimiento, comportamiento agresivo, disminución de la capacidad de concentración.
- A futuro, las investigaciones sobre la incidencia del ruido en las zonas hospitalarias deben realizarse de forma regular, para poder implementar campañas y/o acciones que permitan mitigar el impacto en la salud, del paciente hospitalario.
- Se deben implementar más proyectos de medición del ruido en puntos fijos ubicados en otros entornos urbanos de la ciudad. En general, sería ventajoso incorporar los efectos del ruido en futuros estudios de cohorte sobre los efectos sobre la salud, ya que

los resultados de diversos estudios relacionados indican que ambos factores estresantes se caracterizan por una variación espaciotemporal similar en la escala urbana local.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

Alcaldía Municipal de Sincelejo Sucre. (2010). *Plan de ordenamiento territorial Municipio de Sincelejo*. Documentos Municipales, Sincelejo, Sucre. Recuperado el noviembre de 2019, de [http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/S/sincelejo\\_sucre\\_pot\\_2010/sincelejo\\_sucre\\_pot\\_2010.asp](http://cdim.esap.edu.co/BancoConocimiento/S/sincelejo_sucre_pot_2010/sincelejo_sucre_pot_2010.asp)

Alcaldía Bogotá. (s.f.). *Secretaría distrital de Ambiente*. Recuperado el noviembre de 2019, de <http://ambientebogota.gov.co>: <http://ambientebogota.gov.co/ruido>

Alcaldía de Medellín. (s.f.). *Plan Parcial Torres de La Fuente*. Documento Técnico de Soporte, Medellín. Recuperado el noviembre de 2019, de <https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/wpccontent/Sites/Subportal%20del%20Ciudadano/Planeaci%C3%B3n%20Municipal/Secciones/Informaci%C3%B3n%20General/Documentos/POT/Zona3/DOCUMENTO%20TECNICO%20DE%20SOPORTE%20PP%20TORRES%20DE%20LA%20FUENTE.pdf>

Alcaldía de Sincelejo. (2016). *Plan de Desarrollo 2016-2019*. Plan de Desarrollo Municipal, Sincelejo, Sucre. Recuperado el noviembre de 2019, de <http://www.alcaldiadesincelejo.gov.co/Ciudadanos/ProyectosNormatividad/Plan%20de%20Desarrollo%20Municipal%202016%20-%202019.pdf>

Babisch, W., & Dutilleul. (2010). *Good practice guide on noise exposure and potential health effects*. EEA Technical report. doi:10.2800/54080

Baring, J. G. (2010). A 70 dB(A) limit proposal for façade exposure to urban. *Proceedings of 20th International Congress on Acoustics*, (págs. 23-27). Sydney, Australia. Recuperado el noviembre de 2019

Barrigón, J. M., Mellado, M. N., Gómez, V., Méndez, J. A., Vilchez, R. G., Guzmán, D. J., . . . Vaquero, J. (2016). *Mapa de ruido de la ciudad de Badajoz mediante la*

- aplicación de métodos matemáticos predictivos*. Conference Paper, Badajoz, España. Recuperado el noviembre de 2019
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). *Guías para el ruido urbano*. Organización Mundial de la Salud. Recuperado el noviembre de 2019
- Bosque, J. S. (1997). *Resultados de búsqueda* (segunda ed.). Rialp. Recuperado el noviembre de 2019
- Calderon, J. P., & Alzamora, L. A. (2010). *Metodología de la Investigación Científica en postgrado*. Lulu.com. Recuperado el octubre de 2019
- CAR. (2007). *Actualización del mapa de ruido de Girardot, Contrato CAR 589/07*. Girardot: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca- CAR. Recuperado el noviembre de 2019
- Cegarra, J. S. (2011). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Ediciones Díaz de Santos. Recuperado el noviembre de 2019
- Chaux, L. M. (2019). *Evaluación de los niveles de presión sonora (Ruido ambiental) en zonas aledañas al hospital universitario Barrios Unidos, a la Fundación Hospital Infantil Universitario de San José ubicados en la UPZ 12 de Octubre, y el CAPS de Chapinero unicado en la UPZ*. Bogotá: Universidad Libre. Recuperado el noviembre de 2019
- Colque, J. A. (2018). *Evaluación de los niveles de presión sonora a través de la elaboración de mapas de ruido en el Hospital Goyeneche*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Recuperado el noviembre de 2019
- Contraloría Municipal de Sincelejo. (2018). *Informe de Gestión 2018. Control Fiscal transparente y eficaz*. Informe de Gestión, Sincelejo. Recuperado el noviembre de 2019, de <http://contraloriasincelejo.gov.co/wp-content/uploads/2019/01/Informe-de-Gesti%C3%B3n-2018.pdf>

- Correa, F. J., Osorio, J. D., & Patiño, B. A. (enero-junio de 2015). Valoración económica de la reducción del ruido por tráfico vehicular: una aplicación para Medellín (Colombia). *Semestre Económico*, 18(37), 11-50. Recuperado el NOVIEMBRE de 2019
- De La Cruz, E. S. (2007). Contaminación sonora por ruido vehicular. *Industrial data*, 10(1), 11-15. Recuperado el noviembre de 2019
- Delgado, O., & Martínez, J. (2015). Elaboración del mapa de ruido del área urbana de la Ciudad de Cuenca – Ecuador, empleando la técnica de interpolación geoestadística Kriging ordinario. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 411-440. Recuperado el noviembre de 2019
- Díaz, V. P. (2009). *Metodología de la investigación científica y bioestadística: para médicos* (segunda ed.). Santiago, Chile: RIL Editores. Recuperado el noviembre de 2019
- Diniz, F. B., & Zannin, P. H. (2005). Calculation of noise maps around electrical energy substations. *Applied acoustics*, 66(4), 467-477. doi:doi:10.1016/j.apacoust.2004.08.004
- Dominguez, S. (2017). Magnitud del efecto, una guía rápida. *Educ Med*(215), 1-4.
- Echeverri, C. A., & González, A. E. ( enero-junio de 2011). Protocolo para medir la emisión de ruido generado por fuentes fijas. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 10(18), 51-60. Recuperado el noviembre de 2019
- Eriksen, D. (10 de enero de 2018). *SoundEar A/S*. Recuperado el noviembre de 2019, de <https://soundear.com>: <https://soundear.com/2018/01/10/road-traffic-noise/#>
- Eriksson, C., Nilsson, M. E., & Pershagen, G. (2013). *Environmental noise and health: current knowledge and research needs*. Stockholm, Sweden: The Swedish Environmental Protection Agency. Recuperado el noviembre de 2019

- Gómez, S. S. (2007). Efectos de la contaminación acústica sobre la salud. *Revista de salud Ambiental*, 7(2), 175-180. Recuperado el noviembre de 2019
- Heinemann, K. (2003). *Introducción a la Metodología de la investigación empírica en las ciencias del deporte*. Editorial Paidotribo. Recuperado el octubre de 2019
- IDEAM. (2019). *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM*. Recuperado el noviembre de 2019, de <http://www.ideam.gov.co>: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/clima>
- Lara, P. A. (2016). *El impacto del ruido ambiental en los pacientes de una Unidad de Cuidados Intensivos. ¿ Es posible un cambio?* Málaga: Universidad de Málaga. Recuperado el noviembre de 2019
- Lerma, H. D. (2016). *Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto* (Quinta ed.). Bogotá: ECO Ediciones. Recuperado el octubre de 2019
- Malagón-Londoño, G., Laverde, G. P., & Morera, R. G. (2008). *Administración hospitalaria* (Tercera ed.). Bogotá D.C., Colombia: Editorial Médica Panamericana. Recuperado el noviembre de 2019
- Márquez, J. F. (2014). *Universidad Autónoma de México*. Recuperado el noviembre de 2019, de <http://www.ccadet.unam.mx>: <http://www.academicos.ccadet.unam.mx/jorge.marquez/cursos/Instrumentacion/Ruido.pdf>
- Martínez, A. S. (2005). Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica. *Revista de economía y administración*, 1-49. Recuperado el noviembre de 2019
- Mendoza, R. S., Roque, R. H., & Moncada, B. G. (1996). Nivel de ruido en una institución hospitalaria de asistencia y docencia. *Gaceta Méd Méx*, 132(2), 127-133. Recuperado el noviembre de 2019

- MinAmbiente, Vivienda y Dplo Territorial. (2006). *Resolución 0627*. Ley-Norma, Bogotá. Recuperado el noviembre de 2019
- MinSalud. (2016). *Análisis de situación de la salud auditiva y comunicativa en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el noviembre de 2019
- Morales, J., & Fernandez, J. A. ( julio-diciembre de 2012). Análisis discriminante de algunas variables que influyen en la contaminación acústica debida al tráfico urbano en una gran ciudad. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 11(21), 13-22. Recuperado el noviembre de 2019
- Moreno, A. J. (2017). *Sistemas de Información Geográfica. Aplicaciones en diagnósticos territoriales y decisiones geoambientales* (segunda ed.). España: Grupo Editorial RA-MA. Recuperado el noviembre de 2019
- Muñoz, C. R. (2015). *Metodología de la investigación*. México D.F., México: Oxford University Press. Recuperado el octubre de 2019
- Murillo, D., Ortega, I., Carrillo, J. D., Pardo, A., & Rendón, J. (Enero-Junio de 2012). Comparación de métodos de interpolación para la generación de mapas de ruido en entornos urbanos. *Ingenierías USBMed*, 3(1), 62-68. Recuperado el noviembre de 2019
- Murphy, E., & King, E. (2014). Transportation Noise. En E. Murphy, & E. King, *Environmental noise pollution: Noise mapping, public health, and policy*. (págs. 123-171). Newnes. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-411595-8.00005-7>
- Navidi, W. (2006). *Estadística para Ingenieros y Científicos*. McGraw-Hill Interamericana. Recuperado el noviembre de 2019
- Otárola, F. M., Otárola, F. Z., & Finkelstein, A. K. (2006). Ruido laboral y su impacto en salud. *Científicas em Ciências da Saúde*, 20(7). Recuperado el noviembre de 2019

- Paredes, C. U., Salinas, W. E., Martínez, X., & Jiménez, S. B. (2013). Evaluación y comparación de métodos de interpolación determinísticos y probabilísticos para la generación de modelos digitales de elevación. *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía*, 118-130. Recuperado el noviembre de 2019
- Pérez, J. M. (s.f.). <https://www.cofis.es>. Recuperado el noviembre de 2019, de <https://www.cofis.es>: [https://www.cofis.es/pdf/fys/fys11/fys11\\_16-17.pdf](https://www.cofis.es/pdf/fys/fys11/fys11_16-17.pdf)
- Quintana, C. R. (1993). *Elementos de Inferencia Estadística*. Editorial Universidad de Costa Rica. Recuperado el noviembre de 2019
- Quintero, J. R. (mayo - agosto de 2012). Caracterización del ruido producido por el tráfico vehicular en el centro de la ciudad de Tunja, Colombia. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*(36), 311-343. Recuperado el noviembre de 2019
- Ramírez, A. G., & Domínguez, E. A. (Oct./Dec de 2011). El ruido vehicular urbano: problemática agobiante de los países en vías de desarrollo. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137), 509-530. Recuperado el noviembre de 2019
- 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*. Madrid: Escuela Nacional de Sanidad. Recuperado el noviembre de 2019
- Restrepo, R. L., Quintana, A., Rovira, L. M., & Sierra, A. M. (2015). *La contaminación auditiva como posible estímulo generador de estrés en 10 habitantes de la zona 3 y 7 del mapa de ruido del municipio de Medellín*. Bello, Antioquia: Universidad. Recuperado el noviembre de 2019
- Rodrigues, F., Resende, C., Nassi, C. D., & Kahn, S. (2010). Traffic engineering indicators analysis as explanatory variables of traffic noise. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings., 2010*, págs. 2546-2555. Lisboa, Portugal. Recuperado el noviembre de 2019

- Rodríguez, E. A. (2005). *Metodología de la Investigación*. México: Univ. J. Autónoma de Tabasco. Recuperado el octubre de 2019
- Rodríguez, F. E., & Garay, E. V. (2011). El ruido por tráfico vehicular. Un análisis preliminar del problema en la ciudad de México. *Anuario de Espacios Urbanos, Historia, Cultura y Diseño*(18), 328. Recuperado el noviembre de 2019
- Salas, R. L., & Barboza, E. C. (2016). Evaluación del ruido ambiental en el Campus de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Perú. *INDES Revista de Investigación para el Desarrollo Sustentable*, 2(1), 88-96. doi:10.25127/indes. 201401.010.
- Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la Investigación* (Sexta ed.). México D.F., México: McGraw-Hill Education. Recuperado el octubre de 2019
- Sánchez, L. A. (2011). *Modelo computacional para generar un mapa de ruido ambiental utilizando mediciones en tiempo real*. Instituto Politécnico Central. México, D.F: Instituto Politécnico Central. Recuperado el noviembre de 2019
- Tacuri, C. O., Calderón, F. P., Martínez, J. G., Sellers, C. W., & Delgado, O. I. (2017). Elaboración del mapa de ruido de las calles de la ciudad de Cuenca, a partir de las características viales y la densidad del tráfico. *Universidad Verdad*(73), 39-49. Recuperado el noviembre de 2019
- Vélez, J. R. (2015). Normatividad y sus implicaciones en infraestructura hospitalaria. *Encuentro Nacional Arquitectura Hospitalaria* (pág. 63). Bogotá D.C.: Sociaedad Colombiana de Arquitectos. Recuperado el noviembre de 2019
- Villalobos, V. A. (2016). *Caracterización del ruido en una Unidad de Cuidado Intensivo adulto*. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D. C. – Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Recuperado el noviembre de 2019
- Yepes, M., Sánchez, L., & Jaramillo, A. C. (junio de 2009). Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano-caso Medellín. *Dyna*, 76(158), 29-40. Recuperado el noviembre de 2019



## 12. ANEXOS

### 12.1. Anexo 1. Cálculos Emisión de ruido diurno para los días 26, 27, 28, 29 y 30 de Noviembre de 2019.

*Tabla 35. Cálculos Emisión de ruido diurno (26/10/2019)*

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S001	7:05:00 a. m.	<b>P1</b>	77,1	80,7	94,3	63,6	68,7	0	3	0	0	80,1
S002	7:18:58 a. m.		76,4	78,8	94,8	64,6	68,4	0	0	0	0	76,4
S003	7:33:01 a. m.		79,6	80,7	104,4	63,1	67,0	3	0	0	0	82,6
S004	7:47:00 a. m.		77,1	79,7	93,3	62,5	67,8	0	0	0	0	77,1
S005	8:01:00 a. m.		74,2	79,0	94,1	61,0	65,2	0	3	0	0	77,2
S006	8:09:59 a. m.	<b>P2</b>	74,8	79,2	91,5	59,5	66,1	0	3	0	0	77,8
S007	8:23:59 a. m.		76,0	78,5	90,7	61,6	67,2	3	0	0	0	79,0
S008	8:38:00 a. m.		77,4	78,9	98,1	62,3	66,4	6	0	0	0	83,4
S009	8:52:00 a. m.		76,2	79,7	92,8	62,4	66,4	0	3	0	0	79,2
S010	9:05:59 a. m.		74,9	79,4	94,4	61,6	66,9	0	3	0	0	77,9
S011	9:14:59 a. m.	<b>P3</b>	75,3	79,0	95,2	62,9	67,4	3	3	0	0	78,3
S012	9:28:59 a. m.		75,1	79,8	95,0	61,8	66,9	0	3	0	0	78,1
S013	9:42:59 a. m.		77,4	82,3	99,2	63,1	68,3	6	3	0	0	83,4
S014	9:57:01 a. m.		77,1	79,7	94,9	61,1	65,9	0	0	0	0	77,1
S015	10:11:00 a. m.		75,1	79,7	92,1	62,0	67,5	3	3	0	0	78,1
S016	10:20:00 a. m.	<b>P4</b>	72,0	76,3	89,2	61,7	64,8	3	3	0	0	75,0
S017	10:34:00 a. m.		77,0	78,3	96,7	58,9	64,5	3	0	0	0	80,0
S018	10:48:00 a. m.		74,3	76,1	97,3	56,7	62,8	0	0	0	0	74,3

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S019	11:01:59 a. m.		73,9	78,6	88,8	60,3	67,3	0	3	0	0	76,9
S020	11:16:00 a. m.		76,1	77,8	93,7	61,7	67,7	0	0	0	0	76,1
S021	11:25:59 a. m.	<b>P5</b>	77,1	79,7	93,6	57,6	64,6	0	0	0	0	77,1
S022	11:39:59 a. m.		75,1	78,2	89,2	57,3	65,6	0	3	0	0	78,1
S023	11:54:00 a. m.		73,7	77,1	92,4	55,6	64,4	0	3	0	0	76,7
S024	12:08:00 p. m.		76,3	78,3	100,4	58,1	65,7	3	0	0	0	79,3
S025	12:22:00 p. m.		73,5	77,8	94,6	55,9	62,9	0	3	0	0	76,5
S026	12:30:00 p. m.	<b>P6</b>	70,6	80,3	86,6	62,6	65,0	0	6	0	0	76,6
S027	12:44:00 p. m.		70,2	77,0	92,8	61,3	62,7	0	6	0	0	76,2
S028	12:57:59 p. m.		72,0	77,9	94,0	53,4	62,9	0	3	0	0	75,0
S029	1:11:59 p. m.		71,1	75,8	86,7	55,1	61,7	0	3	0	0	74,1
S030	1:26:00 p. m.		70,4	76,3	84,0	56,4	62,2	0	3	0	0	73,4

**Fuente:** Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 36. Cálculos Emisión de ruido diurno (27/10/2019)

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S031	7:05:00 a. m.	<b>P1</b>	73,1	79,1	88,7	60,6	65,4	3	0	0	0	76,1
S032	7:18:59 a. m.		76,1	79,3	100,0	59,4	65,2	0	3	0	0	79,1
S033	7:32:59 a. m.		75,0	77,3	94,3	57,6	62,1	3	0	0	0	78,0
S034	7:46:59 a. m.		72,0	78,5	87,1	57,4	64,7	0	6	0	0	78,0
S035	8:01:00 a. m.		74,1	77,7	93,2	62,7	65,8	0	3	0	0	77,1
S036	8:09:59 a. m.	<b>P2</b>	75,4	78,9	98,0	61,6	65,2	0	3	0	0	78,4
S037	8:23:59 a. m.		74,3	80,2	86,7	60,6	66,4	0	3	0	0	77,3
S038	8:37:58 a. m.		76,3	79,9	94,6	61,6	66,0	0	3	0	0	79,3
S039	8:51:59 a. m.		73,8	79,4	94,4	58,6	63,9	0	3	0	0	76,8
S040	9:05:59 a. m.		74,6	79,3	91,1	61,7	65,7	0	3	0	0	77,6
S041	9:14:59 a. m.	<b>P3</b>	72,5	78,2	85,5	60,4	65,1	3	3	0	0	75,5
S042	9:28:59 a. m.		74,1	79,9	88,5	61,1	66,7	0	3	0	0	77,1
S043	9:42:59 a. m.		74,8	77,7	98,1	61,7	65,5	0	0	0	0	74,8
S044	9:56:59 a. m.		74,6	79,5	95,6	59,6	65,8	3	3	0	0	77,6
S045	10:10:59 a. m.		75,9	81,2	95,5	61,3	66,3	0	3	0	0	78,9
S046	10:19:58 a. m.	<b>P4</b>	74,0	77,1	96,8	61,1	65,4	0	3	0	0	77,0
S047	10:34:00 a. m.		73,2	78,0	91,5	61,6	65,9	0	3	0	0	76,2
S048	10:47:59 a. m.		73,6	78,2	89,9	61,3	66,0	0	3	0	0	76,6
S049	11:01:58 a. m.		73,1	78,0	86,7	62,5	66,8	0	3	0	0	76,1
S050	11:15:59 a. m.		73,6	77,8	90,2	61,5	66,4	0	3	0	0	76,6
S051	11:25:59 a. m.	<b>P5</b>	76,9	79,3	89,2	63,7	70,1	6	0	0	0	82,9
S052	11:39:58 a. m.		71,1	77,8	86,7	60,8	65,0	0	6	0	0	77,1
S053	11:53:59 a. m.		73,7	78,1	88,7	62,2	65,5	0	3	0	0	76,7

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S054	12:07:59 p. m.		76,2	78,9	94,6	60,9	66,3	3	0	0	0	79,2
S055	12:21:59 p. m.		73,3	78,1	83,4	61,8	67,9	0	3	0	0	76,3
S056	12:29:59 p. m.	<b>P6</b>	76,0	79,0	91,3	62,8	67,6	0	0	0	0	76,0
S057	12:43:58 p. m.		75,5	78,2	91,8	62,0	66,8	0	0	0	0	75,5
S058	12:57:59 p. m.		74,4	78,4	90,2	60,6	64,8	3	3	0	0	77,4
S059	1:12:00 p. m.		75,6	78,7	95,1	59,5	65,5	6	3	0	0	81,6
S060	1:25:59 p. m.		76,8	78,4	95,4	59,7	65,2	3	0	0	0	79,8

**Fuente:** Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 37. Cálculos Emisión de ruido diurno (28/10/2019)

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S061	7:05:00 a. m.	<b>P1</b>	80,0	76,2	93,3	64,9	66,9	6	0	0	0	86,0
S062	07:19:00		69,4	76,1	77,3	64,9	66,4	3	6	0	0	75,4
S063	7:33:00 a. m.		71,8	75,2	78,1	63,8	64,7	6	3	0	0	77,8
S064	7:47:00 a. m.		67,2	72,3	73,8	64,1	64,5	3	3	0	0	70,2
S065	8:01:00 a. m.		65,8	69,2	69,2	63,5	64,1	3	3	0	0	68,8
S066	8:10:00 a. m.	<b>P2</b>	71,1	68,9	79,8	62,1	62,4	3	0	0	0	74,1
S067	8:24:00 a. m.		65,3	68,7	69,1	61,7	62,3	3	3	0	0	68,3
S068	8:38:00 a. m.		65,6	69,1	70,1	62,7	63,4	3	3	0	0	68,6
S069	8:52:00 a. m.		86,3	77,6	98,2	64,9	65,4	6	0	0	0	92,3
S070	9:05:58 a. m.		67,7	70,5	71,1	64,9	65,8	3	0	0	0	70,7
S071	9:15:00 a. m.	<b>P3</b>	67,4	71,3	71,6	62,0	62,6	3	3	0	0	70,4
S072	9:29:00 a. m.		67,4	70,2	71,6	62,9	64,7	3	0	0	0	70,4
S073	9:43:00 a. m.		73,9	68,0	86,6	64,0	64,7	3	0	0	0	76,9
S074	9:56:59 a. m.		70,7	74,8	81,9	62,7	64,0	0	3	0	0	73,7
S075	10:11:00 a. m.		68,2	63,1	72,4	64,4	65,1	3	0	0	0	71,2
S076	10:25:00 a. m.	<b>P4</b>	68,0	71,8	71,3	66,0	66,4	6	3	0	0	74,0
S077	10:39:00 a. m.		66,8	68,8	69,7	64,0	65,0	3	0	0	0	69,8
S078	10:53:00 a. m.		65,6	68,6	68,2	63,6	64,6	3	0	0	0	68,6
S079	11:07:00 a. m.		66,7	70,2	69,5	64,4	64,9	3	3	0	0	69,7
S080	11:21:00 a. m.		70,4	75,4	74,4	63,4	64,1	3	3	0	0	73,4
S081	11:30:00 a. m.	<b>P5</b>	65,3	69,4	70,2	62,5	63,0	6	3	0	0	71,3
S082	11:43:59 a. m.		63,9	67,6	69,9	62,0	62,4	6	3	0	0	69,9
S083	11:58:00 a. m.		66,6	69,8	69,1	64,1	64,6	6	3	0	0	72,6

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S084	12:12:00 p. m.		65,9	69,6	70,3	63,9	64,1	6	3	0	0	71,9
S085	12:26:00 p. m.		67,2	70,5	70,0	64,6	65,3	3	3	0	0	70,2
S086	12:34:59 p. m.	<b>P6</b>	63,9	62,8	68,6	61,8	62,3	6	0	0	0	69,9
S087	12:49:00 p. m.		64,1	59,5	67,6	62,2	62,7	3	0	0	0	67,1
S088	1:02:59 p. m.		63,0	60,4	66,6	61,9	62,1	3	0	0	0	66,0
S089	1:17:00 p. m.		73,1	70,1	82,2	62,9	63,7	6	0	0	0	79,1
S090	1:30:59 p. m.		64,4	64,1	66,4	63,0	63,5	6	0	0	0	70,4

**Fuente:** Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 38. Cálculos Emisión de ruido diurno (29/10/2019)

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S091	7:05:00 a. m.	<b>P1</b>	67,1	62,2	73,6	56,3	60,7	3	0	0	0	70,1
S092	8:05:00 a. m.		64,9	62,3	71,6	56,8	60,5	6	0	0	0	70,9
S093	9:05:00 a. m.		64,1	58,9	70,1	54,7	58,5	6	0	0	0	70,1
S094	10:05:00 a. m.		64,2	55,3	70,6	58,0	59,1	6	0	0	0	70,2
S095	11:05:00 a. m.		65,8	50,4	72,0	57,8	59,5	3	0	0	0	68,8
S096	12:05:00 p. m.	<b>P2</b>	65,3	49,8	72,4	57,5	59,1	3	0	0	0	68,3
S097	1:05:00 p. m.		62,7	51,4	69,3	55,3	57,1	3	0	0	0	65,7
S098	2:05:00 p. m.		62,3	47,4	68,4	54,8	56,1	6	0	0	0	68,3
S099	3:05:00 p. m.		62,5	48,0	69,9	54,0	55,1	6	0	0	0	68,5
S100	4:05:00 p. m.		63,2	56,1	69,3	55,1	56,7	6	0	0	0	69,2
S101	5:05:00 p. m.	<b>P3</b>	62,5	60,6	69,0	56,1	58,7	6	0	0	0	68,5
S102	6:05:00 p. m.		64,9	56,9	71,9	56,8	58,7	6	0	0	0	70,9
S103	7:05:00 p. m.		63,4	50,8	71,6	55,2	56,0	6	0	0	0	69,4
S104	8:05:00 p. m.		61,5	50,5	68,4	54,4	56,0	6	0	0	0	67,5
S105	9:05:00 p. m.		59,9	51,0	68,5	54,2	55,2	6	0	0	0	65,9
S106	10:05:00 p. m.	<b>P4</b>	61,2	50,3	69,3	55,3	55,9	6	0	0	0	67,2
S107	11:05:00 p. m.		61,0	50,1	69,5	55,0	55,7	6	0	0	0	67,0
S108	12:05:00 a. m.		62,7	50,5	70,4	55,1	55,9	6	0	0	0	68,7
S109	1:05:00 a. m.		61,7	50,3	70,8	54,8	55,7	6	0	0	0	67,7
S110	2:05:00 a. m.		63,2	49,7	70,0	55,0	55,8	6	0	0	0	69,2
S111	3:05:00 a. m.	<b>P5</b>	60,7	56,2	64,3	58,1	58,7	6	0	0	0	66,7
S112	4:05:00 a. m.		59,7	50,7	64,9	56,6	57,0	6	0	0	0	65,7
S113	5:05:00 a. m.		60,6	49,8	65,2	57,6	58,3	3	0	0	0	63,6

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S114	6:05:00 a. m.		60,1	51,9	68,1	57,4	58,3	6	0	0	0	66,1
S115	7:05:00 a. m.		60,2	49,6	66,6	57,8	58,6	3	0	0	0	63,2
S116	8:05:00 a. m.	<b>P6</b>	67,1	48,4	74,8	58,5	60,3	3	0	0	0	70,1
S117	9:05:00 a. m.		67,3	53,2	74,4	57,6	59,6	0	0	0	0	67,3
S118	10:05:00 a. m.		66,6	48,9	74,6	57,7	59,1	6	0	0	0	72,6
S119	11:05:00 a. m.		71,0	45,2	76,1	61,1	64,9	3	0	0	0	74,0
S120	12:05:00 p. m.		70,6	48,6	76,0	59,6	62,9	3	0	0	0	73,6

**Fuente:** Autor – Universidad del Norte, 2019.

Tabla 39. Cálculos Emisión de ruido diurno (30/10/2019)

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S121	7:05:00 a. m.	<b>P1</b>	63,6	68,5	67,8	62,3	62,5	0	3	0	0	66,6
S122	7:19:00 a. m.		66,1	62,6	74,0	62,8	63,2	3	0	0	0	69,1
S123	7:33:00 a. m.		65,4	63,2	73,7	62,5	63,0	3	0	0	0	68,4
S124	7:47:00 a. m.		61,2	61,5	62,9	60,1	60,5	3	0	0	0	64,2
S125	8:01:00 a. m.		61,2	60,9	64,0	60,0	60,1	3	0	0	0	64,2
S126	8:10:00 a. m.	<b>P2</b>	62,8	60,4	66,1	60,5	61,1	6	0	0	0	68,8
S127	8:24:00 a. m.		65,5	62,6	71,4	61,9	62,6	6	0	0	0	71,5
S128	8:38:00 a. m.		64,5	62,7	66,5	62,1	62,8	6	0	0	0	70,5
S129	8:52:00 a. m.		64,7	62,1	69,5	62,1	62,9	6	0	0	0	70,7
S130	9:05:58 a. m.		66,2	64,0	72,7	62,0	62,6	6	0	0	0	72,2
S131	09:15:00	<b>P3</b>	66,6	63,6	71,9	59,5	63,0	6	0	0	0	72,6
S132	9:29:00 a. m.		66,2	58,5	74,1	60,4	61,8	6	0	0	0	72,2
S133	09:43:00		69,3	56,7	75,1	64,8	66,1	0	0	0	0	69,3
S134	9:56:59 a. m.		68,5	61,4	73,7	62,5	64,1	0	0	0	0	68,5
S135	10:11:00		67,3	59,3	73,7	61,5	63,2	6	0	0	0	73,3
S136	10:25:00	<b>P4</b>	61,7	48,0	70,4	55,0	56,4	3	0	0	0	64,7
S137	10:39:00 a. m.		56,4	48,2	59,2	53,5	54,9	3	0	0	0	59,4
S138	10:53:00 a. m.		56,3	44,8	60,4	53,6	54,7	0	0	0	0	56,3
S139	11:07:00 a. m.		57,7	45,7	65,5	53,9	55,3	0	0	0	0	57,7
S140	11:21:00 a. m.		57,5	43,5	68,7	53,7	54,8	0	0	0	0	57,5
S141	11:30:00 a. m.	<b>P5</b>	57,4	46,7	60,7	55,3	56,5	0	0	0	0	57,4
S142	11:43:59 a. m.		63,3	63,1	70,1	58,8	60,6	0	0	0	0	63,3
S143	11:58:00 a. m.		69,8	57,0	77,7	59,9	61,6	0	0	0	0	69,8

Memoria No.	Hora de medición	Punto de Medición	LAeq dB(A)	LAI dB (A)	Lmax dB (A)	Lmin dB (A)	L90Corr dB (A)	Correcciones dB(A)				LAeqCorr dB (A)
								K <sub>T</sub>	K <sub>I</sub>	K <sub>R</sub>	K <sub>S</sub>	
S144	12:12:00		64,4	62,4	72,8	60,8	61,9	0	0	0	0	64,4
S145	12:26:00		64,0	62,8	73,4	58,7	61,0	0	0	0	0	64,0
S146	12:34:59 p. m.	<b>P6</b>	66,5	46,0	74,1	62,4	63,5	0	0	0	0	66,5
S147	12:49:00 p. m.		71,8	50,1	78,2	67,4	69,0	0	0	0	0	71,8
S148	1:02:59 p. m.		71,6	49,3	78,4	65,9	68,4	0	0	0	0	71,6
S149	1:17:00 p. m.		70,6	48,8	73,2	67,2	68,9	0	0	0	0	70,6
S150	1:30:59 p. m.		71,1	49,3	77,1	67,6	69,2	0	0	0	0	71,1

*Fuente: Autor – Universidad del Norte, 2019.*

Dónde:

- **KT: Componentes Tonales;** se registra según lo establecido por la norma si al menos uno de los tonos es mayor en 5 dB(A) que los adyacentes o es claramente audible, determinándose la presencia o ausencia de componentes tonales entre los 20 a 125 Hz.
- **KI: Componentes Impulsivos;** se considera cuando se detecta la presencia de niveles altos de presión sonora en tiempos cortos, siendo de cero (0) por percepción nula, tres (3) por percepción neta y seis (6) por percepción fuerte.
- **Ks: Bajas Frecuencias** (no se determinaron en la realización de las mediciones) aquel que posee energía acústica significativa en el intervalo de frecuencias de 8 a 100 dB, siendo propio de grandes motores.
- **Kr: ajuste por hora;** esta se efectúa para tener en cuenta durante la noche el nivel de molestia que pueda causar, realizándose corrección por adición de 10 dB.