



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

EXPOSICIÓN A RUIDO DE TRÁFICO VEHÍCULAR EN CICLOVÍAS DEL
CENTRO HISTÓRICO Y CENTRO NORTE DE LA CIUDAD DE QUITO

AUTORES

LEONARDO ISRAEL LÓPEZ ERAZO
ANDRÉS ALEJANDRO NÚÑEZ CAMACHO

AÑO

2019



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

Exposición a ruido de tráfico vehicular en ciclovías del centro histórico y centro norte de la ciudad de Quito.

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

Profesor guía

PhD. Luis Alberto Bravo Moncayo

Autores

Leonardo Israel López Erazo

Andrés Alejandro Núñez Camacho

Año

2019

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

"Declaro haber dirigido el trabajo, Exposición a Ruido de Tráfico Vehicular en Ciclovías del Centro Histórico y Centro Norte de la Ciudad de Quito, a través de reuniones periódicas con los estudiantes, Leonardo Israel López Erazo y Andrés Alejandro Núñez Camacho, en el semestre 201920, 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".

Luis Alberto Bravo Moncayo
Doctor en Ingeniería Acústica
C.I. 1711710606

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

"Declaro haber revisado este trabajo, Exposición a Ruido de Tráfico Vehicular en Ciclovías del Centro Histórico y Centro Norte de la Ciudad de Quito, de los estudiantes, Leonardo Israel López Erazo y Andrés Alejandro Núñez Camacho, en el semestre 201920, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación".

Miguel Ángel Chávez Avilés

Master of Science in Sustainable Building Engineering

C.I. 1710724848

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DE LOS ESTUDIANTES

“Declaramos que este trabajo es original, de nuestra 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.”

Leonardo Israel López Erazo

C.I. 1722220181

Andrés Alejandro Núñez Camacho

C.I. 1715138960

AGRADECIMIENTOS

A Dios por la vida, sabiduría y paciencia que nos ha brindado, a través de nuestro camino académico.

Agradecemos a nuestros familiares y amigos por apoyarnos en cada decisión de nuestra vida. De manera especial, aquellas personas que aportaron con el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de titulación a mi familia, en especial a mis padres, Beatriz y Alberto, por brindarme amor, comprensión y guiarme en mi vida.

A mis amigos, Christian M., Cristian F. y Andrés que siempre me han apoyado y acompañado en esta esta travesía universitaria.

Y a mis mascotas por acompañarme en las largas noches de estudio.

Este trabajo es posible gracias a ustedes.

Leo

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación lo dedico a mi madre Alicia y mi abuelito Carlos, por el sacrificio y la fe que depositaron en mí e inculcarme a luchar por mis sueños.

A mi hermano Carlos, quien ha sido mi inspiración en cada paso que dado en mi vida.

Mis amigos Daniel, Fabricio y Leonardo, por su apoyo constante en cada decisión que he tomado.

Finalmente, a mi padre Carlos y mi abuelita Mariana por darme todo su amor, aunque ya no están conmigo pude cumplir lo que les prometí, culminar mi carrera.

Andrés

RESUMEN

La finalidad de este trabajo de titulación es evaluar el impacto de ruido al que se encuentran expuestos los ciclistas en los sectores: Centro Histórico, La Mariscal e Ñaquito del Distrito Metropolitano de Quito, mediante un análisis objetivo y subjetivo. La primera fase de la investigación consistió en realizar mediciones del nivel sonoro continuo equivalente (LAeq) en la ciclovía de los sectores mencionados; cabe recalcar que también se obtuvo otros factores como, por ejemplo: el número de vehículos que circulan, el tiempo del trayecto, velocidad, tipo de suelo y tipo de calzada. Todos estos datos sirvieron para un análisis comparativo y estadístico, los cuales se llevaron a cabo en el software IBM SPSS (Statistics). Así, el análisis se lo realizó comparando el nivel de ruido (medido) en cada sector y días de medición, tomando en cuenta la cantidad de vehículos que circulaban por los trayectos recorridos. Posteriormente se realizaron pruebas de análisis de varianza (ANOVA) para evaluar la igualdad de medias y pruebas de Tukey para agrupamiento de categorías similares.

También, se compararon los resultados del nivel sonoro continuo equivalente (LAeq) en las rutas medidas con el mapa de ruido realizado por la Universidad de Las Américas en el año 2017, con el fin de diferenciar los niveles de ruido simulados con los niveles de ruido medidos en los sectores donde se encuentran las ciclovías.

En la investigación se realizó una encuesta a ciclistas para valorar las molestias que puede causar el ruido, afecciones a la salud y afecciones psicosociales en su recorrido por las ciclovías de la ciudad.

ABSTRACT

The purpose of this degree work is to evaluate the noise impact which cyclists are exposed in the sectors: Historical Center, La Mariscal and Iñaquito of the Metropolitan District of Quito; this was carried out through an objective and subjective analysis. The first investigation phase consisted in make equivalent continuous sound level measurement (LAeq) on the bikeway of the mentioned sectors; it's worth to highlight that, others factors were also obtained, such as: the number of circulate vehicles, the journey time, speed, soil type and road type. All these data helped to comparative and statistical analyses, which were carried out in the software IBM SPSS (Statistics). In that way, the analysis was made by comparing the noise level (measured) in each sector and measurement days, also the respectively number of vehicles, considering the number of vehicles that circulated along the traveled routes. Later, analysis of variance tests were carried out (ANOVA) to evaluate the equality of means and Tukey tests for grouping similar categories.

As well, the results of the equivalent continuous sound level were compared (LAeq) on the routes measured with the noise map made by the University of the Americas in the year 2017, in order to compare the simulated noise levels with the noise levels measured in the sectors where the bikeways are located.

In the investigation, a survey was made for cyclists to assess the nuisance that noise, health problems and psychosocial disorders can cause in their journey through the city bikeways.

ÍNDICE

1. Capítulo I. Introducción.....	1
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Objetivos.....	4
1.2.1 Objetivo General.....	4
1.2.2 Objetivos específicos.....	4
1.3 Alcance.....	5
1.4 Justificación.....	6
2. Capítulo II. Marco teórico.....	7
2.1 Ruido urbano.....	7
2.1.1 Fuentes de ruido urbano.....	8
2.1.1.1 Ruido de tráfico vehicular.....	9
2.1.1.2 Fuentes de ruido propias del vehículo.....	10
2.2 Efectos del ruido.....	12
2.2.1 Efectos sobre la salud.....	12
2.2.1.1 Malestar.....	12
2.2.1.2 Pérdida de atención, de concentración y de rendimiento.....	12
2.2.1.3 Trastornos del sueño.....	13
2.2.1.4 Pérdida de Capacidad Auditiva.....	14
2.2.1.5 Estrés, manifestaciones y consecuencias.....	15
2.2.1.6 Alteraciones cardiovasculares.....	16
2.2.1.7 Alteraciones hormonales.....	16
2.2.1.8 Otras afecciones.....	17
2.2.2 Efectos psicosociales.....	18
2.2.2.1 Interferencia con la comunicación.....	18
2.2.2.2 Interferencia para el aprendizaje.....	19
Efectos sobre los niños.....	20
2.2.3 Efectos económicos.....	21

2.2.3.1 Consumo de medicamentos.....	22
2.2.3.2 Abandono del centro de las ciudades.....	22
2.2.3.3 Depreciación Inmobiliaria.....	23
2.3 Evaluación del ruido.....	23
2.3.1 Ponderación A.....	24
2.3.3 Descriptores de ruido.....	25
2.3.3.1 Nivel sonoro continuo equivalente $L_{Aeq}(T)$	25
2.3.3.2 Niveles percentiles (Índices de serie estadística (L_N)).....	26
2.3.3.3 Nivel de exposición sonora (SEL).....	27
2.3.3.4 Otros indicadores de ruido.....	28
2.4 Mapas de ruido.....	29
3. Capítulo III. Área de estudio.....	30
3.1 Características de la ciudad.....	30
3.2 Tráfico vehicular en la ciudad de Quito.....	32
3.3 Ciclovías.....	33
3.3.1 Ciclovías carril exclusivo.....	34
3.3.2 Carril compartido tipo 1.....	35
3.3.3 Carril compartido tipo 2.....	36
3.4 Sistema BiciQuito.....	36
3.5 Descripción de las zonas.....	39
3.5.1 Sector Centro Histórico.....	39
3.5.2 Sector la Mariscal.....	40
3.5.3 Sector Iñaquito.....	41
4. Capítulo IV. Metodología.....	42
4.1 Tipo de metodología.....	42
4.2 Toma de mediciones.....	45
4.2.1 Procedimiento.....	45
4.3 Metodología estadística.....	47
4.4 Equipamiento.....	47

4.4.1 Características y uso de los equipos	47
5. Capítulo V. Resultados y análisis	48
5.1 Análisis de ruido	48
5.1.1 Ruido por sector.....	49
5.1.2 Ruido por día	50
5.2 Análisis de vehículos.....	52
5.2.1 Vehículos por sector.....	52
5.2.2 Vehículos por día.....	53
5.3 Comparación con el Mapa de Ruido	54
5.3.1 Mapa de ruido sector Centro Histórico.....	55
5.3.2 Mapa de ruido sector La Mariscal.....	56
5.3.4 Mapa de ruido sector Ñaquito.....	57
5.4 Análisis encuesta.....	59
5.4.1 Movilidad.....	59
5.4.1 Molestias subjetivas.....	62
6. Conclusiones y recomendaciones.....	65
6.1 Conclusiones	65
6.2 Recomendaciones.....	67
Referencias.....	68
Anexos.....	72

1. CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014), recomienda que el ciclismo en áreas urbanas tiene efectos beneficiosos en la salud y el bienestar de las personas. Por otro lado, el ciclismo urbano, especialmente durante la mañana y la tarde, tiene riesgos asociados con la salud y la seguridad debido a niveles potencialmente altos de exposición a la contaminación del aire, el ruido de la calle y el tráfico vehicular. Este impacto está ligado a condiciones como, por ejemplo: el clima, el día, la hora y las avenidas por donde circulan los ciclistas (Apparicio, Carrier, Gelb, Séguin, y Kingham, 2016).

Una investigación en la ciudad de Montreal recomienda a los viajeros usar el transporte público y las bicicletas en lugar del automóvil privado, con el fin de reducir la contaminación del aire relacionada con el tráfico y su impacto en el entorno físico. Sin embargo, las exposiciones de ruido de los usuarios durante los recorridos que realizan pueden ser perjudiciales. Por lo tanto, es importante comparar los estudios de la exposición al tráfico vehicular a través de los diferentes tipos de transporte recomendados versus viajes en automóvil, dado a que anualmente ingresan nuevos vehículos al parque automotriz (Okokon et al., 2017).

El ciclismo se ha promovido cada vez más como un modo de transporte en las ciudades de los Estados Unidos con el objetivo de reducir la emisión de partículas contaminantes peligrosas, disminuir la congestión del tráfico vehicular y mejorar la actividad física en las personas. En 1991, el Congreso estadounidense aprobó la Ley de Eficiencia en el Transporte de Superficie Intermodal (ISTEA), en la que se reconoció el papel cada vez más importante de andar en bicicleta y la creación de un sistema de transporte intermodal equilibrado. Desde entonces, el gobierno ha financiado proyectos para mejorar la infraestructura de ciclismo en ciudades y sectores rurales. Desde 2007 hasta 2011, en Boston, MA, se han instalado más de 500 estacionamientos para bicicletas y 50 millas de carriles para bicicletas. En 2011

los ciclistas representaban el 2.1% de los pasajeros de Boston, más del triple del promedio nacional (Hankey y Marshall, 2015).

En respuesta a un aumento en los ciclistas en las zonas urbanas, la seguridad de los ciclistas ha recibido más atención en los últimos años, y se están realizando esfuerzos para mejorar las condiciones de los ciclistas (Johansson et al., 2017). Sin embargo, estos esfuerzos no se han centrado en mitigar la exposición de la contaminación del aire al ciclista. Los planificadores urbanos y de transporte deben evaluar las condiciones de estrés que experimentan los ciclistas, considerando que las situaciones altamente estresantes pueden desalentar a las personas a utilizar la bicicleta como medio de transporte por causa del ruido y la contaminación vehicular (Nuñez et al., 2018). Por otro lado, para que el ciclismo sea ampliamente aceptado, se deben establecer condiciones que garanticen la seguridad y la comodidad para minimizar el estrés de las personas. Aunque existen otros medios de transporte donde los usuarios se encuentran en un entorno protegido (por ejemplo, vehículos) están sujetos a un cierto grado de ruido ambiental, las situaciones estresantes que experimentan los ciclistas pueden verse más directamente influenciadas por el ruido ambiental. Estudios realizados han cuestionado si existe alguna relación entre estos factores ambientales y las respuestas al estrés que puedan medirse objetivamente (Nuñez et al., 2018).

A pesar de los beneficios potenciales del ciclismo, existen preguntas sobre los impactos adversos para la salud, debido a una mayor inhalación de la contaminación del aire relacionada con el tráfico vehicular, especialmente en áreas urbanas donde los ciclistas a menudo viajan cerca del tráfico. Los estudios han demostrado en forma consistente que los impactos fisiológicos con respecto a la contaminación del aire, se vincula con enfermedades cardiovasculares, el estrés oxidativo y la inflamación pulmonar (Cole, Carlsten, Koehle, y Brauer, 2018). Por ejemplo, la inhalación que realizan los ciclistas debido al esfuerzo físico involucrado durante el ciclismo, conduce a un aumento de la inhalación de aire contaminado (Nuñez et al., 2018).

En la investigación acerca de “La influencia del estrés causado por la exposición al ruido y las vibraciones en el recorrido que experimentan los ciclistas”, los autores mencionan de una exposición significativa diaria a la contaminación del aire, en particular al monóxido de carbono, el cual es inhalado durante los viajes por los ciclistas y se relaciona con el tráfico vehicular, característica principal que genera niveles altos de ruido (Nuñez et al., 2018).

En el caso de la ciudad de Quito (donde se desarrolla la presente investigación) el Municipio de la ciudad (MDMQ) cuenta con una entidad reguladora en torno al ambiente. Una de las áreas de gestión de la Secretaría de Ambiente del MDMQ corresponde a la regularización del ruido en la ciudad, quien mediante criterios técnicos y normas técnicas aplica controles en la ciudad, también aplica lo dispuesto en la Ordenanza Municipal No. 213; gestiona actividades como el monitoreo de los niveles de ruido, campañas de concienciación, revisión y generación de nuevas políticas, donde han concluido que la fuente de emisión de mayor contaminación de ruido que existe en la capital es el tráfico vehicular (Vega y Parra, 2014).

Un estudio realizado por la Universidad Católica del Ecuador en el año 2014 reveló que entre el 16% y el 20% de jóvenes podrían tener daño al oído a causa del ruido que está expuesta la ciudadanía a diario. La Ordenanza Municipal 213 establece que, en una zona residencial, no se debe superar los 50 dB en el día, en zonas comerciales los 60 dB, y en industrial los 70 dB para fuentes fijas.

En ciertos sectores de la ciudad como La Jipijapa y el Camal registra 65 dB y en el centro histórico de Quito asciende a 63 dB, las administraciones zonales con mayores registros de contaminación acústica son: Eloy Alfaro y Quitumbe, donde los pitos, las industrias, las discotecas y los vehículos son las cuatro fuentes principales de ruido. La ciudad de Quito tiene sectores con mayor exposición al ruido, zonas donde el ruido forma parte del paisaje y la cotidianidad urbana (El Comercio, 2012).

La normativa nacional de ruido ambiental de la República de Colombia establece que, para vías troncales, autopistas, vías arterias y vías principales, en el día el máximo nivel permisible es de 80 dBA y en la noche es de 70 dBA. En zonas

comerciales el máximo nivel de ruido permitido es de 70 dBA en el día y 55 dBA en la noche (Ministerio de Ambiente, 2006).

Finalmente, la Universidad de Las Américas del Ecuador (UDLA), a través de docentes e investigadores de la Carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica desarrollaron una investigación, en la cual recabaron información y datos acerca de la contaminación acústica en la ciudad. Este estudio se enfocó en el ruido del tráfico vehicular tomando como datos los sonidos de los motores, la velocidad, del sonido que genera el roce de los neumáticos con la calzada, entre otros, permitiendo crear un mapa de ruido como herramienta estratégica para la gestión y búsqueda de opciones ante la creciente contaminación acústica en la capital. Cabe recalcar que la ciudad de Quito no cuenta con normas que establezcan los niveles de ruido permitidos en torno al tráfico vehicular por lo que en el estudio se utilizó la norma de ruido ambiental de la República de Colombia (Bravo-Moncayo et al., 2019).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Evaluar el impacto del ruido vehicular en los ciclistas que están expuestos en las ciclovías en los sectores Centro y Centro-Norte de la ciudad de Quito, mediante análisis objetivos de exposición y subjetivos de percepción.

1.2.2 Objetivos específicos

- Proponer una metodología de medición para evaluar el impacto del ruido vehicular al cual están expuestos los ciclistas.
- Comparar la exposición al ruido vehicular obtenida en la presente investigación, con los resultados registrados en el mapa de ruido de tráfico de la ciudad de Quito efectuado por la Universidad de Las Américas.

- Determinar mediante encuestas a los usuarios de las ciclovías, cuáles son las fuentes de ruido que consideran molestas y perjudiciales para su salud.

1.3 Alcance

En la ciudad de Quito existe una red de ciclovías con una extensión de 11 kilómetros, su recorrido inicia (sentido sur-norte) en la Plaza de Santo Domingo (Calle Rocafuerte en Centro Histórico de Quito) y termina en el sector de La Y (Calle Falconi -Norte de Quito) como se puede observar en la figura 1. Para la presente investigación se decidió ubicar tres sectores de análisis en el recorrido de la ciclovía: Centro Histórico de Quito, La Mariscal e Ññaquito, con un recorrido de 6.14 km aproximadamente. Se consideró efectuar los análisis en un horario y días donde exista mayor concurrencia de ciclistas (horas picos), el cual consistió en el siguiente: por la mañana, desde las 07:00 am hasta 09:30 am y en la tarde, desde las 14:00 pm hasta 16:30 pm, de lunes a viernes; de la misma forma se realizaron las mediciones los días domingos durante el ciclopaseo que se efectúa en la ciudad de Quito desde las 09:00 am a 14:00 pm. Por otro lado, se consideró necesario efectuar una encuesta a personas entre los 18 y 65 años que utilizan la bicicleta en Quito, para determinar las fuentes de ruido que les molestan y elementos de afectación de su salud en su recorrido.

pública en Quito (BiciQuito), con un promedio de 843 movimientos diarios, donde se ha incrementado cada año el número desde su creación, generando una alternativa de transporte saludable concientizando el uso de vehículos y por ende la disminución del tráfico vehicular (BiciQuito, 2017a).

Si bien existen estudios sobre esta afectación en la ciudadanía, el deseo de incorporar análisis en torno a los usuarios de bicicletas en las ciudades permitirá entender que el derecho a la movilidad implica obligaciones para todos los que hacemos uso de las vías en la ciudad. en este sentido, acceder a un ambiente libre de contaminación y de calidad para todos los que habitamos en la ciudad.

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Ruido urbano

En la naturaleza existen diferentes sonidos o ruidos como: ríos, océanos, viento, etc. Suelen ser suaves, fuertes, agradables o desagradables. Además, también hay diferentes sonidos de los animales, desde el trinar de las aves hasta rugidos de mamíferos grandes. Finalmente, la voz humana, que es un medio de comunicación entre personas.

Hoy en día, debido al ambiente social y cultural, existe un nuevo tipo de sonido conocido como: “el simbolismo de sonidos”, el cual tiene como significado la forma subjetiva del ruido, es decir, un sonido de tranquilidad se asocia con el murmullo del agua, movimiento de hojas en los árboles, el canto de aves. También, la sensación de libertad puede otorgar el sonido de una cascada o las olas del mar. Al contrario, el ruido de tráfico, alarmas y maquinaria, los cuales generan sensación de desagrado (De La Rosa, 2000).

Debido al desarrollo industrial, el ruido se ha convertido en un porcentaje alto de contaminación, donde se ve comprometido el medio ambiente. En las ciudades grandes y pequeñas los diferentes ruidos comienzan a ser preocupantes. Éstos son

provocados por la circulación vehicular, tráfico aéreo, ferroviario, el ruido industrial y también el ruido provocado por el crecimiento poblacional de la ciudad.

El ruido urbano varía en cada país, ciudad y zona, además depende de otros factores como: las estaciones del año (verano, invierno, primavera y otoño), crecimiento de la población, incremento de la cantidad de vehículos, entre otros. (De La Rosa, 2000).

2.1.1 Fuentes de ruido urbano

Según estudios realizados (De La Rosa, 2000), en distintas ciudades, los factores que más afectan a la población son:

- 80% por tráfico de automóviles.
- 4% por tráfico ferroviario.
- 10% por la industria.
- 6% otros factores (construcción, actividades comunitarias, etc.)

El ruido urbano está dividido en dos bloques: ruido en el exterior y ruido en el interior.

Y se subdivide de la siguiente manera:

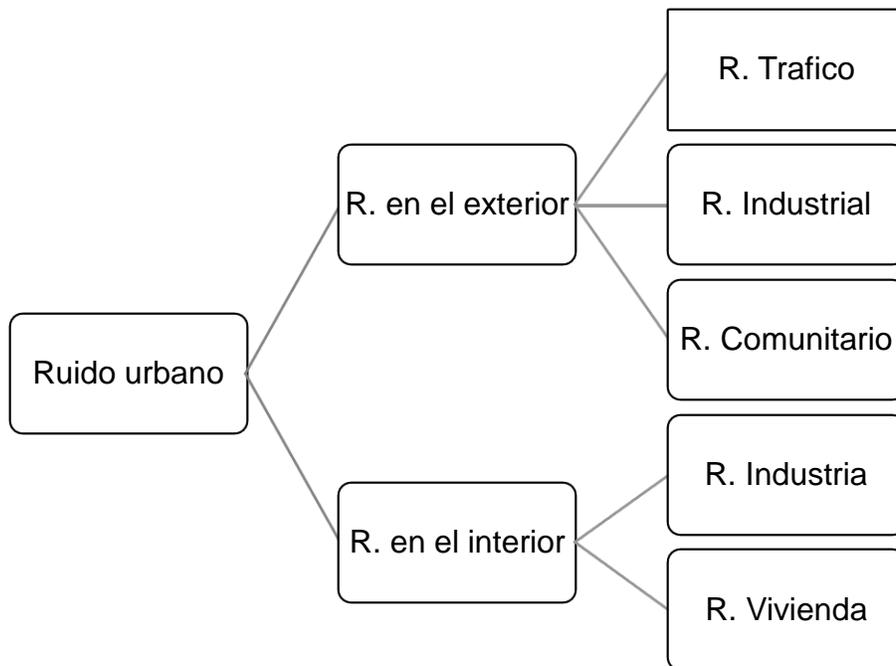


Figura 2. Ruido Urbano.

Adaptado de (De La Rosa 2000).

2.1.1.1 Ruido de tráfico vehicular

Según Ariza y Ojeda (2018) Para analizar el ruido emitido por el tráfico vehicular, se necesita clasificar los vehículos y también se considera algunos factores como:

- Tipo de vehículo: pesados, livianos y motocicletas.
- Diseño aerodinámico para evitar ruido en la carrocería y cabinas internas (todo tipo de material aislante para ruido, como también materiales anti-vibraciones como: resortes, amortiguadores y neumáticos).
- Condiciones del vehículo (Estado mecánico del vehículo y kilómetros de recorrido del automotor).
- Cilindraje y tipo de transmisión.

2.1.1.2 Fuentes de ruido propias del vehículo

Los vehículos en la actualidad cuentan con varios mecanismos y sistemas que ayudan a disminuir el ruido que ejercen, a diferencia de los automotores antiguos. Los principales factores de ruido son el motor y los neumáticos, pero, existen otros que generan ruido en un vehículo como:

- Tubo de escape.
- Sistema de transmisión.
- Aerodinámica del vehículo.
- Sistema de refrigeración y cilindraje

Los factores que atribuyen al ruido provocado por los automóviles son:

Ruido del motor

El motor de un vehículo en general es de combustión interna, esto quiere decir que realizan cientos de micro-explosiones. Lo que genera que exista movimiento en todo el mecanismo del motor, produciendo fricciones entre las piezas, liberando los desperdicios. Los cuales generan ruido en el mecanismo llamado tren de potencia, donde intervienen diferentes mecanismos como: el de admisión, combustión, escape, sistemas de refrigeración y transmisión (Alonso, 2014).

Ruido aerodinámico

Este ruido se produce básicamente por la fricción del aire contra el vehículo. Esta clase de ruido no suele ser un problema dentro de las ciudades ya que este ruido generalmente se produce a partir de los 120 km/h. Actualmente, los diseños aerodinámicos de los vehículos ayudan bastante para este problema de ruido. Pero, el ruido aerodinámico tiende a ser molesto en el interior del vehículo, por lo que

también se trabaja con el objetivo de minimizarlo para que los dueños y/o usuarios tengan confort acústico y calidad sonora (Ariza y Ojeda, 2018).

Ruido de neumáticos

Generalmente conocido como ruido de rodadura, este se produce por la fricción que ejercen los neumáticos contra el suelo mientras el vehículo se encuentra en movimiento (Alonso, 2014). Este ruido se produce en altas velocidades junto al ruido aerodinámico. Para el nivel de ruido emitido, juegan un papel importante los siguientes factores (Ariza y Ojeda, 2018):

- Ruido de rodadura provocado por el dominio de las fuerzas tangenciales, en otras palabras, es la interacción de los neumáticos con el pavimento cuando realiza un giro.
- Ruido ejercido por el aire atrapado entre los surcos del neumático, el cual se dispara cuando los neumáticos giran.
- Ruido ejercido por el dominio de fuerzas longitudinales, es decir, la fricción de los neumáticos contra el asfalto cuando se utiliza el freno o se acelera.
- Vibración de la estructura de la llanta (aro, tornillería y sistema de sujeción).

Ruido de los frenos

Un sistema de frenos en estado óptimo no genera ningún ruido perceptible para los pasajeros o peatones. Pero, cuando estos se encuentran desgastados, producen un ruido que generalmente es muy molesto. Esto, puede ser ocasionado por que la parte metálica de las pastillas se encuentra en rozamiento con el disco del freno, o también por el desgaste de los sistemas de amortiguamiento que trabajan absorbiendo las vibraciones ejercidas por las pastillas de freno. Entre las frecuencias de 4000 y 8000 Hz, es donde suele existir este tipo de ruido (Ariza y Ojeda, 2018).

2.2 Efectos del ruido

A continuación, se hablará de los efectos que tiene el ruido en las personas con respecto a su salud, su conducta (psicosocial) y entorno económico.

2.2.1 Efectos sobre la salud

En la salud existen varios problemas asociados al ruido ambiental, ya sea desde el más común como malestar, daños auditivos, estrés hasta trastornos de la mente. A continuación de algunos de estos problemas que afectan a la salud.

2.2.1.1 Malestar

El tener malestar es una sensación que viene de varios factores desde la interrupción de la actividad que se ejecuta o el reposo, además se añaden otras con menos inferencia, pero pueden llegar a ser muy intensas. Muchas personas afectadas hablan de desamparo, depresión, rabia, inquietud o intranquilidad.

El nivel o intensidad del ruido y las características físicas (timbre y tonalidad del ruido). También existen otros elementos como: miedo a la fuente del ruido o grado de legitimación que se atribuya a la misma, es decir el sonido característico de la fuente. Y si el ruido es intermitente también influye la intensidad o nivel máximo y el número de repeticiones del sonido. También, incide la hora, es decir, en el día se necesita mayor nivel o intensidad del ruido para provocar molestia. Al contrario de la noche que el ruido puede ser molesto a muy bajos niveles (Chávez, 2006).

2.1.1.2 Pérdida de atención, de concentración y de rendimiento

Es evidente que cuando se realiza una tarea se necesita la utilización de señales acústicas. El ruido de fondo puede enmascarar estas señales o interferir con su percepción. Por otra parte, un ruido repentino producirá distracciones que reducirán

el rendimiento en muchos tipos de trabajos, especialmente en aquellos que exijan un cierto nivel de concentración. En ambos casos se afectará la realización de la tarea, apareciendo errores y disminuyendo la calidad y cantidad del producto final. Algunos accidentes, tanto laborales como de tránsito, pueden ocurrir debido a este efecto. En ciertos casos las consecuencias serán duraderas, por ejemplo, los niños sometidos a altos niveles de ruido durante su edad escolar no sólo aprenden a leer con mayor dificultad, sino que también tienden a alcanzar grados inferiores de dominio de la lectura (Chávez, 2006).

2.1.1.3 Trastornos del sueño

Estos trastornos se pueden clasificar en tres grupos, según el instante de aparición. Para comenzar, el ruido puede causar interrupciones sobre el mecanismo de conciliación del sueño, conformidad del sueño e interrupciones del mismo. Este tipo de efectos se llaman alteraciones primarias del sueño. Se añaden diferentes efectos primarios por nerviosismo vegetativo que ocurren cuando se está expuesto al ruido mientras se duerme.

Se incluyen también otros efectos primarios de naturaleza nerviosa vegetativa que se manifiestan durante el sueño con exposición a ruido, como aumento de la presión arterial, incremento del ritmo cardíaco, arritmia cardíaca, vasoconstricción, fluctuaciones en la frecuencia respiratoria y movimientos corporales. Todas las afecciones que surgen después de la exposición de ruido durante el sueño se llaman alteraciones secundarias las cuales pueden ser: fatiga, modificaciones del carácter, comportamiento, alteración del bienestar y actividad en general. Y, para terminar, hay la posibilidad que exista efectos a largo plazo, los cuales pueden manifestarse luego de estar expuestos a ruidos en grandes lapsos de tiempo durante el sueño. Generalmente, las afecciones que provoca el ruido durante el sueño pueden lograr paulatinamente aparición de enfermedades funcionales que con el pasar del tiempo llegan a ser enfermedades orgánicas progresivas e irreversibles. Por todo lo que puede llegar a causar, se recomienda que a la hora de

descanso nocturno el LAeq (nivel sonoro continuo equivalente), en el exterior no debería sobrepasar los 45 dBA (Chávez, 2006).

2.2.1.4 Pérdida de Capacidad Auditiva

La capacidad auditiva de una persona disminuye con el pasar de la edad, esto se llama presbiacusia. Pero existen casos, en los cuales se presenta esta afección debido a la exposición del ruido ambiental exagerado, generando mayor problema con la edad y es bastante variable de persona a persona (Monestier, 2010).

Las lesiones en el aparato auditivo actúan prácticamente en intensidad y frecuencia, teniendo en cuenta el tiempo de exposición al ruido. Los más básicos son:

Trauma acústico

Esto se produce debido a sonidos de muy corta duración y alta intensidad, logrando una pérdida auditiva permanente en todo el rango de frecuencias. Pero, esto se debe a sonidos que superen los 140 dB.

Elevación temporal y/o permanente del umbral acústico

Esta afección se produce por exposición sonora de intensidad moderada o alta en lapsos de tiempo más o menos prolongados. Esta afección es una de las frecuentes y espontánea, después de la explosión a sonidos puntuales. Logrando tardar varias horas o hasta una semana para obtener la calma relativa para que la audición se recupere completamente. Pero si el individuo afectado continúa expuesto al ruido antes que el oído se haya recuperado, puede llegar a obtener después de varios años pérdida auditiva crónica y desembocar en una sordera permanente (Monestier, 2010).

Acúfenos

El acúfeno es un zumbido en los oídos, el cual es bastante común en personas que han estado expuestas a sonidos elevados. La persona afectada lo percibe como un ruido en los oídos, semejantes a un tintineo, zumbido o chasquido, que en general desaparece en varios minutos. Esto se denomina acufenos o más comúnmente tinnitus, los que se refiere que se escucha un sonido constante sin una fuente sonora externa (Monestier, 2010).

2.2.1.5 Estrés, manifestaciones y consecuencias.

El estrés es una reacción, inexplicable ante factores del entorno físico tanto social como psíquico. En general es una respuesta fisiológica común de defenderse del peligro. Pero, si tiene continuidad es sistemáticamente inefectiva, llega a desgastar los mecanismos normales de respuesta, provocando un desajuste produciendo varias alteraciones de salud. El estrés está ligado con diferentes enfermedades de tipo cardiovascular, alteraciones del aparato digestivo, inmunitario y del sistema reproductivo entre otros más.

Chávez (2006) dice: “La mayor parte de problemas ocasionados por el ruido hacia el estrés son las afecciones cardiovasculares. Se ha estimado que los trabajadores expuestos permanentemente a niveles de ruido elevados (>85 dBA) presentan un mayor riesgo de padecer afecciones cardiovasculares que los no expuestos. Una exposición a niveles menores (>65 dBA) en determinadas condiciones (por ejemplo, mientras se intenta descansar o concentrarse) puede también desencadenar una reacción de estrés en el individuo, aunque los efectos a largo plazo de esta reacción son menos conocidos”.

2.2.1.6 Alteraciones cardiovasculares

El ruido puede generar un fuerte estímulo en animales y humanos, lo cual logra elevar la tensión arterial. Por lo que se puede considerar como un factor que puede aumentar los riesgos cardiovasculares; es decir, los niveles de tráfico con niveles mayores a 65 dBA. Puede tener un impacto de un 20% de un probable infarto de miocardio. Pero todos los estudios sobre las relaciones entre el ruido y los problemas de la hipertensión arterial no son irrefutables. La Organización Mundial de la Salud, menciona que la contaminación acústica es uno de los factores que puede conllevar a tener la hipertensión arterial (Monestier, 2010).

2.2.1.7 Alteraciones hormonales

Un sujeto expuesto al ruido puede conseguir una variación en los diferentes mecanismos fisiológicos, lo cual conlleva a un desajuste hormonal debido al estrés. Lo que se refiere en general a que el organismo no logra adaptarse a las diferentes influencias y esfuerzos que se puede someter.

La liberación hormonal tiene como función de preparar al cuerpo para la defensa o incrementar las posibilidades supervivencia después de daños sufridos en el organismo.

Para el primer caso, la liberación de ciertas hormonas como la adrenalina y la noradrenalina. Están directamente relacionadas con el nivel de ruido, lo que genera aumento del colesterol y triglicéridos en la sangre. Por lo que al estar expuesto a un continuo y elevado nivel de ruido se genera incremento repetitivo y crónico de niveles de hormonas como la del estrés y de lípidos, con la probabilidad de causar problemas de arteriosclerosis y de infarto (Monestier, 2010).

En el segundo caso, el organismo siempre trabaja para sobrevivir después de algún daño o lesión, esto gracias a la liberación de hormonas del estrés (cortisol), la cual trabaja para detener una hemorragia y disminuir el riesgo de infección. Los niveles

altos de cortisol por varios años pueden provocar efectos secundarios como, aumento de coagulación de la sangre. Esto resulta en un nivel elevado de fibrinógeno lo que lleva a riesgos de infarto (Monestier, 2010).

La manifestación de altos niveles de ruido puede alterar los niveles de varias hormonas (adrenocorticotropa y catecolaminas). Las cuales pueden causar efectos críticos como alteraciones cardiacas, presión arterial fluctuante, respiración defectuosa, dilatación de pupilas, niveles de lípidos erróneos, glúcidos y ácido úrico en la sangre (Monestier, 2010).

2.2.1.8 Otras afecciones

En la tabla 1, se puede observar los efectos del ruido a nivel sistemático:

Tabla 1.

Efectos del ruido a nivel sistémico.

Sistema y aparato afectado	Efectos
Aparato fonatorio	Disfonías disfuncionales
Aparato vestibular	Vértigo y nistagmus
Órgano de la visión	Estrechamiento del campo visual
Aparato reproductor	Alteraciones menstruales
Gestación	Bajo peso al nacer, prematuros, riesgos auditivos en el feto
Aparato respiratorio	Respiración no constante
Aparato digestivo	Alteraciones gastro intestinal
Aparato cardiovascular	Frecuencia cardiaca irregular e hipertensión arterial
Sistema nervioso autónomo	Dilatación de las pupilas

Sistema nervioso central	Hiperreflexia
--------------------------	---------------

Adaptado de (Monestier, 2010).

2.2.2 Efectos psicosociales

La exposición al ruido tiene diversos efectos como: poca intangibilidad de la palabra, malestar y distracción. También, tiene efectos en reducir el rendimiento, eficiencia y generar fatiga, y varios trastornos de salud que no están ligados a problemas auditivos. A continuación, se detallan estos problemas:

2.2.2.1 Interferencia con la comunicación

Los problemas de comunicación por niveles tanto altos como moderados de ruido son de los principales efectos no relacionados a problemas auditivos, ya que estos ruidos llegan a obstaculizar la comunicación hablada.

La eficiencia que el oído trabaja sin ayuda es muy limitada o escasa referente a la distancia, es decir, el oído a 6 metros obtiene información de manera precisa. Al contrario, a 30 metros la información solo podría llegar de manera direccional (un solo oído), lo que ocasionaría distorsión en ambos oídos. A mayor distancia de 30 metros la información al oyente sería muy inentendible.

Como se sabe, el lenguaje verbal es la manera de comunicación que más ocupa el ser humano, por lo que el ruido es un gran problema para que este sea 100% claro. La capacidad auditiva de una persona se encuentra en el espectro frecuencial que va desde los 200 hasta los 5000 Hz para la voz. Y si el nivel de ruido o nivel ambiental supera los 10 dBA con respecto al nivel de la voz, se genera enmascaramiento de la intangibilidad de la palabra (Monestier, 2010).

Además, se puede tener una relación entre el grado de hipoacusia y los problemas que genera, la cual se muestra en la tabla 2.

Tabla 2.

Nivel de hipoacusia y nivel de comunicación.

Grado de hipoacusia	Umbral de audición	Problemas de conversación
Audición normal	0 – 25 dB	
Hipoacusia leve	25 – 40 dB	Problemas en conversación a distancia o voz baja
Hipoacusia moderada	40 – 55 dB	Conversación posible a 1 o 1,5 m.
Hipoacusia marcada	55 – 70 dB	Requiere conversación en voz alta
Hipoacusia severa	70 – 90 dB	Voz alta y a 30 cm.
Hipoacusia profunda	>90 dB	Escucha sonidos fuertes, pero no se los puede ocupar para comunicación.

Tomado de (Monestier, 2010).

2.2.2.2 Interferencia para el aprendizaje

Para un niño el principal lugar de socialización es la escuela, donde también se obtiene conocimiento y normas de comportamiento social. Como se mencionó anteriormente, el ruido reduce la calidad de comunicación, lo cual afecta directamente en el aprendizaje de los niños hasta los adultos, además, en varias aulas de clases cuentan con pésima acústica, lo que juega un papel esencial.

Efectos sobre los niños

Los niveles altos de ruido en una aula o dormitorio logran disminuir la calidad de comunicación verbal, lo que implica una reducción en el nivel de aprendizaje. Además, disminuye la riqueza del vocabulario (Monestier, 2010).

Dificultades de comprensión y aprendizaje

En las aulas el lenguaje verbal es el más importante, y el nivel de ruido recomendado no debe superar los 45 dBA (Monestier, 2010). Pero existen registros que superan en demasía ese nivel en zonas escolares hasta universitarias. Lo que enmascara la voz del profesor, llegando a ser incomprensible el mensaje verbal.

Según resultados de la investigación realizada por López y Herranz (1991) en dos colegios que se encuentran cerca del aeropuerto de Torrejón de Madrid, los cuales tienen graves problemas de acústica ambiental, con niveles pico de 103 dBA y ruido de tráfico de 65 y 70 dBA en LAeq. Esto limita el nivel de comunicación, disminuyendo la capacidad de atención y concentración de los alumnos. Y al estar tan cerca del aeropuerto el ruido de los aviones era alto, que los docentes tenían que detener la clase. Provocando la disminución del tiempo de clase y además, se necesita un tiempo adicional para que los alumnos vuelvan a poner atención luego de cada interrupción.

El ruido ambiental afecta la información verbal lo que hace que los alumnos no capten varios conceptos. Y en niños de 1 a 7 años, el ruido tiene efectos negativos en el aprendizaje del habla y desarrollo de la lectura, lo cual es desastroso para el desarrollo intelectual en ese rango de edad (Monestier, 2010).

Otro factor que influye directamente con el aprendizaje es el tamaño y material del salón de clases, relacionado con el tiempo de reverberación de un lugar. Se ha demostrado que a mayor tiempo de reverberación de la sala (aula de clases), las personas tienden a leer con mayor dificultad y lentitud, al contrario de que en salas con un tiempo de reverberación menor o pequeño (Hall, 2003).

Problemas de comportamiento

Los niños expuestos a altos niveles de ruido pueden presentar cambios de comportamiento, agresividad, irritabilidad, hiperactividad, o agitación psicomotriz. Lo que puede llegar a interferir con su rutina social, tanto intra o extraescolar, dificultado la forma de enfrentar conflictos y peleas (Monestier, 2010).

Uno de los casos más comunes es en el comedor infantil, donde el tiempo de reverberación suele ser bastante grande. Esto dificulta la comunicación entre los niños, los cuales tienden a subir el tono de la voz, así aumentando el ruido de fondo global del salón. Un ambiente bastante silencioso llega a ser acogedor, ayuda a la convivencia y disminuir la fatiga (Monestier, 2010).

Efectos en los profesores

Estudios realizados acerca del comportamiento de profesores y alumnos en las primeras etapas escolares, se obtuvieron resultados acerca de la molestia del ruido de fondo provocando que los profesores aumenten su nivel de voz causando fatiga. A partir de los 60 dBA en L_{10} , se presenta la fatiga; pero en países como Inglaterra y Gales, el 18% de los centros escolares el nivel de ruido llega a ser superiores a los 65 dBA (Monestier, 2010).

2.2.3 Efectos económicos

En la actualidad, las repercusiones económicas debido al ruido son bastante amplias, pero lamentablemente son ignoradas por empresas inmobiliarias. El ruido en general tiene efectos negativos, además que repercute directamente al costo de las viviendas.

Esto tiene su repercusión económica, ya que las personas tienen que gastar dinero en medicinas por distintas afecciones por el ruido. También, podría afectar el rendimiento laboral por fatiga y pérdida de horas laborales debido al ruido excesivo.

Otra consecuencia, se presenta en el sector inmobiliario, ya que oficinas y viviendas reducen su costo, además, las personas costean la insonorización de las edificaciones. Por último, la migración interna de las ciudades, es decir, gente que se muda hacia lugares alejados de la metrópolis, donde exista silencio para su confort (Monestier, 2010).

A continuación, se hablará de los principales problemas económicos debido al ruido:

2.2.3.1 Consumo de medicamentos

Hoy en día existe un gran catálogo de medicinas que son usados para apaciguar o combatir los efectos del ruido. En general estos medicamentos se prescriben y aplican para problemas de estrés e insomnio.

Estos medicamentos pueden tener algunas consecuencias negativas como:

- La elevación del costo de medicamentos paliativos contra el ruido.
- La toxicidad del fármaco es un gran riesgo para la biología humana.
- La dependencia a los fármacos, ya que puede ser un estado psíquico o físico causado por la interacción entre un organismo vivo y un fármaco.

El 15% de residentes que están expuestos a niveles de LAeq entre los 55 y 60 dBA, toman somníferos o sedantes casi todos los días. Cuando tan solo el 4% de una población sin problemas de ruido usa dichos fármacos. Y con niveles superiores a los 65 dBA, la gente tiende a comprar y utilizar tapones auditivos para conciliar el sueño (Monestier, 2010).

2.2.3.2 Abandono del centro de las ciudades

En la actualidad, se genera abandono paulatino en el centro de las grandes ciudades, debido a grandes focos de ruido.

Las grandes ciudades tienen problemas de tráfico, varios comercios, lugares de entretenimiento, espectáculos y turismo. Todo esto provoca un gran nivel de ruido

en las calles, el cual llega a las viviendas, provocando problemas de descanso en los hogares, lo que conlleva a mudarse a viviendas secundarias o pongan en venta sus propiedades para vivir en lugares mucho más tranquilos (Monestier, 2010).

2.2.3.3 Depreciación Inmobiliaria

Existen investigaciones, que evalúan el precio de los daños provocados por el ruido de transporte. Este método utiliza el país y otros factores para estimar el costo del producto interior bruto (PIB) (Monestier, 2010), como se indica en la tabla 3.

Tabla 3.

Costo del ruido por carretera en Europa.

País	Año	Porcentaje del PIB	Método de evaluación
Finlandia	1989	0,30	Coste de eliminación
Francia	1994	0,10	Depreciación
Alemania	1992	1,40	Evaluación contingente
Noruega	1987	0,30	Depreciación
Suecia	1992	0,40	Depreciación
Suiza	1988	0,26	Depreciación
Todos los medios de transporte	1998	0,50	

Tomado de (Monestier, 2010).

Todo este problema, hace que la población presione a las autoridades en presentar y realizar medidas de reducción de ruido o un tipo de compensación por las viviendas (Monestier, 2010).

2.3 Evaluación del ruido

El ruido posee su sustento teórico y práctico que será ampliado a continuación, teniendo en cuenta los niveles de la respuesta auditiva y por último como se muestra la parte matemática de los descriptores de ruido. A continuación, se explica a detalle cada uno de los puntos mencionados.

2.3.1 Ponderación A

Es una forma para ajustar distintas mediciones para que se asemejen a la sensibilidad del oído humano, en todo el rango frecuencial auditivo. Se lo ocupa para medir señales o ruido en impulsos eléctricas. Al utilizar la ponderación A representa la forma en que el oído humano escucha la señal sin agregar ninguna corrección a niveles similares al umbral auditivo humano, teniendo relevancia las frecuencias medias en comparación con la sensibilidad en bajas y altas frecuencias del umbral auditivo.

Se puede observar en la tabla 4, los valores de ponderación A en tercios de octava (Studio 22, 2014).

Tabla 4.

Valores de atenuación según la ponderación A con respecto a la frecuencia.

Frecuencia [Hz]	Ponderación A [dB]
50	-30,2
63	-26,2
80	-22,5
100	-19,1
125	-16,1
160	-13,4
200	-10,9
250	-8,6

315	-6,6
400	-4,8
500	-3,2
630	-1,9
800	-0,8
1000	0
1250	0,6
1600	1
2000	1,2
2500	1,3
3150	1,2
4000	1
5000	0,5

Tomado de (ISO3744, 1994).

2.3.3 Descriptores de ruido

En este apartado se explicará sobre los diferentes descriptores estándar de ruido, los cuales son ocupados para cuantificarlo, ya sea este continuo o fluctuante.

Estos descriptores, su característica es valorar el ruido hacia el oído humano y ser posible su medición. De los cuales existen varios, pero los más conocidos son los siguientes:

2.3.3.1 Nivel sonoro continuo equivalente L_{Aeq} (T)

Obtiene la equivalencia que posee un ruido variable si fuera continuo durante un determinado tiempo de análisis. Es decir, trabaja promediando la amplitud del ruido transcurrido en un lapso de tiempo, y normalmente se lo conoce como L_{Aeq} . El L_{Aeq} fue designado para valorar el ruido.

El L_{Aeq} está expresado por la siguiente ecuación:

$$L_{Aeq}(T) = 10 \log \left(\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} \left(\frac{P(t)}{P_0} \right)^2 dt \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde:

T= tiempo de duración de la medición.

P= presión sonora instantánea en Pa (pascales).

P₀= presión de referencia = $2 * 10^{-5} Pa$

Cuando no es posible definir la presión en función del tiempo, la ecuación anterior puede ser expresada en los siguientes términos:

$$L_{Aeq}(T) = 10 \log \left(\frac{1}{N} \sum 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

N es el número de muestras

L_i es el nivel de presión sonora en el intervalo i

2.3.3.2 Niveles percentiles (Índices de serie estadística (L_N))

Representa el nivel que es superado en N% del tiempo de medición (De la Rosa, 2000).

Los niveles percentiles más utilizados son:

Nivel L₁: es el nivel recogido en las mediciones del 1% del tiempo considerado. (Nivel máximo de ruido medido).

Nivel L₁₀: es el nivel recogido en las mediciones del 10% del tiempo considerado.

Nivel L₅₀: nivel recogido de las mediciones del 50%. Es la mediana estadística (ruido medio).

Nivel L_{90} : nivel recogido en un 90% del tiempo, se lo puede tomar como el valor de ruido de fondo).

Se puede observar en la figura 5, el comportamiento de los niveles percentiles y nivel sonoro continuo equivalente:

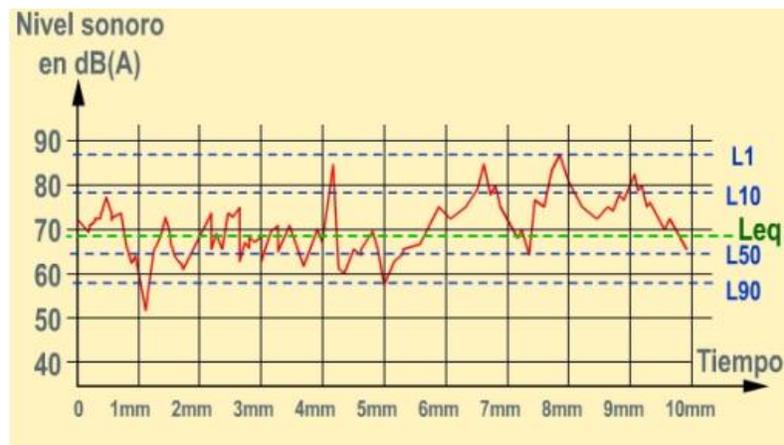


Figura 3. Niveles percentiles y nivel sonoro continuo equivalente. Tomado de (Segués, 2007).

2.3.3.3 Nivel de exposición sonora (SEL)

Valora la presión sonora de un ruido continuo con la misma energía durante un segundo del ruido real, o durante un lapso de tiempo T . Se lo ocupa para clasificar y comparar el ruido que no contiene la misma duración (Segués, 2007).

Y la relación entre L_{Aeq} y SEL es:

$$SEL = LA_{eq}(T) + 10 \log\left(\frac{T}{T_0}\right), \text{ donde } T_0 = 1 \text{ seg.} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Se muestra la valoración del SEL versus el LA_{eq} en la figura 6.

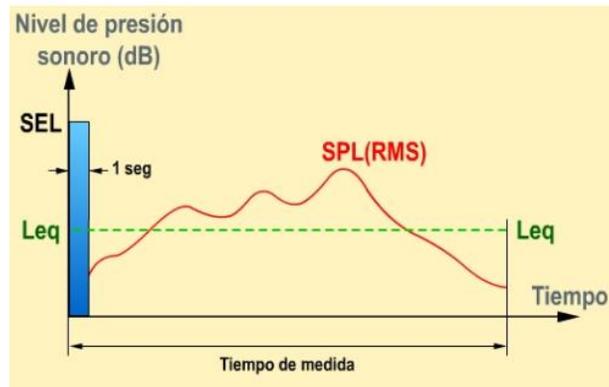


Figura 4. Representación gráfica de LAeq, SEL y NPS
Tomado de (Segués, 2007).

2.3.3.4 Otros indicadores de ruido

Existen algunos otros descriptores, los cuales se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5.

Otros indicadores de ruido.

Descriptor	Definición	Fórmula
Nivel de contaminación sonora (LNP)	Es un índice estadístico para valorar la molestia que ocasiona el ruido, y es el parámetro que se usa frecuentemente para valorar el ruido ambiental.	$LPN = LAeq + 2,560$
Índice de ruido de tráfico (TNI)	TNI significa Traffic Noise Index, el cual es un valor ponderado de ruido en 24 horas.	$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$

Nivel corregido día-noche	Se lo utiliza para obtener el valor típico de una zona.	$LDN = 10 \log\left[\left(\frac{1}{24}\right) \left(15 * 10^{\left(\frac{LeqD}{10}\right)} + 9 * 10^{\left(\frac{LeqN+10}{10}\right)}\right)\right]$
---------------------------	---	--

Tomado de (De La Rosa, 2000).

2.4 Mapas de ruido

Un mapa de ruido es la representación gráfica del nivel de ruido en un área geográfica, generalmente se los ocupa para estudiar la variación de la distribución espacial de los niveles a largo plazo. Su objetivo es evaluar la situación acústica de una zona para conocer y dar información sobre los niveles de ruido existentes (Martínez, 2005).

Un mapa de ruido permite:

- Pronosticar la exposición del ruido de los habitantes de una zona de una ciudad.
- Cotejar los niveles sonoros frente a normas específicas de regulación sobre contaminación ambiental.
- Determinar medidas técnicas, económicas y legales de ciertas zonas de una ciudad.

Además, existen algunos tipos de mapas de ruido que son los siguientes:

- Mapa de ruido normal: para este se ocupa cualquier tipo de fuente sonora para evaluar la situación sonora en un área geográfica.
- Mapa de ruido estratégico: evalúa el ruido en un área concreta, es decir, valora el ruido que provoca una fuente específica.
- Mapa de ruido de conflicto: estos hacen una comparación entre la situación existente o prevista en objetivos deseados.

Y para terminar existen tres metodologías para realizar un mapa de ruido:

Método de grillas o cuadrícula

Este método consiste en tomar el plano de la ciudad y superponer una red dimensional determinada, para definir automáticamente los puntos de medición; estos puntos se generan de manera aleatoria.

Método de vías

En el método se realiza mediciones en vías transitadas preseleccionadas siguiendo criterios ambientales y urbanos del ruido vehicular.

Método distributivo o sectorial

Se lo realiza dividiendo el área en sectores, al igual que el anterior siguiendo criterios urbanos, geográficos, poblacionales, etc. (Martínez, 2005).

3. CAPÍTULO III. ÁREA DE ESTUDIO

3.1 Características de la ciudad

El Distrito Metropolitano de Quito se encuentra a 2830 metros sobre el nivel del mar (msnm), está conformado por 32 distritos urbanos y 33 rurales, tiene una superficie de 4.183 km². En el contorno occidental está rodeada de elevaciones como el Atacazo y el macizo del Pichincha, el cual posee tres volcanes: el Guagua Pichincha, el Rucu Pichincha y el Cóndor Guachana. La ciudad cuenta con nueve administraciones zonales: Calderón, Eloy Alfaro, Eugenio Espejo, Los Chillos, La Delicia, Manuela Sáenz, Quitumbe, Tumbaco y la zona turística la Mariscal (Municipio de Quito, s. f.).

Para el año 2010, según el Censo (INEC, 2010), la ciudad alcanzó una población aproximada de 2.576.287 habitantes. Quito, quienes habitan una ciudad caracterizada por su mixtura colonial y moderna, por un lado, una arquitectura

colonial. El Centro Histórico posee plazas, museos y edificaciones propias de la época colonial y por el otro, el desarrollo de una ciudad moderna, con nuevas infraestructuras propias de una capital en la actualidad. En 1978 la ciudad fue declarada Patrimonio de la Humanidad por parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura- UNESCO (Ecuador Travel, 2017). Su puede observar la ciudad de Quito en la figura 7.

Quito mantiene un clima variable, con temperaturas que van desde los 14 a los 25 grados centígrados en época de verano, caracterizada por condiciones secas y ventosas. Mientras que en invierno registra temperaturas entre los 8 y 15 grados centígrados, caracterizado por lluvias durante los meses de octubre hasta abril.

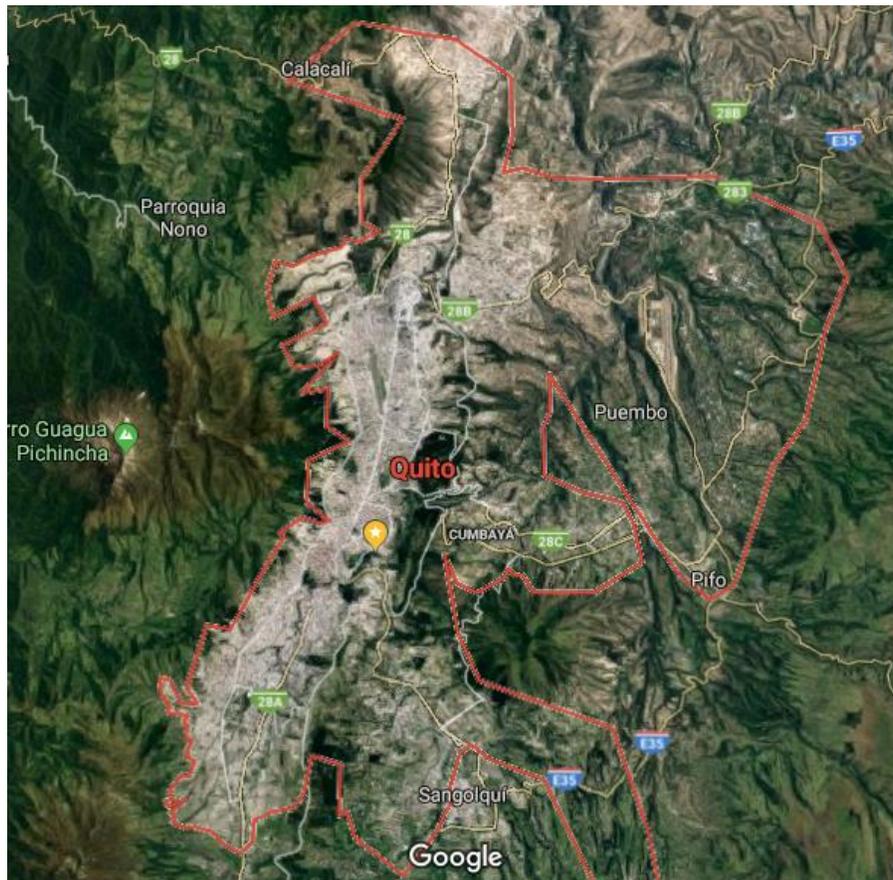


Figura 5. Ciudad de Quito-Satélite.

Tomado de (Google Maps, 2018).

3.2 Tráfico vehicular en la ciudad de Quito

En los últimos años, la ciudad enfrenta un problema creciente propio de las principales ciudades latinoamericanas, el problema del tráfico y la congestión vehicular aquejan la vida de las ciudades. El crecimiento considerable del parque automotor, sumado al deficiente servicio de transporte público, escasos controles por parte de las instituciones públicas y una ciudadanía apática e indiferente con el colectivo hacen que el problema tenga diversos efectos como son: la contaminación del aire, ruido, conflictividad social y baja calidad del ambiente urbano (Carrillo, 2015).

Entre enero y octubre del año 2017, un total de 432.000 vehículos fueron matriculados en la ciudad, en tan solo un año el parque automotor de la ciudad creció un 20.7%, en comparación con el año 2016 donde se matricularon 400.000 vehículos. Desde el año 2010, se incorporó un sistema de restricción vehicular conocido como “Pico y Placa”, una medida que buscaba disminuir en horas pico un 20% del parque vehicular que circulaba en la ciudad. La medida alcanzó un 17%, pero sin tomar en cuenta algunos factores por parte de las autoridades (aumento de la clase media, desarrollo económico de la ciudad y crecimiento demográfico) hizo que esta medida con el tiempo no fuera suficiente y que el problema se torne en ciertos momentos incontrolable. Además, el incremento del parque automotor ha incidido año tras año como se puede observar en la figura 8. (El Comercio, 2017).



Figura 6. Tráfico vehicular de Quito
Tomado de (Google Maps, 2018).

Dentro de las normas que posee el MDMQ, consta desde el 2016 la actualización de la norma técnica de ruido para el Distrito Metropolitano de Quito, el cual dio lugar a la elaboración del mapa de ruido de la ciudad. Éste estudio se realizó para conocer los niveles de ruido que están expuestos los ciudadanos y delimitar las zonas críticas de contaminación auditiva que genera el tráfico vehicular en la ciudad. Un importante instrumento que sugiere mayor gestión por parte de las autoridades municipales. (Distrito Metropolitano de Quito, 2007).

3.3 Ciclovías

Las ciclovías son infraestructuras diseñadas que proporcionan carriles de protección para la circulación de usuarios en bicicletas y que promueve un modelo de transporte alternativo, saludable y económico para trasladarse en la ciudad. Según los datos de la Empresa Pública Metropolitana de Obras Públicas, actualmente la ciudad cuenta con tres tipos de ciclovías que tienen una extensión de 109,61 kilómetros que parte desde la Plaza de Santo Domingo en la calle Guayaquil en el

sector Centro Histórico hasta la antigua estación de La Y en la Av. 10 de Agosto en el norte de la ciudad como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Ciclovía

Tomado de (BiciQuito, 2017b).

Actualmente las ciclovías se encuentran divididas en:

3.3.1 Ciclovías carril exclusivo

Carril exclusivo para los ciclistas con separación del flujo vehicular para protección de los usuarios como se observa en la figura 8.



Figura 8. Ciclovía carril exclusivo.

3.3.2 Carril compartido tipo 1

Este carril permite la circulación del ciclista con una separación al frente del vehículo de tres metros como se observa en la figura 9.



Figura 9. Ciclovía tipo 1.

3.3.3 Carril compartido tipo 2

Este carril tiene un ancho de calzada mayor que la de tipo 1 para mantener con seguridad al ciclista ya que este va junto al flujo vehicular como se muestra en la figura 10.



Figura 10. Ciclovía tipo 2.

3.4 Sistema BiciQuito

Desde el año 2012, la ciudad cuenta con un sistema público de bicicletas llamado BiciQuito (BiciQ) destinado al uso y movilidad alternativa de ciudadanos y visitantes de la ciudad, basado en un modelo de préstamo y sin valor económico para el usuario. Este sistema (BiciQ) incentiva y promueve el uso de la bicicleta pública como un mecanismo para aligerar la congestión vehicular, apoyar la movilidad alternativa en el hipercentro de la ciudad como en las externalidades positivas vinculadas con un ambiente de calidad. En la actualidad, el servicio cuenta con 658 bicicletas, distribuidas en 25 estaciones ubicadas a lo largo de la ciudad, priorizando

lugares estratégicos donde existe mayor afluencia de personas, flujos comerciales, administrativos y de atracción turística para los usuarios. El proyecto para el año 2017 está a cargo la Agencia Metropolitana de Tránsito (AMT) que está a cargo del servicio (BiciQuito, 2012), como se puede observar en la figura 11.



Figura 11. Sistema BiciQuito.

Tomado de (BiciQuito, 2012).

Las estaciones límites del sistema son al norte en el sector de La Y, y en el Centro Histórico hasta la Plaza de Santo Domingo, cada estación posee un total de 25 bicicletas y el tiempo de préstamo máximo de cada bicicleta es de 45 minutos (Agencia Metropolitana de Tránsito, 2017). A continuación, en la tabla 6, se detalla las estaciones del sistema BiciQuito:

Tabla 6.

Estaciones y ubicación BiciQuito.

No.	Estación	Ubicación
01	Santo Domingo	Plaza de Santo Domingo (Centro

		histórico de Quito).
02	Plaza Grande	Calle Guayaquil, frente al antiguo registro Civil.
03	Alameda	Junto al Banco Central (San Blas).
04	Asamblea Nacional	Frente a la Clínica de Especialidades Santa Lucía.
05	IESS	Diagonal al IESS.
06	El Ejido	Frente al Hotel Hilton Colón (Avenida Amazonas).
07	Santa Teresita	(Diagonal al Hotel Mercury).
08	Universidad Central	Antigua Plaza Indoamérica.
09	Universidad Católica	Av. Veintimilla y Av. 12 de Octubre.
10	Santa Clara	Diagonal al Mercado Santa Clara.
11	Seminario Mayor	Av. América y Colón.
12	Administración La Mariscal	Av. Luis Cordero, entre Reina Victoria y Diego de Almagro.
13	Colegio Militar	Entre Av. Orellana y Av. Amazonas.
14	Flacso	Av. Diego de Almagro y Pradera.
15	Ministerio de Agricultura	Av. Amazonas y Eloy Alfaro.
16	Las Cámaras	Av. Amazonas y Av. De la República.

17	San Gabriel	Colegio San Gabriel, en la estación de la Metro vía.
18	Cruz del Papa	Av. Amazonas.
19	Plaza de Las Américas	Av. Naciones Unidas, estacionamiento de La Plaza de Las Américas.
20	Portugal	Av. de los Shyris.
21	Estadio Olímpico	Av. Naciones Unidas, frente al Quicentro Shopping.
22	NNUU	Av. Naciones Unidas.
23	Administración Zonal Norte	Av. Amazonas y Pereira.
24	Plaza de Toros	Esquina de la calle Juan de Azcaray y parque de la Tortuga.
25	La "Y"	Antigua estación Norte del Trolebús La Y.

3.5 Descripción de las zonas

3.5.1 Sector Centro Histórico

El primer sector de estudio corresponde a la parroquia Centro Histórico, la delimitación de análisis corresponde a dos trayectos: el primero, en sentido sur-norte, comprende la plaza de Santo Domingo, calle Juan José Flores, calle Manabí, calle Juan Pío Montúfar y finaliza en el Parque El Ejido, sobre la Av. 10 de Agosto. El segundo trayecto, en sentido norte-sur, comprende el Parque El Ejido en la Av. 10 de Agosto, calle Guayaquil, parque La Alameda y concluye en la plaza de Santo

características de la ciclovía en este sector son compartidas con autos livianos, motos, vehículos semi pesados y de transporte público. La ciclovía desde el parque El Ejido hasta la Av. Amazonas y Av. Colón cuenta con una calzada entre piedra y adoquín, luego cambia por asfalto; cómo se puede observar en la figura 13.

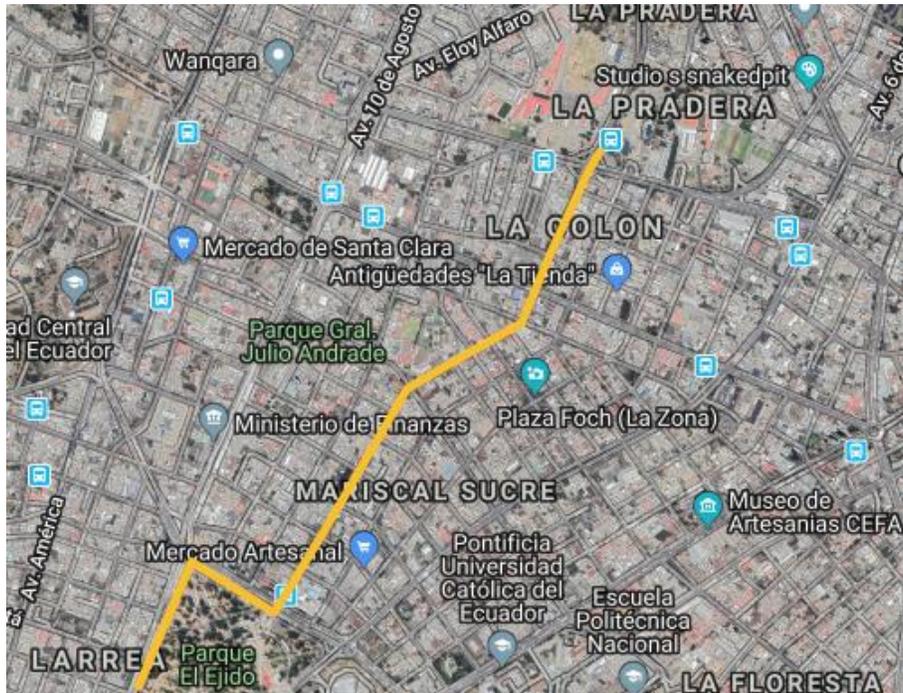


Figura 13. Ruta sector La Mariscal.
Tomado de (Google Maps, 2019).

3.5.3 Sector Ñaquito

El tercer sector de análisis es la parroquia Ñaquito, el trayecto en sentido sur-norte inicia con la confluencia de la Av. Francisco de Orellana y Amazonas hasta culminar en la Av. Naciones Unidas y calle Japón, extremo norte del parque La Carolina, este trayecto también será analizado en sentido norte-sur, observar recorrido en la figura 14. La distancia total del recorrido es de 5.2 km. Las características de la ciclovía en este sector son compartidas con autos livianos, motos, vehículos semi-pesados y de transporte público hasta la avenida la República y Amazonas debido a que la

ciclovía ocupa el extremo occidental del parque La Carolina. La calzada desde la Av. Amazonas y Francisco de Orellana hasta el extremo suroccidental del parque La Carolina es de asfalto, al ingresar al parque la ciclovía posee una calzada de adoquines hasta la avenida Naciones Unidas y Japón.

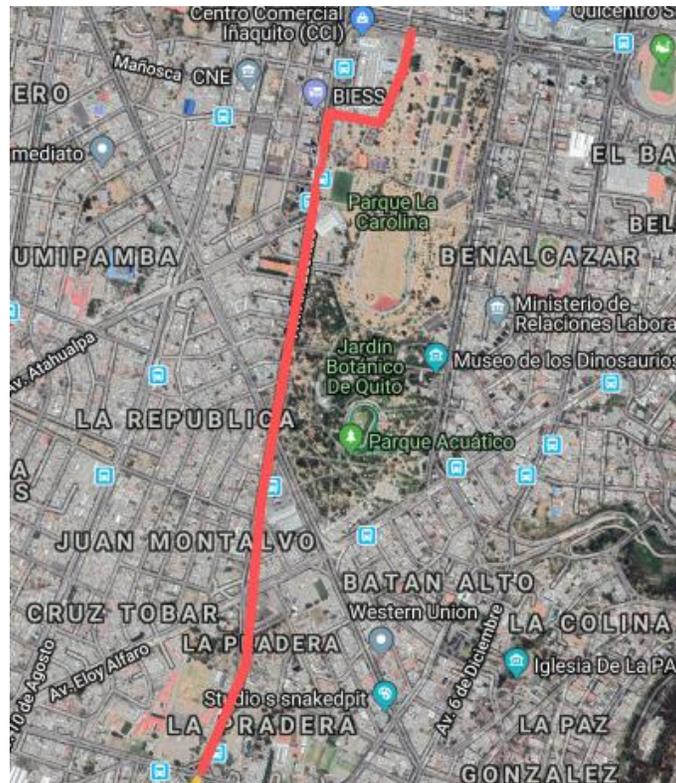


Figura 14. Ruta sector Iñaquito.

Tomado de (Google Maps, 2019).

4. CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

4.1 Tipo de metodología

El estudio realizado cuenta con metodología mixta: cuantitativa y cualitativa. En la metodología cuantitativa, se obtuvo mediciones del nivel sonoro continuo equivalente (LAeq) recorriendo las ciclovías con dos ciclistas en tres diferentes

Tabla 7.

Tipos de variables.

	Variables	Tipo de variable	Mecanismo de evaluación
Cuantitativa	L _{Aeq} (nivel de ruido)	Numérica	Medición
	Cantidad de autos, motos y buses	Numérica	Contador
	Distancias de las ciclovías	Numérica	Medición
	Tiempo de exposición	Numérica	Medición
	Velocidad de recorrido	Numérica	Medición
	Días	Numérica	Medición
	Tipos de ciclovías	Categórica	Investigación
	Tipo de suelo	Categórica	Investigación
	Cualitativa	Género	Categórica
Edad		Ordinal	Encuesta
Esmog		Categórica	Encuesta
Peatones		Categórica	Encuesta
Ruido de tráfico		Categórica	Encuesta
Animales (perros y gatos)		Categórica	Encuesta
Diseño de la ciclovía		Categórica	Encuesta
Estaciones Bici Q		Categórica	Encuesta
Diseño y sectorización		Categórica	Encuesta
Tipos de transporte		Categórica	Encuesta
Ruido de comercio	Categórica	Encuesta	

	Seguridad vial	Categoría	Encuesta
--	----------------	-----------	----------

Las mediciones tuvieron como objetivo principal obtener el ruido al que están expuestos los ciclistas en las ciclovías en los mencionados sectores. El estudio se realizó por tres semanas consecutivas, del 23 de abril al 12 de mayo del 2019, de lunes a viernes en el horario de 7:00 am a 9:30 am en la mañana, de 14:00 pm a 16:30 pm en la tarde y los días domingos de 9:00 am a 12:00 pm, en el ciclopaseo implementado por el Municipio de Quito.

4.2 Toma de mediciones

4.2.1 Procedimiento

Para las mediciones se utilizó a dos estudiantes de la Universidad de Las Américas para recorrer en bicicleta las ciclovías en los tres sectores seleccionados: Centro Histórico, la Mariscal e Iñaquito. Cada ciclista se colocó el dosímetro (dose Badge) en el hombro a la altura del oído para medir el nivel sonoro continuo equivalente (LAeq), se calibró el equipo en cada recorrido para la obtención de datos fiables. Además, se colocó en las bicicletas cámaras de video para la filmación del recorrido para obtener la cantidad de vehículos livianos, motos y vehículos pesados que circulan por los sectores estudiados. Se tomó en cuenta el tiempo de recorrido, la distancia, la velocidad a la cual los ciclistas circulaban por las ciclovías, así como los horarios y días en que las mediciones se realizaron como se puede observar en la figura 16.



Figura 16. Mediciones con el dosímetro.

Posteriormente los datos de las mediciones que entregan los dosímetros se procesaron a través del software NOISE TOOLS, perteneciente al fabricante Cirrus Research plc como se observa en la figura 17.

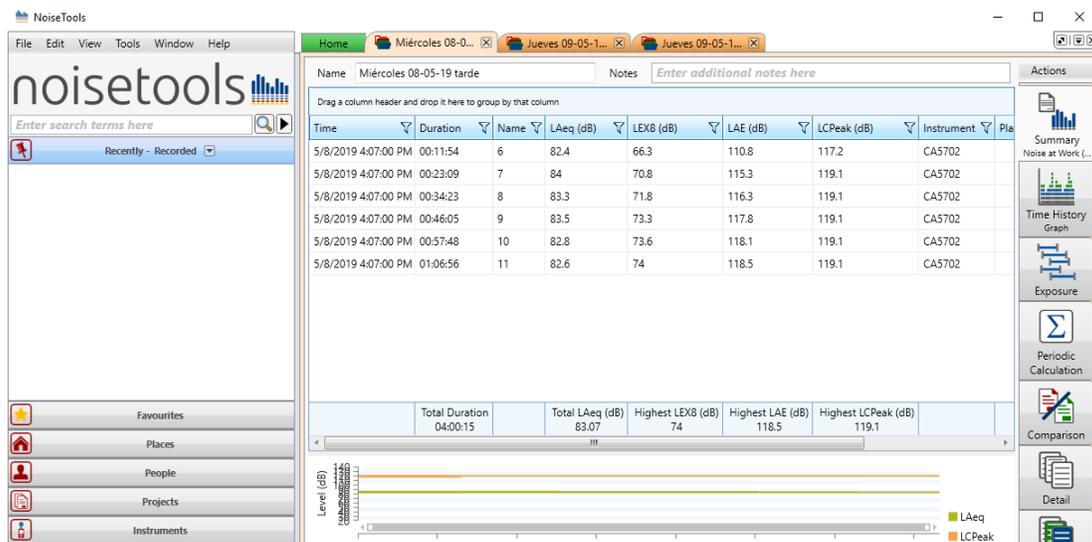


Figura 17. Software noisetools.

4.3 Metodología estadística

A través del software de estadística IBM SPSS (Statistics), se procesaron las mediciones realizadas con sus respectivas variables. Se realizaron tablas estadísticas de media y desviación estándar para cada variable, además se describieron los ANOVAS de las variables utilizadas, para finalmente obtener diferentes pruebas de agrupamiento Tukey. El análisis estadístico realizará la comparación de los niveles de ruido relacionados con los días de medición, número de vehículos y los sectores estudiados.

4.4 Equipamiento

Para la investigación se tomó en cuenta que los equipos se encuentren en correcto funcionamiento, los dosímetros se encuentren calibrados antes de proceder con las mediciones, además de los componentes adicionales, es decir el receptor de los dosímetros, cámaras de video, bicicletas, odómetro, cronómetros y velocímetros.

4.4.1 Características y uso de los equipos

A continuación, se presenta en la tabla 8, cada uno de los equipos utilizados para la investigación y el papel que desempeñó al realizar las mediciones:

Tabla 8.

Características y usos de los equipos.

Equipo	Marca	Modelo	Uso
Dosímetros	Cirrus Research plc	CR 110A	Medición del ruido (Leq).
Receptor dosímetros	Cirrus Research plc	RC:100B	Receptor donde se almacenan los datos medidos.

Cámara de video	Go Pro	Sports cam	Grabación para la contabilización de vehículos livianos, motos y vehículos pesados.
Bicicletas	BKR	Montañera	Medio de transporte para recorrer las ciclovías.
Odómetro	BELL	F12	Medición de la distancia recorrida (Kilómetros).
Cronómetro	Samsung	S8	Medición del tiempo de recorrido (minutos)
Velocímetro	BELL	F12	Medición de la velocidad (Km/h)

5. CAPÍTULO V. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el presente capítulo se describe el análisis de todas las mediciones obtenidas, las cuales fueron segmentadas en tres sectores: Centro Histórico, La Mariscal e Ñaquito. Además, se estudió la variación de niveles de ruido por días y número de vehículos. Finalmente, los resultados se analizarán estadísticamente y a través de encuestas se obtendrá la opinión de los ciclistas.

5.1 Análisis de ruido

A continuación, se muestra los resultados obtenidos del nivel de exposición al ruido, con su respectivo análisis. Este Estudio se realizó por sectores, días laborables y fin de semana (domingo).

5.1.1 Ruido por sector

En la figura 18, se puede observar el nivel de ruido en cada sector medido con su desviación estándar. El sector la Mariscal tiene el menor nivel de ruido con 81 dBA en comparación con el Centro Histórico con 81 dBA e Iñaquito con 84 dBA.

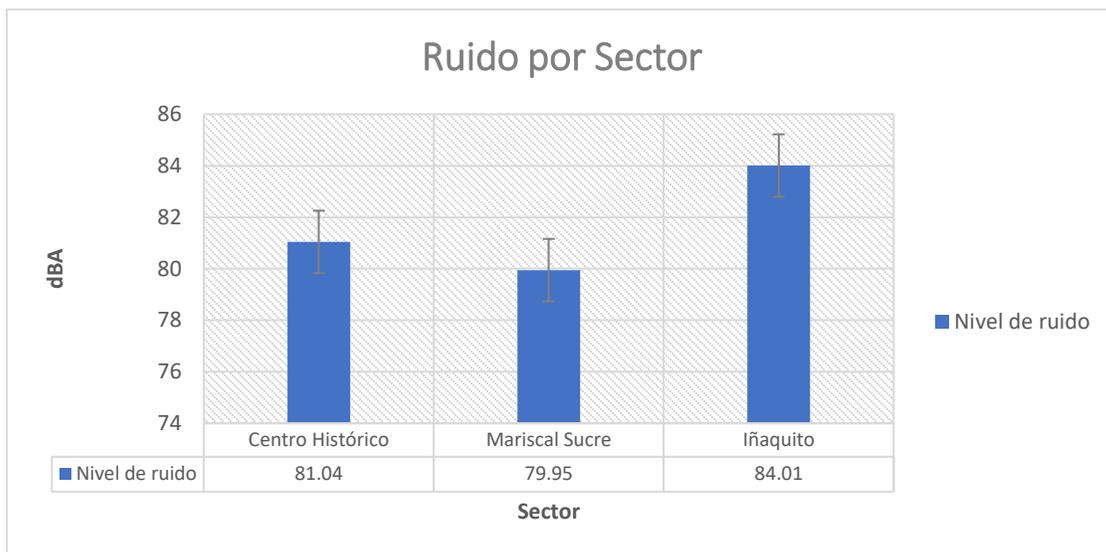


Figura 18. Nivel de ruido por sector.

En el sector Iñaquito tiene el mayor nivel de ruido, puede deberse a que en este sector la Av. Amazonas tiene seis carriles, lo cual aumenta la cantidad de vehículos, generando mayor libertad de circulación al expandirse los carriles y por ende su velocidad incrementa. Además, la zona está rodeada de centros comerciales como el Mall el Jardín y el Centro Comercial Iñaquito, donde existe mayor afluencia de vehículos que ingresan a los sitios mencionados. También, es una zona donde existen edificios residenciales, de trabajo como ministerios, bancos y locales comerciales los cuales hacen que exista mayor movilización de gente y por ende mayor cantidad de vehículos, motos y transporte público. Además, en el sector Iñaquito está ubicado uno de los parques mayor visitados por la ciudadanía (Parque

la Carolina), donde existe mayor concentración de gente que hace deporte, ventas ambulantes, realización de eventos al aire libre. Cabe mencionar que en ese sector está ubicado el bulevar de las Naciones Unidas, factores que aportan que se eleven los niveles de ruido. Es importante mencionar que la ciclovía en este sector atraviesa por avenidas principales con mayor tránsito de vehículos, como las Av. Orellana, Eloy Alfaro, la República y Naciones Unidas.

En el análisis de la tabla 9, se puede observar que la mayor desviación estándar es de 5 dBA en el Centro Histórico, el motivo de esta variación puede deberse al número de Trole-buses que circulaban al momento de las mediciones.

En la tabla 9 se compara y agrupa con la prueba HSD Tukey^a identificando al sector Iñaquito con el mayor nivel de exposición de ruido.

Tabla 9.

Ruido por sector prueba HSD Tukey^a

Sector	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
Mariscal Sucre	132	79.9477	
Centro Histórico	132	81.0424	
Iñaquito	132		84.0068
Sig.		0.053	1.000

5.1.2 Ruido por día

En la figura 19, el nivel más bajo de ruido que presenta es el viernes con 78.7 dBA, puede deberse al incremento de vehículos en comparación con el resto de los días, lo que conllevaría a un alto índice de congestión vehicular.

Otro punto por tratar es el nivel de ruido del día domingo con 82 dBA, donde las mediciones se realizaron cuando existe restricción vehicular debido al ciclopaseo,

es decir no hay tránsito de vehículos por las avenidas. Se puede ver el nivel de ruido de este día, no varía por más de 2 dBA, esto se puede deber al gran flujo vehicular en las intersecciones habilitadas.

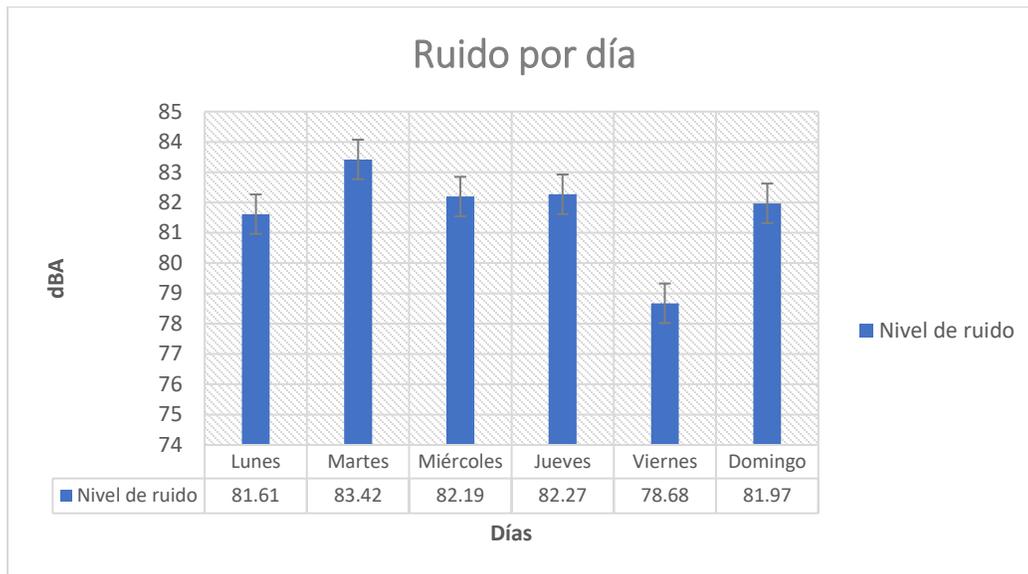


Figura 19. Ruido por día.

La desviación estándar muestra, que el viernes tiene un índice mayor, esto con llevaría a las siguientes circunstancias: la primera, por el uso excesivo de la bocina de los vehículos; otra circunstancia puede ser por el personal de tránsito, que al ejercer su trabajo tienden a usar más sus silbatos.

En la tabla 10, se compara y agrupa con la prueba HSD Tukey^a identificando al día Viernes con el menor nivel de ruido en comparación con los otros días de la semana.

Tabla 10.

Ruido por día prueba HSD Tukey^a

Día	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2

Viernes	72	78.6750	
Lunes	72		81.6139
Domingo	36		81.9722
Miércoles	72		82.1944
Jueves	72		82.2708
Martes	72		83.4208
Sig.		1.000	0.109

5.2 Análisis de vehículos

A continuación, se muestra el análisis de los resultados con respecto a los vehículos, donde se consideró la cantidad de automóviles, motos y vehículos pesados que circulan por las avenidas donde se encuentran las ciclovías.

5.2.1 Vehículos por sector

En la figura 20, se tiene el número de vehículos livianos, pesados y motocicletas por sector. La cantidad del medio de transporte es mayor en el Sector de Lñaquito, esto se debe por varias circunstancias. La primera, puede deberse a la capacidad vehicular de la Av. Amazonas, como se mencionó anteriormente, cuenta con seis carriles e intersecciones de gran flujo de automóviles. La segunda, podría relacionarse con el comercio que existe en dicha zona, ya que cuenta con diversos centros comerciales, el parque La Carolina y el centro de exposiciones Quito. El último, está ligado con el nivel empresarial que tiene el sector de Lñaquito, este cuenta con ministerios, notarias, y oficinas de empresas privadas; lo que implica la movilización a sus lugares de trabajo.

Además, en el Centro Histórico como se puede observar en la figura 20, existe menor cantidad de vehículos en comparación con el sector de La Mariscal,

probablemente porque en el Centro Histórico existen ciertos trayectos donde hay la prohibición del tránsito vehicular, dando prioridad a los peatones.

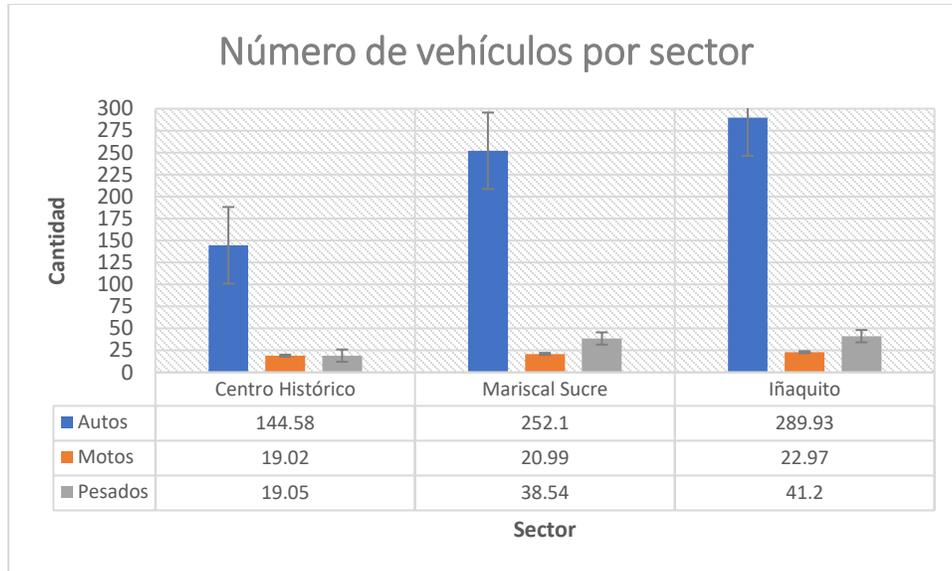


Figura 20. Número de vehículos por sector.

En este caso la variación estándar tiene valores altos, debido a que, la cantidad de vehículos es diferente en cada sector y no se observa una tendencia clara.

5.2.2 Vehículos por día

La figura 21 indica el número de vehículos livianos, pesados y motocicletas en los días que se realizaron las mediciones. Dando como resultado que, el día viernes cuenta con la mayor cantidad vehicular, debido al mayor uso del transporte privado (automóviles y motocicletas) y del transporte público-privado (Taxis, Uber, Cabify, etc.), porque al iniciar el de fin de semana, las personas buscan centros de diversión (bares y discotecas), relajación (restaurantes y cafeterías) y entretenimiento (cines, teatros y conciertos).

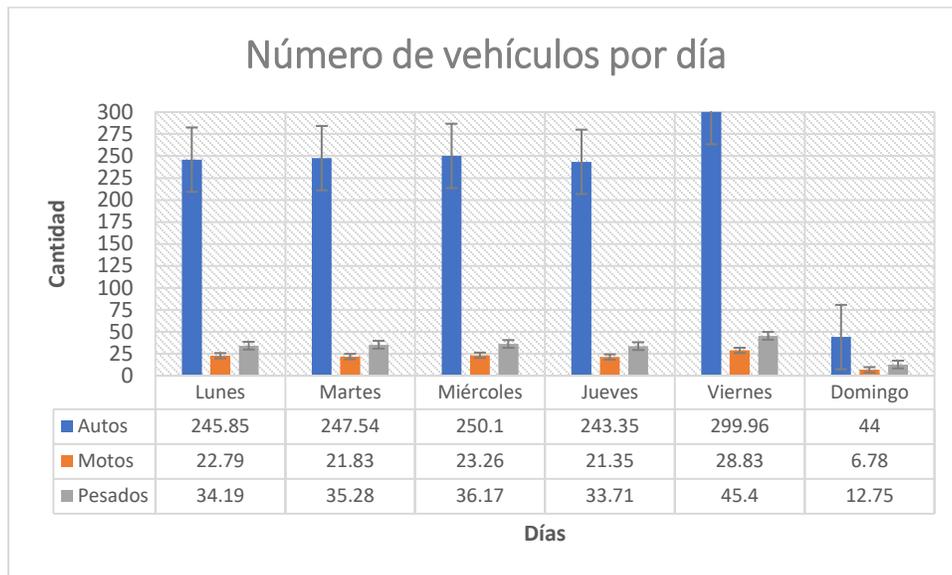


Figura 21. Número de vehículos por día.

En este caso la desviación estándar tiene valores altos, debido a la cantidad de vehículos es diferente en cada día y no cuenta con una tendencia.

Cabe recalcar que el número vehicular del día domingo es bajo, debido a que existe el ciclopaseo implementado por el Municipio de Quito, dando prioridad a ciclistas que transiten en toda la ruta, y prohibiendo el paso de vehículos en los sectores estudiados, por lo cual el conteo solo se realizó en las intersecciones de las avenidas principales.

Para finalizar, se puede observar en el anexo 2, el análisis estadístico ANOVA, el cual rechaza la hipótesis nula de igualdad de medias, de las diferentes variables utilizadas en este capítulo. Por lo que se demuestra que no son los mismas en cada grupo estadístico.

5.3 Comparación con el Mapa de Ruido

El mapa de ruido elaborado en la Universidad de Las Américas por la carrera de Ingeniería en Sonido y Acústica (Bravo-Moncayo et al., 2019) entrega los valores de ruido generado por el tráfico vehicular en los tres sectores estudiados, el cual se comparan con las mediciones realizadas en las ciclovías de la ciudad de Quito.

A continuación, se presenta los niveles medidos por el mapa de ruido en cada sector (Centro Histórico, La Mariscal e Iñaquito).

5.3.1 Mapa de ruido sector Centro Histórico

Se puede observar en la figura 22, el mapa de ruido del sector Centro Histórico donde se realizó las medidas, tiene un nivel sonoro continuo equivalente (LAeq) que oscila entre 75 dBA y 80 dBA. Mientras en los valores obtenidos en las mediciones realizadas en la ciclovía, es de 81 dBA y 82 dBA. Finalmente, en la figura 23, los resultados son los mismos ya que pertenecen a la segunda etapa del mismo sector.

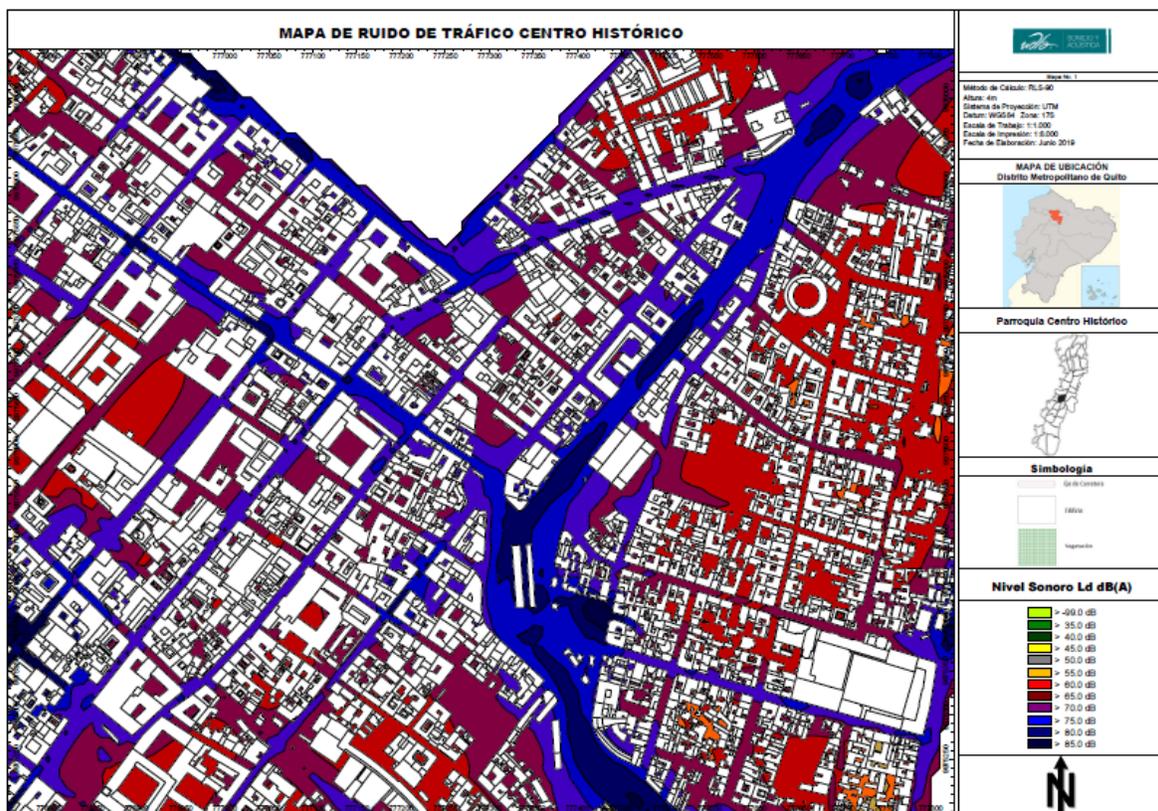


Figura 22. Mapa de ruido diurno sector Centro Histórico.

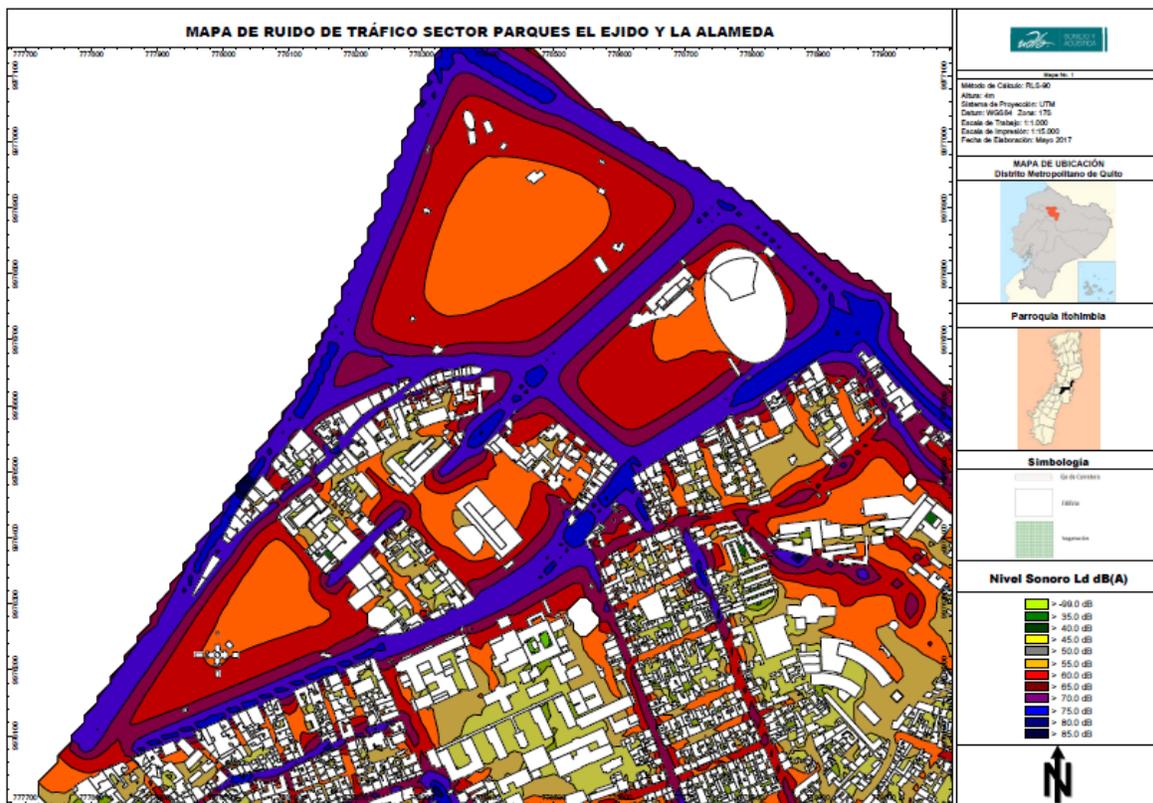
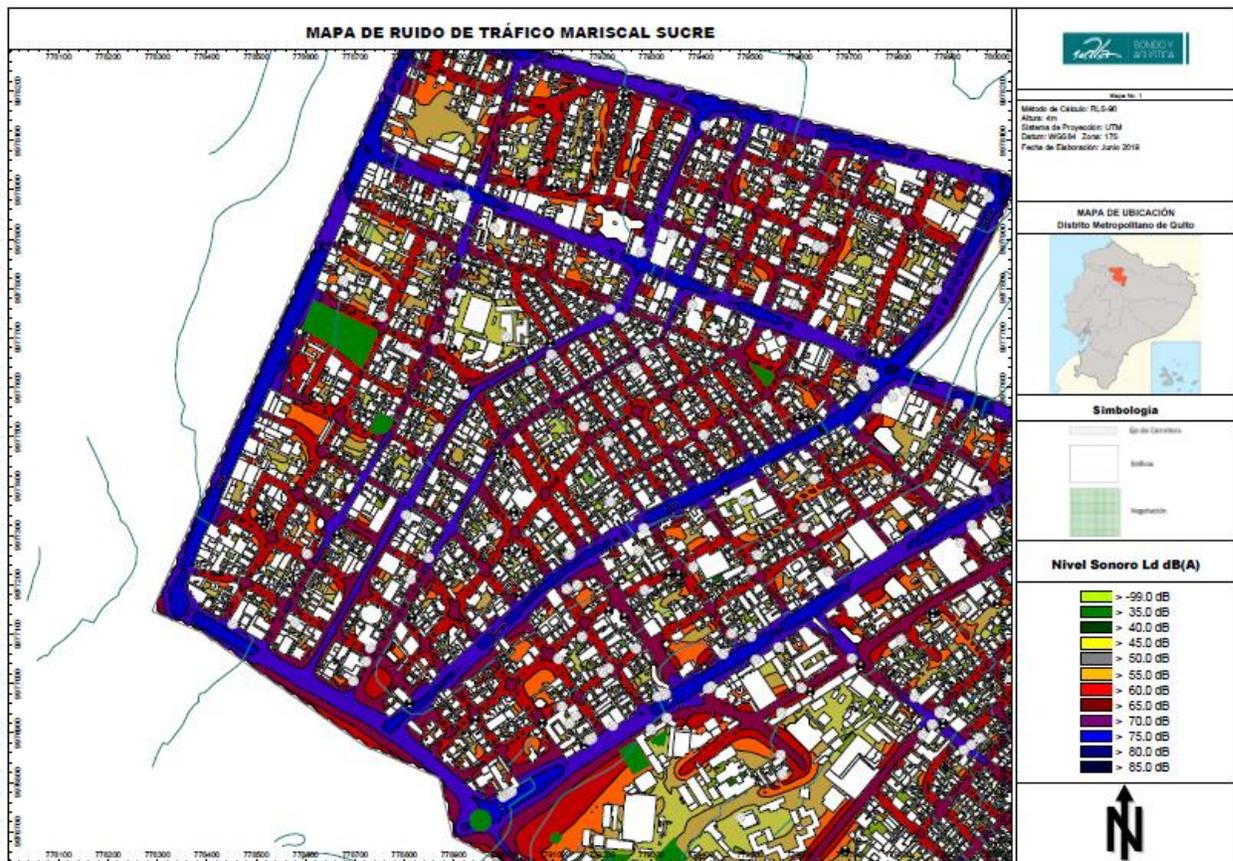


Figura 23. Mapa de ruido diurno sector Centro Histórico.

5.3.2 Mapa de ruido sector La Mariscal

En la figura 24, el mapa de ruido del sector La Mariscal en la ruta de la ciclovía tiene un nivel sonoro continuo equivalente (L_{Aeq}), que varía entre 75 dBA y 80 dBA. Mientras los niveles de ruido obtenidos en las mediciones con los dosímetros, es de 80 dBA y 83 dBA.



5.3.4 Mapa de ruido sector Iñaquito

Se puede observar en la figura 25, el mapa de ruido del sector de Iñaquito en la ruta de la ciclovía tiene un nivel sonoro continuo equivalente (LAeq), entre 75 dBA y 80 dBA, con un menor nivel en la calle Japón hasta la Avenida Naciones Unidas con 65 dBA y 70 dBA. En comparación con los valores obtenidos en las mediciones con los dosímetros, es de 82 y 84 dBA.

5.4 Análisis encuesta

En este apartado del documento se mencionan los resultados obtenidos de las encuestas (Anexo 1), donde respondieron 298 ciclistas en el lapso de dos semanas, especialmente usuarios de las ciclovías. Para lo cual se utilizó diferentes bases de datos en colectivos de ciclistas como: BiciQuito, Carichinas, Ciclismo Urbano Quito, Biciacción Ecuador, El Sur en Bici, BiciUnion.ec y Cleta Endiablada. Las preguntas están enfocadas en las fuentes de ruidos que más molestan a los usuarios de los tres sectores estudiados.

5.4.1 Movilidad

En la figura 26, se obtuvo el número de usuarios y que tipo de transporte suelen utilizar, los datos indican que el mayor número de encuestados utilizan transporte alternativo (bicicletas) con el 82.9%, seguido por el transporte público que tiene el 73.8% de usuarios que lo ocupan. Se debe mencionar que esta pregunta es de selección múltiple, es decir, se puede escoger más de una opción de respuesta, por ende, se tiene varios usuarios que ocupan más de un tipo de movilización.

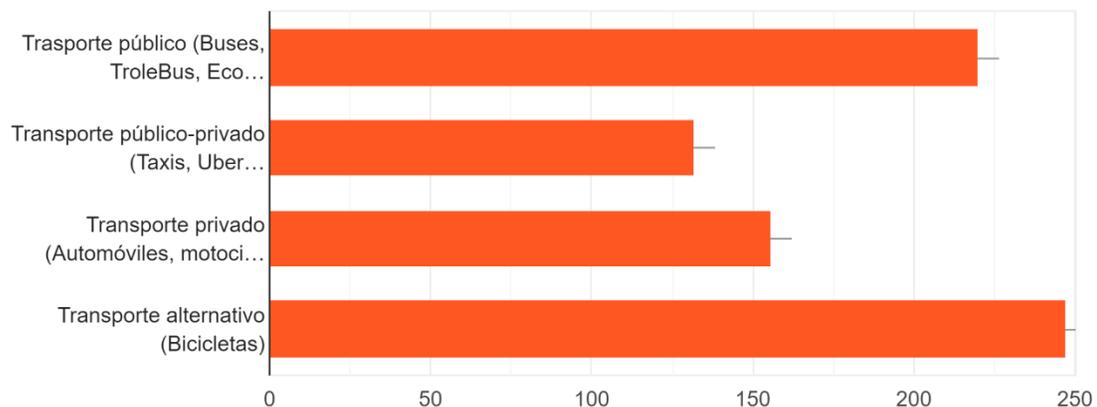


Figura 26. Tipos de transporte.

En la figura 27, se observa la frecuencia de uso de la bicicleta, es decir, cuántas veces a la semana los encuestados utilizan este medio de transporte. Obteniendo como resultado, con el 60.1%, las personas utilizan bicicletas de tres a cinco veces a la semana. Lo que comprueba una tendencia de los ciclistas, los cuales utilizan casi todos los días de la semana para transportarse mediante bicicletas. Y con el menor porcentaje (12.1%) de respuestas no utilizan la bicicleta como medio de transporte.

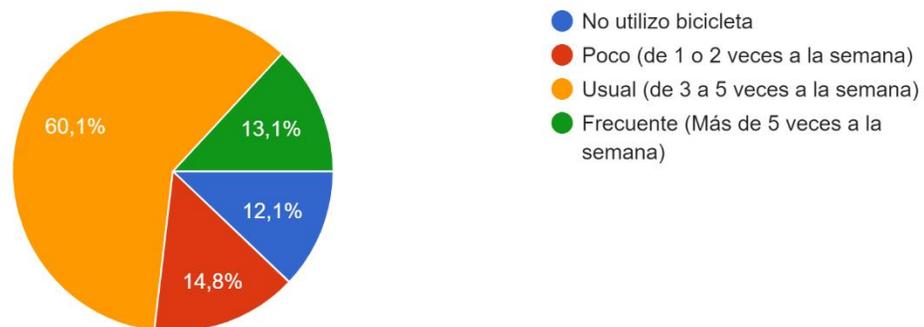


Figura 27. Frecuencia del uso de bicicleta.

Se puede observar en la figura 28, el tiempo que generalmente utilizan sus bicicletas cada día, el cual tiene mayor porcentaje (39.9%) en el rango de 30 a 40 minutos al día; y la menor tendencia de 10 a 20 minutos con el 1.3%.

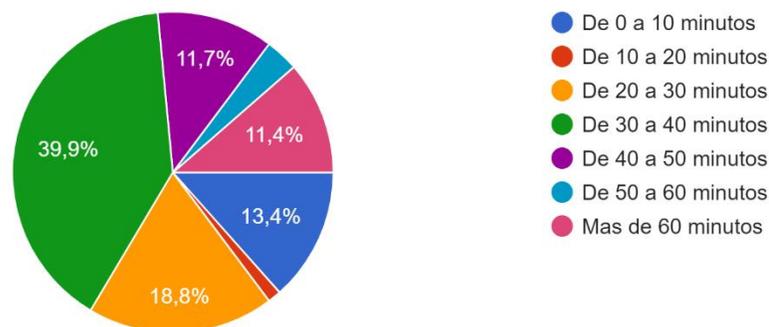


Figura 28. Tiempo de recorrido del ciclista.

En la figura 29, representa la pregunta sobre el uso del sistema BiciQuito que implementó el Municipio de Quito, donde el mayor número de encuestados afirma que si ocupa dicho sistema, con el 64.4%, marcando una tendencia hacia la utilización de otros medios de transporte para recorrer la ciudad.

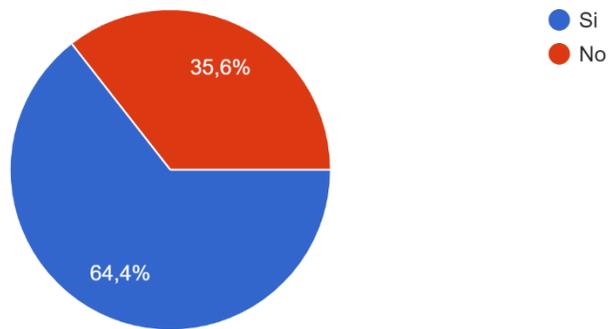


Figura 29. Usuarios BiciQuito.

La figura 30 presenta datos de la frecuencia con la que utilizan del sistema BiciQuito, el cual marca la tendencia a que las personas ocupan frecuentemente el sistema, con el 42.6 %. Cabe recalcar que la respuesta número seis con la opción “no aplica”, es para las personas que no utilizan este sistema.

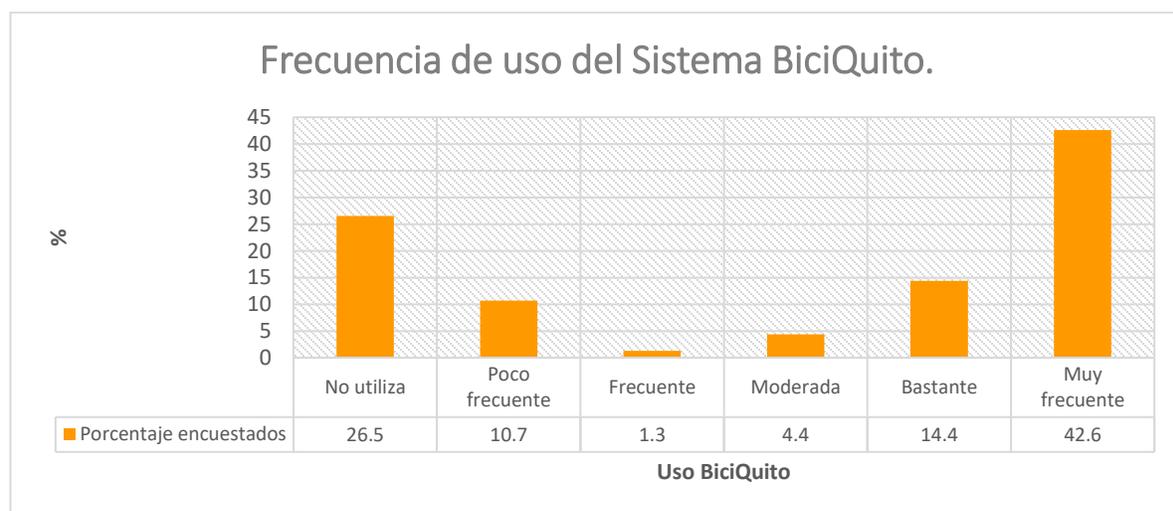


Figura 30. Frecuencia de uso del Sistema BiciQuito.

5.4.1 Molestias subjetivas

En la figura 31, se puede observar una valoración de diferentes problemáticas de los usuarios que utilizan la bicicleta como medio de transporte (1 menos molesto – 5 muy molesto).

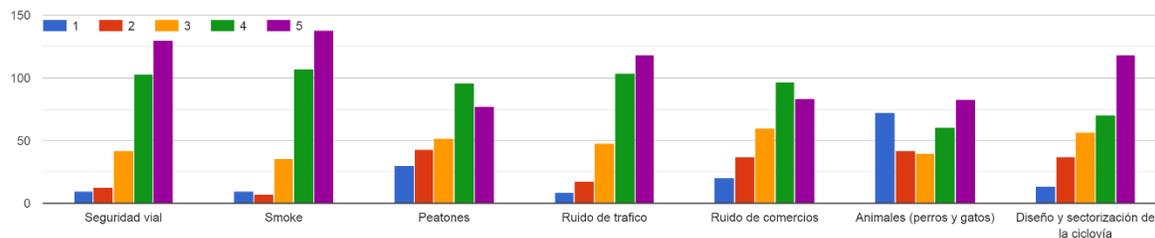


Figura 31. Nivel de molestias.

La seguridad vial es identificada como un problema muy molesto (total 78.2%) para los encuestados. Con respecto al smog, se identifica como el problema más molesto (con un total de 82.2%) para los encuestados. La siguiente molestia evaluada, son los peatones, la cual indica que es un problema moderadamente molesto (total 58.1%) de los evaluados. Con respecto al ruido de tráfico, muestra la tendencia al problema de muy molesto (con un total de 74.8%) de los encuestados. Otro de los factores propuestos es el ruido por comercios, este se refiere a ruido causado por tiendas, restaurantes y otros, los cuales utilizan altavoces; se identifica como un problema bastante molesto (total 60.7%) de los evaluados. Llama la atención, que la molestia generada por los animales tiene el 27.9% de los encuestados responden muy molesto, pero el 24.2% responde poco molesto. Finalmente, se observa el resultado del diseño y sectorización de las ciclovías, el cual indica que es un problema moderadamente molesto para los ciclistas, con el 63.8%.

En la figura 32, se analiza el ruido de diferentes fuentes a los encuestados, la tendencia indica que la mayor molestia producida por el ruido es provocada por

buses con el 82.2% encuestados los cuales consideran muy molesto. Seguido de las molestias por automóviles, motos y bocinas de vehículos los cuales presentan el 75.6% de los encuestados que respondieron muy molesto. Después, las molestias ocasionadas por pirotecnia y silbatos de los agentes de tránsito con el 65.3% de los ciclistas, respondió moderadamente molesto. Y para finalizar, la música de locales comerciales y las discotecas generan el 52.7% como muy molestos para los encuestados.

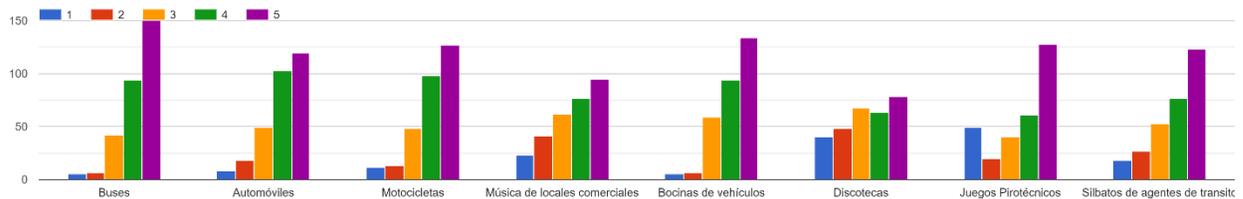


Figura 32. Fuentes de ruido.

En la figura 33, se presentan los resultados a la pregunta: de cuales afecciones perjudican la salud de los ciclistas al recorrer las ciclovías. La mayoría de encuestados respondieron "SI" en diferentes porcentajes de las siguientes afecciones: daño auditivo el 92.3%, el estrés el 90.9%, por perdida de atención y concentración el 83.2%, cambio en el estado de ánimo el 81.9 % y problemas de comunicación con un 75.5%. Lo cual demuestra una tendencia que los usuarios de bicicleta creen que el ruido provoca daños de salud.

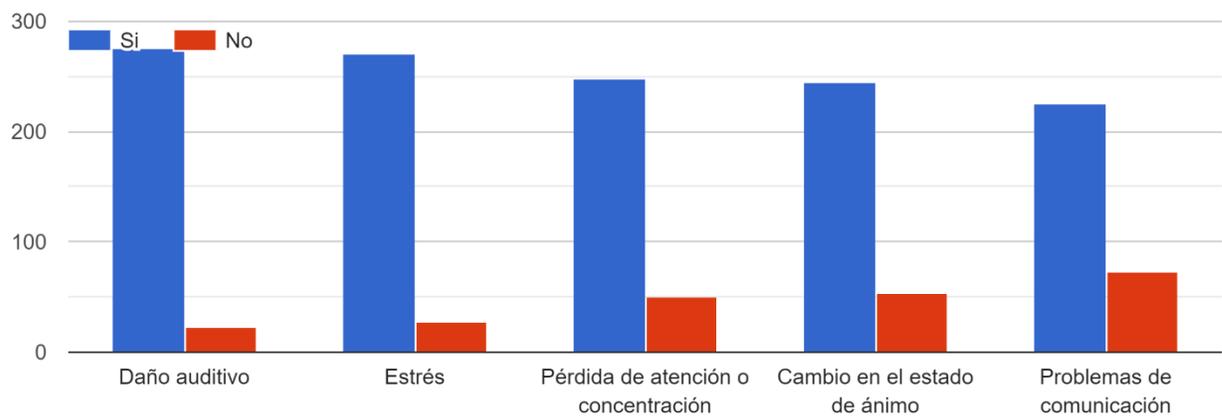


Figura 33. Afecciones de salud y psicosociales.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Para valorar el impacto de ruido se planteó una metodología que consiste en realizar mediciones a través del uso de dosímetros, el cual recolectó el nivel sonoro continuo equivalente (LAeq) de cada sector recorrido, así como también se midió la velocidad, la distancia y el tiempo del recorrido en bicicleta. Además, se realizó el conteo de automóviles, motos y vehículos pesados que circularon por las diferentes vías que por las que se realizó la evaluación durante el tiempo de medición. Posteriormente, se realizó una encuesta a usuarios de las ciclovías, el sistema BiciQuito y colectivos de ciclistas.

El ruido que están expuestos los ciclistas en las rutas de las ciclovías, presentan un nivel sonoro continuo equivalente (LAeq) promedio de 81 dBA en el sector Centro Histórico, 80 dBA en el sector La Mariscal, y 84 dBA en el sector Ñaquito durante un periodo de medición de 20 minutos. Los cuales sobrepasan los 65 dBA, nivel recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). Lo que implica un riesgo de padecer efectos negativos en la salud de los ciclistas al ser expuestos a tiempos prolongados en las ciclovías. Además, los resultados de las encuestas indican que el 84.8% de los ciclistas consideran al ruido un factor negativo con respecto a su salud a la hora de utilizar las ciclovías.

Para el análisis estadístico se tomaron en cuenta los niveles de ruido obtenidos de cada medición por sectores, que al ser comparados a través de la prueba HSD Tukey^a, muestra que el nivel más alto de ruido tiene el sector Ñaquito con 84 dBA. Esto puede deberse a que posee mayor cantidad de flujo vehicular, zonas comerciales y de entidades ministeriales, los cuales son factores que aportan a que el nivel de ruido aumente. Cabe mencionar que en el sector Ñaquito tiene un promedio total de 4250 vehículos (automóviles, motos y pesados) en comparación

con el sector del Centro Histórico con 2190 vehículos, entregando como resultado el doble. Lo que conllevaría un aumento 3 dB en el nivel de ruido.

El mapa de ruido de Quito elaborado por la Universidad de Las Américas, en el sector del Centro Histórico en el que se realizó el recorrido en bicicleta, entregó valores entre 75 dBA y 80 dBA, mientras que en la medición presentó un valor promedio de 81 dBA, el cual es aproximado. Esto puede deberse a que el mapa de ruido considera el tiempo de medición (15 horas horario diurno) y únicamente el ruido de tráfico vehicular. Mientras que la medición registró los niveles de ruido ambiental que incluyen otras fuentes adicionales al ruido de tráfico como el ruido generado por los peatones, locales comerciales, silbatos de los agentes de tránsito, bocinas de los vehículos entre otros. Algo similar ocurrió en el sector Ñaquito donde se obtuvo en la medición un nivel de ruido de 84 dBA, del rango de 75 - 80 dBA obtenido en la ciclovía según los resultados del mapa de ruido. Por otra parte, en el sector de Mariscal Sucre, el valor obtenido de 80 dBA es aproximado con respecto al rango 75 - 80 dBA del mapa de ruido.

Al obtener los resultados de la encuesta, se demostró que el ruido es un factor de molestia en los usuarios de las ciclovías. Por ejemplo, el ruido producido por buses tiene el 82.2% de los encuestados que consideran que es una molestia, seguido del ruido producido de automóviles y motocicletas con un promedio de 75,2%, finalmente, el ruido ambiental producido por bocinas, silbatos de los agentes de tránsito y ruido por locales comerciales es del 65.3%. Lo que demuestra que el ruido de tráfico es la causa principal de las molestias por ruido. Si bien los niveles de ruido en los sectores estudiados son altos y los encuestados consideran que al estar expuestos en los trayectos tienen efectos negativos psicosociales y salud como el estrés, pérdida de concentración, cambio del estado de ánimo entre otros. El tiempo al que están expuestos los ciclistas es corto, es decir las condiciones de los usuarios en las ciclovías no son perjudiciales en lo que se refiere a la pérdida de la audición.

6.2 Recomendaciones

Con los resultados obtenidos en este estudio se recomienda, revisar el diseño y sectorización de las ciclovías, es decir, reubicar dichas rutas por calles o avenidas menos expuestas al nivel de ruido. Además, de realizar una campaña de concientización acerca del uso excesivo de las bocinas de los vehículos y del mal uso de los silbatos por los agentes de tránsito.

Es importante realizar campañas de prevención dirigidos a ciclistas y usuarios de las ciclovías en la ciudad de Quito acerca del ruido y lo que conlleva a estar expuestos a tiempos prolongados y niveles elevados, es decir, campañas que ofrezcan información acerca de cómo protegerse ante los altos índices de ruido que se presentan en las ciclovías.

Finalmente, que se plantee la creación o se adicione a la normativa nacional que tiene el Ecuador, la evaluación del ruido ambiental, donde involucra otras fuentes que generan ruido a parte del tráfico vehicular y no solo se tome en cuenta fuentes fijas y móviles.

REFERENCIAS

- Agencia Metropolitana de Tránsito. (2017). BiciQuito - ¿Cuáles son las condiciones de uso? Recuperado 19 de julio de 2019, de <http://www.biciquito.gob.ec/index.php/info/cuales-son-las-condiciones-de-uso.html>
- Alonso, J. (2014). Discriminación del estado de la carretera mediante procesado acústico en vehículo. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid. Recuperado 15 de julio de 2019, de http://oa.upm.es/33529/1/JESUS_ALONSO_FERNANDEZ.pdf
- Apparicio, P., Carrier, M., Gelb, J., Séguin, A.-M., & Kingham, S. (2016). *Cyclists' exposure to air pollution and road traffic noise in central city neighbourhoods of Montreal*. *Journal of Transport Geography*, 57, 63-69. <https://doi.org/10.1016/J.JTRANGEO.2016.09.014>
- Ariza, M., & Ojeda, C. (2018). Validación del mapa de ruido de tráfico de la zona urbana del Distrito Metropolitano de Quito. Universidad de Las Américas, Quito. Recuperado 22 de julio de 2019, de <http://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/9281/1/UDLA-EC-TISA-2018-11.pdf>
- BiciQuito. (2017a). BiciQuito - ¿Qué es BiciQuito? Recuperado 17 de julio de 2019, de <http://www.biciquito.gob.ec/index.php/info/que-es.html>
- BiciQuito. (2017b). MAPA-ESTACIONES-BICIQUITO-2017-AMT.jpg (8192x4683). Recuperado 19 de junio de 2019, de http://www.amt.gob.ec/images/1_2017_images/BicicletaPublica/MAPA-ESTACIONES-BICIQUITO-2017-AMT.jpg
- Bravo-Moncayo, L., Chávez, M., Puyana, V., Lucio-Naranjo, J., Garzón, C., & Pavón-García, I. (2019). *A cost-effective approach to the evaluation of traffic noise exposure in the city of Quito, Ecuador*. *Case Studies on Transport Policy*, 7(1), 128-137. <https://doi.org/10.1016/J.CSTP.2018.12.006>
- Carrillo, J. (2015). Consultoría: Actualización del Plan de Manejo de la Calidad del

- Aire 2005 – 2010 INFORME FINAL. Secretaria de Ambiente.
- Chávez, J. (2006). Ruido: Efectos Sobre la Salud y Criterio de su Evaluación al Interior de Recintos. *Ciencia y Trabajo*, 8. Recuperado 25 de julio de 2019, de www.cienciaytrabajo.cl
- Cole, C. A., Carlsten, C., Koehle, M., & Brauer, M. (2018). *Particulate matter exposure and health impacts of urban cyclists: A randomized crossover study*. *Environmental Health: A Global Access Science Source*, 17(1), 1-15. <https://doi.org/10.1186/s12940-018-0424-8>
- De La Rosa, M. R. (2000). Ruido Industrial y Urbano. (T. Gómez & M. Pérez, Eds.) (Paraninfo). Madrid.
- Distrito Metropolitano de Quito. (2007). Ordenanza 213 Capítulo II del Distrito Metropolitano de Quito - Derecho Ambiental Ecuador Sudamérica. Recuperado 19 de junio de 2019, de <http://derecho-ambiental.org/Derecho/Legislacion/Ordenanza-213-Distrito-Metropolitano-Quito-Capitulo-II.html>
- Ecuador Travel. (2017). Ecuador, un destino que debes visitar - Quito. Recuperado 19 de junio de 2019, de <https://ecuador.travel/es/destinos/andes/quito/>
- El Comercio. (2012). El ruido en Quito sobrepasa los niveles tolerables | El Comercio. Recuperado 18 de junio de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/quito/ruido-quito-sobrepasa-niveles-tolerables.html>
- El Comercio. (2017). El parque automotor aumenta y complica más la movilidad | El Comercio. Recuperado 18 de junio de 2019, de <https://www.elcomercio.com/actualidad/aumento-parque-automotor-quito-movilidad.html>
- Hall, E. (2003). La dimensión oculta. Mexico. Recuperado 10 de julio de 2019, de <https://catedrasabugo.files.wordpress.com/2017/06/hall-edward-t-la-dimension-oculta-cap-las-distancias-en-el-hombre-pag-139.pdf>
- Hankey, S., & Marshall, J. D. (2015). *On-bicycle exposure to particulate air pollution: Particle number, black carbon, PM2.5, and particle size*. *Atmospheric*

Environment, 122, 65-73.

<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2015.09.025>

INEC. (2010). Población y Demografía. Recuperado 19 de junio de 2019, de <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

ISO3744. (1994). Determinación de niveles de potencia sonora de fuentes de ruido utilizando presión sonora. Madrid: AENOR.

Johansson, C., Lövenheim, B., Schantz, P., Wahlgren, L., Almström, P., Markstedt, A., Strömgren, M., Forsberg, B., Sommar, J. N. (2017). *Impacts on air pollution and health by changing commuting from car to bicycle*. *Science of the Total Environment*, 584-585, 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.145>

Martínez, A. (2005). Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas, descriptivas y valoración económica. *Revista de Economía y Administración*. Recuperado 11 de julio de 2019, de <https://core.ac.uk/download/pdf/6674192.pdf>

Ministerio de Ambiente, V. y D. T. (2006). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 0627 Del 7 De Abril De 2006, 1-30.

Monestier, J. (2010). Defensa jurídico-civil frente al ruido. Universidad de Granada. Recuperado 25 de julio de 2019, de <http://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/6647/18972779.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Municipio de Quito. (s. f.). Administraciones zonales. Recuperado 20 de junio de 2019, de <http://www.quito.gob.ec/>

Nuñez, J. Y. M., Teixeira, I. P., da Silva, A. N. R., Zeile, P., Dekoninck, L., & Botteldooren, D. (2018). *The influence of noise, vibration, cycle paths, and period of day on stress experienced by cyclists*. *Sustainability (Switzerland)*, 10(7), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su10072379>

Okokon, E. O., Yli-Tuomi, T., Turunen, A. W., Taimisto, P., Pennanen, A., Vouitsis, I., Samaras, Z., Voogt, M., Keuken, M., Lanki, T. (2017). *Particulates and noise exposure during bicycle, bus and car commuting: A study in three*

- European cities. Environmental Research*, 154, 181-189. Recuperado 26 de julio de 2019, de <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2016.12.012>
- OMS. (2014). OMS | Los efectos sobre la salud. *WHO*. Recuperado 11 de julio de 2019, de https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/databases/health_impacts/es/index7.html
- Secretaría de Movilidad. (2014). Municipio del Distrito Metropolitano de Quito Diagnóstico Estratégico-Eje Movilidad. Quito. Recuperado 19 de julio de 2019, de <http://gobiernoabierto.quito.gob.ec/wp-content/uploads/documentos/pdf/diagnosticomovilidad.pdf>
- Segués, F. (2007). Conceptos básicos de ruido ambiental. Recuperado 11 de julio de 2019, de <http://infodigital.opandalucia.es/bvial/handle/10326/720>
- Studio 22. (2014). Ponderación A. Recuperado 16 de julio de 2019, de <https://www.studio-22.com/enciclopedia/ponderacion-a.htm>
- Vega, D., & Parra, R. (2014). Caracterización de la intensidad media diaria y de los perfiles horarios del tráfico vehicular del Distrito Metropolitano de Quito. *Avances en Ciencias e Ingenierías*, 6(2), 2-7. Recuperado 17 de julio de 2019, de <http://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/186/188>

ANEXOS

ANEXO 1: Encuesta

Exposición a ruido de tráfico en ciclistas de Quito

Se está desarrollando una investigación sobre la contaminación acústica a la que se encuentran expuestos los ciclistas. La información de la encuesta es estrictamente confidencial y será utilizada exclusivamente para fines académicos.

*Obligatorio

1. Dirección de correo electrónico *

2. Indique su género *

Marca solo un óvalo.

- Femenino
 Masculino

3. Indique su edad *

Marca solo un óvalo.

- Entre 18 y 25 años
 Entre 25 y 35 años
 Entre 35 y 45 años
 Entre 45 y 55 años
 Entre 55 y 65 años
 Mayores de 65 años

4. Indique su formación académica

** Marca solo un óvalo.*

- Sin estudios formales
 Educación Básica
 Bachillerato
 Educación Superior
 Posgrado (especialización, maestría, doctorado)

5. Indique qué tipos de transporte ocupa para moverse (Puede seleccionar más de una opción) *

Selecciona todos los que correspondan.

- Transporte público (Buses, TroleBus, Ecovia, MetroBus, alimentadores)
 Transporte público-privado (Taxis, Uber, Cabify, etc)
 Transporte privado (Automóviles, motocicletas, scooters)
 Transporte alternativo (Bicicletas)

11. Indique las 3 (tres) estaciones de la biciQ que usa con más frecuencia. (Si no usa ponga No aplica). *

Selecciona todos los que correspondan.

- Estación de Santo Domingo (Esquina de la Plaza de Santo Domingo).
- Estación La Alameda (Entrada del antiguo Banco Central).
- Estación Asamblea Nacional (Diagonal a "Los ceviches de la Rumiñahui).
- Estación IESS (Frente a "Super despensas AKI")
- Estación El Ejido (Frente al Hotel Hilton Colón)
- Estación Universidad Católica (Esquina norte de la PUCE en la Av. 12 de octubre)
- Estación Santa Teresita (50 metros al norte del Banco Delbank)
- Estación Santa Clara (Frente a la parada (Santa Clara) norte del
- Trolebus Estación La Mariscal (Esquina entre Diego de Almagro y
- Reina victoria) Estación Seminario Mayor (Puerta del Seminario Mayor)
- Estación Colegio Militar (Esquina del Hotel Marriot)
- Estación FLACSO (Frente a la puerta de Lavandería MARTINIZING)
- Estación Ministerio de Agricultura
- Estación Las Cámaras (Parque de La Carolina a 50m del Mall El jardín)
- Estación Cruz del Papa (Frente al Ministerio de Educación)
- Estación Portugal (Av. Shyris a 40m de la tribuna de los Shyris)
- Estación Estadio Olímpico (Frente al Quisentro Shopping)
- Estación Plaza de las Américas (Parqueadero secundario C.C. Plaza de las Amencias)
- Estación Administración Zonal Norte (Esquina Municipio Metropolitano Administración
- Norte) Estación Plaza de Toros
- Estación La "Y" (Puerta de la antigua terminal norte del TroleBus)
- No aplica

12. De los siguientes factores, califique del 1 al 5 (1 el menos molesto y 5 el más molesto).

Los tipos de molestias que se encuentra en su recorrido en bicicleta *

Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
Seguridad vial	<input type="radio"/>				
Smoke	<input type="radio"/>				
Peatones	<input type="radio"/>				
Ruido de trafico	<input type="radio"/>				
Ruido de comercios	<input type="radio"/>				
Animales (perros y gatos)	<input type="radio"/>				
Diseño y sectorización de la ciclovía	<input type="radio"/>				

13. **Enfocados a las molestias por ruido indique del 1 al 5 (siendo 1 lo mínimo y 5 el máximo), cómo calificaría la molestia que ocasionan las siguientes fuentes de ruido? ***
Marca solo un óvalo por fila.

	1	2	3	4	5
Buses	<input type="radio"/>				
Automóviles	<input type="radio"/>				
Motocicletas	<input type="radio"/>				
Música de locales comerciales	<input type="radio"/>				
Bocinas de vehículos	<input type="radio"/>				
Discotecas	<input type="radio"/>				
Juegos Pirotécnicos	<input type="radio"/>				
Silbatos de agentes de tránsito	<input type="radio"/>				

14. **De las siguientes afecciones causadas por el ruido, indique las que considera que afecten a su salud ***
Selecciona todos los que correspondan.

	Si	No
Daño auditivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estrés	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pérdida de atención o concentración	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Cambio en el estado de ánimo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Problemas de comunicación	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ANEXO 2: Análisis ANOVA

Tabla 11.

ANOVA Ruido por sector.

ANOVA					
Ruido por sectores					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1164.337	2	582.169	39.877	0.000
Dentro de grupos	5737.476	393	14.599		
Total	6901.813	395			

Tabla 12.

ANOVA Ruido por día.

ANOVA					
Ruido por día					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	915.854	5	183.171	11.934	0.000
Dentro de grupos	5985.959	390	15.349		
Total	6901.813	395			

Tabla 13.

ANOVA Vehículos por sector.

ANOVA					
Vehículos por sector					

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Autos	Entre grupos	1501150.242	2	750575.121	97.325	0.000
	Dentro de grupos	3030838.189	393	7712.056		
	Total	4531988.432	395			
Motos	Entre grupos	1032.136	2	516.068	11.555	0.000
	Dentro de grupos	17552.841	393	44.664		
	Total	18584.977	395			
Pesados	Entre grupos	38608.242	2	19304.121	209.985	0.000
	Dentro de grupos	36128.917	393	91.931		
	Total	74737.159	395			

Tabla 14.

ANOVA Cantidad de vehículos por día.

ANOVA						
Vehículos por día						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Autos	Entre grupos	1355775.723	5	271155.145	33.295	0.000
	Dentro de grupos	3176212.708	390	8144.135		
	Total	4531988.432	395			
Motos	Entre grupos	8182.574	5	1636.515	61.355	0.000

	Dentro de grupos	10402.403	390	26.673		
	Total	18584.977	395			
Pesados	Entre grupos	16410.492	5	3282.098	21.946	0.000
	Dentro de grupos	58326.667	390	149.556		
	Total	74737.159	395			

ANEXO 3: Certificados de calibración



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DOSÍMETRO DE RUIDO

PROCEDIMIENTO:
PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS DE
CLIENTES

Fecha de Implementación: 04/06/2015
Revisión No. 1: 23-01-2019
CÓDIGO: R-60-01-16

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Cliente: UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
Descripción del Equipo: DOSÍMETRO
Modelo: CR:110A
Estándar:
Fabricante: CIRRUS Research Plc

N° SCD0272

Intrínsecamente seguro:
N° DE Serie: CA5702

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:

El instrumento ha sido calibrado bajo los estándares y procedimientos empleados por el fabricante CIRRUS Research Plc, los cuales consideran como referencia las técnicas detalladas en los Estándares Internacionales IEC 61672-1:2002, IEC 61260: 1995, IEC 60942: 1997, IEC 61252: 1993, ANSI S1.4-1983 y ANSI S1.11-1986.

Condiciones ambientales del laboratorio: HR: 63,9% Temp.: 20,6 °C Presión Barométrica: 728,7 mBar

TRAZABILIDAD DEL PATRON:

Calibrador Acústico Brüel & Kjær	Modelo 4226	Número de serie 2952858
Estimación a 95% con nivel de confianza (K=2); incertidumbre +/- 0,10 dB; Referencia 94dB a 1kHz		
Multímetro de Precisión Fluke	Modelo 8845A	Número de serie 2595006
Multímetro de Precisión Fluke	Modelo 8845A	Número de serie 2807005

CALIBRACIÓN ELECTRÓNICA:

Aplica: SI Pasa: SI, luego de realizado ajuste electrónico.

CALIBRACIÓN ACÚSTICA:

Calibración del offset a +/- 0,2 dB : Antes de la calibración -0,8 dB Luego de la calibración +0,0 dB

PARAMETROS	PASA	FALLA
Reset	X	
Cal	X	
Run	X	
Stop	X	
Read	X	

TEST DE BATERIA:

Superan las pruebas realizadas.

Validez del Certificado: 1 AÑO

Lugar y Fecha de Emisión: Quito, 05 de Abril de 2019

Comentarios: Se reemplazó batería (Razón = No soporta carga).

DEGSO CIA. LTDA.
LABORATORIO TÉCNICO
Francisco Barahona

DEGSO CIA. LTDA.
LABORATORIO TÉCNICO
Rodrigo Cahueñas

Realizado por: FRANCISCO BARAHONA Revisado por: RODRIGO CAHUEÑAS Recibido por: UDLA

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cia. Ltda.



Certificado emitido bajo un
Sistema de Gestión de Calidad ISO 9001 vigente

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DOSÍMETRO DE RUIDO

PROCEDIMIENTO:
PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS DE
CLIENTES

Fecha de Implementación: 04/06/2015
Revisión No. 1: 23-01-2019
CÓDIGO: R-60-01-16

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Cliente: UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
Descripción del Equipo: LECTOR DE DOSÍMETROS
Modelo: RC: 110A
Clase 1
Fabricante: CIRRUS Research Plc

N° SCD0274

Clase 2
N° DE Serie: 58589

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:

El instrumento ha sido calibrado bajo los estándares y procedimientos empleados por el fabricante CIRRUS Research Plc, los cuales consideran como referencia las técnicas detalladas en los Estándares Internacionales IEC 61672-1:2002, IEC 61260: 1995, IEC 60942: 1997, IEC 61252: 1993, ANSI S1.4-1983 y ANSI S1.11-1986.

Condiciones ambientales del laboratorio: HR: 63,5% Temp.: 20,4 °C Presión Barométrica: 728,7 mBar

TRAZABILIDAD DEL PATRON:

Calibrador Acústico	Modelo	Número de serie
Brüel & Kjær	4226	2952858

Estimación a 95% con nivel de confianza (K=2); Incertidumbre +/- 0,10 dB; Referencia 94dB a 1kHz

Sonómetro	Modelo	Número de serie
Cirrus	Optimus Red CR:161A	G079550

CALIBRACIÓN ELECTRÓNICA:

No aplica.
Configuración actual del equipo.

PARAMETROS	RANGO PERMISIBLE	CONFIGURACIÓN
Criterion Time (Hours)	8/12/16/18/ hrs	8 hrs
Criterion Level (dB)	80/85/87/90/95 dB	85 dB
Threshold Level (dB)	None/80/85/90	None
Time Weighting	None/Slow	None
Time History	ON / OFF	ON
Exchange Rate (Qx)	Q3 / Q4 / Q5	Q = 5

CALIBRACIÓN ACÚSTICA:

Calibración del nivel sonoro de referencia: 114,0 dB +/- 0,2dB a 1KHz: respuesta de calibración: 114,15 dB $\epsilon = 0,15$ dB

Validez del Certificado: 1 AÑO

Lugar y Fecha de Emisión: Quito, 5 de Abril de 2019

Comentarios: Ninguno.

DEGSO CIA LTDA
SERVICIO TÉCNICO

DEGSO CIA LTDA
LABORATORIO ENT

Realizado por: FRANCISCO BARAHONA Revisado por: RODRIGO CAHUEÑAS Recibido por: UDLA

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cia. Ltda.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE DOSÍMETRO DE RUIDO

PROCEDIMIENTO:
PUESTA A PUNTO DE EQUIPOS DE
CLIENTES

Fecha de Implementación: 04/06/2015
Revisión No.1: 23-01-2019
CÓDIGO: R-60-01-16

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Cliente: UNIVERSIDAD DE LAS AMÉRICAS
Descripción del Equipo: DOSÍMETRO
Modelo: CR:110A
Estándar:
Fabricante: CIRRUS Research Plc

N° SCD0273

Intrínsecamente seguro:
N° DE Serie: CA5694

PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN:

El instrumento ha sido calibrado bajo los estándares y procedimientos empleados por el fabricante CIRRUS Research Plc, los cuales consideran como referencia las técnicas detalladas en los Estándares Internacionales IEC 61672-1:2002, IEC 61260: 1995, IEC 60942: 1997, IEC 61252: 1993, ANSI S1.4-1983 y ANSI S1.11-1986.

Condiciones ambientales del laboratorio: HR: 63,9% Temp.: 20,6 °C Presión Barométrica: 728,7 mBar

TRAZABILIDAD DEL PATRON:

Calibrador Acústico Brüel & Kjær	Modelo 4226	Número de serie 2952858
Estimación a 95% con nivel de confianza (K=2); Incertidumbre +/- 0,10 dB; Referencia 94dB a 1kHz		
Multímetro de Precisión Fluke	Modelo 8845A	Número de serie 2595006
Multímetro de Precisión Fluke	Modelo 8845A	Número de serie 2807005

CALIBRACIÓN ELECTRÓNICA:

Aplica: SI Pasa: SI, luego de realizado ajuste electrónico.

CALIBRACIÓN ACÚSTICA:

Calibración del offset a +/- 0,2 dB : Antes de la calibración -0,6 dB Luego de la calibración +0,0 dB

PARAMETROS	PASA	FALLA
Reset	X	
Cal	X	
Run	X	
Stop	X	
Read	X	

TEST DE BATERIA:

Superan las pruebas realizadas.

Validez del Certificado: 1 AÑO

Lugar y Fecha de Emisión: Quito, 05 de Abril de 2019

Comentarios: Ninguno.

DEGSO CIA LTDA
SERVICIO TÉCNICO

Realizado por: FRANCISCO BARAHONA

DEGSO CIA LTDA
LABORATORIO EMR

Revisado por: RODRIGO CAHUEÑAS

Recibido por: UDLA

Por favor lea y entienda bien los manuales de operación antes de usar los equipos. Para asistencia técnica comuníquese con DEGSO Cía. Ltda.

