



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UNA ZONA
RESIDENCIAL DEL CANTÓN RUMIÑAHUI

Autor

José Gabriel Larco Terán

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA EN UNA ZONA
RESIDENCIAL DEL CANTÓN RUMIÑAHUI

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos
para optar por el título de Ingeniero en Sonido y Acústica

Profesor Guía
MSc. Miguel Ángel Chávez

Autor
José Gabriel Larco Terán

Año
2017

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

Miguel Ángel Chávez Avilés

Master en Ingeniería de Edificaciones Sostenibles

CI:1710724848

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

María Bertomeu Rodríguez

Master en Gestión y Evaluación de la Contaminación Acústica

CI:1756773162

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

José Gabriel Larco Terán

CI: 1717590184

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a mi familia por el apoyo recibido a lo largo de este proceso académico y a Miguel Ángel Chávez por su asesoramiento y conocimientos en la investigación realizada.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Patricio y Mónica por su apoyo incondicional y ejemplo de superación.

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo realizar una evaluación de ruido en una zona residencial de la parroquia de San Rafael del cantón Rumiñahui, en el que se encontró la existencia de un impacto ambiental negativo para los habitantes del sector. Se planificó la realización de una metodología para una evaluación cuantitativa y cualitativa de manera de poder estimar los niveles de ruido ambiental y la percepción de molestia a la que se encuentran expuestos los residentes del sector. Para esto se realizaron mediciones de ruido para obtener los indicadores de Nivel de Presión Sonora Equivalente en ponderación A (LAeq), Nivel percentil L90 y L10, Índice de ruido de tráfico (TNI). Se realizó también el diseño de una encuesta, la misma que se realizó de forma personal y online. Se determinó que los niveles de ruido ambiental presentes en el sector de estudio se encuentran debajo y sobre los valores recomendados por normativas internacionales. También se identificaron los factores ambientales y sociales así como las fuentes de ruido que más afectan y molestan a los residentes.

ABSTRACT

The present study aims to perform a noise evaluation at the residential area of San Rafael located in Rumifñahui canton, in that place the existence of a negative environmental impact for the inhabitants was assessed. It was planned to carry out a methodology for a quantitative and qualitative evaluation so that to be able to estimate the perception of annoyance and the levels of environmental noise to which the residents of the sector are exposed. For this purpose surveys were designed and carried out in the mentioned area. Noise measurements were also taken to obtain the A-weighted Equivalent Sound Pressure Level (LAeq), Percentile Level L90 and L10, Traffic Noise Index (TNI). It is intended that the results obtained could identify the environmental or social factors that most affect and disturb residents, sources of noise that are considered more affectionate, perception of the annoyance produced by environmental noise, noise levels that are analyzable and comparable with international regulations.

ÍNDICE

1. Capítulo I. Introducción	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Marco Referencial	2
1.2.1. Planteamiento del problema	2
1.2.2. Hipótesis	2
1.3. Alcance	2
1.4. Justificación	3
1.5. Objetivo General	3
1.6. Objetivos Específicos	3
2. Capítulo II. Marco Teórico	3
2.1. Descriptores de ruido	4
2.1.2. Nivel de presión sonora (NPS)	4
2.1.2. Nivel de presión sonora equivalente (Leq)	4
2.1.3. Nivel de presión sonora pico	5
2.1.4. Nivel de presión sonora impulsiva	5
2.1.5. Percentil	6
2.1.6. TNI	6
2.2. Evaluación de ruido ambiental	6
3. Capítulo III. Metodología	12
3.1. Descripción de la zona de estudio.....	12
3.2. Evaluación Cuantitativa	13
3.2.1. Selección de la zona de estudio y ubicación de los puntos de medición	13
3.2.2. Selección de horarios y días de medición	24
3.2.3. Equipamiento de medición	25
3.2.4. Procedimiento de medición	26
3.2.5. Indicadores de ruido	26
3.3. Evaluación Cualitativa	27
3.3.1. Diseño de la encuesta	27
3.3.2. Toma de muestras	30
4. Capítulo IV. Resultados	31
4.1 Evaluación Cuantitativa	31
4.2 Evaluación Cualitativa	36

4.3 Discusión	40
5. Conclusiones y Recomendaciones	45
5.1 Conclusiones	45
5.2 Recomendaciones	46
REFERENCIAS	49
ANEXOS.....	54

1. Capítulo I Introducción

1.1. Antecedentes

El ruido es un agente ambiental presente en la vida desde sus inicios. Es así que se evidencia desde los primeros hombres con los ruidos de la naturaleza como el producido por los ríos, los rayos, la lluvia y la explosión de los volcanes. Su variación de intensidad generaba respeto y obligaban a protegerse de los mismos. La percepción que se tiene del ruido ha cambiado con los años ya que ahora se lo considera como un factor que genera daños en la calidad de la vida de las personas (Lebiedowska, 2005).

A finales del siglo XIX, con el inicio de la era industrial, aparece el ruido como un problema de salud pública que provoca alteraciones neurosensoriales y que incide en la calidad de vida del ser humano. Situación que obliga a las personas a buscar medidas de protección por lo que la sociedad se ha visto obligada a crear leyes perfectibles que regulen y controlen los niveles de ruido (Hernández Sánchez, 2006). Se establece entonces por primera vez al ruido como agente contaminante según la Organización Mundial de la Salud en el año de 1972 (Bajo, 2006).

El crecimiento poblacional y desarrollo industrial de las ciudades trae consigo el incremento de fuentes de trabajo, vías para movilidad y por ende unidades de transporte. Toda esta progresión significa fuentes emisoras de todo tipo de ruido que modifican la calidad de vida de las personas que viven en ese entorno. El Cantón Rumiñahui es uno de los lugares que presenta esta problemática.

El Departamento de Medio Ambiente del Municipio del cantón Rumiñahui realizó un estudio previo de ruido de tráfico y ruido en suelo industrial (Departamento de Medio Ambiente del GADMUR, 2016). En dicho estudio se tomaron como puntos de medición las calles consideradas con mayor flujo vehicular y la única zona industrial que tiene el Cantón. Sin embargo el

Departamento de Medio Ambiente requieren de estudios sólidos que les permita tener una línea base del ruido que se genera en el Cantón, de manera de establecer planes de acción para la mitigación de la contaminación acústica.

1.2. Marco Referencial

1.2.1. Planteamiento del problema

La evaluación del ruido en una zona del Cantón Rumiñahui resulta de suma importancia, debido al crecimiento en los últimos años que se evidencia en un aumento geométrico de la población y de fuentes de empleo (INEC, 2010). En la provincia de Pichincha el cantón Rumiñahui es uno de los más pequeños en espacio territorial y uno de los más desarrollados urbanísticamente por su cercanía a la ciudad de Quito. Razón por la cual se convierte en una fortaleza para el desarrollo y en una amenaza para la calidad de vida de los habitantes del Cantón.

Rumiñahui cuenta con zonas residenciales en las cuales se permite el funcionamiento de bares y discotecas (Segunda reformatoria de zonificación, uso y ocupación del suelo del cantón Rumiñahui, 2016, art 23). Estos sectores son considerados ruidosos de acuerdo a las denuncias recibidas al departamento de medio ambiente del cantón Rumiñahui.

1.2.2. Hipótesis

El ruido en zona residencial representa un impacto ambiental negativo para los habitantes del cantón Rumiñahui.

1.3. Alcance

La investigación pretende realizar una evaluación de ruido en zona residencial de los sitios donde se considere que existe mayor contaminación y molestia por ruido. Se estima evaluar una extensión aproximada de 20 manzanas,

equivalentes a 200 000 m². Este sector se caracteriza por estar próximo a la Autopista General Rumiñahui, considerada como vía arterial del cantón, donde funcionan innumerables locales comerciales, entre otros, bares y discotecas.

1.4. Justificación

De acuerdo al Departamento de Medio Ambiente del cantón Rumiñahui muchas de las denuncias recibidas por parte de la ciudadanía son a causa del ruido (Departamento de medio ambiente del GADMUR, 2016). Por otro lado, no se han encontrado estudios realizados sobre este tema que se enfoquen en una valoración cualitativa del impacto del ruido en los habitantes de dicho cantón. Es por esto que nace la necesidad de un estudio de ruido, en una zona residencial, que sirva para la elaboración de una ordenanza municipal para regular este tipo de contaminante.

1.5. Objetivo General

Evaluar el impacto que genera el ruido en una zona residencial del Cantón Rumiñahui.

1.6. Objetivos Específicos

- Determinar los sectores de mayor exposición sonora en zona residencial del cantón Rumiñahui.
- Identificar las fuentes de ruido más predominantes.
- Evaluar el nivel de contaminación acústica mediante descriptores de ruido y encuestas.

2. Capítulo II Marco Teórico

2.1 Descriptores de Ruido

2.1.2 Nivel de presión sonora (NPS)

Es una cantidad que indica una magnitud en dB o dB(A) sin información sobre la distribución de este nivel en las frecuencias. Se constituye por lo tanto una medida global simple que puede efectuarse con medidor de nivel sonoro sin filtros (Samir N. Y. Gerges, 1998).

El nivel de presión sonora L_p está dado por:

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{p^2_t}{p^2_{ref}} = 10 \log \frac{p^2_{rms}}{p^2_{ref}} = 20 \log_{10} \frac{P_{rms}}{P_{ref}}$$

(Ecuación 1)

donde P_{ref} es la referencia de presión

$P_{ref} = 20 \mu\text{Pa} = 0.00002 \text{ N/m}^2$ (= 0.00002 μBar) para aire. Esta referencia e presión fue originalmente escogida para corresponder al sonido más silencioso (a 1000 Hz) que el joven promedio puede oír (Malcolm J. Crocker, 2007).

2.1.2 Nivel de presión sonora equivalente (Leq)

Expresa la media energía sonora percibida en un intervalo de tiempo, es decir, representa el nivel de presión que habría sido producido por un ruido constante con la misma energía que el ruido realmente percibido, durante el mismo intervalo de tiempo (Segués F., 2007).

El Nivel de Presión Sonora equivalente en ponderación A (L_{Aeq}), es el principal parámetro con el que se mide exposición a uno o más ruidos. Este indicador, presenta el nivel de ruido ambiental al que se encuentran expuestas las personas residentes en dicho sector, de acuerdo con las horas de medición. Este parámetro aporta la misma energía que el ruido fluctuante medido, por lo

que es una integración energética como principal virtud (Domingo, R. B., 2010).

El potencial daño de un ruido dado depende no solamente de su nivel sino también de su duración. Una exposición de un minuto a 100 dB no es tan perjudicial como una exposición de 60 minutos a 90 dB. Por lo cual es posible establecer un valor único L_{eq} , que es el nivel sonoro medio integrado durante un determinado tiempo específico (Samir N. Y. Gerges, 1998).

El nivel de presión sonora equivalente ha sido muy usado en diferentes países en lo últimos 20 a 25 años para evaluar ruido industrial, ruido comunitario, ruido aeroportuario, de ferrocarriles y carreteras. El nivel de presión sonora equivalente se define por:

$$L_{eq} = 10 \log \frac{p^2_{rms}}{p^2_{ref}} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T 10^{L(T)/10} dt = 10 \log \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_i 10}$$

(Ecuación 2)

el promedio de tiempo T puede ser por ejemplo de 1 hora, 2 horas, 1 día, 1 semana, 1 mes (Malcolm J. Crocker, 2007).

2.1.3 Nivel de presión sonora pico

Es el máximo absoluto de un sonido continuo. Normalmente las características de los equipos de medición limitan la duración mínima del pico de ruido medido. La respuesta pico de un medidor de nivel de presión sonora permite la medición de nivel del pico con buena precisión, usando un tiempo de subida de 20 milisegundos conforme a las normas IEC R 179 A y DIN 45633 (Samir N. Y. Gerges, 1998).

2.1.4 Nivel de presión sonora impulsivo

Los medidores de precisión de presión sonora impulsiva, que satisfacen las normas IEC R 179 A y DIN 45633-2, poseen un circuito incorporado de conteo cuadrático, una sesión RC con constante de tiempo de 35 milisegundos para

cargar y descargar y una sección que obtiene la raíz cuadrada del voltaje a través del capacitor de la sección RC. Esto significa que cuando el medidor esté en el modo impulsivo se integra el ruido en un periodo de 35 milisegundos simulando la altura subjetiva del ruido impulsivo (Samir N. Y. Gerges, 1998).

2.1.5 Percentil

Es el nivel de sonido que se supera o iguala durante un porcentaje del periodo de medición. Se usa para tener una percepción de las variaciones de sonido a lo largo de una medición. (Quartieri, J. et al., 2009).

El nivel percentil L10, es el valor al que se sobrepasa durante el 10% del tiempo de medición, de igual manera para el L90, qué es el valor al que se sobrepasa durante el 90% de la medición. Se estima que la diferencia entre el percentil L10 y L90 podrían representar las variaciones significativas de los niveles de ruido (Bocco, F et.al., 2011).

2.1.6 TNI

El Índice de ruido de tráfico (TNI) representa una buena correlación entre el ruido de tráfico y el grado de insatisfacción de los habitantes de un determinado sector, por lo que es muy utilizado para obtener la molestia del ruido sobre una población (Domingo, R. B., 2010).

2.2 Evaluación de Ruido Ambiental

Las causas y niveles que produce el ruido en los exteriores de una vivienda, pueden determinarse mediante una evaluación técnica, incluso se pueden comparar los niveles de ruidos de acuerdo con un determinado uso de suelo. Estos ruidos pueden provenir de cualquier fuente como consecuencia de acciones, actividades o hechos, tales como la movilización de transporte

terrestre, aéreo, funcionamiento de máquinas industriales, ejercicio del comercio, etc.

Cada tipo de ruido presente en una ciudad requiere una caracterización que permita cuantificarlo, estudiarlo, constatarlo, con criterios establecidos por normas, procedimientos de conformidad con la legislación vigente, y su control posterior. La medición es un paso dentro de la caracterización que requiere conocer la naturaleza del ruido, sus fuentes, su forma de propagación y trascendencia, los ambientes en los que se produce y sobre los que incide, los eventos capaces de inferir con ella y el instrumental requerido. (Miyara, F., 2004).

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), se sugiere un valor de 55 dB(A) como límite superior deseable al aire libre (Platzer, U., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F., 2007). De acuerdo con investigaciones realizadas por la Agencia Europea de Medio Ambiente, la mitad de la población urbana de la UE está expuesta a niveles de ruido superiores a 55 dB, como consecuencia del tráfico.

Tabla 1

Niveles de ruido máximo sugeridos por la OMS para ambientes específicos

Ambientes	dB(A)
Viviendas	50 dB(A)
Escuelas	35 dB(A)
Discotecas	90 dB(A) x 4h
Conciertos, Festivales	100 dB(A) x 4h
Comercio y Tráfico	70 dB (A)

Tomado de Platzer U, Iñiguez R, Cevo J & Ayala F, 2007, p.123.

Estudios y evaluaciones realizadas acerca de ruido ambiental revelan en varios países del mundo, entre otros, los siguientes resultados:

En la ciudad de Matamoros-México se realizó una evaluación de ruido ambiental diurno y se concluyó que el 47,5% de los encuestados, considera al ruido como un problema bastante contaminante, pues, el ruido promedio supera los 68 dB(A) (Zamorano González et.al., 2015). En Trujillo, Perú se realizó una evaluación de contaminación ambiental sonora en el interior y exterior de la Universidad César Vallejo Trujillo donde se determinó que, en todos los puntos de medición se sobrepasaron los estándares de calidad ambiental sonora sugeridos en la Ordenanza Municipal Provincial de Trujillo (Chombo, G. L. H., & Yupanqui, M. R. R., 2016).

En la población de L'Olleria- España los niveles del ruido de tráfico no cumplen con la ley 37/2003 del estado Español, ni con la ley 7/2002 de la comunidad Valenciana. Para reducir el impacto sonoro, se han recomendado campañas de concientización sobre el impacto del ruido ambiental y control de los vehículos que emiten ruidos que sobrepasen los niveles máximos recomendados (García Boscá, D., 2011).

En Madrid, un estudio de ruido ambiental urbano, concluye que se tienen valores con tendencia superior en zonas interiores, variabilidad notable, autocorrelación positiva baja. Así mismo, la atmósfera acústica no es particularmente favorable ya que tanto en el día como en la noche se registra un elevado número de puntos de medición que superan los niveles recomendables (Moreno Jiménez, A., & Martínez Suárez, P., 2005).

En Málaga, en una zona catalogada acústicamente como saturada y de alto riesgo, los niveles nocturnos de ruido alcanzan cotas superiores en comparación con los niveles diurnos (Martimportugués, C., Gallego, J., & Ruiz, F. D., 2003).

En la ciudad de Medellín, Colombia una evaluación de ruido ambiental urbano determinó que el 67% de la población reportó molestia, y el 94% de los niveles medidos superan los límites permisibles establecidos en la legislación colombiana (Ortega, M., & Cardona, J. M., 2005). Otro estudio realizado, también en Medellín, revela que el ruido diurno global es de 73 dB(A). Solamente en los sectores industriales, se tienen niveles de ruido apropiados. Los valores de ruido en la noche presentan un nivel global de 68 dB(A) apropiado solo para el mismo tipo de sector industrial (YEPES, D. L., Gómez, M., Sánchez, L., & JARAMILLO, A. C., 2009). Globalmente, Medellín puede ser considerado un municipio altamente ruidoso, con niveles de ruido promedio de 72 dB(A) en el día y 68 en la noche. Respecto al cumplimiento de la norma, se estima que casi todo Medellín excede los límites permisibles de ruido ambiental (YEPES, D. L., Gómez, M., Sánchez, L., & JARAMILLO, A. C., 2009).

En la ciudad de Tunja, se determinó que el ruido no guardaba una relación directa con la magnitud del flujo de tráfico, lo que permitió sugerir que los altos niveles de presión sonora, no eran consecuencia de los altos flujos vehiculares, sino que responden a los niveles de ruido producidos por buses o motocicletas (González, J. R. Q., 2015).

En Río de Janeiro se realizó un mapa de ruido en el barrio de Copacabana. Se concluye que en todos los puntos de medición los valores superan los niveles máximos de ruido externo, de acuerdo a la norma Brasileña NBR 10151/2000 (Pinto, F. A., & Moreno, M. D., 2008).

En las referencias internacionales que se muestran a continuación se puede apreciar los límites máximos permisibles que se sugiere para determinados usos de suelo. Se indica límites para horario diurno y nocturno y se aprecia la concordancia que existe entre los niveles exigidos en los distintos países.

Tabla 2.

Tabla de áreas acústicas y usos predominantes.

Denominación R.D:1367/2007	Denominación municipal	Uso
e	Tipo I (Área de silencio)	Sanitario, docente y cultural que requieran una especial protección contra la contaminación acústica
a	Tipo II (Área levemente ruidosa)	Residencial
d	Tipo III (Área tolerablemente ruidosa)	Terciario distinto del contemplado en el c)
c	Tipo IV (Área ruidosa)	Terciario con predominio del uso del suelo recreativo y de espectáculos
b	Tipo V (Área especialmente ruidosa)	Industrial
f	Tipo VI	Sistemas Generales de Infraestructuras de Transporte u otros equipamientos públicos que lo reclamen
g	Tipo VII	Espacios naturales que requieran una protección especial contra la contaminación acústica

Tomado de Ordenanza de Madrid de 25 de Febrero del 2011, 2011, p.34.

Tabla 3.

Objetivos de calidad acústica y valores límites de inmisión para áreas urbanizadas existentes.

Tipo de Área Acústica		Índices de ruido		
		L_d	L_e	L_n
e	I	60	60	50
a	II	65	65	55
d	III	70	70	65
c	IV	73	73	63
b	V	75	75	65
f	VI	-	-	-

Tomado de Ordenanza de Madrid de 25 de Febrero del 2011, 2011, p.35.

Tabla 4.

Objetivos de calidad acústica y valores límites de inmisión para nuevos desarrollos urbanísticos.

Tipo de Área Acústica		Índices de ruido		
		L _d	L _e	L _n
e	I	55	55	45
a	II	60	60	50
d	III	65	65	60
c	IV	68	68	58
b	V	70	70	60
f	VI	-	-	-

Tomado de Ordenanza de Madrid de 25 de Febrero del 2011, 2011, p.35.

Tabla 5.

Estándares máximos permisibles de ruido ambiental expresados en dB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, 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 francas.	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, 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 principales.	80	70
	Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana.	55
Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.			
Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.			

Tomado de la resolución 0627 del 2006 de Colombia, 2006, p.6.

Estos análisis internacionales demuestran que cada país tiene sus propias normativas que establecen niveles máximos permisibles para ruido ambiental.

De los estudios sobre ruido ambiental en varias ciudades del mundo incluidos en este capítulo, se puede observar que en general no se cumple con los límites máximos de ruido permisibles.

3. Capítulo III Metodología

Se aplicaron métodos cualitativos y cuantitativos para determinar el impacto del ruido ambiental en la zona residencial del Cantón Rumiñahui. Se realizaron mediciones acústicas para encontrar los niveles de ruido ambiental al que está expuesta la población y encuestas para medir la percepción de la molestia. La realización de las mediciones y encuestas están basadas en la normativa NTE INEN-ISO 1996-2:2007 “Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental”. Parte 2: “Determinación de los niveles de ruido ambiental” y ISO/TS 15666:2003 Acústica “Evaluación de la molestia por ruido por medio de encuestas sociales y socio-acústicas”.

3.1 Descripción de la zona de estudio

Debido a la cercanía con Quito, el cantón Rumiñahui se ha convertido en una fuente de desarrollo urbanístico, con un incremento significativo en la población y en la demanda de servicios. Según el Plan Estratégico del Gobierno Autónomo Descentralizado del Municipio del Cantón Rumiñahui GADMUR (Plan Estratégico participativo del cantón Rumiñahui, 2002), se considera que el 27,4% de la población se dedica a la transportación pública, artes gráficas, estibadores; el 12% forman parte de gremios de zapateros, ebanistas, relojeros, mecánicos, electricistas y joyeros. Se estima que la mayor parte de la población, económicamente activa, se concentra en el área urbana de Sangolquí, tanto de hombres como de mujeres.

El Cantón Rumiñahui tiene aproximadamente 106 548 habitantes, y cuenta con un área total de 139 Km². Debido a que en los últimos 10 años el cantón ha incrementado su comercio, la zona evaluada resulta ser uno de los sectores de

por ruido, la mayoría provienen de San Rafael, sector que se considera estar expuesto a ruido ambiental de transporte, comercio, industrias, entre otros (GADMUR, 2016).

Para la selección de los puntos de medición, se escogieron algunas de las viviendas de la zona de estudio. Debido a las características físicas del entorno y condiciones de seguridad del equipamiento se optó por medir en exteriores dentro del perímetro de cada vivienda. Fueron pocas las personas que permitieron realizar la medición dentro de sus viviendas. Para ello, se debió adaptar estos lugares a manera de proteger el equipamiento de medición de los posibles cambios en el clima.

Para la ubicación de los puntos de medición se dividió al territorio de la parroquia de San Rafael en 3 sectores: norte, centro y sur. Definiendo así, 9 puntos de medición que se localizan según se muestra en la figura 3.2:

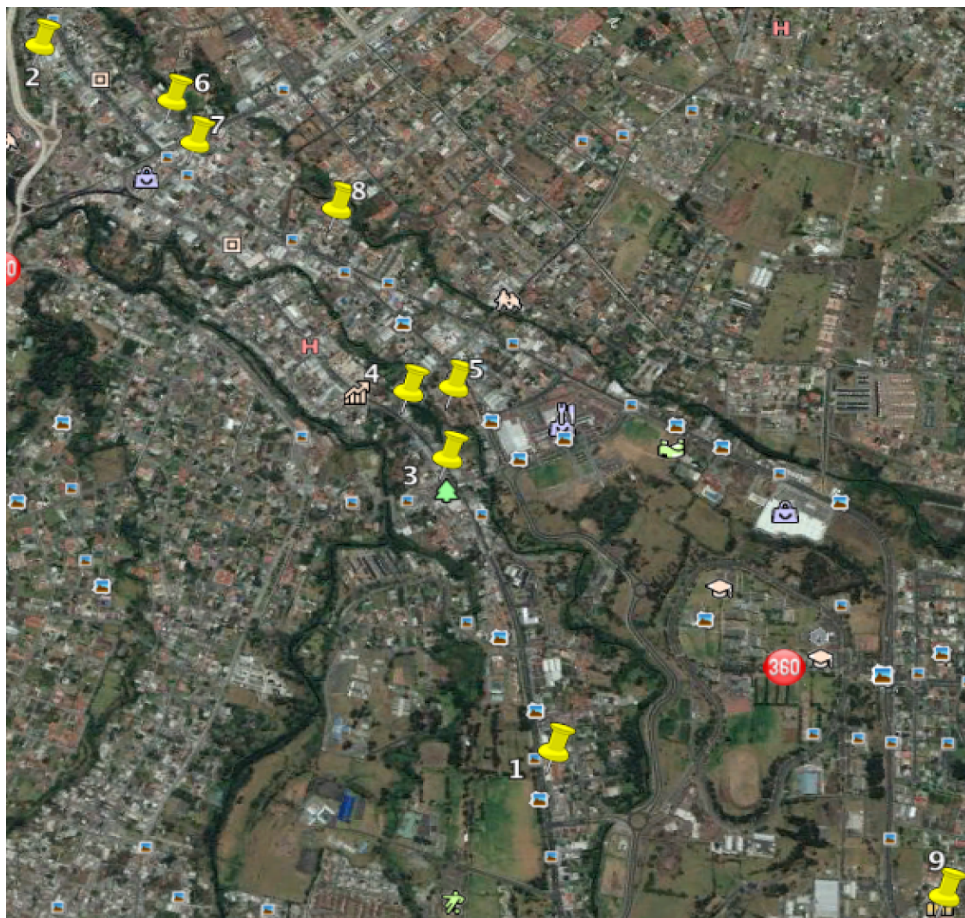


Figura 2. Gráfico de la ubicación de los 9 puntos de medición.

Tomado de Google Earth s.f.

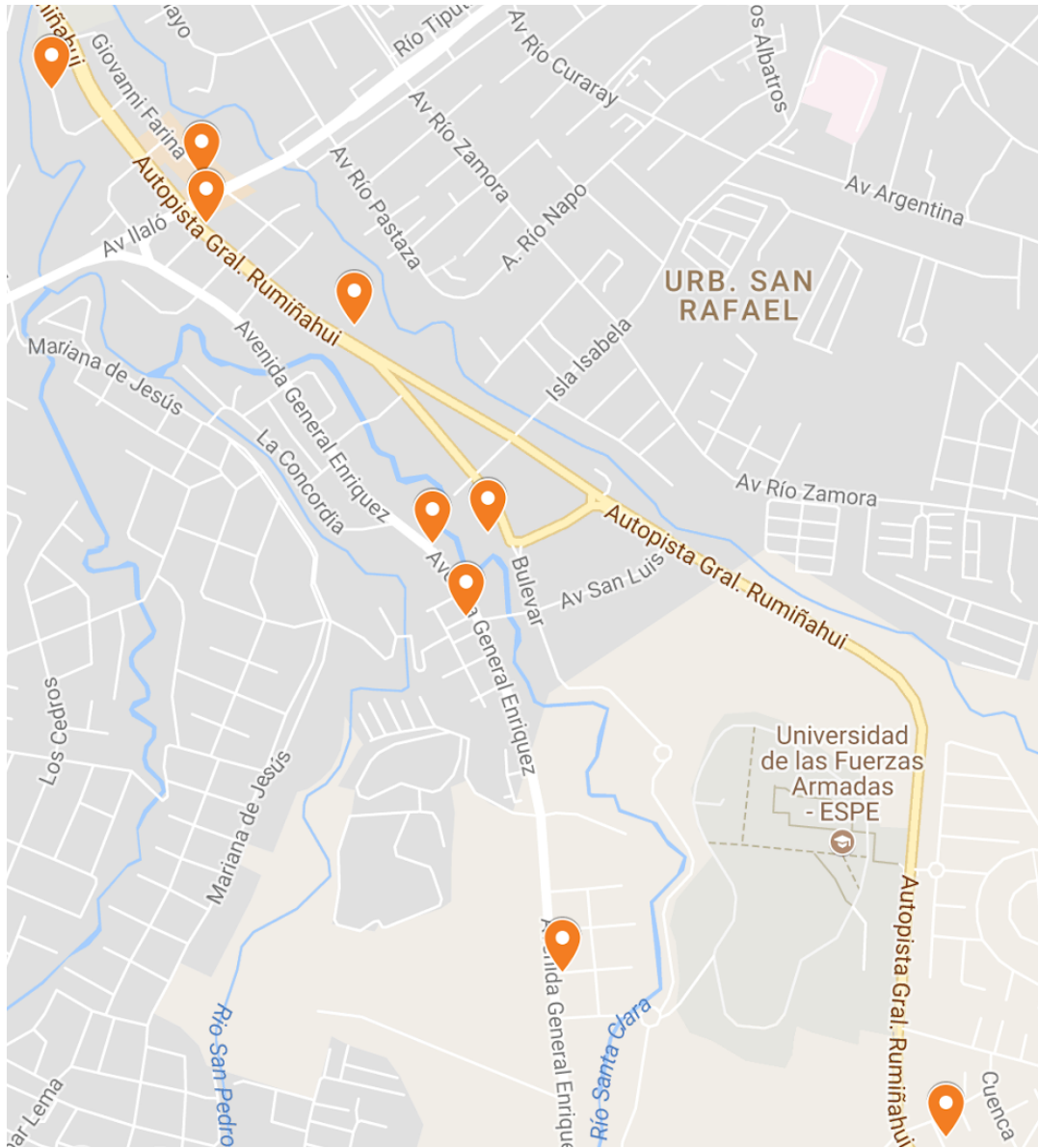


Figura 3. Gráfico de la ubicación de los 9 puntos de medición.

Tomado de Google Maps s.f.

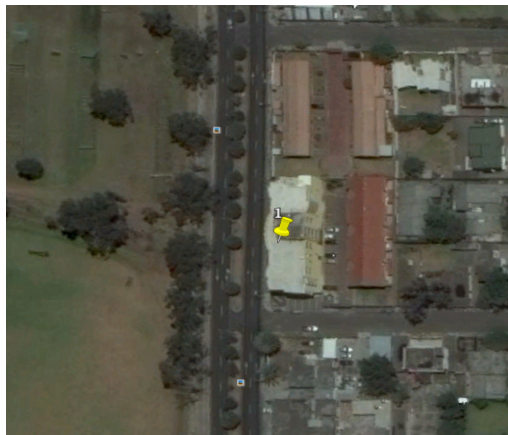


Figura 4. Ubicación punto de medición 1

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 5. Entorno del punto de medición 1

Tomado de Google Maps s.f.



Figura 6. Ubicación punto de medición 2

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 7. Entorno del punto de medición 2

Tomado de Google Maps s.f.



Figura 8. Ubicación punto de medición 3

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 9. Entorno del punto de medición 3

Tomado de Google Maps s.f.



Figura 10. Ubicación punto de medición 4

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 11. Entorno del punto de medición 4

Tomado de Google Maps s.f.

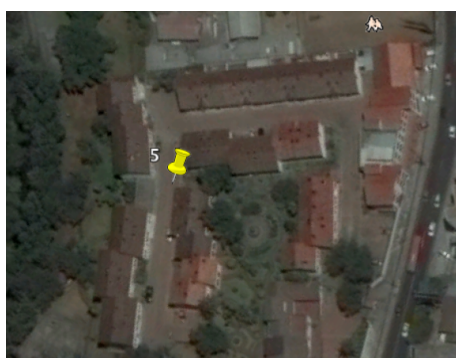


Figura 12. Ubicación punto de medición 5

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 13. Entorno del punto de medición 5

Tomado de Google Maps s.f.



Figura 14. Ubicación punto de medición 6

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 15. Entorno del punto de medición 6

Tomado de Google Maps s.f.



Figura 16. Ubicación punto de medición 7

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 17. Entorno del punto de medición 7

Tomado de Google Maps s.f.



Figura 18. Ubicación punto de medición 8

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 20. Entorno del punto de medición



Figura 21. Ubicación punto de medición 9

Tomado de Google Earth s.f.



Figura 22. Entorno del punto de medición 9

Tomado de Google Maps s.f.

El detalle de los puntos de medición, el lugar donde se ubicó el sonómetro, tiempo de medición y fuentes de ruido consideradas para cada punto de medición es el siguiente:

Tabla 6.

Dirección de los puntos de medición y ubicación del sonómetro.

Punto de Medición	Dirección	Ubicación del sonómetro	Tiempo de medición	Altura del sonómetro con respecto al suelo	Fuentes de Ruido
1	Conjunto Habitacional "Balcon del Valle" ubicado Av. General Enriquez y Calle Cazadores de los Ríos	terrazza del edificio compuesto por 4 pisos	48 horas	9 metros	Ruido de tránsito, comercio.
2	Vivienda ubicada en la calle Isla Baltra y Av. General Rumiñahui	balcón de la planta baja	48 horas	3,5 metros con respecto al subsuelo	Ruido de tránsito.
3	Vivienda ubicada en el parque de San Rafael en la Av. General Enriquez y Calle Manta	terrazza de la planta alta	48 horas	7 metros	Ruido de tránsito, comercio, bares y discotecas.
4	Vivienda ubicada en Av. General Enriquez y la Concordia	terrazza de la planta alta	4 horas	3,5 metros	Ruido de tránsito, comercio, bares y discotecas
5	Vivienda del conjunto habitacional "Valle Verde" ubicado en Av. San Luis y calle Santa Clara	exteriores de la vivienda	8 horas	1,5 metros	Ruido de tránsito, río Santa Clara, bares y discotecas
6	Escuela de baile "Sinamon" ubicado en Av. Geovanni Farina y Av. Ilaló	balcón de la planta alta	2 horas	3,5 metros	Ruido de tránsito, comercio, bares y discotecas.
7	Centro Comercial "Plaza París" ubicado en Av. General Rumiñahui y Av. Ilaló	balcón de la planta alta	2,5 horas	4,5 metros	Ruido de tránsito, comercio, bares y discotecas
8	Vivienda del conjunto habitacional "El pedregal" ubicado en Av. General Rumiñahui e Isla Marchena	terrazza de la planta alta	2 horas	3,5 metros con respecto a subsuelo	Ruido del vecindario.
9	Vivienda del conjunto habitacional "American Home" ubicado en las calles Ambato y Quevedo	terrazza de la planta alta	2 horas	3,5 metros	Ruido del vecindario

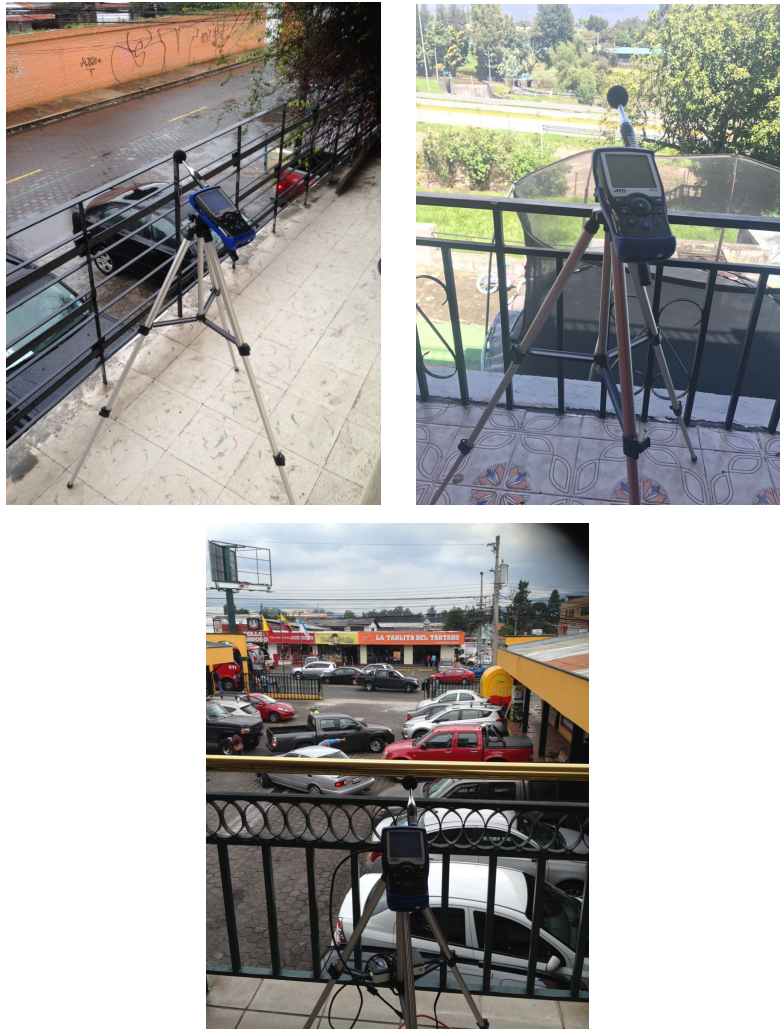


Figura 23. Mediciones de ruido ambiental

3.2.2 Selección de horarios y días de medición.

Se estableció el periodo diurno al margen de horas comprendido de 07h00 a 22h00 horas, y el periodo nocturno de 22h00 a 07h00 horas. Considerando los horarios establecidos en el Anexo 9 “Norma de ruido para aeropuertos” del Libro VI del Texto Unificado de Legislación del Ministerio del Ambiente (Ministerio del ambiente, 2006).

El análisis estadístico del Informe de Calidad de Aire del Municipio de Quito (2015), indica que existe disimilitud significativa en los niveles sonoros los días lunes y viernes mientras que no existe diferencia entre los otros días en el

período diurno. Por otro lado, las noches menos ruidosas corresponden al domingo y lunes. Los estudios revelaron diferencia estadística significativa únicamente entre los niveles sonoros nocturnos del domingo y lunes vs. los del viernes y sábado (Secretaría de Ambiente del Municipio de Quito, 2015, p. 51).

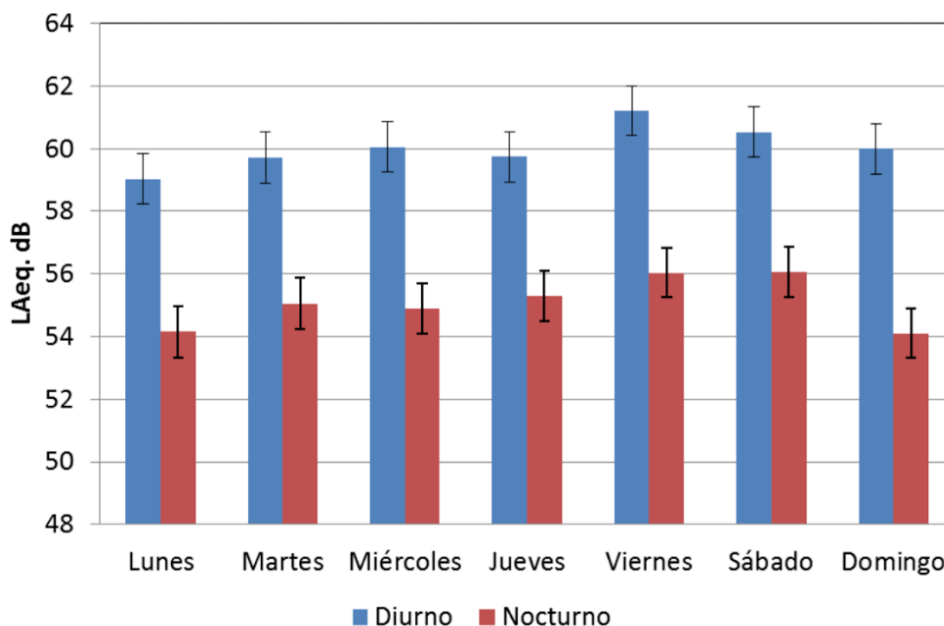


Figura 24. Nivel sonoro continuo equivalente para periodo diurno y nocturno
Tomado de informe de calidad del aire del municipio de Quito s.f.

Basándose en esta información, se realizaron las mediciones de ruido ambiental en los días lunes y viernes en cada punto de medición.

3.2.3 Equipamiento de medición

Las mediciones de ruido se realizaron con el sonómetro integrador NTI XL2-TA. Para la medición de ruido ambiental se configuró el sonómetro de manera que obtenga el nivel de presión sonora equivalente ponderado A, a cada hora de medición.



Figura 25. sonómetro NTI XL2.

Tomado de página web de NTI-Audio s.f.

3.2.4 Procedimiento de medición

La metodología para la medición de ruido se basó en la normativa INEN-ISO 1996-2 “Descripción, medición y evaluación del ruido ambiental”. Parte 2: “Determinación de los niveles de ruido ambiental”. Para esto, se realizaron mediciones acústicas de ruido ambiental continuas de 24 horas o más, intentando colocar al micrófono del sonómetro a una altura de 4 metros aproximadamente con respecto al suelo .

Se indica también, que el micrófono no se debía colocar a menos de 1 metro de cualquier superficie reflectante, y se debía adaptar al lugar a manera de proteger al equipamiento de medición de posibles cambios climáticos que pudieran afectar el correcto funcionamiento del sonómetro.

3.2.5 Indicadores de ruido

Una vez terminado el procedimiento de medición de ruido ambiental, se procedió a evaluar los resultados de acuerdo con los parámetros de: Nivel de Presión Sonora Equivalente en ponderación A (LAeq), Nivel percentil L90 y L10, Índice de ruido de tráfico (TNI).

Para las mediciones de ruido ambiental se obtuvieron indicadores de ruido por cada hora de medición.

3.3 Evaluación Cualitativa

Se diseñó un cuestionario de varias preguntas con la finalidad de valorar la percepción de la molestia al ruido ambiental en las personas que viven en la zona de estudio. Las encuestas se basaron en las recomendaciones establecidas en el estándar ISO/TS 15666, "Evaluación de la molestia por ruido por medio de encuestas sociales y socio-acústicas".

3.3.1 Diseño de la encuesta

El principal objetivo de la encuesta fue identificar si la población reconoce la existencia de problemas ambientales en su sector. Determinar si el ruido es uno de esos problemas y de ser el caso identificar las fuentes de ruido que causan mayor molestia. Para alcanzar este objetivo se incluyeron las preguntas que se detallan a continuación:

1. Pregunta # 1

El objetivo de esta pregunta era apreciar si existe o no molestia, por uno o varios factores ambientales o sociales, sin abordar concretamente el tema del ruido.

De los siguientes factores ambientales y sociales ¿cuál considera Ud. como más molesto, y/o que más afecta al lugar de su residencia?

- *Agua*
- *Aire*
- *Basura*
- *Ruido .*
- *Movilidad (transporte, vías, tránsito)*
- *Inseguridad*

2. Pregunta # 2

Aquí se aborda el aspecto del ruido, siendo esta pregunta condicional. Si la respuesta era SI, se continúa normalmente con el resto de la encuesta, si la respuesta era NO, se finaliza la encuesta.

¿Considera Ud. que su vivienda está expuesta a ruido ambiental? (ruido vehicular, aviones, industrial, comercio, vecindario, gente que transita)

- *SI*
- *NO*

Si la respuesta es "NO", termina la encuesta.

3. Pregunta # 3

Con esta pregunta se pretendía evaluar el grado de molestia del encuestado al encontrarse en su vivienda, con respecto al ruido, entre varias opciones.

¿En qué medida considera, que el ruido al que está expuesto en su vivienda es molesto?

- *Extremadamente*

- *Mucho*
- *Moderadamente*
- *Ligeramente*
- *Absolutamente en nada*

4. Pregunta # 4

Esta pregunta pretende evaluar la fuente o fuentes de ruido, que los encuestados consideran afecta más a su vivienda.

¿Cuál de las siguientes fuentes de ruido considera usted que más afecta a su vivienda?

- *ruido de tránsito*
- *aéreo*
- *bares y discotecas*
- *pregonar de vendedores ambulantes*
- *ruido industrial*
- *otros*

5. Pregunta # 5

En la parte final de la encuesta, la pregunta No. 5 está relacionada con la percepción de las personas acerca de problemas asociados al ruido

¿Cree Ud. que en la zona en la que vive, existen problemas asociados con el ruido?

- *Extremadamente*
- *Mucho*
- *Moderadamente*
- *Ligeramente*

- Absolutamente en nada

Con el fin de obtener información sobre los encuestados, se optó que la parte inicial de la encuesta tenga preguntas demográficas relacionadas con el género, rango de edad y tiempo de residencia. El cuestionario utilizado en este estudio se muestra en la figura 3.2.

ENCUESTA

Descripción: Esta encuesta se realiza como investigación del proceso de titulación del Sr. José Gabriel Larco para la carrera de Ing. en Sonido y Acústica de la Universidad de las Américas conjuntamente con el departamento de Medio Ambiente del GADMUR.

Tema de Tesis: Evaluación de ruido ambiental en una zona residencial del cantón Rumiñahui

- **Género:**

Masculino Femenino

- **Rango de edad:**

16 a 25 26 a 35 36 a 45 46 a 55 56 a 65

> a 65

- **Tiempo de residencia:**

< 1 año de 1 a 3 años de 3 a 5 años de 5 a 10 años

> 10 años

PREGUNTAS

1.- De los siguientes factores ambientales y sociales ¿cuál considera Ud. como más molesto y/o que más afecta al lugar de su residencia?

- Agua

- Aire

- Basura

- Ruido

- Movilidad (transporte, vías, tránsito)

- Inseguridad

2.- Considera Ud. que su vivienda está expuesta a ruido ambiental (ruido vehicular, aviones, industrial, comercio, vecindario, gente que transita)

- SI

- NO

Si la respuesta es "NO" aquí termina la encuesta.

3.- En qué medida considera que el ruido al que está expuesto en su vivienda es molesto.

- Extremadamente

- Mucho

- Moderadamente

- Ligeramente

- Absolutamente en nada

4.- ¿Cuál de las siguientes fuentes de ruido considera usted que más afecta a su vivienda?

- ruido de tránsito

- aéreo

- bares y discotecas

- pregonar de vendedores ambulantes

- ruido industrial

- otros

5.- ¿Cree Ud. que en la zona en la que vive existen problemas asociados con el ruido?

- Extremadamente

- Mucho

- Moderadamente

- Ligeramente

- Absolutamente en nada

Fecha: _____ Hora: _____

Lugar de la entrevista: _____

Figura 26. Encuesta de percepción de molestia al ruido.

3.3.2 Toma de muestras

Como se explicó anteriormente las personas evaluadas debían ser residentes de la parroquia de San Rafael, incluyendo el sector donde se ubican Bares y Discotecas, que aproximadamente comprende 11 manzanas.

De acuerdo a Hernández Sampieri quien indica en su texto de “Metodología de la Investigación” (Hernández Sampieri, R., Fernández, C., Baptista, L., 2010). El tamaño muestral de una población se rige de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$M = (N \times P \times Z^2) / ((N - 1) E^2 + Z^2)$$

(Ecuación 3)

Donde: N = Tamaño de la población

P = Proporción constante (0,25)

E = Error permisible (hasta el 10%)

Z = Valor obtenido entre los niveles de confianza (95,5% = 1,96)

Según el último censo realizado por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2010) la parroquia de San Rafael tiene 9 952 habitantes. De acuerdo a la ecuación 3, se determina que el tamaño muestral de la encuesta debería ser de 92 personas. Se debe considerar que este número sería si se evaluara toda la parroquia de San Rafael. No obstante, en total se evaluaron a 90 personas residentes en zonas residenciales del cantón Rumiñahui.

La encuesta se realizó desde el mes de octubre del 2016 hasta el mes de abril del 2017. Se presentaron algunas limitaciones como la falta de colaboración de ciertas personas de responder el cuestionario o que algunas personas no se encontraban en casa al momento de encuestar. Por ello, las evaluaciones se realizaron de forma personal acudiendo a las viviendas del sector en estudio y también se realizaron encuestas en línea a través de la plataforma Survey Monkey.

4. Capítulo IV Resultados

4.1 Evaluación Cuantitativa

Las mediciones de ruido ambiental se realizaron en los puntos descritos en el capítulo anterior. Se debe agregar que para estas evaluaciones factores como

el clima, disponibilidad del equipamiento y disponibilidad de acceso a la vivienda fueron determinantes para que se modifique el horario y días programados.

En la figura 4.1 se muestra la gráfica del LAeq de los 3 primeros puntos de medición en función a la hora de medición. Los resultados que se muestran son mediciones continuas equivalentes de cada hora. Se puede observar el comportamiento de ruido ambiental en los 3 puntos de medición.

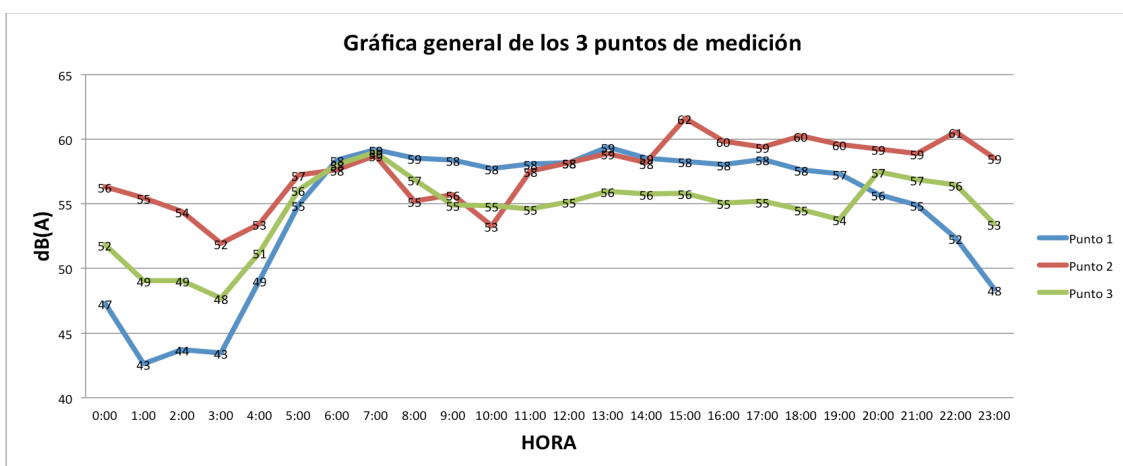


Figura 27. Gráfica del LAeq en los 3 puntos de medición.

En la figura 4.1 se pueden apreciar los resultados globales de todos los puntos de medición con los indicadores de ruido de Nivel de presión sonora equivalente ponderado A (LAeq), Percentil L10 y L90, Índice de Ruido de Tráfico (TNI), Clima Sonoro (NC).

Tabla 7

Tabla de resultados globales de las mediciones de ruido ambiental

	LAeq	L90	L10	TNI	NC
Punto No. 1	54,5	45,1	59,7	73,5	14,6
Punto No. 2	57,5	53,1	60,6	53,1	7,5
Punto No. 3	53,6	49,5	56,3	46,8	6,8
Punto No. 4	52,3	47,7	51,2	31,7	3,5
Punto No. 5	54,2	52,1	56,9	41,1	4,8
Punto No. 6	68,6	66,9	70,7	52	3,8
Punto No. 7	63,3	59,6	68	63,2	8,4
Punto No. 8	61,3	50,9	74,3	114,5	23,4
Punto No. 9	47,5	44,1	56,2	62,7	12,1

Se debe indicar que desde el punto de medición 4 hasta el punto de medición 9, no se realizaron mediciones continuas de 24 horas. Estas mediciones se realizaron en horarios representativos basados en los datos obtenidos de las mediciones del punto de medición 1, 2 y 3. Los horarios representativos fueron: Para periodo diurno de 09h00 a 14h00 horas y de 20h00 a 22h00 horas, y para período nocturno de 23h00 a 05h00 horas.

De los niveles percentiles L10 y L90, obtenidos a lo largo de las jornadas de medición, se puede observar que el Clima Sonoro (NC) no es mayor a 8,4 dB, a excepción de los puntos de medición 1, 8 y 9. Por lo que se determina que en estos 3 puntos de medición la variabilidad del sonido es amplia, en comparación con el resto de puntos de medición.

En las mediciones realizadas en los 9 puntos de medición se obtuvieron valores de ruido en periodo diurno y nocturno. A continuación en la tabla 4.1.2 se muestran los resultados globales de todos los puntos de medición.

Tabla 8

Resultados de periodo Diurno y Nocturno

	LAeq		
	Diurno	Nocturno	
Punto No. 1	58,1	49,5	dB(A)
Punto No. 2	58,3	56,4	dB(A)
Punto No. 3	55	51,7	dB(A)
Punto No. 4	51,1	54,2	dB(A)
Punto No. 5	54	56	dB(A)
Punto No. 6	68,6	-	dB(A)
Punto No. 7	65,1	61,1	dB(A)
Punto No. 8	63,1	59,3	dB(A)
Punto No. 9	48,4	46,8	dB(A)

Cabe mencionar que en el punto de medición 6 no fue posible realizar mediciones en horario nocturno, debido a que no fue posible tener acceso a este punto de medición en ese horario.

En las figuras 4.1.2 y 4.1.3, se muestran los resultados de los niveles de ruido en periodo diurno y nocturno respectivamente. Se indica también una comparación con los niveles máximos permisibles de ruido ambiental de acuerdo a la resolución 0627 del 2006 de Colombia, los objetivos de calidad acústica de la ordenanza de Madrid de 25 de Febrero del 2011, los niveles de ruido sugeridos por la Normativa Europea de Legislación Sobre el Ruido y los niveles de ruido máximo sugeridos por la OMS en el documento “Environmental Health Criteria”.

LAeq Diurno

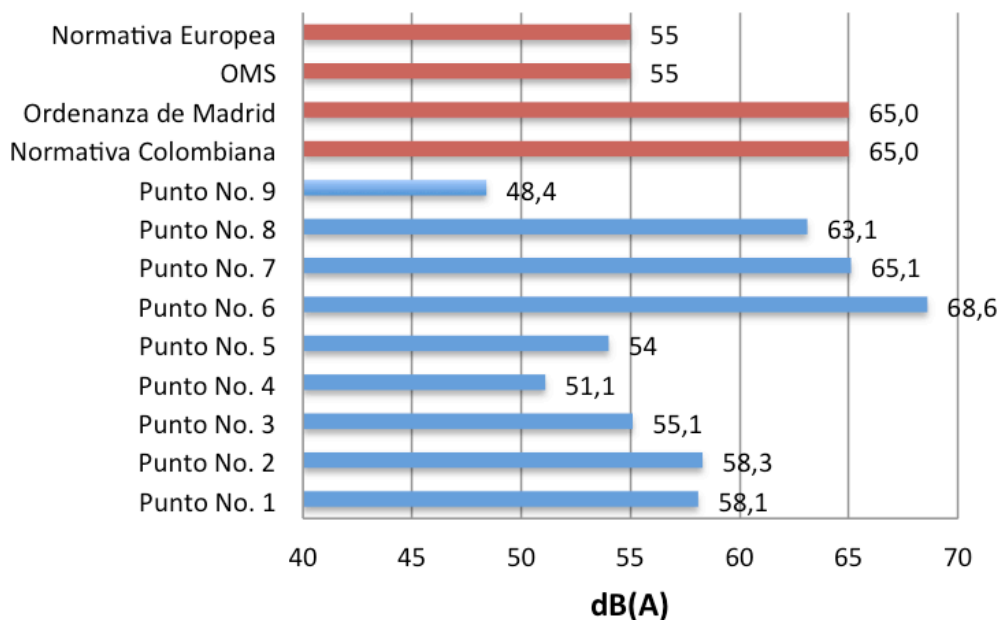


Figura 28. LAeq Diurno en los puntos de medición y comparación con estándares internacionales.

LAeq Nocturno

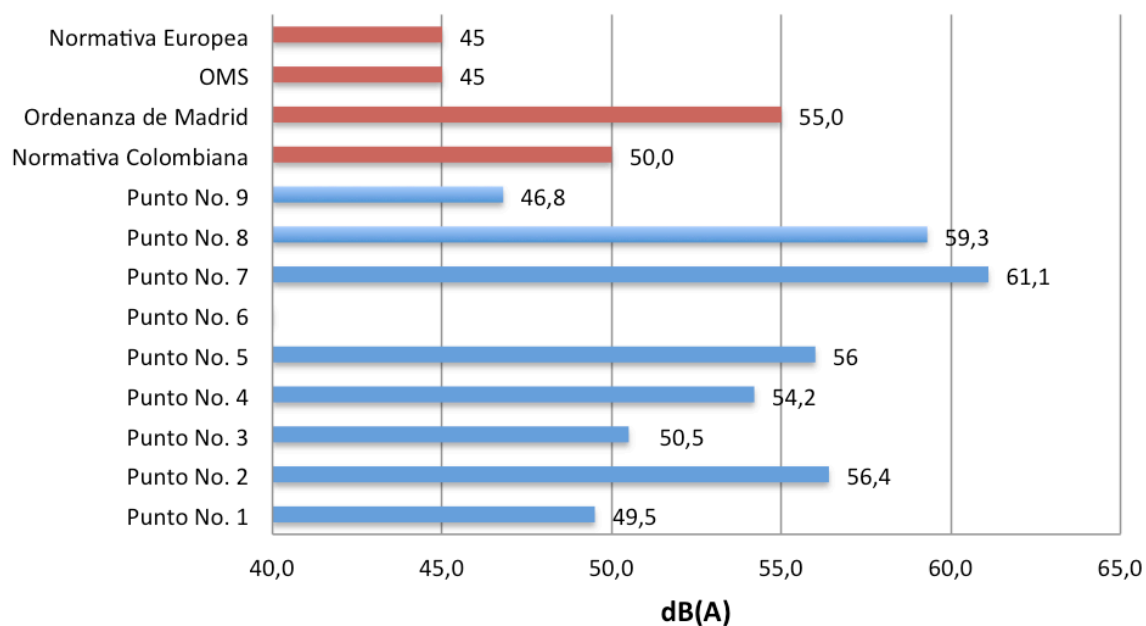


Figura 29. LAeq Nocturno en los puntos de medición y comparación con

estándares internacionales.

4.2 Evaluación Cualitativa

Las encuestas se realizaron desde octubre del 2016 hasta abril del 2017 de forma personal, mediante visitas a las viviendas del sector de estudio, y a través de encuestas en línea.

En total se evaluaron a 90 personas que residen en la parroquia de San Rafael. En la figura 4.4. Se muestran los resultados de las preguntas demográficas, donde se muestra el porcentaje de hombres y mujeres.

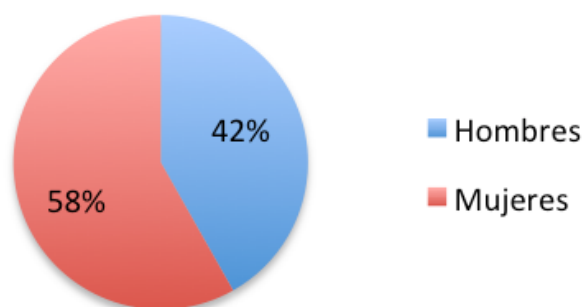


Figura 30. Porcentaje de Hombres y Mujeres encuestados

En la figura 4.5. Se muestra el porcentaje de edad de las personas evaluadas. Se observa que el 40% son mayores a 45 años, seguido del grupo de 16 a 25 años y 26 a 35 años, con el 25% cada uno. El grupo de 36 a 45 años ocupa el 9% que resulta ser el de menor porcentaje.

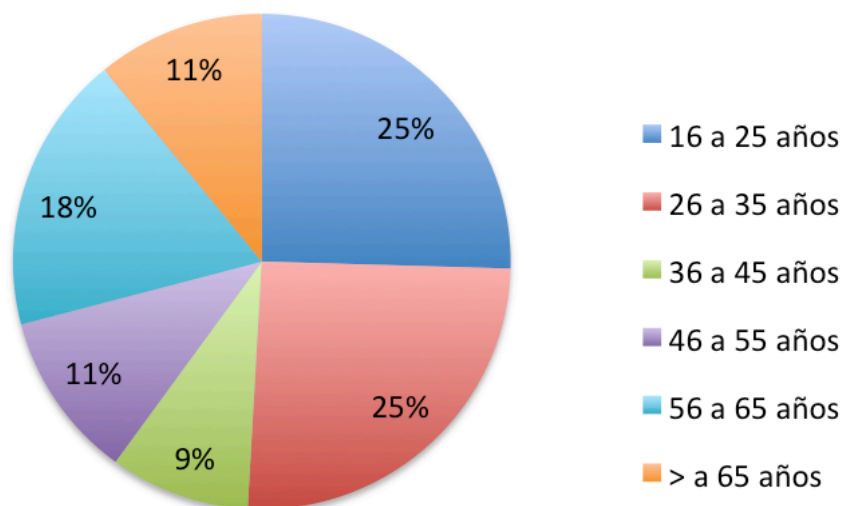


Figura 31. Rango de edad de las personas encuestadas

En la figura 4.6. Se muestran los porcentajes del tiempo de residencia de las personas encuestadas. En resumen, el 33% ha vivido más de 10 años, el 74% más de 3 años, y el 93% más de 1 año. Solo el 7% de los encuestados residen en el área menos de 1 año.

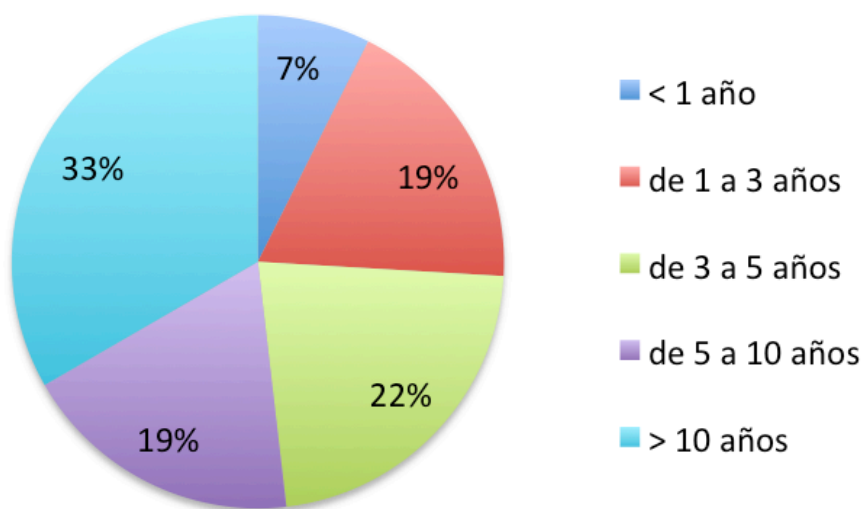


Figura 32. Tiempo de residencia

En relación con la percepción de los encuestados, se muestra (figura 4.7.) que el factor ambiental o social que produce mayor molestia es el ruido (37%), seguido de la movilidad y la inseguridad con el 19% cada uno.

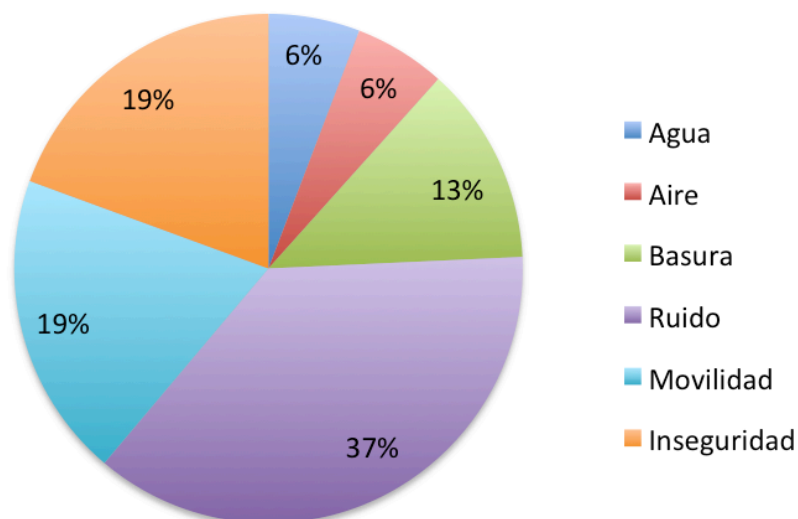


Figura 33. Factores ambientales y sociales que resultan más molestos y que afectan al lugar de residencia.

Según la figura 4.8 el porcentaje de personas que consideran estar expuestas a ruido ambiental llega al 89% de los encuestados.

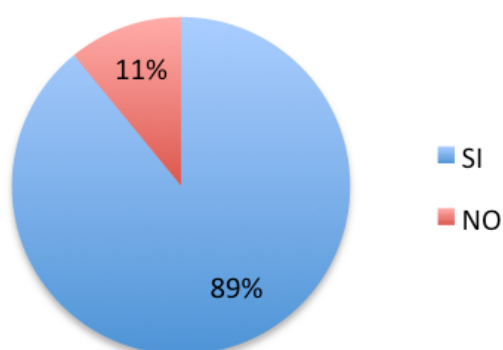


Figura 34. Porcentaje de personas que consideran que están expuestas a ruido ambiental.

En la figura 4.9, se muestra la percepción de molestia al ruido que tienen los residentes, con respecto a su residencia. Se observa que el 37% percibe la molestia como “Moderadamente”, el 31% lo percibe como “Mucho” y el 17% lo percibe como “Extremadamente”. Los porcentajes inferiores son para la percepción de Ligeramente y Absolutamente en nada con un 15% y 2% respectivamente.

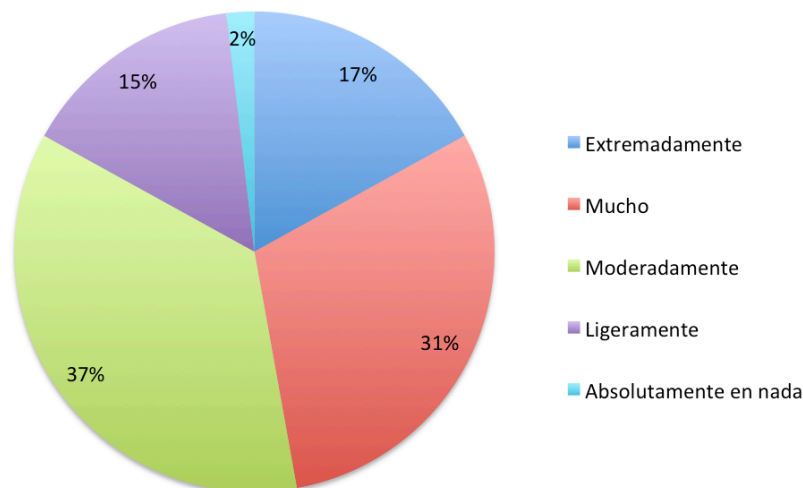


Figura 35. Porcentaje de percepción de molestia del ruido.

En la figura 4.10 se indica el porcentaje de las fuentes de ruido que más afectan a los encuestados. Se observa que el ruido de tránsito ocupa el 48%, seguido de los bares y discotecas con 28%. Se evidencia también que ninguna persona consideró como molesto al ruido industrial. El 20% de las personas que eligió la opción “Otros”, informó que se refería a otras fuentes de ruido como alarmas, ladridos de perros, y ruido producido por vecinos.

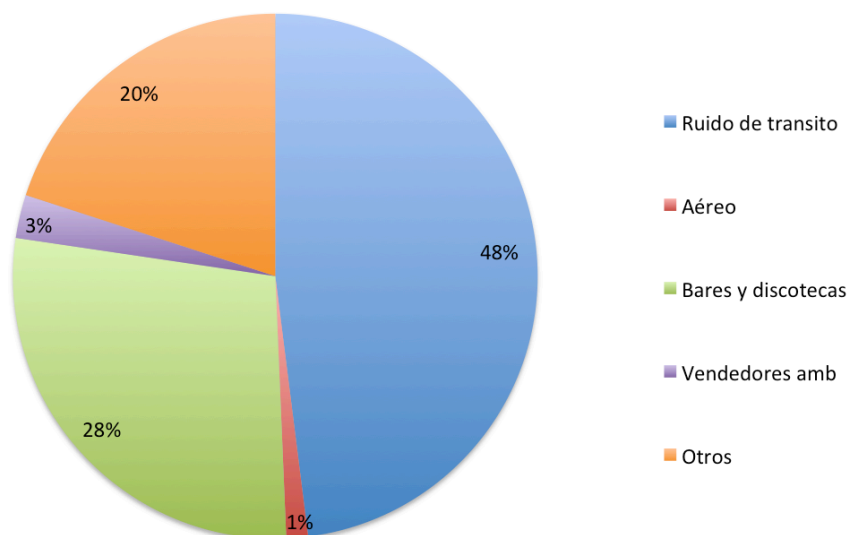


Figura 36. Fuentes de ruido consideradas más afectuosas

En la figura 4.11 se muestra la percepción de las personas con respecto a problemas asociados al ruido en el lugar de su vivienda. El 33% de los

encuestados considera que es “Mucho” el problema, en este segmento se encuentran por ejemplo personas adultas a quienes les molesta el ruido. El 29% lo considera como “Moderadamente” y los niveles “Extremadamente” y “Ligeramente” tienen un porcentaje de 19%.

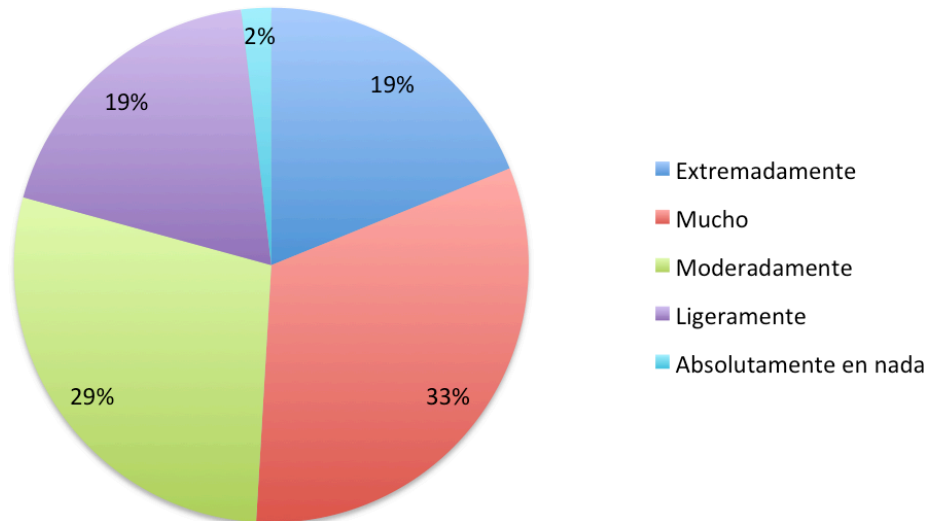


Figura 37. Percepción de las personas de problemas asociados con el ruido

Al realizar esta investigación, se presentaron los siguientes inconvenientes:

- Hubo pocos casos de personas que no se interesaron en dicha investigación y rechazaron realizar la encuesta.
- No siempre fue posible encontrar a las personas en sus viviendas en horario de oficina, por lo que fue necesario realizar las encuestas en horas de la noche o en fines de semana.
- El lenguaje de la encuesta resultó ser algo confuso para personas de la tercera edad.
-

4.3 Discusión

- En las mediciones de ruido se cubrió horarios diurno y nocturno, identificando el comportamiento de ruido ambiental en los 3 primeros puntos de medición que representan los sectores norte, centro y sur de

San Rafael. Los 6 puntos restantes, tienen niveles representativos correlacionados con los antes citados.

- En los puntos de medición 1, 7, 8 y 9, el Clima Sonoro es elevado en comparación a los restantes, lo que indica una mayor variabilidad en su fluctuación. Los valores de TNI son de 73.5, 63.2, 114.2 y 62.9 dB respectivamente.
- Los puntos de medición 1 y 8 tienen el valor de TNI más alto. Esto se debe a que el punto 1 colinda con la Av. General Enríquez que es una vía arterial del cantón Rumiñahui. El punto 8 se encuentra a 100 metros aproximadamente de la Av. General Rumiñahui la cual también es considerada como vía principal del cantón pero las personas residentes de este sector afirman que a más de resultarles molesto el ruido de tráfico también les molesta los ladridos de perros del vecindario.
- En los puntos de medición 1 y 8 existe una diferencia considerable entre los niveles de LAeq y L90, la diferencia es de 9.4 y 10.4 dB respectivamente, dichos puntos son los que también poseen un TNI más alto. Para el resto de puntos de medición se encontró una diferencia menor a 5 dB. Se considera que esto se debe al ruido impulsivo generado por bocinas de autos y ladridos de perros en estos puntos de medición.
- De acuerdo con los valores máximos de ruido para horario diurno sugeridos por la OMS, Normativa Europea, Madrid y de Colombia, se establece que en 7 puntos de medición los valores son inferiores a los límites de las regulaciones citadas. Solo 3 puntos de medición no sobrepasan los niveles sugeridos por la OMS.
- Se debe considerar que los valores de ruido ambiental, sugeridos por la Normativa Europea y OMS, son mucho más restrictivos en comparación

con las otras normativas. Se estima que estos valores son difíciles de alcanzar, sobre todo refiriéndose a ciudades en las cuales existe mayor afluencia de comercio y tránsito de autos.

- En horario nocturno, los puntos de medición del sector sur que corresponde a San Rafael, no sobrepasan los niveles de ruido sugeridos por la normativa Colombiana y la de Madrid. Para el sector centro y norte, en general los valores obtenidos son superiores a lo sugerido por todos los estándares internacionales. Lo anterior puede deberse a las actividades nocturnas ruidosas, ocasionadas por el tránsito, bares y discotecas.
- El resultado de la encuesta revela una considerable molestia con respecto al ruido, determinando a este, como el factor ambiental o social que más produce molestia. Las fuentes de ruido que más afectan son el tránsito, bares y discotecas.
- En la parroquia de San Rafael existen 2 zonas en las cuales abundan bares y discotecas que en su mayoría son bares pequeños y karaokes. Esta zona tiene uso de suelo de tipo Residencial-Combinado.

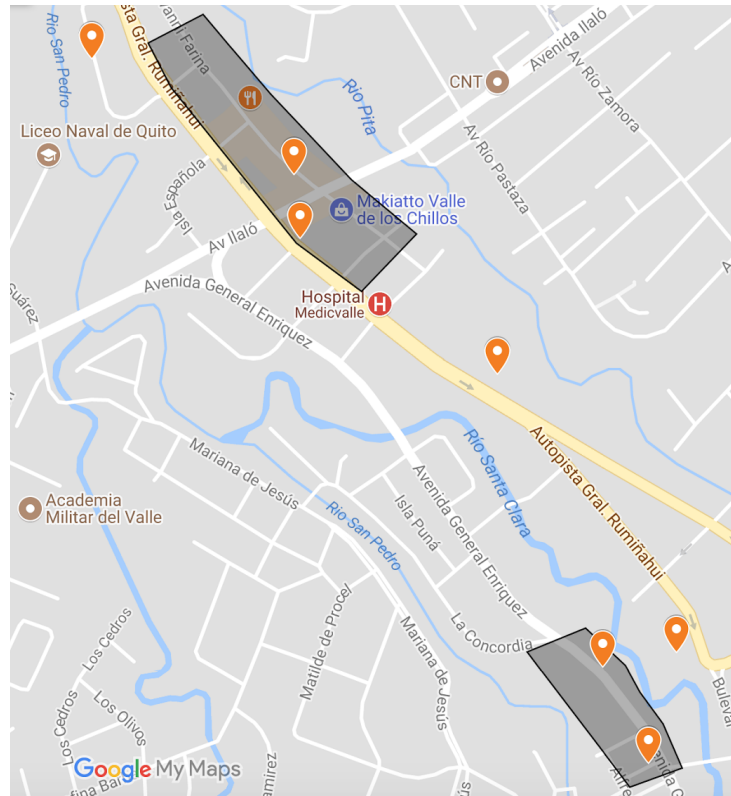


Figura 38. Zonas donde predominan bares y discotecas del sector norte y centro de San Rafael

Tomado de Google Maps s.f.

- En lo referente a la percepción de molestia, y problemas asociados al ruido con respecto a la vivienda, el mayor porcentaje de respuestas se ubica en las opciones de “Mucho” y “Moderadamente”, estas 2 opciones juntas, ocupan el 70% y 65 % respectivamente.
- Los resultados de las evaluaciones cualitativas y cuantitativas se relacionan profundamente. Los niveles de ruido ambiental obtenidos en general superan los límites sugeridos por estándares internacionales y las encuestas revelan la existencia de una considerable molestia al ruido.

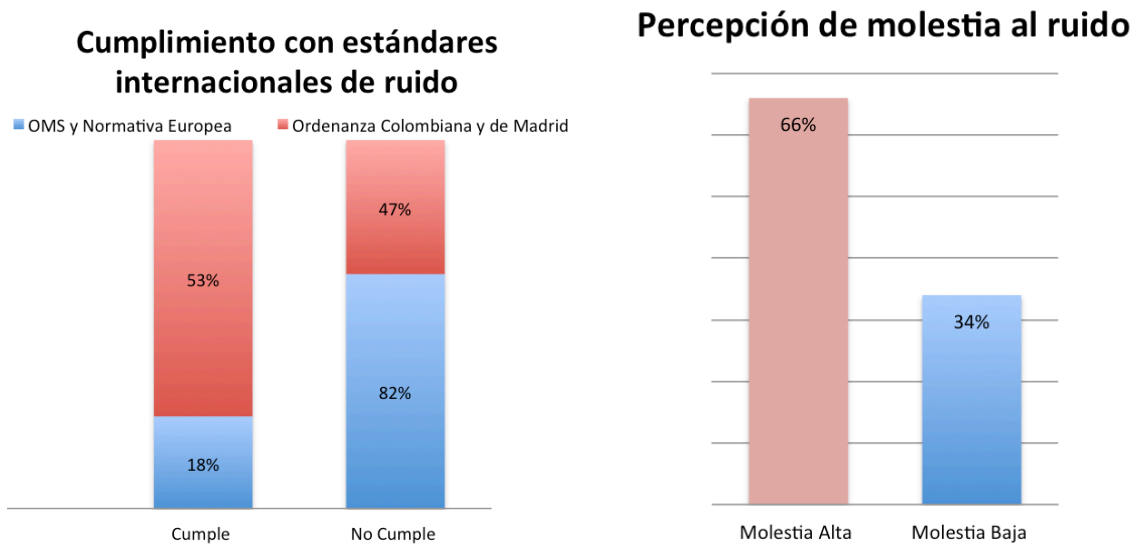


Figura 39. Cumplimiento con estándares internacionales y percepción de ruido.

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

En esta investigación se realizó una evaluación de ruido ambiental, aplicando mediciones para obtener descriptores de ruido conducentes a un posterior análisis. Adicionalmente, se realizó encuestas para determinar la existencia o no, de un impacto ambiental negativo, el grado de molestia y las fuentes de ruido que más molestan a los residentes de la parroquia de San Rafael.

Se realizó mediciones acústicas continuas de ruido ambiental, por un período aproximado de 48 horas en días representativos, en los 3 primeros puntos de medición. El punto 2 es el que resulta tener mayor nivel de LAeq, se considera que esto se debe principalmente al ruido de tráfico producido en la vía Armenia 1.

Igualmente se realizó mediciones de menor duración para horario diurno y nocturno, basados en los datos obtenidos de las mediciones continuas de larga duración con el fin de no perder su representatividad. Los puntos 6, 7 y 8 son los que tienen mayor nivel de LAeq con un valor promedio de 64 dB. Se estima que esto se debe a que estos puntos de medición colindan con la Av. General Rumiñahui y uno de ellos se ubica en la zona de bares y discotecas.

Los puntos de medición que tienen mayor nivel de LAeq, tanto de las mediciones de larga como de corta duración, pertenecen al sector norte de San Rafael.

Los resultados de las mediciones de ruido nocturnas, revelan que en general, no se cumple con los niveles sugeridos por estándares internacionales. Los resultados en período diurno sí cumplen, a excepción de lo sugerido por la Normativa Europea y Organización Mundial de la Salud.

Las encuestas revelan la existencia de una importante molestia al ruido, siendo las que más contribuyen, el tránsito, bares o discotecas. La movilidad y la inseguridad son factores que también preocupan a los residentes.

Adicionalmente, se ha identificado que las alarmas, ladridos de perros, y bullicio del vecindario también generan molestia considerable. Otro tipo de fuentes como ruido aéreo o el de vendedores ambulantes presentan porcentajes de molestia insignificantes. La principal fuente de ruido es la producida por el tránsito de autos.

Los resultados de las mediciones de ruido ambiental con las encuestas concuerdan totalmente, ya que se determinó que en la mayoría de puntos de medición no se cumple con lo sugerido por estándares internacionales y las encuestas revelan la existencia de una considerable molestia al ruido.

Al realizar las mediciones de ruido ambiental, se presentaron varios inconvenientes: solo algunos propietarios permitieron realizar las mediciones, debiendo acoplar el cronograma de medición de acuerdo con la disponibilidad de tiempo de los propietarios, también se tenía que adaptar los lugares de medición como medio de protección del equipamiento ante la presencia de lluvia.

Durante la toma de muestras de las encuestas se tuvo inconvenientes como:

- a) Personas que no se interesaron en dicha investigación y la rechazaron.
- b) No siempre fue posible encontrar a las personas de las viviendas en estudio.
- c) El lenguaje de la encuesta resultó ser algo confuso para personas de la tercera edad
- d) No siempre fue posible conseguir una dirección de correo electrónico o número de teléfono celular para enviar la encuesta on-line.

5.2 Recomendaciones

En base a los resultados obtenidos, de percepción de molestia y problemas asociados al ruido con respecto a la vivienda, se determina la presencia de un impacto ambiental negativo en el sector estudiado. Estos datos advierten la toma de medidas preventivas para la disminución del impacto ambiental generado. Se recomienda:

Realizar campañas de concientización sobre:

- a) Los daños en la salud por el ruido.
- b) Uso de las bocinas de los autos.
- c) Niveles de ruido de fuentes móviles (autos, motos, camiones, etc.)
- d) Uso de campanas, bocinas, timbres, silbatos instalados en cualquier vehículo, basándose en la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito
- e) Regulación del aislamiento acústico de bares y discotecas.

Realizar mediciones de ruido de 24 horas, 48 horas o más en los puntos de medición en los que se lo hizo de corta duración con el fin de validar los datos obtenidos en horarios representativos.

Efectuar mediciones de ruido ambiental cada determinado período a manera de consolidar los resultados obtenidos en esta investigación.

Ejecutar las mediciones de ruido ambiental por lo menos con dos sonómetros para optimizar la toma de datos y los puntos de medición.

Controlar el cumplimiento de los niveles máximos de ruido de bares y discotecas de acuerdo con el Texto Unificado de la Legislación Secundaria del Medio Ambiente Anexo 5 “Niveles Máximos de emisión de ruido y metodología de emisión para fuentes fijas y fuentes móviles” (Ministerio del Ambiente de la República del Ecuador, 2015).

Controlar la obtención de permisos de bares y discotecas, regulando correctamente el límite de ruido que produce cada uno de estos.

Ante las dificultades en la toma de muestras de las encuestas a los habitantes, se recomienda buscar alternativas o métodos que permitan mayor alcance, confort, conciencia y compromiso, de los residentes del sector.

A pesar de haber logrado el número previsto de encuestas y ante las dificultades en la toma de muestras, se recomienda buscar alternativas o métodos que permitan mayor alcance, confort, conciencia y compromiso, de los residentes del sector.

De acuerdo a las encuestas, se determinó que existe una considerable molestia provocada por el ruido, para lo que se recomienda profundizar la investigación evaluando las consecuencias de este impacto ambiental, por ejemplo: estrés, dificultad para conciliar el sueño, problemas cardiacos, disminución de la capacidad de audición, falta de concentración, cambios en el comportamiento social, trastornos en el embarazo.

REFERENCIAS

- Bajo, J. B. (2006). Ruido: El enemigo invisible. *Lex Nova: la revista*, (43), 32-35.
- Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H. (1999). *Guías para el ruido urbano*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, OPS/CEPIS. Recuperado el 20 de Julio del 2016 de <https://editorial.cda.ulpgc.es/ftp/Instalaciones2/ACUSTICA/ANEXO/1-Comodidad/OMSalud-Guias%20para%20el%20Ruido%20Urbano.pdf>
- Chombo, G. L. H., & Yupanqui, M. R. R. (2016). Evaluación de la Contaminación Ambiental Sonora en el Campus y Entorno de la Universidad César Vallejo-Trujillo. *Tecnología & Desarrollo (Trujillo)*. Recuperado el 3 de Julio del 2016 de <http://revistas.ucv.edu.pe/index.php/RTD/article/view/698/543>
- De España, G. (2007). Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas. BOE nº 254. de 23/10/2007. Recuperado el 15 de Febrero del 2017 de <http://www.boe.es/buscar/act.Php>.
- Departamento de Medio Ambiente del GADMUR, (2016). Sangolquí, Ecuador.
- Domingo, R. B. (2010). *Acústica medioambiental*. Vol. I (Vol. 1). Editorial Club Universitario. Recuperado el 5 de Octubre del 2016 de <http://www.editorial-club-universitario.es/pdf/3521.pdf>
- García Boscá, D. (2011). Estudio acústico generado por el tráfico de la población de L'Olleria (Doctoral dissertation). Recuperado el 13 de Noviembre del 2016 de [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11006/PFC.pdf?sequence=](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/11006/PFC.pdf?sequence=1)

Garraín Cordero, D. (2009). Desarrollo y aplicación de las categorías de impacto ambiental de ruido y de uso de suelo en la metodología de análisis de ciclo de vida. Recuperado el 2 de Diciembre del 2016 de <http://www.tdx.cat/handle/10803/10382>

González, J. R. Q. (2015). Niveles de ruido vehicular en la Avenida Suárez en la ciudad de Tunja, Colombia. *L'esprit Ingénieur*, 4(1). Recuperado el 9 de Noviembre del 2016 de <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieur/article/view/855/895>

Guarderas, J. (2015). Evaluación de modelos de predicción de ruido de tráfico aplicados a la ciudad de Quito mediante el software Soundplan v6. 3. *SONAC*, 3(1), 71-79. Recuperado el 9 de Noviembre del 2016 de <http://www.udla.edu.ec/ojs/index.php/sonac/article/view/41/42>

Hernández Díaz, A., & González Méndez, B. M. (2007). Alteraciones auditivas en trabajadores expuestos al ruido industrial. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 53(208), 09-19. Recuperado el 25 de septiembre del 2016 de <http://www.udla.edu.ec/ojs/index.php/sonac/article/view/41/42>

Hernández Sánchez, H., & Gutiérrez Carrera, M. (2006). Hipoacusia inducida por ruido: estado actual. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 35(4), 0-0. Recuperado el 15 de Agosto del 2016 de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0138-65572006000400007&script=sci_arttext&tling=pt

Instituto Nacional de Estadística y Censos, (2010). *Estadística poblacional*, Quito, Ecuador.

Lebiedowska, B. (2005). *Acoustic background and transport noise in urbanised areas: A note on the relative classification of the city soundscape.*

Transportation Research Part D: Transport and Environment, 10(4), 341-345. Recuperado el 22 de Julio del 2016 de https://www.researchgate.net/publication/222833385_Acoustic_background_and_transport_noise_in_urbanised_areas_A_note_on_the_relative_classification_of_the_city_soundscape

Martimportugués, C., Gallego, J., & Ruiz, F. D. (2003). Efectos del ruido comunitario. *Revista de Acústica*, 34(1), 31-39. Recuperado el 5 de Octubre del 2016 de http://www.sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/revista_VOL34-12_04_02.pdf

Martínez Suárez, P., & Moreno Jiménez, A. (2005). Análisis espacio-temporal con SIG del ruido ambiental urbano en Madrid y sus distritos. *GeoFocus*. Recuperado el 5 de Octubre del 2016 de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKewjl3J3sq83VAhUDYiYKHcN7AHcQFggIMAA&url=https%3A%2F%2Fdialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F1387222.pdf&usg=AFQjCNEeGBwhmoglzQPtvrlKZe1glgDQyQ>

Miyara, F. (2004). Ruido Urbano: tránsito, industria y esparcimiento. Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) de Uruguay. Uruguay. Recuperado el 23 de Febrero del 2017 de <https://www.fceia.unr.edu.ar/acustica/biblio/urbano.pdf>

Moreno Jiménez, A., & Martínez Suárez, P. (2005). El ruido ambiental urbano en Madrid. Caracterización y evaluación cuantitativa de la población potencialmente afectable. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*. Recuperado el 10 de Febrero del 2017 de <https://repositorio.uam.es/handle/10486/670063>

Morillas, J. M. B., Gómez, R. V., Escobar, V. G., Sierra, J. A. M., Vidal, C. T., Bueno, L. A., & Martínez, J. M. V. (2002). Presentación de una encuesta

para la realización de estudios sociales sobre el impacto del ruido urbano. *Revista de acústica*, 33(1), 27-33. Recuperado de 13 de Febrero del 2017 de http://sea-acustica.es/fileadmin/publicaciones/revista_VOL33-12_04_02.pdf

Municipio de Quito, (2015). *Investigación, análisis y monitoreo*, Quito, Ecuador.

Municipio del cantón Rumiñahui, (2002). *Plan de desarrollo estratégico del cantón Rumiñahui*, Sangolquí, Ecuador.

Ordenanza, (2016). *Segunda reformatoria de zonificación, uso y ocupación del suelo del cantón Rumiñahui*, Sangolquí, Ecuador.

Ortega, M., & Cardona, J. M. (2005). Metodología para evaluación del ruido ambiental urbano en la ciudad de Medellín. *Revista facultad nacional de salud pública*, 23(2), 70-77. Recuperado el 17 de Diciembre del 2016 de <http://www.scielo.org.co/img/revistas/rfnsp/v23n2/v23n2a08>

Pinto, F. A., & Moreno, M. D. (2008). Mapa de ruido de barrios densamente poblados—Ejemplo de Copacabana, Rio de Janeiro-Brasil. *CEP*, 21949, 900. Recuperado el 20 de Diciembre del 2016 de <http://www.sea-acustica.es/fileadmin/BuenosAires08/a-016.pdf>

Platzer, U., Iñiguez, R., Cevo, J., & Ayala, F. (2007). Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile. *Revista de otorrinolaringología y cirugía de cabeza y cuello*, 67(2), 122-128. Recuperado el 20 de Julio del 2016 de http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-48162007000200005&script=sci_arttext

Quartieri, J., Mastorakis, N. E., Iannone, G., Guarnaccia, C., D'Ambrosio, S., Troisi, A., & Lenza, T. L. L. (2009, December). *A review of traffic noise*

predictive models. In Proceedings of the 5th WSEAS Int. Conf. on "Applied and Theoretical Mechanics"(MECHANICS'09), Puerto De La Cruz, Canary Islands, Spain (pp. 72-80). Recuperado el 10 de Enero del 2017 de <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2009/tenerife/MECHANICS/MECHANICS-12.pdf>

Riera Sánchez, J. R. (2013). Evaluación de ruido ambiental en las zonas de uso residencial ubicadas en la zona de influencia de la Avenida San Pablo (Barrio de la Estación, Coslada) (Doctoral dissertation, ETSIS_Telecomunicacion). Recuperado el 10 de Noviembre del 2016 de <http://oa.upm.es/35311/>

Torres Páez, R. J., & Hernández Hidalgo, H. M. (2004). Diseño y construcción de un sonómetro integrador que trabaje con ponderaciones de frecuencia A y C (Doctoral dissertation, Quito: EPN, 2004). Recuperado el 18 de Diciembre del 2016 de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9212/3/T2365.pdf>

YEPES, D. L., Gómez, M., Sánchez, L., & JARAMILLO, A. C. (2009). Metodología de elaboración de mapas acústicos como herramienta de gestión del ruido urbano-caso Medellín. *Dyna*, 76(158), 29-40. Recuperado el 15 de Marzo del 2017 de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n158/a03v76n158.pdf>

Zamorano González, B., Peña Cárdenas, F., Parra Sierra, V., Velázquez Narváez, Y., & Vargas Martínez, J. I. (2015). Contaminación por ruido en el centro histórico de Matamoros. *Acta universitaria*, 25(5), 20-27. Recuperado el 3 de Abril del 2017 de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-62662015000500003

ANEXOS

Dentro de este capítulo se presenta información que puede resultar de interés y que amplía la información del presente estudio.



Punto de medición 2



Entorno punto de medición 2



Punto de medición 3

GLOSARIO DE DEFINICIONES

Ruido

Es una señal acústica eléctrica o electrónica formada por una mezcla aleatoria de longitudes de onda. En teoría de la información, el término ruido designa una señal que no contiene información, también se puede considerar al ruido como una noción subjetiva aplicada a cualquier sonido no deseado (Torres Páez, R. J., & Hernández Hidalgo, H. M, 2004).

Ruido Ambiental

También conocido como ruido urbano, ruido residencial o ruido doméstico. Se define como el ruido emitido por todas las fuentes de ruido a excepción de las áreas industriales. Las fuentes principales de ruido se consideran el tránsito automotor, ferroviario, y aéreo así como también el ruido producido por construcciones, ventilación, máquinas de oficina,

artefactos, domésticos y vecinos. (Berglund, B., Lindvall, T., & Schwela, D. H, 1999).

Decibel

El oído humano responde a un amplio rango de intensidad Acústica, por ejemplo a 1000 Hz la intensidad acústica que es capaz de causar la sensación de dolor es 10^{14} veces la intensidad acústica capaz de causar la sensación de audición, es por esto que es difícil expresar números de orden de grandeza muy diferentes en una misma escala lineal, por lo que se usa una escala logarítmica. Un valor adecuado de división de esta escala lineal sería \log_{10} siendo que la razón de las intensidades del ejemplo anterior sería representado por $\log 10^{14}$, o 14 divisiones de escala. Por lo tanto, un decibel corresponde a $10^{0.1} = 1,26$ o sea, es igual a una variación de la intensidad de 1,26 veces. Un cambio de 3 dB corresponde a $10^{0.3} = 2$, o sea si se dobla la intensidad sonora se logra un incremento de 3dB (Samir N. Y. Gerges, 1998).

La unidad de medida más común para el sonido es el Decibel, el cual representa una relativa medida o radio. Cada cantidad en Decibeles se expresa como un radio relativo a una referencia de presión sonora, potencia sonora o intensidad sonora. Siempre que una cantidad es expresada en Decibeles el resultado es conocido como un nivel.

El Decibel es el radio dado por:

$$\log_{10} R_1 = 0.1$$

$$10\log_{10} R_1 = 1 \text{ dB}$$

Así que $R_1 = 10^{0.1} = 1.26$ El decibel se ve para representar el radio 1.26 (Malcolm J. Crocker, 2007).

Ponderación de Frecuencia (A, B, C, D)

Se utiliza para simular la respuesta del sistema auditivo humano. Las respuesta relativas de los filtros de ponderación A, B, C, D, de los cuales el filtro de ponderación A es el más usado y esta relacionado a la respuesta humana de sonidos de tonos puros, aunque a menudo son utilizados para la evaluación aproximada de la sonoridad del ruido (Malcolm J. Crocker, 2007).

Los factores que determinan la audibilidad subjetiva de un sonido son tan complejos que aún falta investigar, uno de esos factores es que el oído humano es menos sensible a frecuencias muy altas o muy bajas pero es más sensible en la banda de 2 a 5 kHz. Existen circuitos electrónicos de sensibilidad variable con la frecuencia de forma que modela el comportamiento del oído humano. El circuito A se aproxima a las curvas de igual audibilidad para bajos NPS. Los circuitos B y C son análogos del circuito A pero para medios y altos NPS respectivamente. La curva de compensación D fue establecida para mediciones de ruido en aeropuertos (Samir N. Y. Gerges, 1998).

Sonómetro

En 1933 Fletcher y Munson publicaron su investigación de las curvas de igual nivel de sonoridad, pero inmediatamente surgió la inquietud de desarrollar un instrumento de medición que pueda numéricamente reflejar la sensación de sonoridad. La aparición de las curvas de ponderación A, B, C permitieron valorar numéricamente el nivel de sonoridad en rangos de 40 fon, 70 fon y 100 fon¹². Consecuentemente se fabricaron y comercializaron varios tipos de sonómetros que tenían las ponderaciones A y C que fue el principal instrumento que disponía la gran mayoría de investigadores. (Torres Páez, R. J., & Hernández Hidalgo, H. M, 2004)

Un sistema básico para la medición de ruido, debe poseer un micrófono de alta calidad el cual transforma la presión acústica en señal eléctrica, esta señal de pequeña amplitud debe pasar por un preamplificador y circuitos de

compensación (A, B, C o D) o filtros pasa banda, después la señal entra en el proceso de otra amplificación variable y un detector RMS de algunos tiempos de medida, y la señal estará indicada si está en dB, dBA, dB pico, dB impulsivo. Dicha señal instantánea estará en la salida analógica para grabación monitoreo en el osciloscopio, análisis digital (FFT) o análisis analógico externo. (Samir N. Y. Gerges, 1998).

Zona Residencial

De acuerdo a la ordenanza municipal de zonificación, uso y ocupación de suelo del cantón Rumiñahui se define a la zona residencial como aquella área dentro de un territorio urbano en el cual el uso de suelo está destinado para viviendas, con sus compatibles de servicio, comercio y equipamientos, factibles de implantarse en todo el cantón.

