



ING. AUTOMOTRIZ

**Trabajo integración Curricular previa a la
obtención del título de Ingeniero en Automotriz.**

AUTOR:

Andrés Santiago Sanafria Bernal

TUTOR:

Ing. Fernando Suárez PhD(c)

Análisis de la incidencia del ruido ambiental en el interior de un bus con carrocería categoría M3 en la ruta del corredor Central Norte del Distrito Metropolitano de Quito con el propósito de disminuir la contaminación acústica.

CERTIFICACIÓN

Yo, Andrés Santiago Sanafria Bernal, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

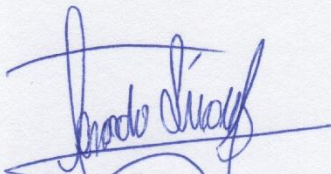
Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de propiedad Intelectual, reglamento y leyes.



Firma Estudiante

Cédula: 1722317169

Yo, Jorge Fernando Suárez Aimacaña DIRECTOR, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo el responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Firma director

Cédula: 1711441509

DEDICATORIA

El presente documento está dedicado para mi familia, quienes son y serán siempre pilar fundamental en cada una de las metas que me he propuesto a lo largo de mi vida, llenándome de valores y virtudes, las cuales han dado forma a la persona que soy.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, mi familia y mi abuelo quienes han sido incondicionales en todas las etapas de mi vida. Acompañándome a lo largo de esta carrera de Ingeniería en Mecánica Automotriz y dándome el apoyo moral y económico que hizo posible el presente documento. Así también quiero agradecer al propietario del bus en el que se realizó la toma de datos, quien nos brindó total apertura para la realización del trabajo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL INTERIOR DE UN BUS CON CARROCERÍA CATEGORÍA M3 EN LA RUTA DEL CORREDOR CENTRAL NORTE DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO CON EL PROPÓSITO DE DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.	7
Resumen	7
Abstract	7
1. Introducción.....	8
2. Marco Teórico	9
2.1 Sonómetro.....	9
2.2 Norma IEC 61672	9
2.3 ISO 1996 - Evaluación del ruido ambiental.....	10
2.4 Carrocería categoría M3	10
2.5 Contaminación acústica.....	10
2.6 Nivel de Presión sonora	10
3. Materiales y métodos	12
3.1 Materiales	12
3.1.1 Muestra	12
3.1.2 Equipo de medición.....	12
3.1.3 Vehículo	12
3.2 Metodología	12
3.2.1 Procedimiento.....	12
3.2.2 Análisis estadístico de los datos recolectados	13
4. Resultados y discusión	13
5. Conclusiones	14
6. Referencias.....	15

ANÁLISIS DE LA INCIDENCIA DEL RUIDO AMBIENTAL EN EL INTERIOR DE UN BUS CON CARROCERÍA CATEGORÍA M3 EN LA RUTA DEL CORREDOR CENTRAL NORTE DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO CON EL PROPÓSITO DE DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN ACÚSTICA.

Ing. Jorge Fernando Suárez Aimacaña. PhD(c)¹, Andrés Santiago Sanafria Bernal²

¹ *Magister en Seguridad y Salud Ocupacional – UISEK, MBA con Mención en Gerencia de la Calidad y Productividad – PUCE, Ingeniero Mecánico – ESPE, josuarezai@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

² *Ingeniería Automotriz - Universidad Internacional del Ecuador, ansanafriabe@uide.edu.ec, Quito – Ecuador*

Resumen

En base a una serie de mediciones realizadas en el interior de un bus con carrocería categoría M3 en la ruta del corredor central norte del DMQ, se obtienen valores de presión sonora filtrada, que posibilitan analizar la situación de exposición al ruido por parte del personal que labora en dichas unidades y de sus ocupantes.

Se resume la normativa vigente sobre el ruido, y se analizan los efectos que produce la contaminación de este fenómeno físico en la salud, tanto sobre la audición como en otros órganos y sistemas del cuerpo humano, en los ocupantes del automotor estudiado. Luego se evalúa la exposición a la cual están expuestos los mismos, para posterior pasar a la detección de los generadores de contaminación acústica, y poder proponer un control de las exposiciones y mejorar la situación presentada, con la aplicación de un plan de acción, que va desde el mantenimiento mecánico de la unidad, pasando por la reducción en la transmisión, complementando con medidas organizativas.

Palabras clave: ruido ambiental, categoría M3, DMQ, contaminación acústica

Abstract

Based on a series of measurements done inside in a M3 body category bus on the north central corridor route (DMQ), dBA values are obtained, which make it possible to analyze the situation of noise exposure by the bus driver and the passengers.

The current regulations on noise are summarized, and the effects produced by the pollution of this physical phenomenon on health are analyzed, that affects the health and well-being of humans and other organisms, in this bus occupants. Then, the exposure is evaluated, to later move on to the detection of those generated by noise pollution, and to be able to propose an exposure control and improve in this case, with an action plan application, which begins with the bus mechanical maintenance, through the reduction in transmission and complemented with organizational measures.

Keywords: ambient noise, M3 category bus, DMQ, noise pollution

1. Introducción

Para hablar del ruido ambiental, se debe iniciar mencionando al sonido, es un fenómeno físico, presente como la vibración que se transmite en el aire por medio de ondas. Normalmente el sonido es una sensación agradable, siempre que se mantenga en niveles normales y no se convierta en una molestia, ya que caso contrario estaríamos hablando de un ruido, que es un sonido no deseado que puede llegar a causar algún tipo de daño. Específicamente, ya desde hace unos 200 años, se sabe que el ruido ocasiona una pérdida de la capacidad auditiva del individuo expuesto, y a pesar de ello, no es habitual la implementación de procedimientos para evitar las mencionadas exposiciones, y más bien se ha generado una “cultura de resignación”, que se ha tornado en arrogarse como ineludibles los efectos nocivos, sin poner un verdadero interés en prevenirlos. (Bernal, 2006)

Todo sonido se presenta a través de vibraciones, y las mismas se transmiten y se manifiestan a través de ondas, las cuales necesitan un medio de transmisión que puede ser sólido, líquido o gaseoso; para nuestro estudio, se toma al aire o de manera general a la atmósfera.

Las ondas tienen diferentes aspectos, y éstas van a depender de la fuente de generación, el medio de propagación, y el receptor.

Dentro del bus de servicio urbano, utilizado para el transporte público de pasajeros, en cual se realizó el estudio, se percibe un nivel de contaminación acústica bastante notoria, debido a las fuentes de generación de ruido propias del automotor, en base a las propiedades resonantes y acústico-conductoras del mismo, y a las fuentes externas propias del recorrido que realiza este medio de transporte.

Las paradas del corredor central norte están administradas por un consorcio privado de transportistas, las mismas que sirven para el abordaje y descenso de pasajeros de las denominadas unidades MetrobusQ.



Figura 1. Paradas del corredor central Norte
Fuente: Diario LA HORA 14 de junio de 2016

Los diseñadores, fabricantes y comercializadores de medios de transporte, tienen la obligación, de manufacturar vehículos que no impliquen un riesgo para la salud de sus ocupantes y, si no son capaces de hacerlo, su responsabilidad es notificar a los usuarios la

existencia de riesgos para que conozcan el peligro y puedan adoptar las medidas de prevención correctas.

Por todo lo expuesto, se hizo necesario el efectuar un análisis de incidencia del ruido ambiental objetivo, que se basó en la medición de los niveles de ruido existentes en el interior de un bus con carrocería categoría M3, en el cuál mediante la investigación estadística de la contaminación acústica

2. Marco Teórico

2.1 Sonómetro

Es un instrumento de medida, integrado por un micrófono, un preamplificador y un sistema de procesamiento y exhibición de resultados. Actualmente tiene una integración mayor, tal es así que, dentro de sus componentes, se cuenta con elementos para almacenamiento de datos y dispositivos de comunicación como ethernet, wifi y procesamiento en paralelo de diversos parámetros. Está fabricado cumpliendo una serie de especificaciones dadas en la norma IEC 61672 o similares, la cual especifica dos clases o tipos de instrumentos Tipo 1 y 2). (Leventhall, 2003)

La idea original, era que las medidas realizadas con éstos instrumentos, representaran o se correlacionaran de alguna manera con la respuesta humana al ruido, por esto la escala de medida, emplea al decibel, como unidad de medida, y la magnitud medida se la conoce como nivel sonoro expresado en dB. Estando relacionado con la respuesta humana al sonido, éste instrumento mide las variaciones de la presión estática en las condiciones en las que se encuentre, siendo capaz de medir, más allá de los intervalos dentro de los que puede ubicarse el sonido, tanto en lo relacionado a la amplitud, que es el umbral de audición o umbral de dolor, como la frecuencia, que es ultrasonido e infrasonido. (Leventhall, 2003)

En resumen, el transductor o micrófono empleado por el sonómetro, ha de ser en principio, un sensor de presión. Dado que el sonido se propaga en el aire, y las propiedades de éste que son densidad y velocidad de propagación dependen de las condiciones ambientales, los niveles de sonido medidos, se verán afectados por la presión atmosférica, la temperatura y la humedad relativa. Es así que el sonómetro cuenta con opciones de configuración, que permiten ajustar su respuesta al tipo de ruido-sonido que se pretende medir, por la que la respuesta temporal puede ser lenta, rápida o impulso. (Leventhall, 2003)

2.2 Norma IEC 61672

“IEC 61672 – Electroacústica – Sonómetros“ es el estándar internacional actual que los sonómetros deben cumplir para satisfacer la mayoría de las normativas modernas. especifica “tres tipos de instrumentos de medición del sonido”: el sonómetro “convencional”, el sonómetro integrador promediado y el sonómetro integrador. (HBK, 2021)

El sonómetro estándar se publica en tres partes.

- *Parte 1 especificaciones*: especifica el rendimiento y la funcionalidad del sonómetro para sonómetros clase 1 y clase 2. (HBK, 2021)
- *Parte 2 Pruebas de evaluación de patrones*: proporciona detalles de las pruebas necesarias para verificar la conformidad con todas las especificaciones obligatorias dadas en IEC 61671-1. Utilizado por laboratorios de pruebas para garantizar que

los instrumentos cumplan con las afirmaciones de los fabricantes. (HBK, 2021)

- *Parte 3 Pruebas periódicas*: describe los procedimientos para las pruebas periódicas de los sonómetros de conformidad con los requisitos de clase 1 o clase 2 de IEC 61671-1: 2002. (HBK, 2021)

Define la terminología básica, incluido el parámetro de nivel de calificación central y describe las mejores prácticas para evaluar el ruido ambiental. (HBK, 2021)

2.3 ISO 1996 - Evaluación del ruido ambiental

ISO 1996 “Acústica – Descripción y medición del ruido ambiental” es un estándar central dentro de la evaluación del ruido ambiental, que actúa como un trabajo de referencia sobre el tema y es comúnmente referido por los estándares y regulaciones regionales. (HBK, 2021)

ISO 1996 se divide en dos partes:

- *Parte 1 2012*: Cantidades básicas y procedimientos de evaluación.
- *Parte 2 2017*: Determinación de los niveles de presión acústica

2.4 Carrocería categoría M3

Estructura que se acondiciona al chasis de forma fija para vehículo destinado al transporte de pasajeros, con un espacio interno para la circulación de pasajeros (corredor central). El número de plazas puede ser hasta 90. (INEN, 2012)

2.5 Contaminación acústica

Se define como la presencia en el ambiente de ruidos y vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que apliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. (European, 2015)

2.6 Nivel de Presión sonora

Se conoce que el oído humano es capaz de percibir aproximadamente presiones sonoras desde un mínimo de micro pascales (que es el umbral de audición) hasta 200 pascales (que corresponde al umbral del dolor). Por lo que manejar dicho rango tan amplio, resulta incómodo, y es habitual utilizar una escala logarítmica relativa, cuya unidad es el decibelio (dB) (Bernal, 2006). La definición de esta escala es:

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

EC. (1-1)

Siendo:

L_p el valor del nivel de presión sonora, expresado en dB

p la presión sonora expresada en pascales

p_0 un valor constante que equivale a 20 micro pascales (20×10^{-6} Pa)

Con una escala, en la cual el valor mínimo de la sensibilidad auditiva humana corresponde

a un nivel de presión sonora de 0 dB y el umbral del dolor (200 Pa) resulta ser de 140 dB.

A continuación, la tabla con los valores correspondientes de presión sonora y nivel de presión sonora con ejemplos típicos.

Tabla 1:
Valores correspondientes entre Presión sonora y Nivel de presión sonora

EJEMPLOS	Presión sonora p(Pa)	Nivel de presión sonora L_p (dB)
Umbral del dolor	200	140
Despegue de avión	20	120
Martillo neumático	2	100
Calle ruidosa	0.2	80
Oficina general	0.02	60
Habitación en silencio	0.002	40
Cámara anecoica	$20 \cdot 10^5$	20
Umbral de audición	$20 \cdot 10^6$	0

Nota. Fuente: (Bernal Dominguez, Castejón Vilella, Cavallé Oller, & Hernandez Celleja, 2006)

SALUD Y NIVELES DE RUIDO

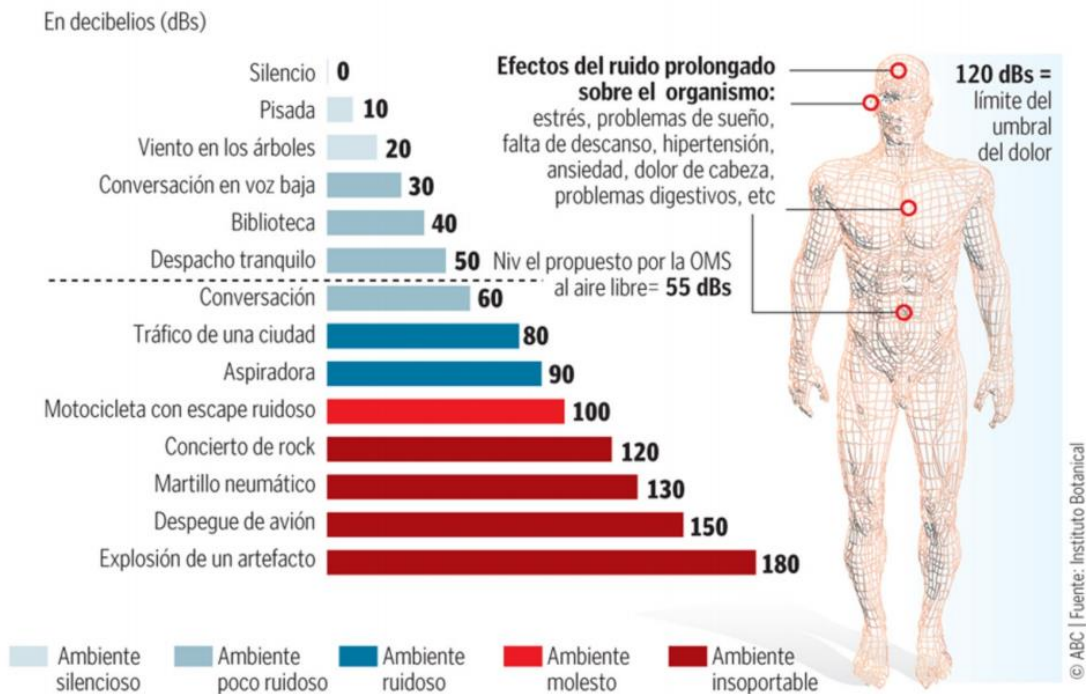


Figura 2. Salud y niveles de ruido

Fuente: PASATE A LO ELÉCTRICO. La contaminación acústica y la importancia del vehículo eléctrico. <https://pasatealoelectrico.es/2017/11/01/contaminacion-acustica-y-vehiculo-electrico/>

En el artículo 55 del Decreto Ejecutivo 2393, referente a Ruidos y Vibraciones, específicamente en su séptimo punto, señala que “para el caso del ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles dB con el Filtro “A” (dBa), en posición lenta que se permitirán, estarán relacionados con el tiempo de exposición según la siguiente tabla (PROSIGMA, 2021):

Tabla 2:
Niveles sonoros permitidos

Nivel sonoro/dB (A-lento)	Tiempo de exposición por jornada de trabajo/hora
85	8
90	4
95	2
100	1
110	0.25
115	0.125

Nota. Fuente: Decreto Ejecutivo 2393, 1986

3. Materiales y métodos

3.1 Materiales

3.1.1 Muestra

Un total de 156 buses pertenecientes en 16 rutas alimentadoras y una transversal conforman el corredor central norte en el Distrito Metropolitano de Quito, de las cuáles se eligió una específica, tomando en cuenta la facilidad brindada por su dueño; en la cual se registraron un total de 3747 mediciones desde las 07:07:42 en que inició su recorrido cargado de pasajeros, hasta las 19:46:16, hora en la que termino su último viaje, el día 13 de agosto de 2021. Cabe recalcar que, para el análisis estadístico, se tomaron el total de los registros recolectados, ya que la prueba se realizó por un solo día, al tratarse de un equipo de medición de ruido alquilado.

3.1.2 Equipo de medición

Para el desarrollo del presente análisis, se empleó un sonómetro marca BSWA TECH, modelo BSWA 309, que cuenta con la calibración realizada en marzo de 2021.

3.1.3 Vehículo

Se trata de un bus con carrocería categoría M3 en la ruta del corredor central norte del DMQ, en el cuál se recolectan datos como el registro de la hora en la que se inició la medición, la jornada de trabajo, las distintas paradas a lo largo de la ruta, además los datos del conductor y controlador, ya que de ser negativos los resultados, se debería proceder a un chequeo médico de los mismos.

3.2 Metodología

Para la consecución de este proyecto, la información se la obtuvo mediante el método bibliográfico experimental.

El estudio se realizó en la república del Ecuador, provincia de Pichincha, en la ciudad de Quito a 2800 msnm, corredor central norte en el Distrito Metropolitano de Quito, a una presión atmosférica de 1028 hPa., y una temperatura de 13°C.

3.2.1 Procedimiento

Un análisis y reconocimiento previos, evidencian, que existen algunas fuentes que generan ruido hacia el interior del automotor, y éstas son: el motor, el escape, el pito, el sistema de frenos, la suspensión, la apertura y cierre de las puertas durante la carga y descarga de pasajeros, las partes metálicas, plásticas, tapicerías, etc., que se no se encuentran fijas a lo largo del automotor, y que durante el recorrido del bus y por efecto de la vibración debido a los esfuerzos dinámicos y al estado de las vías por donde circula, generan todo tipo de ruido en los diferentes bandas, principalmente las de alta frecuencia, las mismos que son nocivas para el sistema auditivo.

3.2.2 *Análisis estadístico de los datos recolectados*

Al realizarse las mediciones con la utilización de un sonómetro que entrega las mismas en decibelios ponderados (dBA), que es la unidad de nivel de ruido medido con un filtro, que previamente retira la parte de las bajas y muy altas frecuencias. Por lo que se procede a realizar directamente los cálculos estadísticos para determinar el comportamiento del ruido, en el interior de la unidad de estudio. Primero calcula el promedio de los valores obtenidos, para obtener el nivel de ruido promedio, para luego proceder al cálculo de la estimación promedio, el mismo que se interpreta como un promedio sobre la población total de mediciones. Posterior con la curva de percentiles, nos indica el porcentaje de mediciones en cada uno de los rangos, para de ésta manera verificar, cuáles son los valores que superan los límites permisibles, a lo largo del tiempo

4. Resultados y discusión

Luego de realizar las mediciones respectivas el día 13 de agosto de 2021, desde las 07:07:42 hasta las 19:46:16, en el interior de un bus con carrocería categoría M3, contabilizando y promediando las 3747 mediciones realizadas, en intervalos de 5 segundos cada una, considerándose éste un día normal de actividades laborales, se obtuvo un nivel de ruido promedio de 76.49 dBA, con una desviación estándar de 3.56. La estimación está afectada por un promedio menor a 0.5 dBA con una probabilidad del 99%.

Por lo que la interpretación acerca del valor promedio sobre el número total de mediciones registradas durante un día de labores. Los percentiles obtenidos, denotan que:

- el 51% de las unidades supera los 70 dBA,
- el 25% de las unidades supera los 80 dBA,
- el 10% de las unidades supera los 85 dBA,

Tabla 3:
Niveles correspondientes a diferentes ruidos vehiculares

Item	Promedio (dBA)	El 50% supera dBA
Regulación	70	70
Aceleración $\frac{3}{4}$	88	88
Pito	82	81
Puertas	81	80
Frenos	83	76

Nota: Sanafria, Adaptado de la toma total de datos de las mediciones del 13 de agosto de 2021, bus con carrocería M3

5. Conclusiones

De acuerdo al análisis estadístico, se puede evidenciar, que el ruido dentro del vehículo estudiado, no llega a superar los 85 dBA, salvo en casos puntuales, que denotan picos, que no superan el tiempo de exposición recomendado, y por la secuencia de mediciones, son agentes instantáneos que generan estas mediciones. Por lo que la unidad específica analizada no representa un peligro inminente, para sus ocupantes. Recalcando que para la fecha de la prueba existía una restricción de ocupación de las unidades de servicio público con un aforo del 50%, que podría ser considerado un factor importante a considerarse en los datos obtenidos, ya que no solamente inciden en el bajo ruido generado por conversación entre los ocupantes, sino también en el peso al cuál esta aplicada la unidad de transporte, lo que podría disminuir los sonidos en su estructura.

No se utilizan los mapas de ruido ni estudios de impacto ambiental existentes para el DMQ, ya que no existe documentación actualizada, puesto que la mayoría de trabajos realizados fueron en fechas fuera de pandemia. Hay que tomar en cuenta que a causa del Covid-19, se implantaron medidas de restricción vehicular y peatonal.

Dentro de la normativa ecuatoriana, no hay un documento relacionado directamente con la medición de ruido dentro de vehículos, por lo que lo más cercano es el Decreto ejecutivo 2393, el mismo que fue publicado el 17 de noviembre de 1986 y no ha sido modificado hasta la fecha, convirtiéndose en un referente para la salud ocupacional en Ecuador, y en el cuál se describen para ruido continuo, los niveles sonoros, medidos en decibeles por jornada/hora. Por lo que es necesario apearse a normativa internacional. Ya que como lo indica la legislación, si no hay normativa local, se pasa a la regional, continental, hasta llegar a la mundial, siguiendo ese orden. Normas como la NTE INEN 2666, se refieren al método de ensayo para la medición de ruido emitido por vehículos en estado estacionario. Dado que existe normativa para medir ruido ambiental desde los vehículos hacia el medio ambiente, pero no desde el medio ambiente hacía el interior del vehículo, añadiéndose lo producido por el vehículo, hasta llegar al usuario, por lo que una propuesta interpretativa en base a documentos y estudios de higiene industrial, serían de gran aporte para poder lograr el confort acústico en ocupantes de los diferentes medios de transporte.

6. Referencias

A. (s.f.).

Bernal Dominguez, F., Castejón Vilella, E., Cavallé Oller, N., & Hernandez Celleja, A. (2006). *Higiene Industrial* (Cuarta ed.). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Bernal Dominguez, F., Catejón Vilella, E., Cavallé Oller, N., & Hernandez Calleja, A. (2006). *Higiene Industrial* (Cuarta ed.). Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Bernal, F. (2006). *Higiene Industrial*. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

Diario la Hora. (14 de Junio de 2016). "*La Hora*" Corredor Central Norte con paradas en mal estado. Obtenido de <https://lahora.com.ec/noticia/1101953843/corredor-central-norte-con-paradas-en-mal-estado>

European, A. E. (2015). Good practice guide on noise exposure and potential. Madrid: Ecologistas en Acción.

HBK, B. &. (abril de 2021). *What is a Sound Level Meter*. (s.f). Obtenido de <https://www.bksv.com/en/knowledge/blog/sound/what-is-a-sound-level-meter>

INEN. (2012). *NTE INEN 2656:2012*. Quito.

Instituto Botanical España. (s.f.). *Salud y Niveles de ruido*.

Intituto Ecuatoriano de Seguridad Social. (21 de Diciembre de 2021). *DECRETO EJECUTIVO 2393 REGLAMENTO DE SEGURIDAD Y SALUD DE LOS TRABAJADORES Y MEJORAMIENTO DEL MEDIO AMBIENTE DE TRABAJO*. Obtenido de <https://www.prosigma.com.ec/pdf/nlegal/Decreto-Ejecutivo2393.pdf>

Leventhall, G. (2003). *A Review of Published Research on Low Frequency Noise and its Effects, Food and* . Defra: London.

PROSIGMA. (19 de 12 de 2021). Obtenido de Decreto Ejecutivo 2393. Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo <https://www.prosigma.com.ec/pdf/nlegal/Decreto-Ejecutivo2393.pdf> (www.prosigma.com.ec)

ANEXOS

Calculo en hojas de Excel
[tesis\dbA.xlsx](#)

