



Powered by
Arizona State University

INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

**Proyecto previo a la Obtención del Título de Ingeniero
Automotriz**

Autor: Patricio Israel Alvarado González

Tutor: Ing. Fernando Gómez Berrezueta

**Estimación de la Reducción de Ruido en la Zona Norte de
Guayaquil Influenciado por el Uso de Vehículos Eléctricos**

Certificado de Autoría

Yo, Patricio Israel Alvarado González, 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.

Patricio Israel Alvarado González

C.I: 0750257305

Aprobación del Tutor

Yo, Fernando Gómez Berrezueta certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Fernando Gómez Berrezueta, MsC.

Director de Proyecto

Dedicatoria

Este proyecto va dedicado a toda mi familia, quienes me guiaron y enseñaron que el mejor conocimiento que se puede tener es el que se aprende por sí mismo. Dedico a mis amigos y en especial a Dios por ser mi apoyo y guía en todo momento

Patricio Alvarado

Agradecimiento

Mi agradecimiento va en primer lugar a Dios por permitirme finalizar este proyecto y deseo agradecer sinceramente al Ing. Fernando Gómez como mi tutor, mentor y amigo. Más que asistirme en los aspectos prácticos, técnicos y teóricos de mi investigación fue un guía.

Agradezco a mis amigos y especialmente a mis compañeros de casa por permanecer interesados y solidarios, y por darme muchas, muchas cosas para disfrutar fuera cada

actividad realizada.

Muchas gracias!!!

Índice General

Certificado de Autoría.....	iii
Aprobación del Tutor.....	iv
Dedicatoria.....	v
Agradecimiento.....	vi
Índice General.....	vii
Índice de Tablas.....	xi
Índice de Figuras.....	xii
Resumen.....	xiv
Abstract.....	xv
Capítulo I.....	1
Antecedentes.....	1
1.1 Tema de Investigación.....	1
1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema.....	1
1.2.1 Planteamiento del Problema.....	3
1.2.2 Formulación del Problema.....	7
1.2.3 Sistematización del Problema.....	7
1.3 Objetivos de la Investigación.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7
1.3.2 Objetivos Específicos.....	7
1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación.....	8
1.4.1 Justificación Teórica.....	8
1.4.2 Justificación Metodológica.....	8
1.4.3 Justificación Práctica.....	10
1.4.4 Delimitación Temporal.....	11
1.4.5 Delimitación Geográfica.....	11

1.4.6	<i>Delimitación del Contenido</i>	11
1.5	Hipótesis	12
1.6	Variables de Hipótesis	12
1.6.1	<i>Variables Independientes</i>	12
1.6.2	<i>Variables Dependientes</i>	12
Capítulo II.....		13
Marco Referencial.....		13
2.1	Marco Teórico.....	13
2.1.1	<i>Conceptos Preliminares</i>	14
2.1.2	<i>Ruido en las Zonas Urbanas</i>	16
2.1.3	<i>Normativa Internacional Sobre el Ruido de los Vehículos de Carretera</i>	16
2.1.4	<i>Peligro de los Vehículos Silenciosos</i>	17
2.1.5	<i>Vehículos Eléctricas y la Reducción del Ruido</i>	18
2.2	Marco Conceptual.....	19
2.2.2	<i>Consecuencias Nocivas del Ruido</i>	21
2.2.3	<i>Categorización de Ruido</i>	23
2.2.4	<i>Medición del Ruido</i>	24
2.2.5	<i>El Entorno Acústico Urbano</i>	25
2.2.6	<i>Variación del Nivel de Ruido y su Relación con el Tipo de Vehículos</i>	25
2.2.7	<i>Fuentes de Contaminación Acústica</i>	26
2.2.8	<i>Vehículos de Tráfico</i>	27
2.2.9	<i>El Ruido de Automóvil Normal</i>	27
2.2.10	<i>Vehículos Eléctricos</i>	28
2.2.11	<i>Umbrales de Ruido de Protección de la Salud</i>	28
Capítulo III.....		30

Determinación del Ruido Emitido por Vehículos en Aceleración.....	30
3.1 Importancia del Control del Ruido Ambiental.....	30
3.2 Estimación del Nivel de Ruido en Vehículos Eléctricos	30
3.3 Procedimiento de Ensayo.....	31
3.3.1 Posiciones del Micrófono	31
3.3.2 Número de Mediciones	32
3.3.3 Lecturas a Tomarse.....	32
3.3.4 Condiciones del Vehículo	33
3.4 Condiciones de Funcionamiento.....	34
3.4.1 Condiciones Generales	34
3.4 Ruido en un Vehículo Eléctrico	37
3.5 Vehículos para las Pruebas	37
3.5.1 Especificaciones de los Vehículos Elegidos	38
3.6 Sonómetro para Determinación del Ruido en Vehículos.....	40
3.7 Determinación del Ruido en Vehículos	41
3.7.1 Características.....	41
3.7.2 Objetivos del Estudio	42
3.7.3 Metodología.....	43
3.7.4 Zona Seleccionada.....	44
Capítulo IV.....	46
Datos Obtenidos y Análisis de Resultados	46
4.1 Descripción	46
4.1.1 Formato General	50
4.1.2 Toma de Muestras.....	52
4.1.3 La seguridad	52

4.1.4	<i>Calendario</i>	52
4.2	Resultado de las Mediciones.....	52
4.3	Valores de Ruido.....	54
4.3.1	<i>Resultados a 10-20 km/h</i>	56
4.3.2	<i>Resultados a 30-40 km/h</i>	56
4.3.3	<i>Resultados a 50-60 km/h</i>	56
4.4	Análisis de los Resultados	57
4.5	Elaboración de Resultados	57
4.6	Estimación del Valor del Ruido a Determinada Velocidad	58
	Conclusiones	59
	Recomendaciones	61
	Bibliografía	62

Índice de Tablas

Tabla 1 <i>Normas ISO/TC 43/SC 1 Directamente Relacionadas con el Ruido Emitido por los Vehículos de Carretera</i>	17
Tabla 2 <i>Valores Umbrales de Ruido</i>	29
Tabla 3 <i>Especificaciones Técnicas del Vehículo Eléctrico</i>	38
Tabla 4 <i>Especificaciones del Vehículo a Gasolina</i>	39
Tabla 4 <i>Datos Obtenidos</i>	53
Tabla 5 <i>Motocicleta Eléctrica</i>	54
Tabla 6 <i>Resultados</i>	56
Tabla 7 <i>Resultados</i>	56
Tabla 8 <i>Resultados</i>	56
Tabla 9 <i>Resultados</i>	58

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Contaminación por Ruido</i>	4
Figura 2 <i>Importancia de Algunos Aspectos durante un Viaje en Moto</i>	6
Figura 3 <i>Emisiones Sonoras de Vehículos con Motor de Combustión (Ordinarios I y II) y Vehículos Híbridos en Modo Eléctrico</i>	15
Figura 4 <i>Variación en el Espectro de Emisión: Ruido de Fondo, Vehículo de Combustión Interna (Verde) y Vehículo Eléctrico (Rojo)</i>	18
Figura 5 <i>Componentes de Ruido del Vehículo</i>	21
Figura 6 <i>Efectos del Ruido sobre la Salud</i>	23
Figura 7 <i>Principales Fuentes de Ruido</i>	26
Figura 8 <i>Posiciones del Micrófono para las Mediciones</i>	32
Figura 10 <i>Identificación de las Fuentes de Ruido</i>	33
Figura 11 <i>Condiciones del Vehículo</i>	34
Figura 12 <i>Determinación del Ruido - Equipo Funcionando</i>	35
Figura 13 <i>Vehículo Skywell</i>	40
Figura 14 <i>Vehículo Vitara</i>	40
Figura 16 <i>Sonómetro</i>	41
Figura 17 <i>Emisión de Ruido en Vehículos Eléctricos</i>	42
Figura 18 <i>Zonas de Alto Tráfico en Guayaquil</i>	43
Figura 19 <i>Proyección del Parque Automotor de Vehículos Eléctricos en Ecuador</i>	45
Figura 20 <i>Equipo de Medición</i>	46
Figura 21 <i>Prueba</i>	47
Figura 22 <i>Zona Norte de Guayaquil</i>	48
Figura 23 <i>Zonas de Tráfico – Usando Waze</i>	49
Figura 24 <i>Zonas de Tráfico – Usando Google Maps</i>	50
Figura 25 <i>Tráfico en la Avenida Las Américas-Zona Norte</i>	50

Figura 26 <i>Vehículo Eléctrico para Pruebas: Skywell</i>	51
Figura 27 <i>Comparación de Valores de Ruido Obtenidos (En la Mañana)</i>	54
Figura 28 <i>Comparación de Valores de Ruido Obtenidos (En el Medio Día)</i>	55
Figura 29 <i>Comparación de Valores de Ruido Obtenidos (En la Tarde)</i>	55

Resumen

La principal fuente de ruido ambiental en las ciudades es la causada por la circulación de vehículos. Es sabido que el tipo y características del vehículo tienen su influencia en los niveles de ruido medidos, y con la incorporación en la circulación de vehículos con propulsión eléctrica, se espera que, en un futuro, se reduzcan los niveles de ruido ambiental. En estos vehículos el propulsor es muy silencioso, el ruido de los neumáticos es la principal fuente de ruido. Distintos estudios apuntan a una reducción del nivel de ruido se produce únicamente para velocidades inferiores a los 50 km/h. En este trabajo se estudian las variaciones de nivel de ruido cuantitativamente a partir de los espectros de ruido medidos, con el objetivo de valorar con más detalle la reducción de ruido que producen los vehículos eléctricos. Se presenta un procedimiento técnico detallado de toma de muestras, obtención de valores y análisis de resultados del nivel de ruido producido por los dos tipos de vehículos en diferentes velocidades, y en función de aquello presentar conclusiones y posibles recomendaciones.

Palabras Clave: Ambiental, Reducción, Ruido, Vehículo Eléctrico.

Abstract

The main source of environmental noise in cities is that caused by the movement of vehicles. It is known that the type and characteristics of the vehicle have an influence on the noise levels measured, and with the incorporation of vehicles with electrical propulsion in the circulation, it is expected that, in the future, environmental noise levels will be reduced. In these vehicles the engine is very quiet, the noise of the tires is the main source of noise. Different studies point to a reduction in the noise level that occurs only for speeds below 50 km/h. In this work, the noise level variations are quantitatively studied from the measured noise spectra, with the aim of assessing in more detail the noise reduction produced by electric vehicles. A detailed technical procedure is presented for taking samples, obtaining values, and analyzing the results of the noise level produced by the two types of vehicles at different speeds, and based on that, presenting conclusions and possible recommendations.

Keywords: Environmental, Reduction, Noise, Electric Vehicle

Capítulo I

Antecedentes

1.1 Tema de Investigación

Estimación de la reducción de ruido en la zona norte de Guayaquil influenciado por el uso de Vehículos Eléctricos.

1.2 Planteamiento, Formulación y Sistematización del Problema

En el presente estudio se visualiza que la contaminación acústica es generada por el automotor que se moviliza en las diferentes calles de la ciudad, las mediciones que se realizan a través de un sonómetro, el cual tiene la función de precisar los datos relevantes de ruido que se presentan en un promedio de 82 dBA.

En 1981, la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. estimó que casi 100 millones de personas en todo el país estaban expuestas cada año al ruido del tráfico lo suficientemente alto como para ser perjudicial para su salud. En ese momento, esto era aproximadamente el 50% de la población de EE. UU.

Muchos factores influyen en qué tan ruidoso es un automóvil en la carretera, incluido su diseño, qué tan rápido viaja y las condiciones físicas de la carretera. En promedio, los automóviles que se mueven a alrededor de 30 mph en las carreteras locales producen niveles de sonido que oscilan entre 33 y 69 decibelios. Ese es el rango entre una biblioteca tranquila y un lavavajillas ruidoso.

Los autos eléctricos e híbridos de gasolina/eléctricos emiten sonidos muy bajos a bajas velocidades porque no tienen motores de combustión interna que produzcan ruido y vibraciones. Para garantizar que los peatones escuchen que se acercan los vehículos eléctricos e híbridos, la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras requiere que estos vehículos emitan sonidos que van desde 43 a 64 decibeles cuando se mueven a menos de

18.6 mph. Cada fabricante utiliza sus propios sonidos de advertencia (Theconversation.com, 2023).

La información pertinente sobre el ruido que presenta la ciudad se la puede controlar a través de un cambio total de la movilidad, dónde se plantea la normativa local que permita reducir la presión sonora para evitar inconvenientes en la salud pública, disminuyendo la contaminación del ruido y a la vez fortalecer el uso de energía renovable con la adecuada distribución y comercialización de vehículos eléctricos.

La contaminación acústica es producto de la cantidad de automotores que se desplazan del sector Norte al sur y viceversa dónde no sé viabiliza la conservación y preservación del medio ambiente, mucho menos se controla el nivel de ruido ocasionado por el automotor. El ruido no es otra cosa que la combinación de diversos sonidos que se producen por la movilidad o desplazamiento de una unidad de transporte que crea una sensación molesta indeseable que a la vez puede producir efectos negativos en la salud, se define que se hace muchos años el ruido se ha convertido en un elemento de contaminación continua en la mayor parte de ciudades céntricas, creando problemas fisiológicos, económicos, sociales y psicológicos.

Estudios realizados por diferentes médicos en el Ecuador señalan que el problema que ocasiona el tráfico vehicular crea acciones negativas en la salud de los ciudadanos, debido al sedentarismo existente y a la dependencia en el manejo de transporte motorizado. En la actualidad según el autor Chávez (2020) señala que la principal fuente de ruido es el tránsito de vehículos que desde los años 70 existe un aumento exponencial ampliando los niveles de ruidos en el exterior del núcleo urbano. El problema se presenta debido a que el ruido que genera El excesivo tráfico en la ciudad de 3000000 de habitantes que según el INEC (2010) mantiene un parque automotor promedio 655 420 unidades.

1.2.1 Planteamiento del Problema

El fundador de Community Noise Lab en la Universidad de Brown señala que el ruido es un importante factor de estrés ambiental que afecta negativamente la salud y el bienestar de todos.

Los autos eléctricos e híbridos gas-eléctricos emiten sonidos muy bajos a bajas velocidades porque no tienen motores de combustión interna que produzcan ruido y vibraciones. Para garantizar que los peatones escuchen que se acercan los vehículos eléctricos e híbridos, la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras requiere que estos vehículos emitan sonidos que van desde 43 a 64 decibeles cuando se mueven a menos de 18.6 mph. Cada fabricante utiliza sus propios sonidos de advertencia (Fastcompany.com, 2022).

La contaminación acústica ha sido reconocida como uno de los principales peligros que afectan la calidad de vida en todo el mundo. Debido al rápido aumento de la tecnología, la industrialización, la urbanización y otros sistemas de comunicación y transporte, la contaminación acústica ha alcanzado a lo largo de los años un nivel preocupante que debe ser estudiado y controlado para evitar diferentes efectos en la salud como presión arterial alta, insomnio, náuseas, ataque cardíaco, depresión, mareos, dolor de cabeza y pérdida auditiva inducida. Para hacer frente a esta situación, diferentes países tienen diferentes estrategias como límites de ruido vehicular y su regulación, chequeo de salud física de los vehículos, diferentes horarios de operaciones para tráfico ruidoso como camiones en la tarde o la noche, y multas por contaminación acústica para vehículos ruidosos. La contaminación acústica es un problema ambiental importante en los grandes centros urbanos. Se produce cuando el sonido cambia la condición normal de la audición en un entorno determinado (Figura 1).

Figura 1*Contaminación por Ruido*

Tomado de: <https://ingenieriaambiental.net/contaminacion-por-ruido-consecuencias/>

Para la Organización Mundial de la Salud (OMS), un ruido de 50 dB ya perjudica la comunicación y, a partir de 55 dB, puede causar estrés y otros efectos negativos. Al alcanzar los 75 dB, el ruido representa un riesgo de hipoacusia (disminución de la agudeza auditiva) si el individuo está expuesto a la misma durante periodos de ocho horas. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el ruido ocupa el segundo lugar después de la contaminación del aire en el impacto que tiene sobre la salud. Entre 2005 y 2014, T&E (Transport and Environment) trabajó a nivel mundial y de la UE para imponer restricciones más estrictas a las fuentes de ruido del transporte, incluidos automóviles, camiones y trenes. Seguimos buscando oportunidades para reducir la contaminación acústica.

Según un estudio reciente, el 25 por ciento de los ciudadanos europeos están expuestos a un ruido medio por encima del umbral establecido por la OMS (55 dB) y el tráfico rodado es su principal fuente. Así, la reducción del ruido del tráfico es fundamental para mejorar la salud

y la calidad de vida de las personas. El 24 de junio, el Foro Mundial para la Armonización de las Regulaciones sobre Vehículos de la UNECE (WP.29) dio un paso significativo hacia el logro de este objetivo al adoptar una revisión integral de la Regulación No. 51 de la ONU sobre el ruido de los vehículos. El Reglamento revisado de la ONU introduce límites de ruido reducidos para los vehículos (turismos, vehículos comerciales ligeros, camiones ligeros y pesados y autobuses) que entrarán en vigor en tres etapas de 2016 a 2024. También introduce un nuevo procedimiento de prueba que refleja de forma más realista el ruido exterior de los vehículos en situaciones típicas de tráfico urbano. El procedimiento de prueba se basa en el rendimiento y no en criterios de diseño. Por lo tanto, puede aplicarse a cualquier tecnología de propulsión actual o futura, incluidos los vehículos de combustión, de pila de combustible, híbridos o eléctricos puros. El Reglamento de la ONU revisado también contiene requisitos para garantizar que los niveles de ruido emitidos por los vehículos en condiciones reales de conducción no se desvíen significativamente de las mediciones de prueba.

La nueva revisión es el resultado de una revisión exhaustiva de las diferentes condiciones del tráfico en todo el mundo y de los vehículos que circulan por una variedad de vías urbanas en Europa y Asia. Para garantizar el reconocimiento geográfico más amplio del Reglamento n.º 51 revisado de la ONU, este aborda, entre otras cosas, categorías específicas de vehículos comerciales disponibles en los mercados japonés y chino.

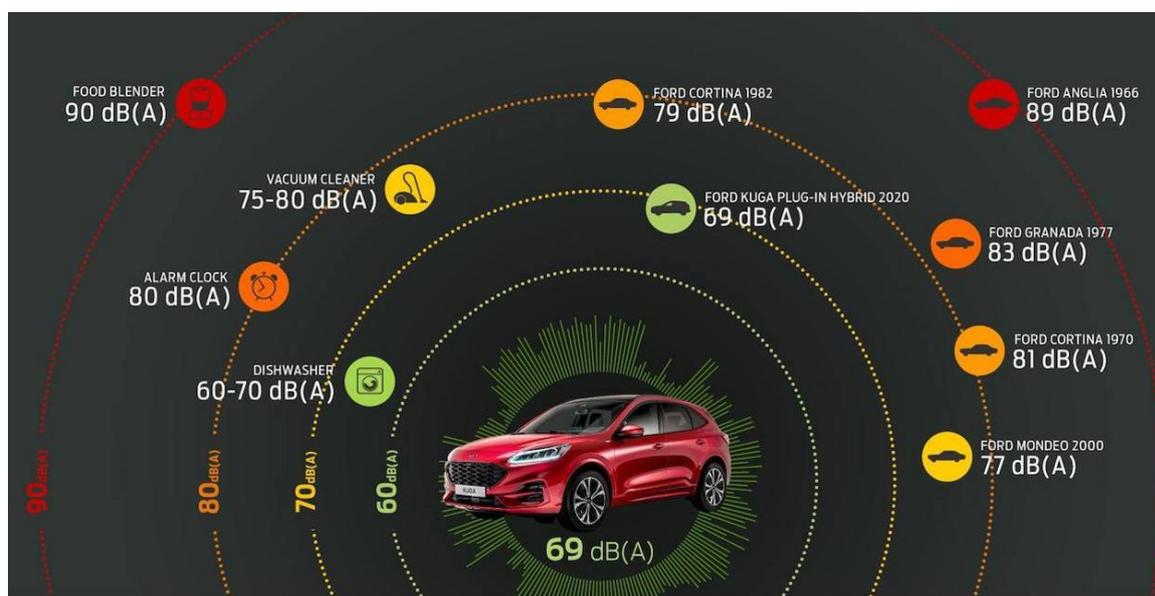
Incluso hoy en día, el silencio de los vehículos eléctricos sigue siendo una pregunta abierta desde un punto de vista científico, punto de vista ambiental y social. Se ha trasladado progresivamente a la arena política debido a las diferentes legislaciones traídas – o bajo consideración – en varias partes del mundo (Estados Unidos Unidos, Europa y Asia en particular). En un frente más amplio, esta pregunta también encarna en su propia manera una de las ideas clave que R.M. Schafer plantea en su obra seminal titulada “The Tuning of the

World” (1) en el que predice un “paisaje sonoro sintético en el que los sonidos naturales son reemplazados cada vez más por artificiales” (Schafer, 2010).

La mayoría de la gente percibe que un sonido es el doble de fuerte que otro cuando, en realidad, es aproximadamente 10 decibelios más alto (Figura 2).

Figura 2

Importancia de Algunos Aspectos durante un Viaje en Moto



Tomado de: https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-estrategia-susurro-para-lograr-coches-mas-silenciosos-202004230154_noticia.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F

En la actualidad los vehículos constituyen la principal fuente de ruido en las ciudades; aproximadamente el 80 % del ruido que se produce en ellas es ocasionado por el tránsito vehicular. Esto debido a que en la década de los sesenta se ha producido un aumento exponencial de los vehículos de transporte y de su utilización, que ha generado un incremento de los niveles de ruido en los ambientes exteriores, principalmente en los núcleos urbanos (Rascón Chávez et al., 2012).

1.2.2 Formulación del Problema

¿Cuáles son los principales efectos del uso de un vehículo eléctrico en la reducción de ruido en las principales ciudades en el Ecuador?

1.2.3 Sistematización del Problema

- ¿Cómo se consideran las bases teóricas referente a la importancia del uso de vehículos eléctricos y la reducción del ruido, además de medir los niveles de perjuicio en la ciudadanía?
- ¿Por qué es necesario el control del ruido con el uso de vehículos eléctricos en la ciudad de Guayaquil según los ciudadanos que la conforman?
- ¿Para qué es necesario el uso de vehículos eléctricos en la disminución del ruido para el cuidado de la salud en los ciudadanos?

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Estimar la reducción de los niveles de ruido debido al uso de vehículos eléctricos en la Zona Norte Guayaquil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Describir las bases teóricas relacionadas con el uso de vehículos eléctricos y la reducción del ruido en el tráfico de la zona norte de Guayaquil.
- Desarrollar el procedimiento de evaluación de niveles de ruido en vehículos a combustión y eléctricos utilizando un sonómetro.
- Evaluar los resultados de los niveles de ruido ocasionados por el tráfico de vehículos a combustión y eléctricos en base a una normativa y procedimiento técnico.

1.4 Justificación y Delimitación de la Investigación

Una vez que se establecen los objetivos de la investigación se continua con la respuesta a la pregunta de por qué investiga a este interrogante. Se obtiene dar respuesta orientado en la perspectiva teórica, metodológica y práctica. Enfocándose a los problemas ambientales del mundo moderno, uno de los más importantes es la contaminación acústica. En la actualidad, la contaminación acústica de los vehículos requiere especial atención en las ciudades densamente pobladas e industriales, ya que existe una tendencia al aumento de las zonas de alto nivel acústico en las ciudades.

1.4.1 Justificación Teórica

La fundamentación teórica del trabajo se basa en investigación de temas relacionados uso de vehículos eléctricos y la reducción del ruido en el tráfico.

Esta investigación sobre el ruido de los vehículos también puede contribuir a nuestra comprensión del impacto de la contaminación acústica en los ecosistemas y el medio ambiente. Esto incluye estudiar los efectos del ruido en el comportamiento del tráfico y tránsito en una ciudad, así como las consecuencias y la perturbación inducidos por el ruido.

Finalmente, la investigación sobre el ruido de los vehículos puede contribuir a nuestra comprensión de los factores técnicos, económicos, culturales y sociales que influyen en la percepción y el manejo del ruido.

1.4.2 Justificación Metodológica

En este caso la metodología planteada consiste en la estimación de la reducción de ruido siguiendo procedimientos técnicos determinados. Hay varias justificaciones metodológicas para la investigación del ruido de los vehículos, que incluyen:

- Estandarización: la investigación del ruido de los vehículos a menudo implica métodos y procedimientos de prueba estandarizados, que garantizan que los resultados sean consistentes y comparables entre diferentes estudios. Esto ayuda a

establecer un lenguaje común y una comprensión del ruido de los vehículos, lo cual es importante para el cumplimiento normativo, la educación del consumidor y la innovación en toda la industria.

- **Medición objetiva:** la medición objetiva del ruido del vehículo requiere equipo especializado y procedimientos de prueba rigurosos. Estos métodos pueden proporcionar datos precisos y confiables sobre los niveles de sonido y las características de frecuencia de diferentes vehículos, que pueden usarse para informar el desarrollo de productos, el cumplimiento normativo y la educación del consumidor.
- **Experimentación controlada:** la investigación del ruido de los vehículos a menudo implica la experimentación controlada, lo que permite a los investigadores aislar los efectos de variables específicas en los niveles de ruido. Por ejemplo, los investigadores pueden estudiar el impacto de diferentes superficies de carreteras, tipos de motores o diseños de silenciadores en el ruido de los vehículos. Esto puede ayudar a identificar las formas más efectivas de reducir los niveles de ruido y mejorar el rendimiento del vehículo.
- **Análisis comparativo:** el análisis comparativo es un aspecto clave de la investigación del ruido de los vehículos, ya que permite a los investigadores comparar los niveles de ruido y las características de frecuencia de diferentes vehículos o componentes. Esto puede ayudar a identificar tendencias, patrones y mejores prácticas, que pueden usarse para mejorar el diseño del producto, reducir la contaminación acústica y mejorar la satisfacción del consumidor.

1.4.3 Justificación Práctica

Esta investigación se efectúa con el objetivo de aplicar estimación de la reducción de ruido en la zona norte de Guayaquil influenciado por el uso de Vehículos Eléctricos.

Hay varias justificaciones prácticas para la investigación del ruido de los vehículos, que incluyen:

- **Salud y seguridad:** el ruido excesivo de los vehículos puede provocar daños auditivos, trastornos del sueño y otros problemas de salud. La contaminación acústica también puede ser un peligro para la seguridad, ya que puede enmascarar sonidos importantes como sirenas de emergencia, señales de advertencia y otras señales auditivas.
- **Preocupaciones ambientales:** el ruido de los vehículos puede tener un impacto significativo en el medio ambiente, lo que incluye contribuir a la contaminación acústica y afectar la vida silvestre. Por ejemplo, la contaminación acústica de los vehículos puede alterar los patrones de reproducción de las aves y otros animales, afectando su supervivencia.
- **Preferencias de los consumidores:** los consumidores pueden estar dispuestos a pagar más por vehículos que sean más silenciosos, más cómodos y menos intrusivos. La investigación puede ayudar a los fabricantes a comprender las preferencias de los consumidores y desarrollar productos que satisfagan estas necesidades.
- **Cumplimiento normativo:** muchos países cuentan con normativas que limitan la cantidad de ruido que pueden emitir los vehículos. La investigación puede ayudar a los fabricantes a diseñar vehículos que cumplan con estas normas y evitar multas o problemas legales.

- Innovación y avance tecnológico: la investigación sobre el ruido de los vehículos puede ayudar a impulsar la innovación y los avances tecnológicos en la industria automotriz. Esto puede conducir a nuevos productos y tecnologías que beneficien a los consumidores y al medio ambiente.

1.4.4 Delimitación Temporal

El trabajo se efectúa desde el mes de diciembre de 2022 hasta marzo de 2023, lapso en el cual se realiza la investigación en función de lograr los objetivos propuestos. Tiempo en el cual se realizan las pruebas y análisis respectivos.

1.4.5 Delimitación Geográfica

El proyecto se realiza en la Zona Norte de la ciudad de Guayaquil, provincia del Guayas, realizando las pruebas respectivas, utilizando un vehículo eléctrico y un vehículo a combustión.

Se realiza las investigaciones en el norte de la ciudad de Guayaquil que es un área piloto donde el tránsito es constante y continuo y se puede establecer un control directo para detectar el ruido existente, y su respectiva comparación con la incorporación de vehículo eléctrico.

1.4.6 Delimitación del Contenido

El primer capítulo se enfoca al establecimiento de los antecedentes y análisis del problema del ruido en vehículos.

El segundo capítulo se refiere al marco teórico y marco conceptual, consta de teorías y los conceptos necesarios para la discusión tales como tipos y niveles de ruido, vehículos eléctricos, procedimientos de medición, normativa.

El tercer capítulo está orientado a describir, desde la teoría y la práctica, el procedimiento de medición de ruido en vehículos eléctricos, considerando los factores determinantes.

El cuarto capítulo se enfoca al análisis de resultados de la estimación de la reducción de ruido en la zona norte de Guayaquil influenciado por el uso de Vehículos Eléctricos.

Para finalizar se presentan las conclusiones y las recomendaciones.

1.5 Hipótesis

La utilización de vehículo eléctrico incide en la disminución del ruido que se presenta en la ciudad de Guayaquil.

1.6 Variables de Hipótesis

1.6.1 Variables Independientes

- Nivel de ruido en la utilización de vehículo eléctrico

1.6.2 Variables Dependientes

- Tipo de vehículo
- Tipo de sonómetro
- Densidad del tráfico

Capítulo II

Marco Referencial

2.1 Marco Teórico

Un sonido se denomina ruido cuando se vuelve continuo y por encima de los límites del umbral de los oídos. Un ruido vehicular es el resultado de la vibración del cuerpo del vehículo más el sonido de funcionamiento del motor. El ruido tiene diferentes tipos, incluido el ruido impulsivo, el ruido continuo, el ruido intermitente y el ruido de baja frecuencia. Todos los tipos de ruido mencionados anteriormente son peligrosos para humanos y animales si se exceden sus límites. El ruido en los vehículos puede ser causado por varias fuentes, incluido el motor, el sistema de escape, los neumáticos, el viento y otros componentes mecánicos. El ruido excesivo puede provocar molestias, distracciones, daños auditivos y otras consecuencias negativas tanto para los conductores como para los pasajeros. Para reducir el ruido en los vehículos, se pueden emplear varias estrategias:

Diseño: los fabricantes de vehículos pueden diseñar vehículos teniendo en cuenta la reducción del ruido mediante el uso de materiales que absorben el sonido, diseños aerodinámicos y otras técnicas para reducir las emisiones de ruido.

Mantenimiento: El mantenimiento regular de los vehículos puede ayudar a prevenir el ruido excesivo causado por componentes desgastados o dañados, como silenciadores, cojinetes y sistemas de suspensión.

Comportamiento del conductor: los conductores también pueden desempeñar un papel en la reducción del ruido en los vehículos, evitando aceleraciones y frenadas agresivas, reduciendo la velocidad en carreteras irregulares y minimizando el uso de las bocinas de los automóviles.

Accesorios para reducir el ruido: existen varios accesorios que se pueden usar para reducir el ruido en los vehículos, incluidos los auriculares con cancelación de ruido, las

películas acústicas para parabrisas y los materiales de insonorización para el interior del vehículo.

Cumplimiento normativo: muchos países tienen normas que limitan la cantidad de ruido que pueden emitir los vehículos, y el cumplimiento de estas normas puede ayudar a reducir la contaminación acústica y mejorar el rendimiento general del vehículo.

Es importante tener en cuenta que, si bien la reducción del ruido es importante, no debe hacerse a expensas de otros factores importantes, como la eficiencia del combustible, la seguridad y el rendimiento general del vehículo. Un enfoque equilibrado que tenga en cuenta todos estos factores es esencial para optimizar el diseño y el rendimiento del vehículo.

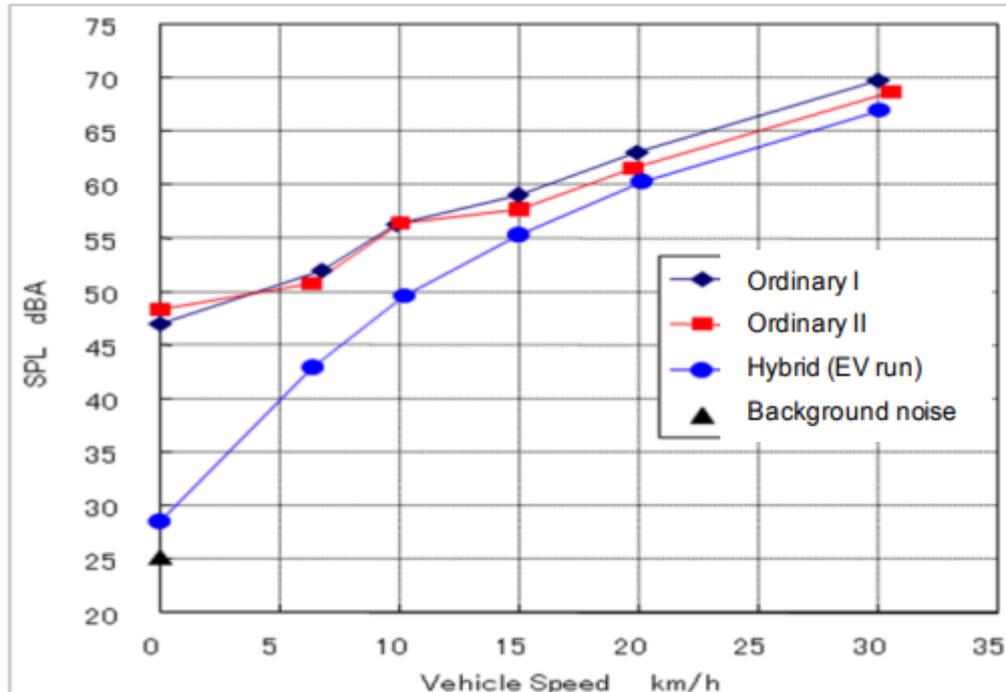
2.1.1 Conceptos Preliminares

Los vehículos eléctricos e híbridos pueden ser muy silenciosos a baja velocidad, lo que dificulta a los peatones detectar su circulación. El nivel sonoro de un vehículo y la percepción resultante del mismo dependen de su velocidad y la distribución entre el ruido producido por los medios de propulsión, el contacto entre los neumáticos y la superficie de la carretera y, a velocidades más altas, ruidos de tipo aerodinámico. Para un vehículo de combustión interna, el motor contribuye significativamente al ruido general producido por el vehículo, especialmente en bajas velocidades.

La figura 3 muestra el nivel de ruido generado por el paso de tres vehículos, según su velocidad. A baja velocidad, la diferencia entre un vehículo con motor y un vehículo eléctrico puede ser significativa (más de 10 dB(A)). Por encima de 20 a 30 km/h, el ruido de los neumáticos en la superficie de la carretera se vuelve dominante y las diferencias se vuelven menos pronunciadas. Esta diferencia a baja velocidad se debe a la baja emisión de sonido del motor eléctrico en comparación con el motor de combustión interna.

Figura 3

Emisiones Sonoras de Vehículos con Motor de Combustión (Ordinarios I y II) y Vehículos Híbridos en Modo Eléctrico



Tomado de: (Wogalter, 2001)

Los vehículos eléctricos presentan el futuro en términos de reducción de la contaminación acústica en las zonas urbanas. Los vehículos eléctricos son más silenciosos, especialmente en comparación con los vehículos con motor de combustión interna. Los vehículos eléctricos a bajas velocidades producen niveles muy bajos de ruido, es decir, en los entornos urbanos actuales, estos vehículos son prácticamente silenciosos e imperceptibles. Por ejemplo, la diferencia en el nivel de ruido entre un vehículo eléctrico y un vehículo con motor de combustión interna puede ser superior a 6 dBA a 10 km/h (Parizet, 2013). A velocidades más altas, ambos tipos de vehículos se vuelven igualmente ruidosos, principalmente debido al ruido de los neumáticos. En las zonas urbanas, para los peatones (especialmente para los grupos vulnerables: niños y personas con discapacidad visual), se vuelve difícil detectar vehículos eléctricos debido a sus niveles de ruido más bajos antes mencionados (Parizet, 2013). Por ello,

es necesario encontrar una solución en forma de señal acústica que emitirán los vehículos eléctricos en los diferentes modos de conducción.

2.1.2 Ruido en las Zonas Urbanas

Ramírez y Domínguez (2011, p. 510) afirman que en las zonas urbanas la principal fuente emisora de ruido ambiental es el transporte vehicular, debido al servicio que presta para la realización de actividades cotidianas, lo cual es característico de las ciudades modernas y conforma una problemática poco atendida en los países en vías de desarrollo. Por su parte, Martínez (2005, p. 2) asegura que el ruido por tráfico se encuentra asociado al incremento de vehículos automotores, impactando la vida de los habitantes; ello es reafirmado por Alfie y Salinas (2017, p. 68), quienes consideran que el ruido ambiental se encuentra asociado al uso de vehículos, los cuales lo generan a través de sus propios “mecanismos, motores y el roce de los neumáticos con el pavimento”.

Para determinar los niveles de emisión de ruido en condiciones reales de conducción, inicialmente establecemos los parámetros que la cabina influye en la emisión de ruido (Ochieng et al., 2004) y luego tomamos una muestra representativa de vehículos y conductores para representar el comportamiento de conducción promedio basado en una ruta que se aproxima condición promedio de conducción en las grandes ciudades (Ericsson, 2000).

2.1.3 Normativa Internacional Sobre el Ruido de los Vehículos de Carretera

Las organizaciones internacionales más importantes que publican normas sobre la medición y el análisis del ruido son la Comisión Electrotécnica Internacional (IEC) y Organización internacional de normalización (ISO). IEC es responsable del diseño de instrumentos para la medición del ruido, mientras que la ISO, como titular de la normalización, es competente en los campos de técnicas de medición, condiciones experimentales, medición parámetros y límites para los resultados de la medición.

ISO y su Comité Técnico 43 - Acústica, Subcomité 1 - Ruido (ISO/TC 43/SC 1) tratan los problemas globales del ruido en 111 normas publicadas y 23 normas actualmente en desarrollo. Las normas ISO/TC 43/SC 1 que están directamente relacionadas con ruido emitido por los vehículos de carretera se describen brevemente en la Tabla 1.

Tabla 1

Normas ISO/TC 43/SC 1 Directamente Relacionadas con el Ruido Emitido por los Vehículos de Carretera

Norma ISO/TC 43/SC 1	Breve descripción
ISO 362-1:2015 - Medición de ruido emitido por la aceleración de la carretera vehículos - Método de ingeniería - Parte 1: Categorías M y N	<ul style="list-style-type: none"> • especifica un método de ingeniería para medir ruido de los vehículos de carretera de las categorías M y N en condiciones típicas de tráfico urbano
ISO 362-2:2009 - Medición de ruido emitido por la aceleración de la carretera vehículos - Método de ingeniería - Parte 2: categoría L	<ul style="list-style-type: none"> • especifica un método de ingeniería para medir ruido de los vehículos de carretera de las categorías L3, L4 y L5 en condiciones típicas de tráfico urbano
ISO 362-3:2016 - Medición de ruido emitido por la aceleración de la carretera vehículos - Método de ingeniería - Parte 3: Pruebas en interiores categorías M y N	<ul style="list-style-type: none"> • especifica un método de ingeniería para medir ruido de los vehículos de carretera de las categorías M y N por utilizando una cámara semianecoica
ISO 5128:1980 - Acústica - Medición del ruido en el interior del motor vehículos	<ul style="list-style-type: none"> • especifica las condiciones para obtener datos reproducibles y comparables de los niveles de ruido y espectros dentro de vehículos de carretera (excluyendo tractores agrícolas y maquinaria de campo)
ISO 16254:2016 - Acústica - Medición del sonido emitido por la carretera vehículos de categoría M y N en parada y funcionamiento a baja velocidad - método de ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> • especifica un método de ingeniería para medir el sonido emitido por las carreteras de categoría M y N principales fuentes de sonido de los vehículos en estado estacionario y condiciones de operación del vehículo a baja velocidad

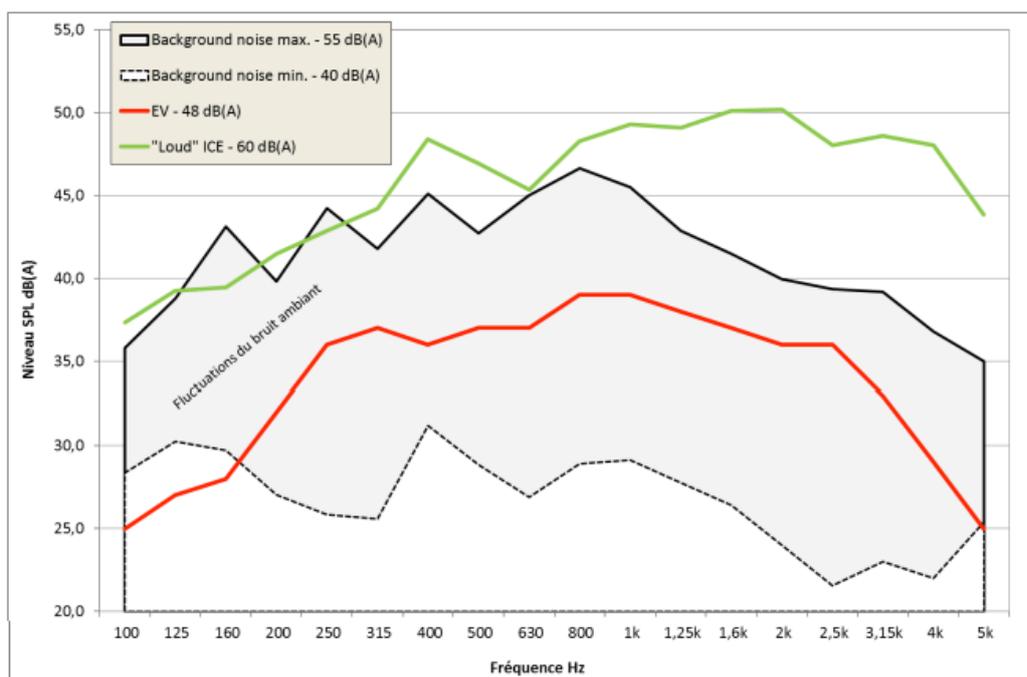
2.1.4 Peligro de los Vehículos Silenciosos

La peligrosidad de los vehículos silenciosos puede establecerse en base a estudios de accidentes o estudios comparando las distancias a las que se pueden escuchar. En determinadas condiciones y a baja velocidad (10km/h), es posible que no se detecte un vehículo eléctrico hasta que se encuentre a menos de 5 metros, mientras que, bajo las mismas condiciones, un

vehículo con motor puede escucharse hasta a 50 metros de distancia (). Considerando todos los datos recopilados, las zonas objetivo-identificadas son aquellas donde los vehículos están parados o moviéndose a baja velocidad (< 20-30 km/h). En estas configuraciones, el enmascaramiento por fondo el ruido es un factor clave. Los niveles de ruido de fondo vinculados a estas zonas se consideran inferiores a 55 dB. Tomando el ejemplo de la Figura 4, un vehículo con un motor es claramente audible arriba ruido de fondo de 55 dB(A) mientras que un vehículo eléctrico no lo es.

Figura 4

Variación en el Espectro de Emisión: Ruido de Fondo, Vehículo de Combustión Interna (Verde) y Vehículo Eléctrico (Rojo)



Tomado de: Misdariis, N., & Pardo, L. F. (2017, August). The sound of silence of electric vehicles—Issues and answers. In InterNoise.

2.1.5 Vehículos Eléctricas y la Reducción del Ruido

Varias de las referencias contenían información sobre la emisión de ruido de turismos de diferentes tipo (eléctrico, híbrido o de combustión) conducido a diferentes velocidades y patrones. El ruido de los vehículos proviene principalmente de la propulsión y el contacto entre

los neumáticos y la carretera. El ruido del neumático/carretera aumenta más que el ruido de propulsión con el aumento de la velocidad.

La velocidad en situaciones de conducción urbana no puede clasificarse como constante en todas las situaciones de conducción; existen aceleraciones y desaceleraciones en las intersecciones, etc. Por lo tanto, la diferencia de ruido entre vehículos de turismo eléctricos y turismos ICE cuando aceleran y deceleran es importante investigar para predecir los efectos de la introducción de turismos eléctricos en áreas urbanas. Solo tres de las referencias relevantes encontradas en la literatura estudiaron el ruido de pasajeros eléctricos y ICE automóviles al desacelerar y/o acelerar. La referencia (Kalisk, 2012) mide una diferencia de 7 dB a unos 8 km/h con aceleración máxima y por encima de 40 km/h hay poca o ninguna diferencia en el nivel de ruido. En la referencia (Garay-Vega, 2010) los autos aceleraron de 32 km/h a 61 m del micrófono. La aceleración era constante, pero no se indica cuál era la constante. La diferencia de nivel de ruido en esta medición de aceleración es pequeña o nula, lo que, en comparación a los resultados de la referencia anterior, es lógico por la alta velocidad al inicio de la medición.

2.2 Marco Conceptual

2.2.1 *El Ruido en la Ciudad*

La contaminación acústica ya se reconoce en todo el mundo como un problema importante para la calidad de vida en las zonas urbanas (Piccolo et al., 2005). La rápida industrialización, comercialización y urbanización que presenciaron muchos países en desarrollo en los últimos años ha dado lugar a un aumento constante del clima de ruido ambiental.

El ruido del tráfico rodado, especialmente en las carreteras, aumenta debido a muchos factores, incluido el ruido generado por el motor de un vehículo, el escape, el contacto entre los neumáticos y la superficie de la carretera y la interacción entre los vehículos en movimiento y el aire que pasa, el estado de la carretera y la gestión del tráfico, la velocidad del vehículo y

el tráfico. composición. (Cohen y McVoy, 1982; Banerjee et al., 2008; Al-Mutairi et al., 2009; Swain et al., 2012). Nulty (1987) revisó que el impacto del ruido del tráfico se debe a la tendencia de mejorar la salida de ruido de las máquinas emisoras de ruido ajustando adecuadamente el silenciador del vehículo.

El entorno siempre ha sido una fuente inagotable de sonidos, variando en volumen desde el canto de un pájaro o el fluir del agua en un río hasta el estruendo de un trueno o un volcán. La serie revela su gama tonal y potencia. Pero sin duda, los entornos urbanos como las grandes ciudades superan claramente a los ejemplos mencionados, ya sea en número de fuentes productivas o en su frecuencia (Clavijo, 2017).

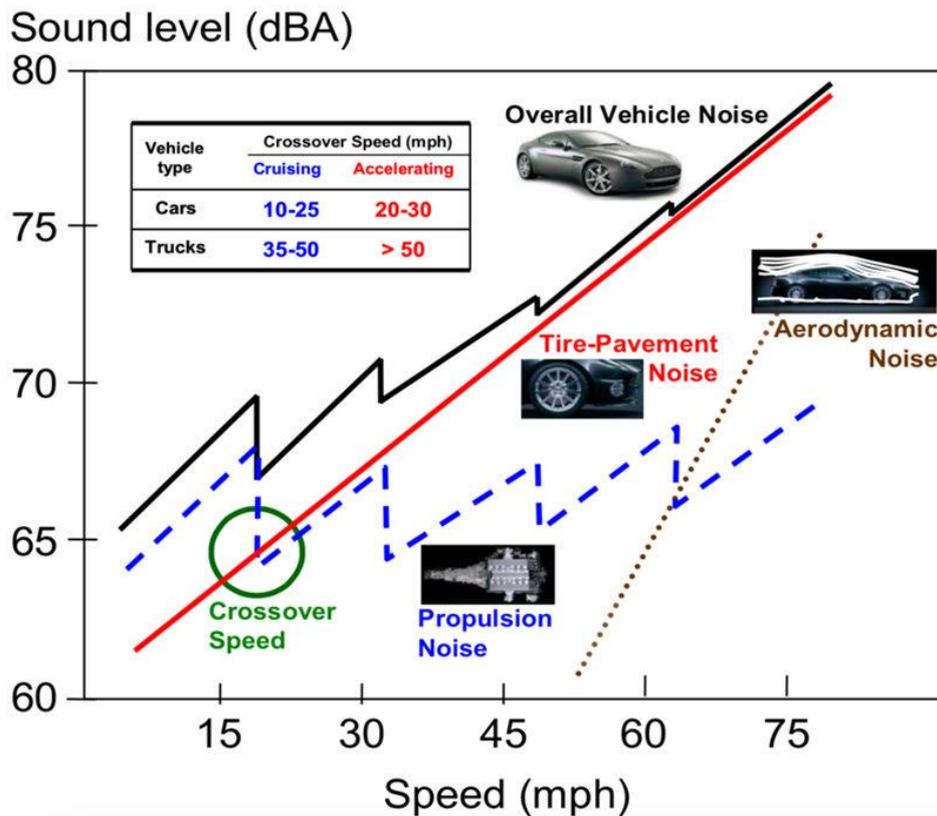
El ruido es consecuencia directa del aumento del número de automóviles en los últimos años y de que las ciudades no fueron diseñadas para soportar estos vehículos con calles estrechas y aceras inadecuadas; precisamente aquellas actividades que se realizan en las grandes ciudades, como servicios de construcción, servicios industriales, de limpieza y gestión de residuos, sirenas y alarmas y actividades de ocio, que provoca el llamado ruido urbano (Guamán, 2019).

Es toda aquella señal no deseada (interferencia) que se interpone entre el transmisor y el receptor de una determinada señal. Relación señal-ruido Los factores principales que controlan la velocidad y la calidad de la transmisión de datos son el ancho de banda y la intensidad de la señal. La potencia juega un doble papel en la transmisión de datos, está relacionada con la calidad y al aumentarla se reduce el efecto del ruido del canal y la información se recibe con mayor precisión o menor incertidumbre. Como con cualquier sistema de comunicación, se debe agregar un factor de ganancia para indicar la calidad de la señal transmitida al usuario (Montes, 2017).

Estas fuentes de ruido contribuyen de manera diferente para una velocidad diferente, como se ilustra en la Figura. 6, incluido el ruido de propulsión, el ruido de interacción neumático-pavimento y el ruido aerodinámico Sandberg (2001).

Figura 5

Componentes de Ruido del Vehículo



Nota. Adaptado de Componentes del ruido del vehículo versus velocidad (fuente de Rasmussen et al., 2007, Fig. 7; reimpresso con permiso del Dr. Robert Otto Rasmussen de The Transtec Group, Inc., EE. UU.)

2.2.2 Consecuencias Nocivas del Ruido

La magnitud del efecto del ruido sobre las personas depende de sus parámetros físicos (frecuencia, intensidad, duración, entre otros) y de las características individuales de cada objeto. Estos efectos pueden ser: daños psíquicos, neurovegetativos y directos.

Los efectos psicológicos pueden incluir:

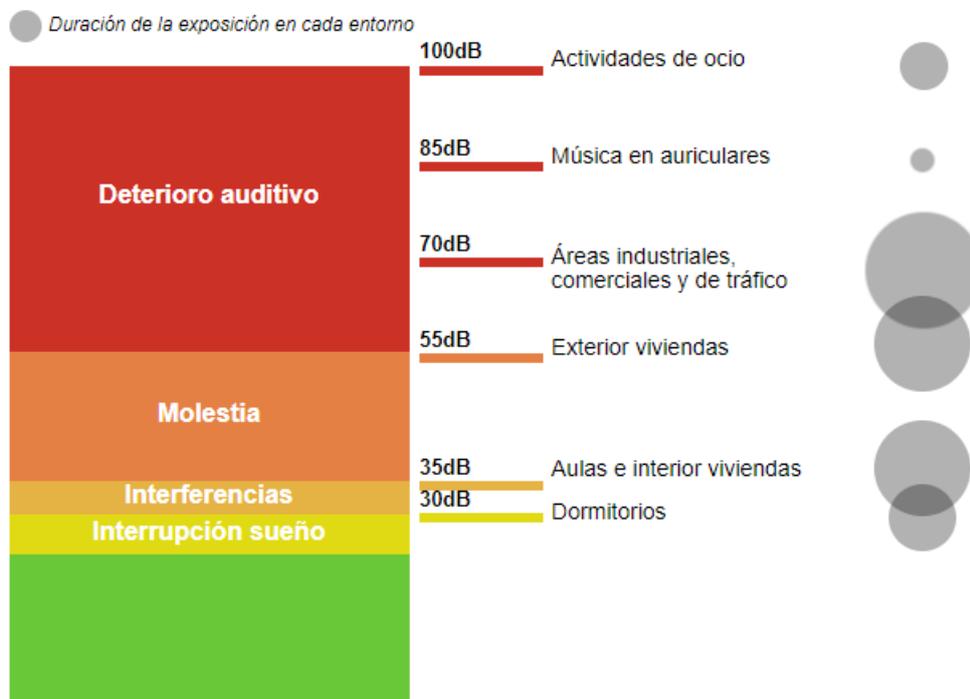
- Irritación.

- Irritabilidad.
- Falta de atención y concentración.
- Dificultad para detectar señales.
- Inexactitudes en las respuestas.
- Dificultades en la comunicación verbal (Guamán, 2019).

El ruido es un factor que afecta negativamente a nuestro organismo (Figura 6), si supera el límite de 50 o 60 decibeles a los que debe estar expuesto nuestro cuerpo, está comprobado que se producen enfermedades a causa del abrumador estímulo sonoro.

- Cambio en el sistema nervioso.
- Alteraciones en el proceso digestivo, cólico.
- Cambios en el cerebro
- Cambios en la tensión muscular y la presión arterial.
- Alteraciones de la frecuencia cardíaca detectables (Medrano, 2017).

El Observatorio Salud y Medio Ambiente DKV Seguros-GAES, en colaboración con la Fundación Ecología y Desarrollo (Ecodes), afirma que el exceso continuado de decibelios incrementa en un 6,6% la mortalidad por causas cardiovasculares en mayores de 65 años y un 4% por causas respiratorias. Son numerosos los estudios experimentales y epidemiológicos que subrayan los efectos del ruido en la salud. Algunos señalan incluso que los europeos pierden hasta 1,6 millones de años de vida saludable, teniendo en cuenta las muertes prematuras y el deterioro de la calidad de vida (Elmundo.es, 2023). La exposición crónica a niveles elevados de ruido en la comunidad crea riesgos significativos para la salud. Estos impactos del ruido en la salud dependen de la intensidad del ruido, de la duración de la exposición y del contexto de la exposición.

Figura 6*Efectos del Ruido sobre la Salud*

Tomado de “El ruido: una amenaza para la salud” El Mundo, 2023 (<https://www.elmundo.es/salud/2016/04/27/571f7504e2704ed1208b4585.html>).

2.2.3 Categorización de Ruido

El ruido tiene diferentes tipos según la intensidad, duración y frecuencia como ruido continuo, ruido intermitente, ruido impulsivo y ruido de baja frecuencia.

- **Ruido continuo:** Significa la misma frecuencia, intensidad y cantidad de ruido que se suministra a las personas y trabajadores durante períodos de tiempo más largos, como el funcionamiento de la maquinaria en la industria textil que tiene la misma cantidad, frecuencia e intensidad durante 6 a 8 horas de un turno de trabajo. Es el ruido el que afecta gravemente a la salud de los trabajadores industriales al provocar desde dolores de cabeza hasta presión arterial alta y otros problemas cardíacos.
- **Ruido intermitente:** Es el que puede ocurrir a intervalos regulares o irregulares es intermitente. Este tipo de ruido incluye todo el ruido de los vehículos de tránsito y

el ruido de la comunidad, ya que estos no son los que se producen de manera regular y continua y varían según la fuente.

- Ruido impulsivo: Se produce instantáneamente y se reduce de la misma forma. Sus tipos incluyen el tictac del reloj, el golpe de un martillo sobre algo, las gotas de agua que caen desde lo alto y todos los demás ruidos en forma de impulso.
- El ruido de baja frecuencia: Es común con el ruido de fondo en entornos urbanos y proviene de vehículos de carretera, aeronaves, maquinaria industrial, explosiones de artillería y minería, turbinas eólicas, compresores y sistemas de ventilación o aire acondicionado.

2.2.4 Medición del Ruido

El decibelio es una unidad de medida de sonido ampliamente utilizada y representa una relación logarítmica de la potencia del sonido en relación con la potencia en el umbral de la audición humana.

$$\text{Nivel sonoro (dB)} = 20 \log_{10} (p_{\text{medido}} / p_{\text{ref}})$$

Donde $p_{\text{ref}} = 20 \text{ micropascales}$

El ruido se mide en términos de su frecuencia, así como de la intensidad del sonido; los dB(A) ponderan los sonidos en el rango audible de los humanos.

Dado que el ruido se mide utilizando una escala logarítmica, un cambio de 3 dB(A) en el ruido, un nivel que generalmente se nota, corresponde a una duplicación de la potencia del ruido generado. Un cambio de 10 dB(A) en el ruido representa un aumento de ocho veces en la potencia y corresponde a una duplicación de la sonoridad percibida.

Las medidas de exposición al ruido integran la potencia del sonido durante un período de tiempo.

La medida L_{eq} (1 hora) representa una exposición promedio al ruido durante un período de tiempo de una hora.

El L_{dn} es una medida de la exposición al ruido acumulada durante un período de 24 horas con una penalización por el sonido durante la noche. El ruido intermitente e impulsivo también tiene un impacto en la salud.

El nivel de equivalencia de sonido (SEL) representa la potencia acumulada del ruido en un período de 1 s y también es una medida importante de la exposición, incluidos los efectos sobre el sueño.

Los valores instantáneos máximos o máximos L_{max} son una medida que se utiliza para la regulación de equipos, pero que normalmente no se utiliza como medida de la exposición humana. Los valores máximos (L_{max}) influyen en las medidas de exposición durante periodos breves, pero su influencia disminuye al aumentar la duración de la exposición.

2.2.5 El Entorno Acústico Urbano

Actualmente se tiene diferentes tipos de niveles de sonido en las áreas urbanas. Cerca de calles y carreteras, donde los peatones o ciclistas habitan es raro encontrar lugares con $LA_{eq} < 55dB$, excepto en calles residenciales con relativamente poco tráfico. Como ejemplo, en (Yamauchi et al, 2010), el ruido de fondo más bajo fue de 60 dB(A) en un entorno descrito como "camino estrecho en zona comercial". Las otras tres condiciones utilizadas en casos típicos tienen niveles de 66, 68 y 73 dB(A). En las situaciones de ruido de fondo utilizadas en (JASIC, 2009), se utilizaron niveles de 45 o 53 dB como fondos bajos y medios, pero las zonas típicas de estos eran zonas de poco tráfico donde los vehículos suelen pasar uno por uno.

2.2.6 Variación del Nivel de Ruido y su Relación con el Tipo de Vehículos

A nivel mundial la flota de vehículos está cambiando rápidamente, los vehículos eléctricos (EV) e híbridos con accionamiento eléctrico (HEV) son cada vez más populares y frecuentes. También entre los vehículos pesados de uso urbano, como autobuses y camiones de reparto, los vehículos híbridos están ganando popularidad. Por ejemplo, un destacado empresario y analista, el Sr. Ulrik Grape, presidente de Ener1 en Europa, predijo recientemente

que en los próximos 20-30 años "todos los coches estarán electrificados de alguna manera" (AD, 2010). Un indicio de esta tendencia es que el gobierno japonés predijo que su meta es que en 2020 al menos el 50 % de todos los autos vendido debe estar electrificado (Yoshinaga & Namikawa, 2009). Conducir en modo eléctrico significa que la propulsión será mucho más silenciosa que los automóviles y camiones más silenciosos de la actualidad, aunque las unidades de energía eléctrica no son silenciosas. Este es un gran avance en la reducción del ruido urbano, con el potencial de reducir significativamente la emisión de ruido en las intersecciones, en áreas congestionadas tráfico y en otros casos donde las velocidades son bajas. Sin embargo, debido al ruido de los neumáticos/carretera, el efecto general de la flota de vehículos totalmente electrificados será de aproximadamente 4 dB(A) menor ruido en la ubicación más favorable antes y después una intersección y 2 dB(A) como promedio, según cálculos (Yoshinaga & Namikawa, 2009).

2.2.7 Fuentes de Contaminación Acústica

La contaminación acústica tiene muchas fuentes, de las cuales el ruido del tráfico podría ser una fuente importante. Otros tipos incluyen el ruido de la comunidad, doméstico, industrial, de aviones y barcos (Figura 7).

Figura 7

Principales Fuentes de Ruido



Tomado de: <https://www.elmundo.es/salud/2016/04/27/571f7504e2704ed1208b4585.html>

2.2.8 Vehículos de Tráfico

El ruido de tráfico, como su nombre lo indica, es el ruido originado por los vehículos de circulación, especialmente los vehículos antiguos sin mantenimiento y aquellos vehículos que no han sido habilitados físicamente para circular por las carreteras. Los vehículos de tráfico pesado también contribuyen a la generación de ruido debido a sus pesados motores y carga (Wang, 2019). El ruido del tráfico representa los factores de riesgo ambiental importantes en áreas mecanizadas y es uno de los tipos de contaminación ambiental más ubicuos y de más rápido crecimiento (Zhao, 2015). Se asocia con presión arterial alta, pero el impacto a largo plazo puede conducir a la hospitalización y raras posibilidades de muerte. En un estudio entre los 8,6 millones de residentes de Londres, el ruido del tráfico se asoció con defectos cardiovasculares en todos los adultos (≥ 25 años) y ancianos (≥ 75 años). Muestra que la exposición a largo plazo al ruido del tráfico aumenta el riesgo de muerte y el riesgo de enfermedad cardiovascular en la población (Halonen, 2015).

2.2.9 El Ruido de Automóvil Normal

Esto es causado principalmente por el motor y las cajas de cambios y la fricción que ocurre cuando el vehículo entra en contacto con el suelo y el aire. El nivel de ruido generado por transmisiones y motores aumenta con la velocidad del vehículo, el tipo de camino, su protección y la distancia a la fuente. En el tráfico urbano y los servicios públicos las principales causas del problema son el envejecimiento del parque automovilístico, su mal mantenimiento y en ocasiones incluso la conducción (Clavijo, 2017).

Como regla general, los vehículos más grandes y pesados producen más ruido que los vehículos más pequeños y livianos, con un ruido de contacto con el suelo superior al ruido del motor a velocidades superiores a 60 km/h. Los cambios en la velocidad y la potencia (semáforos, cambios de elevación, intersecciones, condiciones climáticas) y los niveles de fondo también afectan la generación de ruido (Vélez & Coello, 2017).

2.2.10 Vehículos Eléctricos

Los vehículos eléctricos son una solución al problema de la alta contaminación ambiental causada por los sistemas de transporte a base de combustible y son particularmente adecuados para las rutas de micro tránsito que se definen como sistemas de tránsito a pequeña escala con servicios a pedido y rutas flexibles o fijas (Apolo & Guerrero, 2021).

Los vehículos eléctricos (EV) se probaron incluso antes que los vehículos con motor de combustible. Este último, sin embargo, los reemplazó debido a los enormes tiempos de carga necesarios para un funcionamiento óptimo y la dificultad de almacenar grandes cantidades de energía, que sigue siendo el mayor problema hasta el día de hoy. La cadena energética que conduce al suministro de cualquier vehículo eléctrico, turismo, autobús, furgoneta, etc., parte de la producción de energía primaria basada en una estructura mixta representada por instalaciones diferentes, que a su vez varía según la ubicación geográfica de referencia.

Reemplazar los automóviles tradicionales con vehículos eléctricos de batería (BEV) brinda a la oportunidad de reducir significativamente las emisiones de CO₂ en el futuro (Guasumba & Vasco, 2021).

La fuente de energía de los vehículos, especialmente de los eléctricos, es una batería, la misma que previamente cargada desde una fuente externa (por ejemplo, un enchufe), envía la electricidad que necesita el motor para impulsar el coche. La aceleración del automóvil hace que los generadores de rueda giren, generan electricidad que se almacena en la batería eléctrica, que a su vez se devuelve al motor para acelerar o impulsar el automóvil hacia adelante, repitiendo el ciclo hasta el infinito (Reyes & Guanuche, 2021).

2.2.11 Umbrales de Ruido de Protección de la Salud

En la Tabla 2 se pueden apreciar los umbrales de ruido de protección de la salud adoptados por agencias autorizadas.

Tabla 2*Valores Umbrales de Ruido*

Agencia	Medida	Valor umbral de protección de la salud
EPA de los Estados Unidos ⁽¹⁾	L_{dn} , Interiores	45 dBA
OMS	L_{eq} (16h), al aire libre	55 dBA
OMS	L_{noche} , al aire libre	40 dbA
Estado de California	L_{dn} , interior	45 dBA

Definiciones: L_{dn} = Nivel sonoro medio día-noche; L_{eq} = Nivel Sonoro Continuo Equivalente; L_{noche} = Nivel medio de ruido nocturno; dB = decibelios; dbA = decibelios ponderados A.

⁽¹⁾ USEPA. Niveles de Ruido Identificados como Requisito para Proteger la Salud y el Bienestar Público con un Adecuado Margen de Seguridad. 1974.

Capítulo III

Determinación del Ruido Emitido por Vehículos en Aceleración

3.1 Importancia del Control del Ruido Ambiental

Los vehículos eléctricos o híbridos representan objetos silenciosos en movimiento en entornos potencialmente complejos. Como tal, definitivamente se pueden considerar como una bendición, en lo que respecta a la contaminación acústica, o una maldición, con respecto a la contaminación acústica con respecto a la experiencia del usuario. En una analogía ecológica, y considerando todas las cosas, el advenimiento de este nuevo tipo de artefactos de movilidad se puede comparar con la introducción de una nueva especie en un ecosistema dado que debe encontrar su lugar adecuado por medio de signos externos que encarnan su realidad con respecto a los demás.

3.2 Estimación del Nivel de Ruido en Vehículos Eléctricos

El carácter del ruido de los vehículos eléctricos tiene el potencial de ser diferente al tradicional. ruido de los vehículos de combustión interna en términos de características tales como direccionalidad, frecuencia, contenido y nivel de presión sonora. Los datos disponibles de las pruebas de paso estándar han sido analizados y compilados en una base de datos de ruido de vehículos apropiados. El objetivo de este estudio es investigar los cambios en la respuesta al ruido de EV en ruta seleccionada.

Un objetivo clave de la investigación ha sido desarrollar un modelo controlable de varios tipos de tráfico mezclas en una forma de ruta racional. Con este enfoque ha sido posible investigar el efecto de porcentajes crecientes de vehículos eléctricos como fuente de emisión de ruido en respuestas subjetivas al ruido.

Como punto de partida para este proceso, se utilizaron los datos de medición de paso estándar.

Procedimientos de medición para generar auralizaciones de ambientes viales. Este enfoque podría utilizarse como una herramienta de difusión o en futuras investigaciones sobre las respuestas de la comunidad a exposición al ruido del tráfico. Dentro del proyecto, se crearon varias mezclas de tráfico rodado de IC y EV. Se utilizó un perfil vial correspondiente a una ruta y el porcentaje luego se varió de 0% a 20%, 40%, 60%, 80% y 100% de los EV.

Para determinar los niveles de emisión de ruido en condiciones reales de conducción, inicialmente establecemos los parámetros que determina la norma sobre la emisión de ruido y luego tomamos una muestra representativa de los vehículos aprobar.

Los motores eléctricos no solo son mejores para el medio ambiente, sino que también son más silenciosos que los motores de combustión. Esto crea algunos desafíos para los ingenieros especializados en acústica, que necesitan encontrar nuevas tecnologías y estrategias para la reducción del ruido en los vehículos eléctricos. Esto se debe a que a medida que los motores son más silenciosos, otros ruidos del vehículo son aún más evidentes dentro de los autos eléctricos, como el compresor del aire acondicionado, el flujo de aire alrededor del vehículo, el flujo de aire en los conductos de ventilación y el contacto de los neumáticos con el asfalto.

3.3 Procedimiento de Ensayo

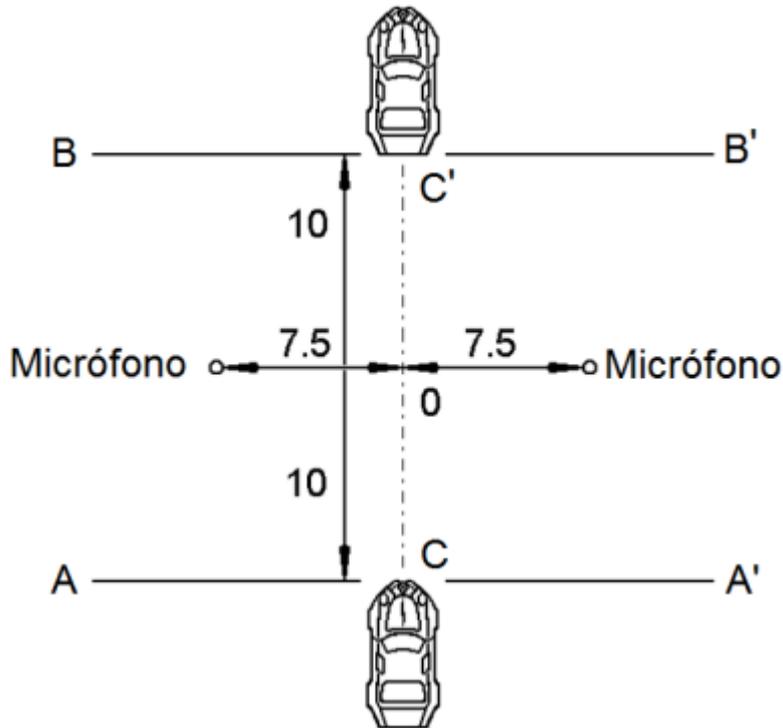
3.3.1 Posiciones del Micrófono

La distancia del micrófono a la línea de referencia CC' (véase la Figura 8) en la pista de ensayo, debe ser $7,5 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$.

El micrófono se debe colocar a $1,2 \text{ m} \pm 0,05 \text{ m}$ por encima del nivel del suelo. A menos que el fabricante indique otra cosa, el eje de referencia del medidor del nivel de ruido para condiciones de campo abierto (véase la norma IEC 651), debe ser horizontal y dirigido perpendicularmente hacia la trayectoria del vehículo (línea CC').

Figura 8

Posiciones del Micrófono para las Mediciones



Fuente: NTE INEN 2665

3.3.2 *Número de Mediciones*

Se deben realizar al menos dos mediciones en cada lado del vehículo.

3.3.3 *Lecturas a Tomarse*

Se debe anotar el nivel de presión máxima del sonido indicado durante cada pasada del vehículo entre las dos líneas AA' y BB' (véase la Figura 2). Si se observa un sonido pico, que sea obviamente inusitado en relación con el nivel general de sonido, la medición se debe descartar.

Los resultados se consideran válidos si la diferencia entre dos mediciones consecutivas, realizadas en el lado del vehículo que da el nivel más alto de presión de sonido, no exceda los 2 dB.

El valor más alto que den estas mediciones debe constituir el resultado.

Figura 9

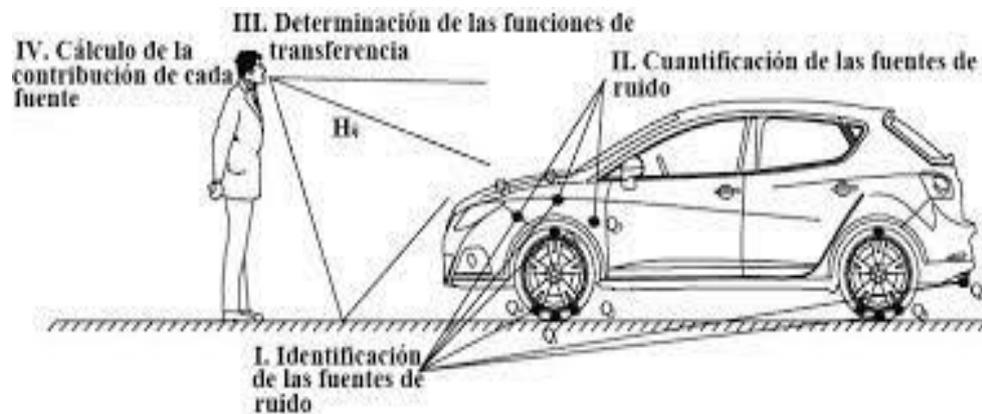
Mediciones



Fuente: ISO 362

Figura 9

Identificación de las Fuentes de Ruido



Fuente: <https://daneshyari.com/>

3.3.4 Condiciones del Vehículo

Las mediciones se deben realizar en vehículos sin carga, excepto por el conductor y, excepto en el caso de vehículos no separables, sin trailer o semitrailer.

Los neumáticos del vehículo deben ser de tipo que normalmente entrega el fabricante y se deben inflar a la presión que él recomiende para el vehículo en su condición sin carga.

Antes de iniciar las mediciones, el motor se debe colocar en sus condiciones normales de operación con respecto a la temperatura y revoluciones y debe tener el combustible, las bujías, etc., que recomiende el fabricante.

Figura 101

Condiciones del Vehículo



Fuente: <https://www.pruebaderuta.com/>

3.4 Condiciones de Funcionamiento

3.4.1 Condiciones Generales

El vehículo se debe aproximar a la línea AA' con su línea central siguiendo lo más cerca posible la línea CC', como se especifica en los numerales 7.5.2.1 a 7.5.2.3, según sea apropiado.

Cuando el frente del vehículo alcanza la línea AA', el pedal de aceleración se debe presionar completamente lo más rápido posible, para garantizar aceleración sin que ocurra cambio de velocidad externa (por ejemplo, por aceleración a fondo, si existe) y se debe mantener en esta posición hasta que la parte trasera del vehículo alcance la línea BB', el pedal de aceleración se debe soltar entonces lo más rápido posible.

Cualquier trailer que no se pueda separar del vehículo de remolque, se debe ignorar cuando se considere el cruce de la línea BB'.

Si el vehículo tiene tracción en más de dos ruedas, se debe ensayar en el modo de tracción que esté previsto para el uso normal en carretera.

Si el vehículo incorpora equipo como mezcladora de concreto, compresor, etc., este equipo no debe estar en funcionamiento durante el ensayo.

NOTA: Se recomienda que las mediciones suplementarias se realicen con el equipo funcionando (Figura 12).

Figura 11

Determinación del Ruido - Equipo Funcionando



Fuente: <https://www.exportworldwide.com/>

3.4.2 Condiciones Especiales

- Vehículos sin carga de velocidades: el vehículo debe aproximarse a la línea AA' a una velocidad uniforme, correspondiente a una de las siguientes:
 - a) Una velocidad de rotación del motor igual a $3/4$ de la velocidad n , a la cual el motor produce su máxima potencia neta, o
 - b) $3/4$ de la velocidad máxima de rotación del motor que permita el regulador, bajo condiciones de carga completamente del motor; o
 - c) 50 km/h (correspondientes a 31 millas/h), de ellas la que sea más baja.
- Vehículos de transmisión manual

Velocidad de aproximación: El vehículo se debe aproximar a la línea AA' a una velocidad uniforme, correspondiente a una de las siguientes:

- a) una velocidad de rotación del motor igual a $3/4$ de la velocidad n , a la cual el motor produce su máxima potencia neta; o
 - b) $3/4$ de la velocidad máxima de rotación del motor que permita que el regulador, bajo condiciones de carga completa del motor;
 - c) 50 km/h (correspondientes a 31 millas/h), de ellas la que sea más baja.
- Elección de la relación de velocidades. Los vehículos comerciales que tienen un peso bruto vehicular no mayor de 3,5 Ton correspondiendo a los vehículos de la categoría M1, y los carros de pasajeros con 4 o menos velocidades adelante, se deben ensayar en la segunda. Si tienen más de 4 velocidades adelante, se deben ensayar en segunda y tercera. Se debe calcular el valor promedio de los niveles de sonido que se registren para estas dos condiciones.
 - Vehículos de transmisión automática: Pueden presentarse tres casos:
 - a) Los vehículos sin selector manual se deben ensayar a varias velocidades uniformes de aproximación de 30 km/h, 40 km/h y 50 km/h (correspondientes a 19 millas/h, 25 millas/h y 31 millas/h respectivamente), o a $3/4$ de la velocidad máxima en carretera, si su valor es menor. Se debe reportar la condición que produzca el máximo nivel de presión de sonido.
 - b) El ensayo se debe realizar en la posición del selector que se utilice para conducción urbana. Se debe excluir el cambio de velocidad externo, (por ejemplo, por pisar el pedal a fondo), así como el cambio automático para la primera relación para cajas de velocidades que tengan más de 2 relaciones discretas.

c) Si ocurre un cambio de velocidad automático después de la línea AA', el ensayo se debe rechazar y repetir, utilizando la posición N-1, N-2, etc., según sea necesario, hasta que el selector esté colocado en la posición más alta que permita realizar el ensayo sin desaceleración automática, excluyendo siempre las desaceleraciones externas.

d) Si el vehículo tiene transmisión manual auxiliar, o eje multiengranaje, se debe utilizar la posición para conducción urbana.

- En todos los casos se deben excluir las posiciones especiales del selector para movimientos lentos, parqueo o frenadas.

3.4 Ruido en un Vehículo Eléctrico

La mayor parte de la vida de un EV se pasa operando entre 25 y 50 millas por hora. A esta velocidad, el ruido del viento sigue siendo mínimo y el ruido del motor queda enmascarado en su mayor parte por el ruido de la carretera y los neumáticos. Eso significa que el ruido más dominante experimentado por los conductores y pasajeros de los vehículos eléctricos será principalmente el ruido de la carretera y de los neumáticos. Sin un motor para impulsar el aire acondicionado y la calefacción, las ventanas y otros sistemas mecánicos, se necesitará toda una gama de dispositivos auxiliares eléctricos para proporcionar estas funcionalidades. Cada uno de estos dispositivos trae consigo desafíos acústicos y de vibración que individualmente son relativamente menores, pero que en su conjunto podrían volverse significativos.

3.5 Vehículos para las Pruebas

Inicialmente se define el tipo de vehículo y luego las opciones disponibles de la clasificación general.

En este caso vehículo se eligió el vehículo eléctrico Skywell y el vehículo Suzuki Vitara a gasolina.

3.5.1 Especificaciones de los Vehículos Elegidos

En la Tabla 3 se puede apreciar las especificaciones del vehículo Skywell

Tabla 3

Especificaciones Técnicas del Vehículo Eléctrico

Especificación	Valor
• Dirección	• Izquierda
• Tipo	• Sedán
• Número de modelo	• Otro
• Lugar de origen	• EE.UU
• Tipo de Batería	• Litio
• NEDC Máx. Rango	• 401 ~ 500 kilometros
• Energía de la batería (kWh)	• ≥ 110 kWh
• Garantía de la batería	• <50000 kilómetros
• Tiempo de carga rápida (h)	• ≤ 1 h
• Tiempo de carga lenta (h)	• ≤ 6 h
• Potencia total del motor (kW)	• 100-150Kw
• Par motor total (Nm)	• 100-200Nm
• Caballos de fuerza totales (Ps)	• 100-150Ps
• Caja de cambios	• Automático
• Dimensión	• 4950x1850x1650
• Distancia entre ejes	• 2500-3000 mm
• Peso en vacío	• 1000kg-2000kg
• Estructura de cabina	• Cuerpo integral
• Sistema de dirección	• Eléctrico
• Sistema de frenos	• Disco delantero+disco tresero
• Tamaño de llanta	• R17
• Bolsas de aire	• 4
• TPMS (Sistema de Monitoreo de Presión de Neumáticos)	• Sí
• ABS (Sistema de frenos antibloqueo)	• Sí
• ESC (Sistema de control electrónico de estabilidad)	• Sí

En la Tabla 3 se puede apreciar las especificaciones del vehículo Suzuki Vitara

Tabla 4*Especificaciones del Vehículo a Gasolina*

Especificación	Valor
• Tipo de cuerpo	• Vagón de cuatro puertas
• Tipo de unidad	• ADELANTE
• País de origen	• Japón
• Segmento	• Todoterreno pequeño
• Motor Tipo	• MULTIPUNTO F/INY
• Tamaño	• 1586cc, 1.6L
• Potencia @ RPM	• 86kW @ 6000rpm (115.3 hp)
• Par @ RPM	• 156 Nm a 4400 rpm (115,0 libras-pie)
• Cilindros	• Cuatro cilindros
• Transmisión	• Automático de seis velocidades
• Tipo de dirección	• PIÑÓN Y CREMALLERA - ASISTIDA ELÉCTRICA
• Tipo de freno (delantero)	• DISCO – VENTILADO
• Tipo de freno (trasero)	• Disco
• Neumático delantero y tamaño de la rueda	• 215/55 R17 - 6x17
• Neumático trasero y tamaño de la rueda	• 215/55 R17 - 6x17
• Tipo de suspensión delantera	• Resorte helicoidal, puntal Macpherson
• Tipo de suspensión trasera	• Resorte helicoidal, viga de torsión
• Tipo de combustible	• GASOLINA SIN PLOMO
• Capacidad del tanque de combustible	• 47L
• Consumo de combustible (promedio combinado)	• 6.2L / 100km
• Longitud x Ancho x Altura	• 4175 mm x 1775 mm x 1610 mm
• Distancia entre ejes	• 2500 mm (98,4 pulgadas)

En la Figura 13 se puede apreciar el vehículo eléctrico y en la figura 14 el vehículo con motor de combustión interna.

Figura 12

Vehículo Skywell



Figura 13

Vehículo Vitara



3.6 Sonómetro para Determinación del Ruido en Vehículos

EnnoLogic Medidor y grabadora de decibelios – Medidor de nivel de sonido digital, registrador de ruido y probador – Máximo/min/sujeción, rango de 30-130 dBA – eS528L.

El medidor de decibelios eléctrico proporciona lecturas precisas de nivel de sonido (decibelios o ruido) de 30 a 130 dB con precisión de $\pm 1,5$ dB.

Pesaje de frecuencia A y C. Respuesta rápida y lenta. Pantalla de lectura máxima y pantalla de gráfico de barra analógica. Salidas analógicas (CC y CA). Pantalla LCD grande de 1.5 pulgadas con retroiluminación, fácil de leer incluso desde la distancia. Soporte de trípode (trípode no incluido). Opción de alimentación externa. Apagado automático. Viene con batería de 9 V, CD de software (solo Windows), cable USB.

Figura 14

Sonómetro



3.7 Determinación del Ruido en Vehículos

3.7.1 Características

Los vehículos automóviles tienen varias fuentes de ruido. Las principales son, el motor incluyendo escape y admisión, los neumáticos, el ruido aerodinámico y la transmisión. La fuente de ruido dominante depende de la velocidad del vehículo y de su funcionamiento. Para

velocidades inferiores a los 50 km/h aproximadamente, domina el grupo motor, mientras que para velocidades superiores domina el ruido de neumático y por encima de los 80 km/h empieza a notarse el ruido aerodinámico. La circulación urbana tiene restringida la velocidad máxima de los vehículos, estableciendo en general, los límites de 30, 50 km/h para las vías urbanas, y los 80 km/h para las vías de circunvalación.

3.7.2 *Objetivos del Estudio*

Se trata de valorar mediante mediciones de ruido, la mejora que supone el uso de los vehículos eléctricos. El estudio valora el espectro de ruido medido a 4 m. de distancia del paso de vehículos, que es la distancia media a que se encuentra un peatón en una calle céntrica de una ciudad, y permite obtener un buen fragmento de señal. No se pretende obtener valores absolutos del nivel de ruido, sino valores comparativos para un mismo punto, por lo que la distancia de éste a los vehículos no es importante. Los resultados se analizarán cuantitativamente, con el objetivo de valorar las mejoras con algo más que el simple nivel global expresado en dBA.

Figura 15

Emisión de Ruido en Vehículos Eléctricos



Fuente: <https://magazine.fev.com/en/nvh-requirements-of-electric-drive-units-in-the-vehicle-interior/>

3.7.3 Metodología

El presente estudio tiene un diseño cuantitativo, correlacional y transversal. Fue desarrollado en la ciudad de Guayaquil (Guayas, Ecuador), la cual tiene una extensión geográfica de 347 km², con condiciones ambientales de 24 °C, viento del NE a 10 km/h, humedad del 90 % (mes de enero 2023, fechas de toma de datos) y un total de 2'698.077 habitantes (INEC, 2022), de los cuales 51% son mujeres y el 49% son hombres (INEC, 2022). Guayaquil es una ciudad portuaria de Ecuador, que impactan sobre la cantidad de vehículos que circulan por sus vías. En Guayaquil circulan unos 500 mil vehículos matriculados, según datos de la Comisión Nacional de Tránsito. Un 35% son vehículos particulares y un 39% transporte público y pesado (Primicias.ec, 2023).

Figura 16

Zonas de Alto Tráfico en Guayaquil



Para la obtención de datos de campo, el estudio se dividió en dos fases:

- La primera consistió en la medición de los niveles de ruido asociados a la circulación de los vehículos automotores.
- La segunda se concentró en tres variables en la población expuesta al ruido por el tráfico vehicular.

3.7.4 Zona Seleccionada

Según registros de la Agencia de Tránsito y Movilidad (ATM), se estima que Guayaquil cuenta en la actualidad con un parque automotor de 680.000 vehículos aproximadamente (de todo tipo). El 25 % de lo que a nivel nacional existe (2'678.250 automotores, hasta el 2020), según la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) que, a septiembre de 2021, señala ventas históricas que pusieron en las calles 12.131 unidades más en el país.

Del total de vehículos vendidos en los primeros cinco meses de 2022, los eléctricos representaron el 0,25%. En igual período de 2018, la participación de autos eléctricos en el mercado fue apenas de 0,08%. Aunque la participación de los vehículos eléctricos todavía es pequeña en el mercado, hay interés de las empresas.

Entre enero y mayo de 2022, 16 marcas comercializaron este tipo de automotores en el país. Según datos de CINA E, el 46% de las ventas de enero a mayo de 2022 son de tres marcas chinas: Dongfeng, Skywell y BYD.

Ecuador, dentro de su Estrategia Nacional de Electromovilidad (ENEE), estableció una serie de metas para los distintos segmentos que integran la movilidad eléctrica en el país en tres períodos de tiempo: 2025, 2030 y 2040. En ese sentido, para el año más próximo se buscará alcanzar los 10 mil vehículos eléctricos. Para esto, se planea que circulen 1.500 buses, 2 mil taxis, mil camiones ligeros de carga y 5.500 autos ligeros. Para el 2030 la propuesta es mucho más ambiciosa. Se calcula que para entonces haya 100 mil vehículos eléctricos rodando por las calles ecuatorianas. Este número incluye 11 mil buses, 20 mil taxis, 4 mil camiones y 65 mil coches (Figura 19).

Figura 17

Proyección del Parque Automotor de Vehículos Eléctricos en Ecuador



Metas de adopción de la electromovilidad en el parque automotor de cada segmento. Fuente: Elaboración de Hinicio a partir de (MAE, 2017) (INEC, 2019) (AEADE, 2020) (INEC, 2010)

Capítulo IV

Datos Obtenidos y Análisis de Resultados

4.1 Descripción

En la fase de análisis, se descartan aquellas pruebas que presentan irregularidades o ruidos extraños que pueden alterar los resultados. Las señales obtenidas se analizan para obtener los valores globales en dBA.

Figura 18

Equipo de Medición

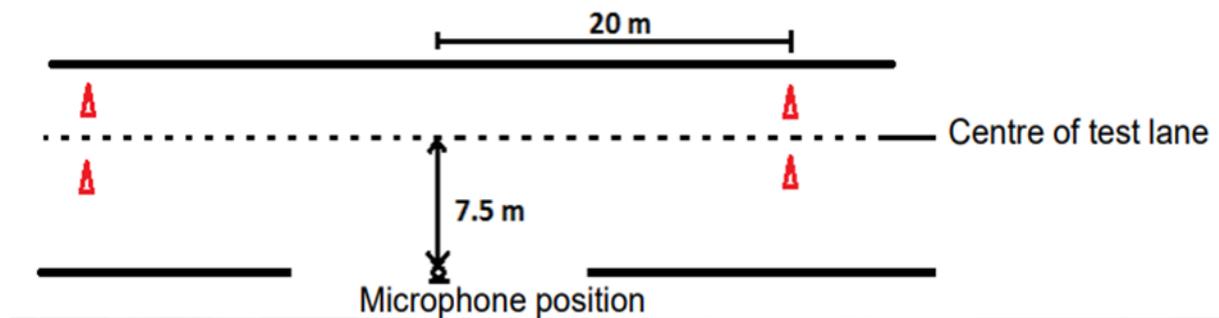


El equipo de medida está formado por un sonómetro tipo 1 con salida de audio que se graba en un soporte digital. El punto de medida se encuentra a unos 7.5 m. de la línea central

del paso del vehículo, y a una altura de 1,5 m que corresponde a la del oído de una persona de estatura media, sin obstáculos que impidan la visión directa (Figura 21).

Figura 19

Prueba



Se estudian vehículos de turismo representativos del parque automotriz actual de la ciudad de Guayaquil en cuanto a su contribución al ruido. Se examinan los siguientes vehículos: vehículos del segmento B (coches compactos) que supusieron el 30% de la flota de vehículos en 2022.

Los puntos clave que se consideran en las pruebas:

- Vehículos de Prueba: características similares.
- Velocidad por Categoría: 20, 30, 40, 50 y 60 en km/h.
- Temporada: Todo el año (primavera, verano, otoño, invierno).
- Ubicación: Parroquia Tarqui: 1'050.826 hab. (zona Norte-parroquia más habitada) (Figura 22).
- Condiciones ambientales: No variar.
- Lugar del ensayo: El sitio para el ensayo debe estar nivelado.

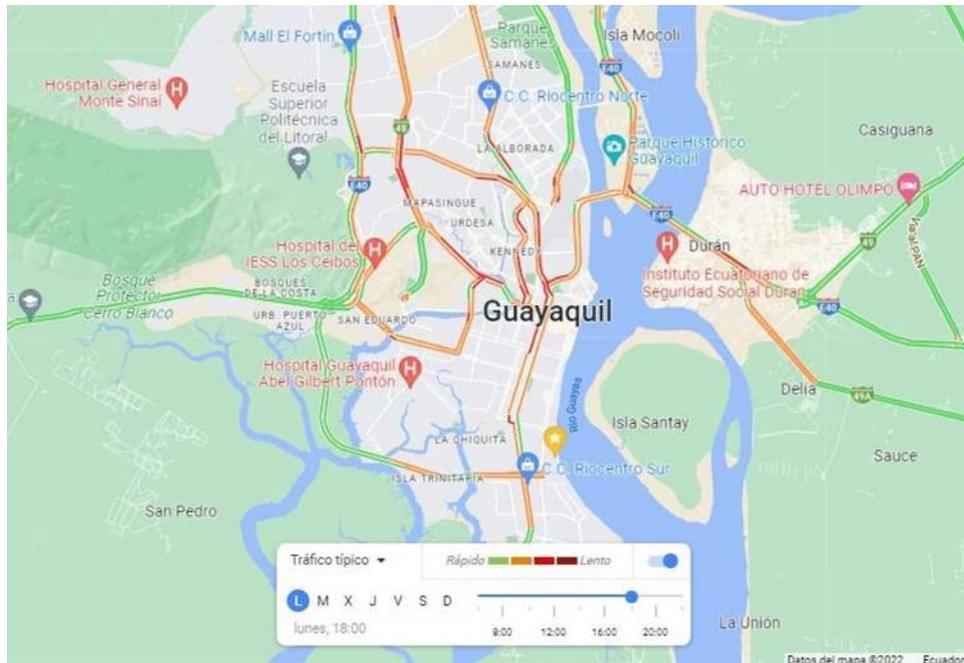
Figura 20
Zona Norte de Guayaquil



Tomado de: https://www.gifex.com/fullsize/2011-11-03-14798/Sector_norte_de_Guayaquil.html

Las zonas de mayor tráfico son:

En el norte, la avenida Juan Tanca Marengo, por la cercanía de los planteles Espíritu Santo, Liceo Cristiano y Mariscal Sucre; en el sector de Ceibos, en la zona del colegio Alemán Humboldt y el Balandra; y en la avenida de las Américas, por la congestión vehicular en los

Figura 22*Zonas de Tráfico – Usando Google Maps*

Tomado de: <https://www.google.com.ec/maps/@-0.1081339,-78.4699519,18z?hl=es>

Figura 23*Tráfico en la Avenida Las Américas-Zona Norte*

4.1.1 Formato General

- Para este trabajo sólo se consideran los vehículos de gasolina por ser “per se” más silenciosos que los vehículos a diésel.

- Se han seleccionado 1 vehículo de gasolina de tipo medio con cambio automático, bastante nuevos (2 a 5 años) y en buen estado de conservación.
- Los neumáticos deben estar en buen estado y los vehículos no presentan defectos mecánicos de escape.
- Por otro lado, se debe disponer de 1 vehículo eléctrico de la misma categoría (marca y modelo dentro de los más vendidos), aunque de series diferentes, pero recorridos y Año Modelo similar (años de antigüedad) (Figura 26).
- Las pruebas se realizan en horarios variados para verificar la influencia de otros vehículos que pudieran circular por las inmediaciones, en una calle ancha.
- Los vehículos son conducidos por el mismo conductor y bajo condiciones definidas para reflejar la conducción real en las distintas pruebas (No sea un factor de error).

Figura 24

Vehículo Eléctrico para Pruebas: Skywell



4.1.2 Toma de Muestras

- El objetivo no es obtener valores precisos del nivel sonoro sino comparar los niveles espectrales entre los vehículos con MCI y los vehículos con ME.
- En la fase de análisis, se descartan aquellas pruebas que presentan irregularidades o ruidos extraños que pueden alterar los resultados.
- Toda la prueba dura entre 1,5 -2 horas.

4.1.3 La seguridad

- Seguir las recomendaciones indicadas en la norma aplicada y las Normas de Tránsito.
- Las mediciones no se deben realizar bajo condiciones meteorológicas adversas.
- Las mediciones no se deben realizar si el viento es tempestuoso.
- Se recomienda que los ensayos no se realicen si la velocidad del viento excede los 5 m/s a la altura del micrófono.

4.1.4 Calendario

- Existen tres horarios que se evaluaron. 07h00, 13h00 y 18h00.
- Cualquier día de la semana, pero preferentemente los fines de semana.

4.2 Resultado de las Mediciones

Se muestran los resultados del nivel de ruido para diferentes velocidades. Se verifica que el ruido de los neumáticos es la parte más influyente, por lo que los niveles de ruido a 50 y 60 km/h sean bastante similares entre la tecnología gasolina y eléctrica. Para velocidades de 10 a 30 km/h, es donde en principio se nota más diferencia, ya que el ruido de los neumáticos se reduce bastante (Tabla 4).

Se sigue un estándar reconocido internacionalmente para pruebas de ruido de los vehículos y requiere que se tomen tres mediciones consecutivas para garantizar la repetibilidad.

Estas medidas se toman a una velocidad de motor específica, o rpm, y se toma el nivel máximo de sonido producido durante la prueba.

Tabla 5

Datos Obtenidos

Velocidad de Prueba (km/h)	Vehículo Eléctrico (dBA)	Vehículo a Combustión (dBA)	Número de Mediciones
10	55	50	3
20	57	54	3
30	60	61	3
40	65	66	3
50	67	68	3
60	71	70	3

Una vez que se han realizado tres mediciones válidas, se toma la más alta y se utiliza como resultado válido. El micrófono se puede colocar en la posición de medición especificada

Comparando los resultados de un vehículo eléctrico y un vehículo con motor de combustión interna los valores son muy similares (Tabla 4).

La reducción del ruido cuando se compara un turismo eléctrico con un turismo ICE.

*Más bajo velocidad medida, **Velocidad medida más alta. Se comparó autos de las mismas características.

Con la finalidad de evitar un sesgo en la obtención de los niveles de ruido, se verificó que las condiciones ambientales predominantes contaran con las siguientes características: velocidad del viento menor a cinco metros por segundo, y ausencia de temperaturas congelantes, lluvia y truenos.

Tabla 6*Motocicleta Eléctrica*

Tipo	Bajas (rpm)	Altas (rpm)	dBA
Vehículo Eléctrico	+50	+70	30
Vehículo a Gasolina	+40	+68	28
		Variación	4%

4.3 Valores de Ruido

Se muestra los resultados obtenidos en las figuras 27, 28 y 29.

Figura 25

Comparación de Valores de Ruido Obtenidos (En la Mañana)

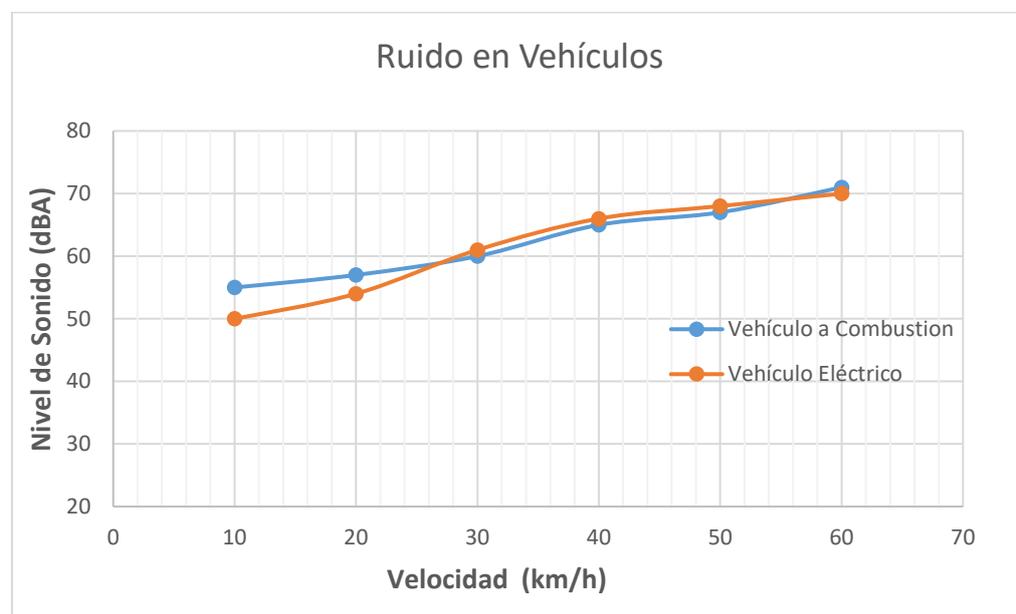
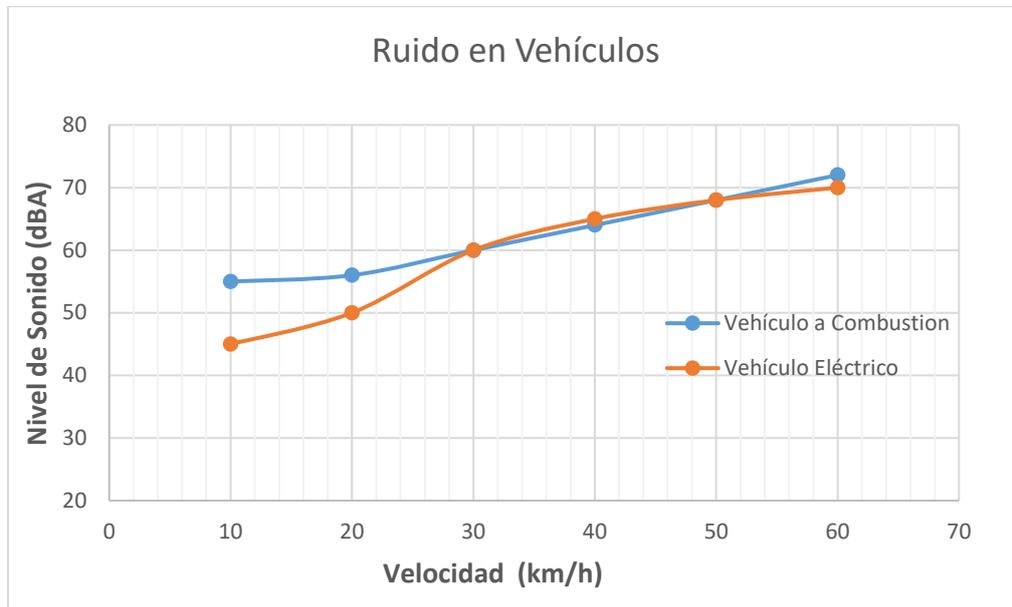
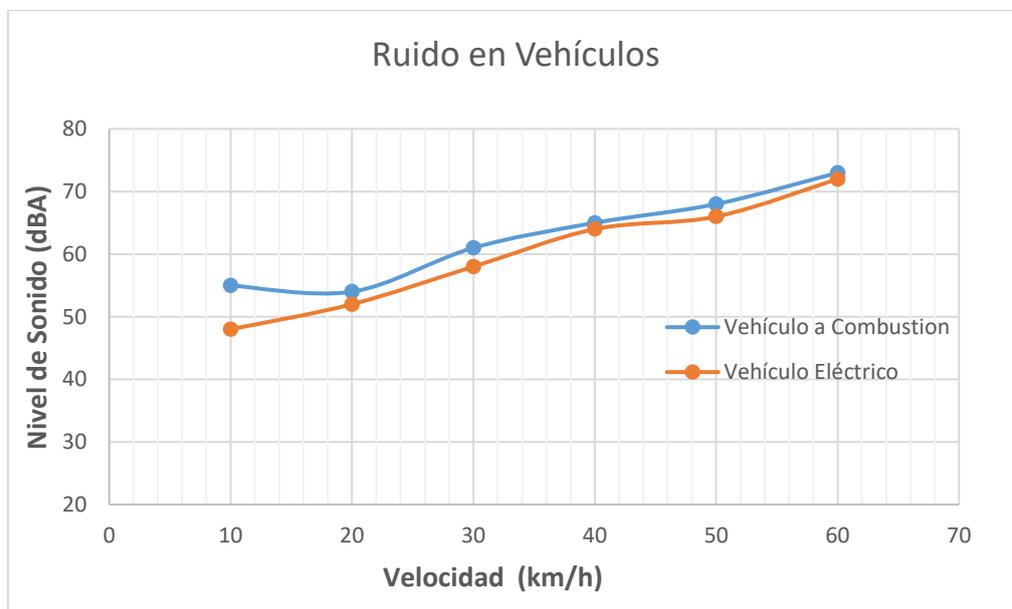


Figura 26

Comparación de Valores de Ruido Obtenidos (En el Medio Día)

**Figura 27**

Comparación de Valores de Ruido Obtenidos (En la Tarde)



A velocidad constante:

- Los EV son 4-5 dB menos ruidosos que los ICE similares a baja velocidad.
- A unos 30 km/h la diferencia de ruido emitido no es significativa.

4.3.1 Resultados a 10-20 km/h

Tabla 7

Resultados

Velocidad Constante 20 km/h	
Vehículo	L_{eq} dBA
• Motor de Combustión Interna (MCI)	• 52.7
• Motor Eléctrico (ME)	• 51.4
• Ruido Residual	• 39.7

4.3.2 Resultados a 30-40 km/h

Tabla 8

Resultados

Velocidad Constante 40 km/h	
Vehículo	L_{eq} dBA
• Motor de Combustión Interna (MCI)	• 64.7
• Motor Eléctrico (ME)	• 63.4
• Ruido Residual	• 40.1

4.3.3 Resultados a 50-60 km/h

Tabla 9

Resultados

Velocidad Constante 60 km/h	
Vehículo	L_{eq} dBA
• Motor de Combustión Interna (MCI)	• 72.7
• Motor Eléctrico (ME)	• 71.1
• Ruido Residual	• 40.4

4.4 Análisis de los Resultados

- Los niveles de sonoridad son ligeramente inferiores para el propulsor eléctrico, para las tres velocidades seleccionadas.
- Dicha reducción es debida a los bajos niveles de ruido en bajas frecuencias.
- Las pruebas a velocidad constante muestran que los niveles de ruido procedentes de los vehículos con MCI son muy similares a los procedentes de los vehículos con ME.
- En este sentido no se aprecia ninguna ventaja en el uso de vehículos con propulsión eléctrica, cuando estos se desplazan a velocidades entre 30 y 60 km/h.
- Nótese que el neumático es el elemento clave en los niveles de ruido en circulación urbana.
- Los vehículos con ME probados, tienen unos neumáticos de dimensiones similares a los vehículos con MCI, por lo que su ruido es muy similar.

4.5 Elaboración de Resultados

Una vez obtenidos los resultados, se vaciaron a una computadora para su interpretación, utilizando Excel. Es importante señalar que durante esta etapa se presenta la imposibilidad de aislar completamente el ruido generado por el paso de los vehículos automotores, del resto de los ruidos ambientales, como pueden ser los producidos por animales, y por el tránsito de peatones, entre otros. Sin embargo, por la ubicación de los instrumentos de medición con relación a la dirección del viento, y los tiempos programados para la recolección de datos, puede afirmarse que el ruido generado por el tráfico vehicular se encuentra representado significativamente en los resultados.

4.6 Estimación del Valor del Ruido a Determinada Velocidad

En la Tabla 9 se indican los valores obtenidos de las pruebas, como ejemplo se señala una prueba realizada en la mañana en el vehículo eléctrico a una velocidad de 60 km/h.

Tabla 10

Resultados

Datos y Especificaciones	
<u>Fecha, Hora y Condiciones Ambientales</u>	
• Fecha	• 12/02/2022
• Hora Inicio Prueba	• 06h45 min
• Hora Final Prueba	• 08h15 min
• Temperatura Ambiente	• 28,4 °C
• Humedad Relativa	• 72%
• Nivel de Ruido Ambiente (dB)	• 50,9 (dB)
• Verificación Inicial Sonómetro (dB)	• 110,1 (dB)
• Verificación Final Sonómetro (dB)	• 110,1 (dB)
<u>Condiciones para Ensayo</u>	
• Velocidad de Aproximación	• 60 km/h
• Régimen de Giro	• 4000 rpm
• Cambio	• En Drive
<u>Resultados Obtenidos</u>	
• Lado Derecho - Nivel de Ruido 1 (dB)	• 70,5 (dB)
• Lado Derecho - Nivel de Ruido 2 (dB)	• 70,1 (dB)
• Lado Izquierdo - Nivel de Ruido 1 (dB)	• 70,3 (dB)
• Lado Izquierdo - Nivel de Ruido 2 (dB)	• 71,5 (dB)
<u>Valor Máximo: 71,5 (dB)</u>	

Conclusiones

Al realizar este trabajo, se pudo estimar los valores de ruido en vehículos eléctricos, para lo cual se eligió un vehículo tipo M1 para realizar las pruebas en la Zona Norte de la ciudad de Guayaquil y verificar si cumple con los requisitos establecidos y hay que considerar las ventajas que este tipo de vehículos brindan.

El ruido es el compañero inevitable del desarrollo tecnológico acelerado. En la sociedad actual, existe una necesidad constante de prestar atención a la protección contra el ruido, porque el ruido es uno de los problemas ecológicos más frecuentes en la comunidad. El ruido del tráfico por carretera, en particular, presenta una fuente de ruido muy compleja, tanto dentro como fuera de las zonas urbanas. Es un producto de los efectos de una serie de factores: el ruido del vehículo y las prácticas de conducción, la estructura de la carretera, la calidad de la superficie de la carretera, el flujo de tráfico y los factores del entorno de la carretera. Algunas mediciones de niveles de ruido y parámetros de tráfico y su análisis, se advierte que el enfoque de análisis individual de cada factor y evaluación de su contribución a los niveles totales de ruido pueden conducir a conclusiones erróneas. Por lo tanto, se deben tomar medidas integrales introducidas para hacer frente a los múltiples retos que implica una gestión eficaz del ruido del tráfico.

Hay varias conclusiones importantes para tener en cuenta con respecto al ruido en los vehículos eléctricos:

Los vehículos eléctricos son generalmente más silenciosos que los vehículos tradicionales de gasolina. Esto se debe a la falta de un motor de combustión interna, que es una fuente importante de ruido en los automóviles tradicionales.

Sin embargo, los vehículos eléctricos aún pueden producir ruido de otras fuentes, como los neumáticos en la carretera, la resistencia del viento y el sonido del motor eléctrico. Si bien

estas fuentes de ruido son generalmente más silenciosas que un motor de combustión, aún pueden contribuir a los niveles generales de ruido.

La falta de ruido del motor en los vehículos eléctricos ha generado preocupaciones sobre la seguridad de los peatones, ya que es posible que las personas no escuchen un EV que se aproxima. Como resultado, muchos países han introducido regulaciones que exigen que los vehículos eléctricos produzcan cierto nivel de ruido externo para alertar a los peatones.

Incluso hoy en día, el silencio de los vehículos eléctricos sigue siendo una pregunta abierta desde un punto de vista científico, punto de vista ambiental y social. Se ha trasladado progresivamente a la palestra política debido a las diferentes legislaciones traídas – o bajo consideración – en varias partes del mundo (Estados Unidos, Europa y Asia en particular).

Hay que presentar la realidad y complejidad del problema planteado por la quietud de una nueva generación de vehículos eléctricos e híbridos. Estos nuevos objetos móviles, discretos, existen en un ambiente heterogéneo ruidoso y debe ser percibido y comprendido por sus entornos ya sea de forma autónoma o dando a su conductor los medios para hacerlo.

Los vehículos eléctricos tendrán el potencial de reducir el ruido del tráfico en los aparcamientos y en calles por donde circulan vehículos con velocidades inferiores a 30 km/h.

Recomendaciones

En base a este documento se puede realizar otros proyectos de investigación relacionados con los problemas medioambientales, enfocándose en la contaminación acústica que ocasionan los diferentes tipos de vehículos.

Este proyecto de ruido ambiental por tráfico vehicular proporciona datos para la continuación de trabajo de campo para obtener información en muestras más extensas y con otros tipos de vehículos.

Se recomienda la ampliación del estudio a la evaluación de los niveles de ruido en diferentes horarios.

Bibliografía

- Abbott, P.G., Nelson, P.M. 2002. Converting the UK traffic noise index LA10,18h to EU noise indices for noise mapping. TRL Project Report PR/SE/451/02.
- Alfie, M. y Salinas, O. (2017). Ruido en la ciudad. Contaminación auditiva y ciudad caminable. *Estudios Demográficos y Urbanos*, 32(1), 65-96. Recuperado de <http://estudiosdemograficosyurbanos.colmex.mx/index.php/edu/article/view/1613/pdf>.
- Aranda, Ó., Parra Sierra, V., & Vargas Martínez, J. I. (2019). Exposición al ruido por tráfico vehicular y su impacto sobre la calidad del sueño y el rendimiento en habitantes de zonas urbanas. *Estudios demográficos y urbanos*, 34(3), 601-629.
- Calvo, J. A., Álvarez-Caldas, C., San Román, J. L., & Cobo, P. (2012). Influence of vehicle driving parameters on the noise caused by passenger cars in urban traffic. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 17(7), 509-513.
- Campello-Vicente, H., Peral-Orts, R., Campillo-Davo, N., & Velasco-Sanchez, E. (2017). The effect of electric vehicles on urban noise maps. *Applied Acoustics*, 116, 59-64.
- FHWA -Federal Highway Administration. 2004. Traffic Noise Model. Version 2.5 Look-up Tables. User's Guide. U.S. Department of Transportation, FHWA-HEP-05-008. Final Report.
- Garay-Vega, L., Hastings, A., Pollard, J. K., Zuschlag, M., & Stearns, M. (2010). Quieter Cars and the Safety of Blind Pedestrians: Phase 1 (No. DOT HS 811 304). United States. National Highway Traffic Safety Administration.
- International Organization for Standardization. (2007). *Norma ISO 1996-2: 2007, Acoustics-Description, measurement, and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of environmental noise levels*. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.

- International Organization for Standardization. (2016). *Norma ISO 1996-1: 2016, Acoustics- description, measurement, and assessment of environmental noise. Part 1. Basic quantities and assessment procedures*. Ginebra, Suiza: International Organization for Standardization.
- Iversen, L. M., Marbjerg, G., & Bendtsen, H. (2013, September). Noise from electric vehicles- 'State of the art' literature survey. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 247, No. 8, pp. 267-271). Institute of Noise Control Engineering.
- Jabben, J., Verheijen, E., & Potma, C. (2012, August). Noise reduction by electric vehicles in the Netherlands. In Inter-Noise and Noise-Con Congress and Conference Proceedings (Vol. 2012, No. 4, pp. 6958-6965). Institute of Noise Control Engineering.
- King, E. A., & Murphy, E. (2016). Environmental noise—'Forgotten' or 'Ignored' pollutant?. *Applied Acoustics*, 112, 211-215.
- Martínez, A. (2005). Ruido por tráfico urbano: conceptos, medidas descriptivas y valoración económica. *Revista de Economía y Administración*, 2(1), 1-49. Recuperado de http://www.uao.edu.co/sites/default/files/RUIDO_0.PDF [Links]
- Méndez Torres, P. W., Gómez Berrezueta, M. F., & Llerena Mena, A. F. (2020). Análisis de la viabilidad para la implementación de vehículo eléctrico que preste servicio de taxi en la ciudad de Cuenca.
- Miloradović, D., Glišović, J., & Lukić, J. (2017). Regulations on Road Vehicle Noise—Trends and Future Activities. *Mobil. Veh. Mech*, 43, 57-72.
- Parizet, E., Robart, R., Chamard, J. C., Schlittenlacher, J., Pondrom, P., Ellermeier, W., ... & Hatton, G. (2013, June). Detectability and annoyance of warning sounds for electric vehicles. In *Proceedings of Meetings on Acoustics ICA2013* (Vol. 19, No. 1, p. 040033). Acoustical Society of America.

- Qin, Y., Tang, X., Jia, T., Duan, Z., Zhang, J., Li, Y., & Zheng, L. (2020). Noise and vibration suppression in hybrid electric vehicles: State of the art and challenges. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 124, 109782.
- Ramos, J. C., García, J. S. R., Caldas, C. Á., & Quesada, A. (2012). Influencia de los Parámetros de Conducción en el Ruido Emitido por un Automóvil en el Tráfico Urbano.
- Reyes Cornejo, P. (2022). Propuesta de Implementación de la Motocicleta Eléctrica Scooter NIU N1 como Alternativa de Movilidad en Guayaquil en Función del Rendimiento Energético (Doctoral dissertation, GUAYAQUIL/UIDE/2022).
- Rust, A., & Edlinger, I. (2002). Active path tracking for vehicle noise source identification. *Sound And Vibration*, 36(2), 14-19.
- Sandberg, U. (1999). Low noise road surfaces-a state-of-the-art review. *Journal of the Acoustical Society of Japan (E)*, 20(1), 1-17.
- Sandberg, U. (2003). Vehicle categories for description of noise source. *HARMONOISE*
- Sandberg, U., Goubert, L., & Mioduszewski, P. (2010, August). Are vehicles driven in electric mode so quiet that they need acoustic warning signals. In *20th International Congress on Acoustics*. sn.
- Schafer, RM (2010). *El paisaje sonoro: músicas del mundo. proyecto salvaje*.
- Suhanek, M., Djurek, I., & Petosic, A. (2019). A Case Study: The Urban Residents' Choice for Electric Vehicles Warning Sounds. *American Journal of Environmental Science and Engineering*, 3(3), 47-51.
- Unece (2022). Vehicle Regulations. <https://unece.org/press/unece-world-forum-harmonization-vehicle-regulations-tightens-vehicles-noise-limits-and-adopts>.
- Williams, J. S., & Steyer, G. C. (1995). Experimental noise path analysis for problem identification in automobiles. In *Proceedings of the 13th International Modal Analysis Conference (Vol. 2460, p. 442)*.

Zamorano González, B., Velázquez Narváez, Y., Peña Cárdenas, F., Ruiz Ramos, L., Monreal
Zhao, J., Ding, Z., Hu, B., Chen, Y., & Yang, W. (2015). Assessment and improvement of a
highway traffic noise prediction model with L_{eq} (20 s) as the basic vehicular
noise. *Applied Acoustics*, 97, 78-83.

